

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE
CILVĒKA UN DZĪVNIEKU FIZIOLOĢIJAS KATEDRA

SKOLĒNU STATISKĀ UN DINAMISKĀ LĪDZSVARA
SPĒJU IZVĒRTĒJUMS ATKARĪBĀ NO RISINĀMO
KOGNITĪVO UZDEVUMU SAREŽĢĪTĪBAS UN
VISPĀRĒJĀS FIZISKĀS SAGATAVOTĪBAS

Maģistra darbs

Autors: Laura Valaine-Driksna

Stud. apl. Nr. lk08303

Darba vadītājs: Dr. biol., asoc. prof. Līga Ozoliņa Molla

RĪGA 2021

Kopsavilkums

Līdzsvara un stājas saglabāšana ir katras kustības pamats, ko koordinēti realizē nervu sistēma, iesaistot vairākas maņas kā propriocepciju, vestibulāro maņu un redzi. Ikdienā pozas fiksācija notiek neapzināti, tās noturēšanai un līdzsvara saglabāšanai nepieciešama uzmanības pārdale. Jo veicamais pamatuzdevums ir sarežģītāks, jo mazāk uzmanības tiek atvēlēts pozas saglabāšanai. Līdzsvara saglabāšanu ietekmē arī antropometriskie parametri, kā arī vecums. Īpaša uzmanība līdzsvara attīstīšanā un pozas noturēšanā ir jāaktualizē skolēniem, jo līdzsvara spējas ir trenējamas un tieši skolas vecuma posms ir vislabākais laika periods, jo noris skolēnu motoro un kognitīvo prasmju strauja attīstība.

Pētījuma **mērķis** noskaidrot vidusskolas skolēnu statiskā un dinamiskā līdzsvara spējas, kā arī izvērtēt kognitīvās slodzes ietekmi uz statiskā līdzsvara saglabāšanu un fiziskās sagatavotības ietekmi uz to.

Pētījumā piedalījās 73 vidusskolas skolēni, kuri brīvprātīgi piekrita pētījumam, un, kuriem dalību šajā pētījumā atļāva vecāki. Skolēni aizpildīja autora izveidotu darba lapu, kurā bija jānosaka savi antropometriskie parametri: auguma garums, svars un KMI , izmantojot statiskā līdzsvara *BESS* testu un dinamiska līdzsvara *SEBT* testu, jānovērtē līdzsvara spējas. Statiskais līdzsvara tests tika veikts divas reizes, otrajā veikšanas reizē to kombinējot ar trīs dažādas grūtības pakāpes kognitīviem uzdevumiem. Lai pārbaudītu savas fiziskās darbaspējas, skolēni veica Harvardas stepa testu.

Pētījuma rezultāti rāda, ka skolēnu spējas saglabāt līdzsvaru ir atšķirīgas. Meitenēm pozas noturēšanas testā ir labāki rezultāti nekā zēniem. Pieaugoša kognitīva slodze samazina līdzsvara noturēšanas spējas, kur šī tendence vairāk izteikta ir zēniem. Vispārējai fiziskai sagatavotībai nav ietekmes uz līdzsvaru, bet to ietekmē KMI , dzimums un auguma garums.

Atslēgas vārdi: statiskais līdzsvars, dinamiskais līdzsvars, kognitīvā slodze, fiziskās darbaspējas, skolēni

Summary

Maintaining balance and posture is the basis of every movement, which is carried out in a coordinated way by the nervous system, involving several senses such as proprioception, vestibular senses and vision. In everyday life, the posture is fixed unconsciously, redistribution of attention is needed to maintain it and maintain balance. The more complex the basic task, the less attention is paid to maintaining the posture. Anthropometric parameters such as gender, age, height, weight, BMI also affect balance. Special attention should be paid to the development of balance and posture among students, because balance skills are trainable and the school age is the best time, because the students' motor and cognitive skills are developing rapidly.

The aim of the research is to find out the static and dynamic balance abilities of secondary school students, as well as to evaluate the impact of cognitive load on the maintenance of static balance and the impact of physical fitness on it.

The study involved 73 high school students who voluntarily agreed to the study and who were allowed to participate in the study by their parents. The students filled in a worksheet created by the author, in which they had to determine their anthropometric parameters: height, weight, body mass index and use the static equilibrium BESS test and the dynamic equilibrium SEBT test to assess their equilibrium abilities. The static balance test was performed twice, the second time performing three cognitive load tasks of different degrees of difficulty. To test their physical ability, students took a Harvard step test by walking on a bench for 5 minutes.

The results of the study show that students' ability to maintain balance varies. Girls perform better in the posture test than boys. Increasing cognitive load reduces the ability to maintain balance, where this tendency is more pronounced in boys. General physical fitness has no effect on balance, but is affected by BMI, gender and height.

Keywords: static balance, dynamic balance, cognitive load, physical ability, students

Saturs

IEVADS	5
1. LITERATŪRAS APSKATS	6
1.1. Līdzsvara raksturojums.....	6
1.1.1. Statiskais un dinamiskais līdzsvars.....	8
1.1.2. SEBT tests dinamiskā līdzsvara noteikšanai	9
1.1.3. BESS tests statiskā līdzsvara noteikšanai.....	11
1.2. Līdzsvaru ietekmējošās sistēmas	12
1.2.1. Propriorecepcija.....	12
1.2.2. Redzes sensorā sistēma.....	14
1.2.3. Vestibulāra sistēma.....	16
1.2.4. Sensorās informācijas apstrāde.....	18
1.2.4. Kognitīvās slodzes ietekme uz līdzsvara spējām.....	19
1.2.5. Fiziskās sagatavotības un antropometrisko datu ietekme uz līdzsvara spējām	21
2. Materiāli un metodes	23
2.1. Pētījuma organizēšana	23
2.2. Pētījuma iesaistītās personas.....	23
2.3. Pētījuma metodes	23
2.4. Antropometriskie dati	24
2.5. Līdzsvara novērtēšanas testi	24
2.6. BESS tests un kognitīvās slodzes uzdevumi.....	26
2.7. Fiziskā sagatavotības novērtēšana, izmantojot Harvardas steptestu.....	27
2.8. Datu statistiskā apstrāde.....	28
3. Rezultāti	29
4. Diskusija.....	42
Secinājumi	44
Pateicība	45
Literatūras saraksts	46
Pielikums.....	53

IEVADS

Līdzsvara un koordinācijas attīstība sākas līdz ar dzimšanu. Šo spēju attīstība ir fundamentāla motorā prasme, un stabilai gaitai ir nepieciešama laba stabilitātes kontrole (De Kegel et al., 2016). Slikta līdzsvara izjūta un stāja var izraisīt cīpslu un locītavu struktūru sasprindzinājumu, pie kam, 25–60% bērnu un pusaudžu ir traucēta stāja vai līdzsvars defektīva muguras izliekuma, dēļ sagumušiem pleciem, novirzīta iegurņa (Lee, 2016; Wirth et al., 2013). Bērnam attīstoties, attīstās arī līdzsvars un koordinācija, un novērojamas sarežģītākas kustības. Tādejādi šādu izmaiņu laikā arī stājas un gaitas stabilitātes kontrolei pastāvīgi jāpielāgojas ķermenim (Yamamoto et al., 2015). Ja bērna attīstība kavējas un neizdodas uzlabot līdzsvaru un koordinācijas prasmes, var attīstīties problēmas ar mācīšanos. Līdzsvara saglabāšana ietekmē kontrolējamas pozas, piemēram, sēdēšanu krēslā, tāpēc, ja bērnam ir problēmas ar līdzsvaru, veidojas grūtības koncentrēties akadēmiskiem uzdevumiem. Skolēni klausoties skolotāju demonstrē nespēju noturēt uzmanību, koncentrēties uz faktiem, tā vietā koncentrējoties uz ķermeņa nomierināšanu un pozas saglabāšanu, sēžot pie galda, smadzeņu darbība nespēj pielāgoties mācību vielas uztveršanai (Lipowicz, 2019). To pierāda Latvijas Republikas Izglītības un zinātnes ministrijas un Edurio 2021 veiktā aptauja, kurā 40% skolēnu no 5.-12. klasei norādījuši, ka viņiem ir grūtības koncentrēties mācībām (<https://home.edurio.com/izm-gada-nosleguma-aptaujas>). Bērniem un pusaudžiem traucējumi ķermeņa līdzsvara uzturēšanā saistīti ar posturāliem traucējumiem, ko rada vizuālās, vestibulārās un proprioceptīvās sistēmas integrācijas trūkums, kā arī sensoro sistēmu nepietiekamais briedums. Līdzsvara un koordinācijas trūkums var palielināt arī kritienu un ķermeņa traumu risku.

Maģistra pētījuma tiek izvirzīts **mērķis** noskaidrot vidusskolas skolēnu statiskā un dinamiskā līdzsvara spējas, kā arī izvērtēt kognitīvās slodzes ietekmi uz statiskā līdzsvara saglabāšanu un fiziskās sagatavotības ietekmi uz to. Tiek izvirzīta **hipotēze** - skolēni ar labāku fiziskās sagatavotības līmeni spēj labāk noturēt līdzsvaru neatkarīgi no kognitīvās slodzes pakāpes. Darba mērķa sasniegšanai tiek izvirzīti šādi **darba uzdevumi**:

1. Veikt skolēnu statiskā un dinamiskā līdzsvara novērtēšanu.
2. Izvērtēt dažādas grūtības kognitīvās slodzes uzdevumu ietekmi uz statisko līdzsvaru.
3. Izvērtēt antropometrisko datu un vispārējās fiziskās sagatavotības ietekmi uz statisko un dinamisko līdzsvaru.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Līdzsvara raksturojums

Lai persona saglabātu ķermeņa stāvokli vertikālā plaknē un spētu veikt koordinētas ķermeņa kustības, ir nepieciešama stājas kontroles sistēma, ko veic centrālā nervu sistēmas vadīti mehānismi (Prado,2007). Stājas kontrole kā termins sevī ietver gan līdzsvaru, gan stājas stabilitātes saglabāšanu (Horak, 2006). Līdzsvars ir indivīda spēja noturēt ķermeni stabilā stāvoklī. Tiek izšķirts statiskais (pozas) un dinamiskais (kustību) līdzsvars, kaut arī statiskā līdzsvara stāvoklī ķermenis nedaudz svārstās (Liepiņa, 1993). Jo attīstītākas un pilnīgākas ir ķermeņa spējas noturēt līdzsvaru, jo mazākas ir svārstību amplitūdas. Literatūrā biežāk izmantots gan ir iedalījums statiskajā un dinamiskajā līdzsvarā atkarībā no tā, vai līdzsvara noturēšana tiek saglabāta statiskā pozā vai kustībā (Krauksts, 2003; Ķīsis, 2002). Līdzsvaru var raksturot kā spēju saglabāt stabilu ķermeņa pozu, jeb stāvokli attiecībā pret tā pamatu vai atbalstu (Spirduso,2005). Savukārt līdzsvaru var formulēt kā spēju noturēt savu balsta un kustību aparātu statiskā stāvoklī, spēju efektīvi darboties vai kontrolēt pozu kustības laikā, spēju stabilizēt brīvās kustības un reaģēt uz ārējiem kairinātājiem (Brody,2005). Vadoties no biomehānikas viedokļa, līdzsvara veidus apzīmē atšķirīgi, attiecīgi par stabilo līdzsvaru un labilo līdzsvaru. Stabilā līdzsvarā ķermenis bez ārēju vai iekšēju spēku palīdzības atgriežas sākotnējā stāvoklī. Stabilā līdzsvarā ķermeņa kopējais smaguma centrs atrodas zem balsta laukuma. Galvenokārt indivīda ķermenis atrodas labilā līdzsvarā, bet stabilā līdzsvarā indivīda ķermenis atrodas kārienā (Āboltiņa,1998;Liepiņa,2011).

Sekmīgai ķermeņa balansēšanai svarīga ir informācija, ko centrālajai nervu sistēmai piegādā sensorās sistēmas, īpaši, proprioreceptīvās un vestibulārās sistēmas (Pētersons u.c.,2006). Šo sistēmu spēja adekvāti reaģēt uz līdzsvara izmaiņām ir būtiska, lai uzlabotu motorās prasmes, bet neesamība izraisa negatīvas sekas spējai orientēties telpā, uztvert un apstrādāt informāciju, īpaši attiecībā uz skolas vecuma bērniem (Franco, 2008).

Ķermenim atrodoties vertikālā stāvoklī novērojamas nelielas svārstības, kuras ir dabiskas, bet tai pat laika tās ir svarīgi kontrolēt un šī kontroles pakāpe liecina par labu vai sliktu līdzsvara izjūtu. Lai attīstītu ķermeņa kontroles pakāpi, svarīgi izprast ķermeņa pozas un to regulācijas mehānismus (Rothbart, 2011). G.Knipše (Knipše,2007) atzīmē, ka poza ir saistīta ar kustībām, veicot kustību mainās poza, bet līdzsvars saglabājas. Tam nepieciešama kustībā iesaistīto locītavu fiksācija, ko nodrošina muskuļu tonisks sasprindzinājums. Indivīdam atrodoties vertikālā stāvoklī, daudzas muskuļu grupas

atrodas tonusā jeb ilgstošā sasprindzinājumā. Tonusā esošs muskulis fiksē locītavas un notur pozu, bet pozu mainot un veicot kustību, tiek pārdalīts tonuss starp dažādiem kustībā iesaistītajiem muskuļiem, tādējādi nodrošinot līdzsvara saglabāšanu. Muskuļu darbībai jābūt saskaņotai un labi koordinētai un to veic centrālā nervu sistēma (CNS) (Eglīte, 2010; Aivars u.c., 2008). Arī L.Stenkovs (Stenkov,2001) piekrīt G.Knipšei (Knipše,2007), ka muskuļu tonusu nodrošina lēno muskuļšķiedru asinhrona darbība, tādējādi uzturot muskuli pastāvīgā sasprindzinājuma stāvoklī un, tā kā lēnās muskuļšķiedras nogurst lēnu un darbojas asinhroni, tās spēj arī atjaunot savu enerģiju. Tonusu muskuļos uztur un regulē centrālā nervu sistēma, reflektoriski iesaistoties gan muguras smadzenēm, gan galvas smadzeņu atsevišķām daļām. Ādas receptori, vestibulārā aparāta receptori un proprioreceptori veido impulsus, kas izraisa toniskos refleksus. L.Aberberga - Augškalne (Aberberga-Augškalne, Koroļova, 2007). raksta, ka informāciju par ķermeņa stāvokli sniedz vestibulārā sistēma, kura informāciju saskāņo ar redzes un ādas receptoriem, kā arī ar proprioreceptoriem, kas atrodas muskuļos un locītavās. Mainoties galvas pozīcijai un ķermeņa pozai, vestibulārā sistēma uztver lineāro un leņķisko paātrinājumu un tādējādi palīdz ķermenim saglabāt līdzsvaru, pielāgojot šķērssvītrotu muskuļu tonusu ķermeņa pozai. Spiediena receptori kāju pēdās uztver spiedienu sadalījumu punktus un līdzsvara, un redzes sistēma monitorē ķermeņa kustību un pozīciju pret ārējo vidi, bet smadzenes apstrādā informāciju un nodot komandas motoriskajai sistēmai (Aberberga-Augškalne, Koroļova, 2007). Tādējādi pozas pamatā ir muskuļu tonusu sadale, ko koordinē muguras un galvas smadzenes. Statiskos refleksus, mainoties ķermeņa stāvoklim, ierosina gravitācijas spēks, bet sekmē kinētiskos paātrinājums. Tonusa regulācijā vitāla loma ir muguras smadzenēm, kas regulē tonusu ar iestiepuma refleksu palīdzību un galvas smadzeņu stumbra kustību kodoliem (laterālajam vestibulārajam kodolam, sarkanajam kodolam) un retikulārajai formācijai, kurai ir aktivizējoša ietekme uz muskuļu vārpstiņu proprioreceptoriem (Pontaga, 2001).

Informācija no proprioreceptoriem pa aferentajām nervu šķiedrām caur muguras smadzeņu augšupejošajiem ceļiem tiek nogādāta uz galvas smadzenēm, kas pat ar aizvērtām acīm ļauj noteikt locekļu stāvokli, muskuļu tonusu, kustību plašumu un virzienu, bet lēmuma pieņemšana par kustības izpildi realizējas caur lielo pusložu garozu (Eglīte, 2010).

Tradicionāli pieņemts, ka pozas kontrole ir automātiska un prasa minimālu uzmanību, tomēr pētījumi atklāj, ka pozas kontrolei nepieciešama uzmanības pārdale (Lajoie et al., 1993; Rankins et al., 2000). Ir pieejams plašs klāsts dažādu līdzsvara testu, bet tikai neliela daļa no tiem ir objektīvi mērīšanas rīki. Lielākā daļa testu ir paredzēti pētniecības

vajadzībām, tomēr diemžēl daudzi ir nepraktiski, vai neatbilstoši izstrādāti vispārējai lietošanai klīnisko pacientu populācijā (Greenhalgh et al., 2006). Pašlaik nav izveidotu vienotu vadlīniju, pēc kurām varētu izvērtēt līdzsvara stabilitāti. Pētījumi pārsvarā koncentrējas uz viena mērinstrumenta sniegtiem datiem vai ierobežotiem līdzsvara testiem (Tyson et al., 2009).

Vairākos pētījumos ir ziņots, ka līdzsvara novērtēšanā objektīvu datu ieguvei būtu jāizmanto divējādi uzdevumi (Tang et al., 2015). Tas saistīts ar mūsdienu sabiedrības spēju risināt vairākus uzdevumus vienlaicīgi (Vance et al, 2015) un ir pretrunā Schmidt R.A. u.c. (Schmidt et al.,1988) apgalvojumam, ka vienlaicīga divu uzdevumu izpilde apdraud viena vai abu uzdevumu izpildi konkurences dēļ par „uzmanības resursiem”. Salavati M. un kolēģi (Salavati et al.,2009) apgalvo, ka statiskā līdzsvara novērtēšana, veicot divējādus uzdevumus, varētu nebūt pietiekami objektīva, lai novērtētu izmaiņas stājas kontrolē. Jāņem vērā, ka mijiedarbība starp posturāliem un kognitīviem uzdevumiem ir atkarīga no daudziem faktoriem, piemēram, posturālā un kognitīvā uzdevuma sarežģītības, novecošanās, sensomotorās sistēmas integritātes un līdzsvara spējām (Woollacott et al., 2002).

Ar atbilstošām instrukcijām un konkretizētām sasniedzamo attālumu vērtībām SEBT (no angļu val. - *Star Excursion Balance Test*) testu var izmantot, lai iegūtu maksimāli objektīvus datus par indivīda dinamisko līdzsvaru un, lai diferencētu ar apakšējo ekstremitāti saistīto traumu vai pataloģiju līmeni (Phillip et al, 2012).

BESS tests (no angļu val. - *Balance Error Scoring System*) tests bieži tiek izmantots statiskā līdzsvara novērtēšanai. BESS testiem ir mērena – laba uzticamība, lai novērtētu statisko līdzsvaru. Daži autori ziņo par zemu ticamības līmeni. BESS korelē ar citiem līdzsvara mērījumiem, kuros ir izmantotas testēšanas ierīces. Jāņem vērā, ka BESS testa rādītāju ticamību, tāpat ka arī SEBT testu ticamību, var ietekmēt gan vecums, gan potītes nestabilitāte vai traumas (Deīvids et al., 2011).

1.1.1. Statiskais un dinamiskais līdzsvars

Statiskais līdzsvars ir spēja uzturēt stājas stabilitāti un orientāciju telpā ar masas centru virs atbalsta pamatnes un ķermeni miera stāvoklī, bet dinamiskais līdzsvars ir spēja uzturēt stājas stabilitāti un orientāciju ar masas centru virs atbalsta pamatnes, kamēr ķermeņa daļas ir kustībā (Portnry et al., 2014). Jau 1969. gadā Bannisters R. (Bannister,1969) apkopoja līdzsvara mehānismus, kas joporjām tiek uzskatīti par aktuāliem. Statiskam līdzsvaram nepieciešams:

1. Apakšējo ekstremitāšu muskuļu tonuss.

2. Līdzsvara jutība, lai sniegtu informāciju par ķermeņa stāvokli telpā.
3. Impulsi no vestibulārās sistēmas attiecībā uz ķermeņa stāvokli.
4. Centrālais koordinācijas mehānisms, kura galvenā daļa ir smadzenītes (to daļa tārps *vermis*).
5. Augstāko centru darbība, kas attiecas uz stājas saglabāšanu.

Savukārt dinamiskajam līdzsvaram nepieciešams:

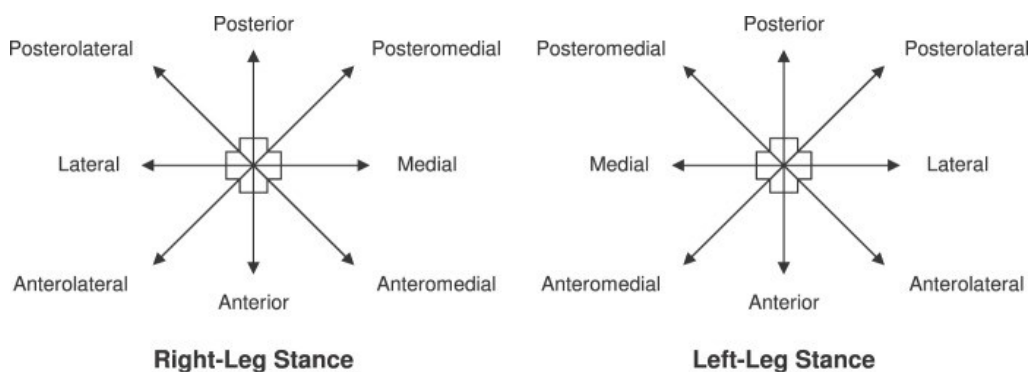
1. Tonuss ķermeņa muskuļos, lai uzturētu kustību un līdzsvara stabilitāti.
2. Līdzsvara jutība, lai nodotu informāciju par kustību.
3. Impulsi no vestibulārās sistēmas un redzes sistēmas, kas nodrošina kustības uztveri.
4. Centrālais koordinācijas mehānisms, ieskaitot smadzenītes un bazālos kodolus.
5. Augstāko smadzeņu centru darbība, kas saistīti ar kustības un stabilitātes uzturēšanu.

1.1.2. SEBT tests dinamiskā līdzsvara noteikšanai

Spējai uzturēt līdzsvaru ir svarīga loma bērna attīstībā un tas ir būtisks priekšnoteikums prasmīgu kustību un sarežģītu motorisko prasmju veikšanai (Verbecque et al., 2016). Statiskā un dinamiskā līdzsvara uzturēšanas spēja ir būtisks faktors, kas ietekmē bērnu krišanas risku un traumu gūšanas iespējas. Lai identificētu bērnus ar paaugstinātu krišanas risku, kā arī lai izstrādātu krišanas profilakses pasākumus, ir svarīgi uzlabot līdzsvara izjūtu (Granacher et al., 2011). Lai saglabātu vertikālu stāvokli CNS jākoordinē informācija no redzes, vestibulārās un proprioceptīvās sistēmas, lai izraisītu koordinētas muskuļu reakcijas (Mickle et al., 2011). Vertikālas stājas uzturēšanai darbojas divi mehānismi - tos dēvē par potītes un gūžas stratēģijām. Potītes stratēģiju galvenokārt izmanto lēnas un mazas amplitūdas kustībām, bet gūžas stratēģija tiek izmantota ātrām vai lielās amplitūdas kustībām, vai arī tad, ja atbalsta virsma ir šaura. Tomēr šīs divas kontroles stratēģijas neņem vērā ķermeņa augšdaļas kustības (Hill, 2019), lai gan tiek atzīts, ka rokām ir galvenā loma dinamiskas pozas kontroles uzturēšanā (Bruijn et al., 2010).

Dinamiskā līdzsvara pārbaude ietver paredzamas kustības ap atbalsta punktu, izpildot uzdevumus, piemēram, lekšanu uz jaunu vietu, mēģinot palikt pēc iespējas nekustīgāk, vai mērķtiecīgas ķermeņa daļu kustības, sniedzoties līdz mērķim, vienlaicīgi neapdraudot izveidoto atbalsta bāzi. Lai šajos testos iegūta informācija būtu zinātniski nozīmīga un starptautiski interpretējama, svarīgi izveidot novērtēšanas paņēmienus, kas var sniegt ticamu informāciju par dinamisko kustību (Phillip et al., 2012). Sākotnēji izmantots kā rehabilitācijas tests, *Star Excursion Balance Test* ir vienas ekstremitātes pietupienu sērija, lai maksimāli tālu aizsniegtu ar kājas lielo pirkstu punktu katrā no astoņām līnijām, kas

izvietotas uz līdzenas virsmas zvaigžņveidīgi un starp katru no līnijām veidots 45° grādu leņķis (1.attēls). Kājas virzīšana uz katru zvaigznes līniju veicina sagitālās, frontālās un diagonales kustību koordināciju. Uzdevuma mērķis ir panākt, lai indivīds testēšanas režģa vidū izveidotu stabilu atbalsta pamatu uz ekstremitātes un uzturētu to, izmantojot maksimālu sasniedzamības attālumu ar otru kāju katrā no norādītajiem virzieniem (Gribble, 2003).



1.attēls.SEBT tests (Phillip et al, 2012)

Figure 1 SEBT test (Phillip et al, 2012)

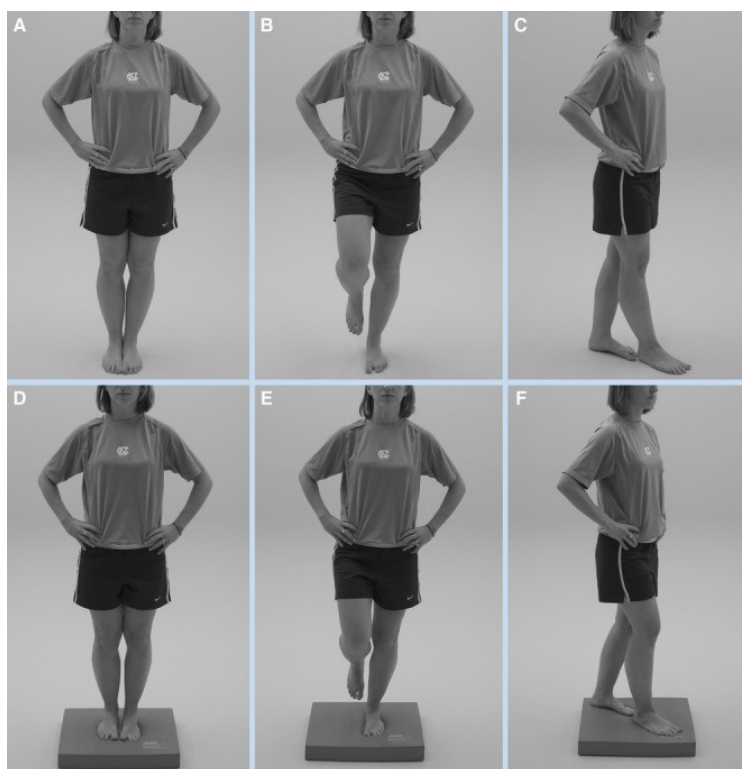
Lielāks sasniegtais attālums norāda uz labāku dinamiskā līdzsvara kontroles rādītāju. Robinsons un Gribls (Gribble, Robinson, 2009) pētījumā atklāja, ka maksimālais sasniedzamais attālums un dinamiskā līdzsvara nobīdes stabilizējas līdz ar ceturto pētījumu, tāpēc viņi ieteica veikt tikai četrus prakses izmēģinājumus, veicot šo testu. Identiskus rādītājus testa ticamībai ieguva arī Munro un Herringtons, kur korelācijas koeficients variēja no 0,84–0,92 (Munro, 2010).

Lai veiktu pamatotu SEBT sasniegto attālumu salīdzinājumu starp indivīdiem vai grupām, attāluma sasniegšana ir jānormalizē atbilstoši katra dalībnieka ekstremitātes garumam, nosakot to no priekšējā augšējā zaru kaula atzara līdz iekšējai potītei un izsakot relatīvi, procentos (Gribble, 2003). Lai arī tests ir standartizēts, tomēr uzrādās novirzes rezultātos. Dažos pētījumos atklājas, ka SEBT rādītāji ir atšķirīgi indivīdiem ar dažādiem pēdu tipiem un garumiem (Cote et al., 2005). Dati par dzimuma ietekmi uz līdzsvaru ir atšķirīgi. Gribble P.A. u.c. (Gribble et al., 2012), salīdzinot vīriešu un sieviešu sniegumu, atklāja, ka sievietēm priekšējā, mediālajā un aizmugurējā virzienā bija labāki rezultāti nekā vīriešiem. Kahle N.L. un Gribble P.A. (Gribble, Kahle, 2012) vēlāk veiktā pētījumā neatrada dzimuma atšķirības anteromediālajos, mediālajos vai posteromediālajos virzienos. Savukārt sievietes, kas profesionāli spēlē basketbolu, uzrādīja zemāku SEBT punktu skaitu un attiecīgi sezonas laikā sešas reizes biežāk guva apakšējo ekstremitāšu traumas (Pliskijs, 2006). Līdzsvaru var ietekmēt arī cirkadiālie ritmi, SEBT rādītāji ir labāki no rīta (10:00) nekā pēcpusdienā (15:00) vai vakarā (20:00) (Gribble et al., 2007).

Ir pierādīts, ka SEBT ir uzticams un derīgs kā dinamisks tests, lai prognozētu apakšējo ekstremitāšu traumu risku, identificētu dinamisko līdzsvara novirzi indivīdiem ar dažādām apakšējo ekstremitāšu patoloģijām (Gribble, 2012).

1.1.3. BESS tests statiskā līdzsvara noteikšanai

Līdzsvara kontrole ir dzīves un sporta aktivitāšu sastāvdaļa. Statiskais līdzsvars ietver atgriezenisko saiti no somatosensorās, redzes un vestibulārās sistēmas. *Balance Error Scoring System* jeb BESS tests sastāv no trīs pozīcijām: stājas uz divām kājām, stājas uz vienas kājas un stājas vienai kājai atrodoties priekšā otrai (2.attēls). Testu veic uz stingras un uz putuplasta virsmas ar aizvērtām acīm, katrā 20 sekunžu izmēģinājumā skaitot kļūdas (Bell,2011). Testa uzticamība tiek vērtēta kā laba, jo korelācijas koeficients grupas ietvaros ir 0,78-0,96 (Portnijs, 2009). Līdzsvars pasliktinās noguruma rezultātā, ja potītei ir funkcionāli traucējumi, kas izraisa nestabilitāti, kā arī gados vecākiem cilvēkiem. Līdzsvara pasliktināšanos novēro arī pēc neiromuskulāriem treniņiem (Broglia, 2009).



2. attēls. BESS sistēmas pozas statiska līdzsvara novērtēšanai (Bell et al.,2011).

Figure 2. BESS system postures for determining static balance (Bell et al.,2011).

Statiskā līdzsvara rezultāti ir labāki, ja pētāmās personas testu veic ar atvērtām acīm nevis aizvērtām, un šī atšķirība kļūst acīmredzamāka, palielinoties pētāmo personu hronoloģiskajam vecumam. Bērni līdzsvara izjūtu, kas ir atbilstoša pieaugušajiem, sasniedz ap 10 gadu vecumu, īpaši tas attiecas uz vizuālās informācijas izmantošanu līdzsvara noturēšanā (Condon, Cremin, 2013).

1.2.Līdzsvaru ietekmējošās sistēmas

Līdzsvara regulācijā svarīga loma ir proprioceptoriem, kas uztver un vada kairinājumu no muskuļiem, cīpslām un locītavām par muskuļa uz CNS. Nozīmīgas ir arī tādas sensorās sistēmas, kā redze, ar kuras palīdzību spējam uztvert vizuālo informāciju, un vestibulārā sistēmai, kura saskaņo līdzsvara izmaiņas ar ķermeņa kustībām.

1.2.1. Propriocepcija

Proprioceptoru sniegtā informācija organismā ir noteicošais faktors tam, kādā pozīcijā atrodas ekstremitātes un kā veidojas kustību un slodzes sajūta. Proprioceptoru atrodami skeleta muskuļos kā muskuļu vārpstiņas, kas reaģē uz muskuļa iestiepuma izmaiņām, uztur muskuļu saspringumu un pielāgo muskuļu tonusu ķermeņa pozai. Proprioceptoru atrodami arī cīpslās un aktivizējas pie muskuļa kontrakcijas, tādējādi pasargājot cīpslu no pārāk stipras muskuļa saraušanās. Locītavu somiņās un fascijās proprioceptoru sniedz informāciju par locītavas stāvokli, kustības virzienu, ātrumu, kā arī par locītavas leņķa izmaiņām. Pie proprioceptoriem pieskaita arī iekapsulētos nervgaļus, tādus kā lamellozos Pačīni ķermenīšus, kas reaģē uz spiedienu un vibrāciju. Tie aktivizējas muskuļa saraušanās laikā un sastopami ne tikai saitēs, locītavu kapsulās, muskuļos un fascijās, bet arī kājās esošajos zemādas saistaudos. Savukārt Rufīni ķermenīši aktivizējas, kustoties locītavām, jo atrodas starp locītavas somiņas šķiedrām un ir nozīmīgi līdzsvara izjūtā (Aberberga - Augškalne, Koroļova, 2007). Koordinētu muskuļu kontroli nodrošina muguras smadzeņu pelēkās vielas dorzālo ragu motoneironu radītais uzbudinājums un nepārtraukta sensorā atgriezeniskā saite uz muguras smadzenēm, kas sniedz informāciju par muskuļa garumu, sasprindzinājumu un tā izmaiņām. Atgriezenisko saiti nodrošina divu veidu receptori – muskuļu vārpstiņas, kas atrodas starp muskuļa šķiedrām, un Goldži ķermenīši, kuri atrodas cīpslās, ar kurām muskuļi stiprinās skeletam (Hall, 2011).

Mainoties pozai, muskuļi iestiepjas un šo informāciju uztver muskuļu vārpstiņas, kuras informāciju pa jušanas šķiedrām vada uz muguras smadzenēm, kurās impulss tiek nodots starpneironam, un no tā motoneironam (Maikls, 2011). Muskuļu vārpstiņām ir sava motoriskā inervācija un tās veido divu tipu šķiedras - kodolsomiņas un kodolķēdītes, kuras atrodas paralēli muskuļu šķiedrām (Aberberga - Augškalne, Koroļova, 2007). Muskulim ārēja spēka ietekmē pagarinoties, vienlaikus tiek iestiepti arī šie muskuļu vārpstiņu receptori, respektīvi muskuļi iestiepjas un vairs nemaina garumu, bet slodze uz tiem pieaug. Muskuļu vārpstiņā nozīmīgākas ir inervējošās pirmā tipa aferentās nervu šķiedras (Ia), kas vada impulsu uz CNS ar ātrumu 70 - 100 m/s un apņem abu tipu

šķiedras. Kodolķēdītes šķiedras, savukārt, apņem tikai otrā tipa aferentās nervu šķiedras (IIa), tās vada impulsu uz CNS ar ātrumu 40 - 70 m/s un ir mazāk jūtīgas uz iestiepumu. Eferentajā inervācijā kodolsomiņas inervē gan pirmā, gan otrā tipa gamma motoneironi, bet kodolķēdītes šķiedras tikai otrā tipa gamma motoneironi. Šie neironi impulsus no CNS vada salīdzinoši lēnāk. Ja šķiedru impulsi par muskuļa iestiepumu sasniedz muguras smadzenes, kur šī tipa nervu šķiedra tieši kontaktē ar alfa motoneironu, izraisot muskuļa kontrakciju - tonusu. Caur starpneironiem, izmantojot ascendējošos nervu ceļus, impulss par muskuļa iestiepumu sasniedz smadzenītes un lielo pusložu garozu, bet kopumā ir pakļauts ekstrapiramidālās sistēmas kontrolei. Ja šķiedru ģenerētais impulss, informatīvi kontaktējot ar alfa motoneironiem, izraisa muskuļu tonusu radošas kontrakcijas. Arī muskuļu vārpstiņa nozīmīga muskuļu tonusa nodrošināšanā, kura darbības pamatā ir iestiepuma reflekss, kurš realizējas caur muguras smadzeņu motoneironiem un darbojas kā atbildes reakcija uz muskuļa iestiepumu un nodrošina vertikālo pozu (Ronen, 2018). Savukārt Goldži cīpslu refleksa ierosināts efekts ir kavējošs, ja slodze muskulī kļūst par lielu. Šāda refleksa darbība slāpē pārmērīgu spēka pieaugumu muskulī (Stillman, 2002).

Noturot līdzsvaru, indivīdi paļaujas uz savām sensorām sistēmām, atrodoties apgaismotā vidē ar stabilu atbalsta pamatu. Somatosensorā sistēma, kas ir viena no šādām sistēmām, ietver gan taktilo, gan proprioceptīvo maņu. Taktilā sensorika ir saistīta ar pieskāriena, spiediena un vibrācijas sajūšanu un par to lielā mērā atbildīgi ir iekapsulētie nervgaļi, kā Rufīni ķermenīši un Pačīni ķermenīši. Šie ādas mehanoreceptori ir atrodami pēdās un tiem ir svarīga loma vertikālās stājas kontrolē, jo izmaiņas vertikālā stāvoklī bieži vien ir saistītas ar spiediena izmaiņām zem kājām (McKeon, 2007). Proprioceptīvie receptori apakšstilbos vai pēdās ir jutīgi uz potīšu rotāciju un var sniegt informāciju par līdzsvaru, jo lielākā daļa stājas svārstību notiek potītēs (Fitzpatrick et al., 1994), Tomēr literatūras dati par to ir pretrunīgi, jo ir arī priekšstati par to, ka apakšstilba proprioceptija nav nepieciešama līdzsvara uzturēšanā (Bloem et al., 2002). Lai arī kājas uztver lielu daudzumu sensorās informācijas, nav skaidrs, vai pēdu muskuļiem ir loma līdzsvara uzturēšanā, vai arī muskuļu darbība ir vienkārši „blakusprocess”, lai nodrošinātu pēdu pozīciju pret saķeres virsmu, tādejādi nodrošinot ķermeņa atrašanos vertikālā stāvoklī (Dalton et al., 2018). Ir arī cits viedoklis par to, ka pēdu muskuļu morfoloģijai ir svarīga loma līdzsvara nodrošināšanā un, ka iekšējo pēdu muskuļu nostiprināšana var būt efektīvs veids, kā uzlabot līdzsvaru (Zhang 2017). Arī zinātnieks Ferrari ar kolēģiem (Ferrari et al., 2020) apgalvo, ka iekšējie pēdas muskuļi stabilizē pēdu stājas uzdevumu laikā, bet ķermeņa svārstības, noturot līdzsvaru, nodrošina pēdas ārējo muskuļu aktivācija. Pēdas iekšējiem muskuļiem ir svarīga nozīme līdzsvara uzturēšanā: muskuļi neirālā impulsa

ietekmē saraujas, nodrošinot pēdas segmentu kustības un pēdas stabilizāciju, pastiprina atgriezenisko saikni līdzsvara nodrošināšanai, iesaistot Goldži ķermenīšus vai muskuļu vārpstiņas.

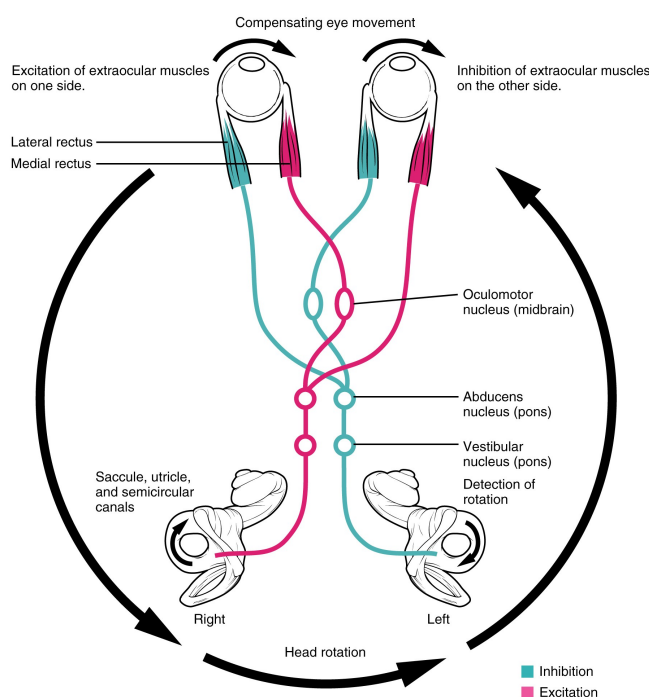
CNS spēj vienkāršot kustības, aktivizējot muskuļus sinerģiski, nevis katru muskuli atsevišķi. Muskuļu sinerģija var būt specifiska un atkarīga no pozas. Līdzsvara saglabāšanā iesaistīti sekojoši kāju muskuļi: *luteus medius* (LM), *gluteus maximus* (GM), *tensor fasciae latae* (TFL), *rectus femoris* (RF), *vastus medialis* (VM), *vastus lateralis* (VL), *semitendinosus* (S), *biceps femoris* (BF), *tibialis anterior* (TA), *peroneus longus* (PL), *gastrocnemius medialis* (GCM), *gastrocnemius lateralis* (GCL) un *soleus* (SO). Līdzsvara uzturēšanā, saglabājot vertikālo stāvokli uz vienas un abām kājām, kā arī uz stabilas un nestabilas virsmas, dominē divi sinerģijas modeļi: potītes (PL, GM, GL un SO) un gūžas (MA, FL, ME). Gadījumā, ja kāds no līdzsvara uzturēšanā iesaistītajiem muskuļiem nespēj savu darbu veikt pozas uzturēšanā, tiek iesaistīts kāds cits muskulis un 73,3% tas ir *peroneus longus*, vai arī esošie muskuļi kompensē šo iztrūkumu (Munoz, 2019). Lai arī propreorepcija un sinerģisms ir daudz pētīts, iegūtie dati par to ietekmi uz līdzsvara saglabāšanu pozas maiņas ietekmē nav viennozīmīgi, lai arī ir skaidrs, ka ietekme pastāv, jautājums par to, cik liela ir šī ietekme, saglabājas.

1.2.2. Redzes sensorā sistēma

Mums visiem piemīt trīs dimensiju jeb telpiska redze un tās veidošana piedalās mūsu redzes maņu orgāns – abas acis. Lai objektīvi varētu novērtēt ķermeņa pozīciju telpā indivīdam, jāspēj novērtēt attālums līdz objektam un tā izmērs. Šo lielumu novērtēšanā izpaužas kā acs akomodācija, konverģence un iesaistās arī acs muskuļu proprioreceptori. Acs muskuļi var ātri un precīzi mainīt kontrakcijas spēku, sekmējot acs kustību uz kādu telpas daļu vai objektu. Kustinot galvu, acs āboli lēni kustas pretēji kustības virzienam, fiksējot skatienu - veidojas vestibulārs acu jeb vestibulo-okulārs reflekss (Aberberga-Augškalne, Koroļova, 2007). Šis reflekss uztur līdzsvara izjūtu, kaut arī acis un galva nepārtraukti kustas, kad notiek pozas maiņa. Kustinot galvu, acu muskuļi aktivizējas un rada acu kustību, kas ir pretēja galvas kustībai un notiek identiskā ātrumā. Redze pielāgojas attēlam un stabilizējas tīklenes attēls, neskatoties uz galvas kustībām. Informācija no acs muskuļiem tiek sūtīta vestibulārajam orgānam iekšējā ausī (3.attēls). Galvai esot fiksētai, tiek sūtīts vienāds skaits impulsu no vestibulārās sistēmas gan uz labo, gan kreiso pusi, bet, ja galva tiek pagriezta pa labi, tad impulsācijas frekvence no labās auss vestibulārā orgāna palielinās, bet impulsu frekvence no kreisās auss - samazinās. Impulsācijas frekvences atšķirība no abām pusēm ietekmē acu kustības un stabilizē skatienu galvas kustību laikā. Arī vestibulospinālais reflekss

palīdz novērst kritienus, saglabājot galvas un stājas stabilitāti uz kompensējošu kustību rēķina (Somisetty, 2021).

Redzes sensoro sistēmu veido tīkls, kurā ir fotoreceptīvas šūnas, vadītājceļi, kas iekļauj redzes nervu, redzes traktu un redzes kodolus, kuri lokalizēti vidussmadzenēs un starpsmadzenēs un no kuriem informācija tālākai apstrādei tiek nodota lielo pusložu garozas sensoriem laukiem. Acī esošie fotoreceptori, kas nepieciešami attēlu veidojošās redzes nodrošināšanai, ir nūjiņas un vāļītes. Gaismai krītot uz šiem fotoreceptoriem, tie rada un sūta impulsus uz smadzenēm, kur notiek informācijas apstrāde un veidojas priekšstats par to, kā ķermenis ir orientēts attiecībā pret citiem objektiem (David, 2002).



3.attēls. Vestibulo –okulārais reflekss (Biga, 2020).

Figure 3. Vestibular eye reflex (Biga, 2020).

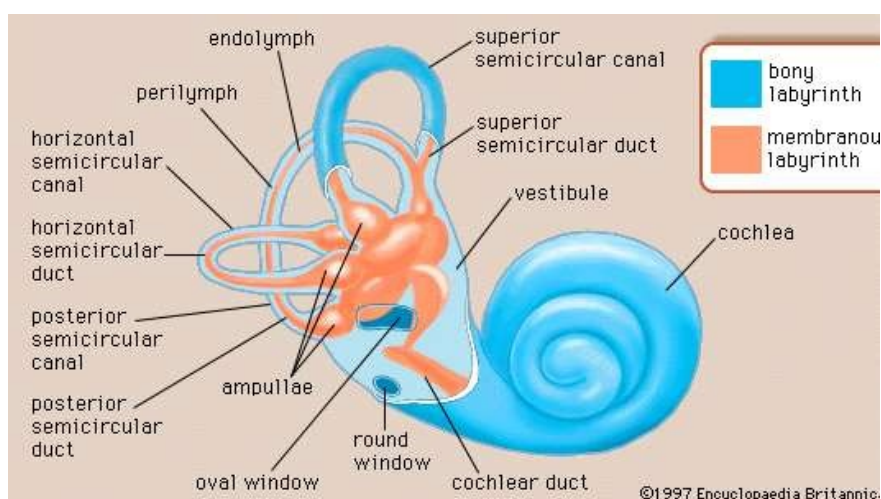
Lai arī sensorai informācijai ir būtiska loma atskaites punkta fiksēšanā, noturot stāju, tai ir maza ietekme uz līdzsvara izjūtu un pozas noturēšanu, jo sensorās informācijas trūkums tiek kompensēts ar proprioreceptīvās un vestibulārās sistēmas iesaisti (Kathleen, 2021). Tomēr pētījumos ar vājredzīgu un neredzīgu personu iesaisti ir noskaidrots, ka labākus rezultātus līdzsvara noturēšanā sasniedz vājredzīgie, salīdzinot ar neredzīgiem, un jo sliktāks redzes asums, jo lielākas grūtības ir saglabāt līdzsvaru funkcionālajos testos. Kā arī 75% neredzīgo un vājredzīgo dalībnieku līdzsvars ir ievērojami sliktāks nekā viņu vienaudžiem, kuriem nav redzes problēmu. Statiskos apstākļos līdzsvars ir atkarīgs no stāvokļa, kurā tiek veikts tests. Līdz ar atbalsta bāzes (atskaites sistēmas) samazināšanos, neredzīgo un vājredzīgo statistiskā līdzsvara spējas ir ierobežotākas un pasliktinās arī spēja saglabāt līdzsvaru dinamiskos apstākļos (Rutkowska, 2015).

Spēja uzturēt statisko un dinamisko līdzsvaru, kas samazinās līdz ar vecumu, sasniedz maksimālo līmeni 17 gadu vecumā meitenēm un 15 gadu vecumā zēniem (Ljach, 2003). Līdzsvara kontroles efektivitāte, kurā iesaistīta redze, ir atkarīga no redzes asuma, redzes kontrastu izšķirtspējas, objektu attāluma un telpas apgaismojuma, kā arī līdzsvara kontrole visefektīvāk darbojas, ja attālums līdz ķermenim telpā ir mazāks par diviem metriem (Brandt, 1986).

1.2.3. Vestibulāra sistēma

Auss ir dzirdes un līdzsvara orgāns, jo tajā atrodas receptori, kas uztver skaņu, kā arī ķermeņa (galvas) pozas maiņu, kā arī informāciju par ķermeņa kustības virzienu un ātrumu. Tradicionāli ausij izsala trīs daļas - ārējo ausi, vidusausi un iekšējo ausi. Vestibulārā sistēma atrodas iekšējā ausī un sniedz informāciju par ķermeņa novietojumu telpā un kustībā, galvas novietojumu telpā, ātruma izmaiņām taisnvirziena kustībā un virziena vai ātruma izmaiņām, rotējot galvu (Hawkins, 2020).

Vestibulāro sistēmu veido piecas receptīvas zonas. Priekšstelpā lokalizēti divi ar šauru kanālu saistīti plēves labirinta maisiņi - iegarenais un apaļais (4.attēls). Tie ir jūtīgi uz gravitāciju (vertikālo orientāciju) un lineārām kustībām (ātrums taisnā plaknē un statiska galvas pozīcija) un principā ir atbildīgi par statisko līdzsvaru. Iegarenajā maisiņā atveras trīs pusloka kanāli, tie ir savstarpēji perpendikulāri atbilstoši ķermeņa rotācijas asīm un uztver rotācijas kustības. To galos ir paplašinājumi jeb ampulas. Plēves labirints ir pildīts ar endolimfu, bet dobums starp plēves un kaula labirintu ar perilimfu. Pusloka kanāli nodrošinātu dinamisko līdzsvaru (Aberberga-Augškalne, Koroļova, 2007).



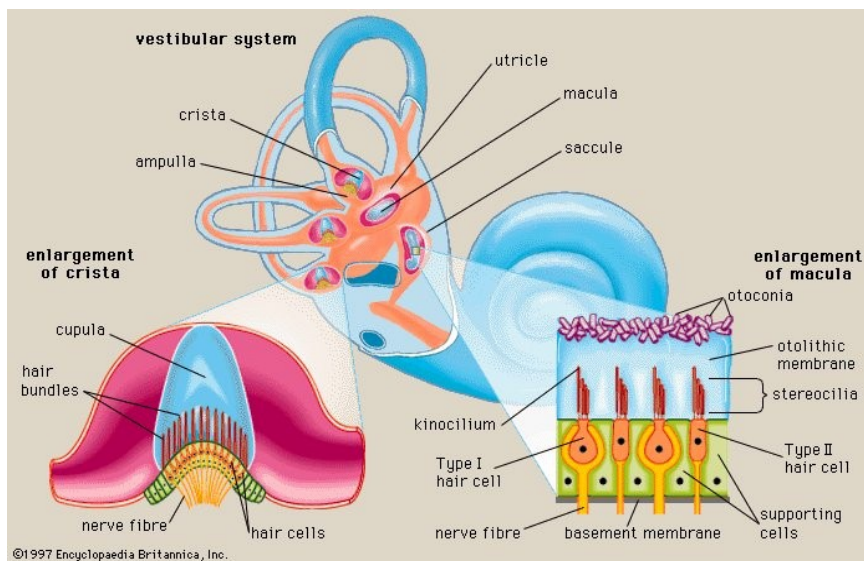
4.attēls. Vestibulārais orgāns (Hawkins, 2020)

Figure 4. Vestibular organ (Hawkins, 2020)

Pusloka kanāli, kuri pildīti ar endolimfu, ir novietoti taisnā leņķī attiecībā viens pret otru. Kustības ietekmē endolimfā tiek iekustināta un veido spiedienu, kas iedarbojas uz

konkrēta pusloka kanāla receptīvās zonas receptoriem, kuri informāciju par kustību sūta smadzenēm. Ja abi vestibulārie orgāni funkcionē bez novirzēm, smadzenes saņem simetriskus impulsus (Watson, 2016). Vestibulārā orgāna receptori ir neuroepiteliālas šūnas jeb matiņšūnas (*hair cells*). Matiņšūnas atrodas:

1. ampulās, kur tās klāj recekļveida masa jeb kupols (*cupula*);
2. iegarenajā (*macule*) un apaļajā (*sacculē*) maisiņā, kur tās klāj recekļveida masa (*otolithich membrane*), kuras virsmā ir kalcija karbonāta kristāli jeb otolīti (*otoconia*)(5. attēls) (Aberberga-Augškalne, Koroļova, 2007).



5.attēls. Vestibulārā orgāna receptori – matiņšūnas (Hawkins,2020)

Figure 5. Receptors of the vestibular organ - hair cells (Hawkins, 2020)

Matiņšūnām ir smalkas cīlijas un to noliekšanās, kas saistīta ar bīdes deformāciju, maina elektrisko potenciālu matiņšūnā. Cīliju noliekšanās vienā virzienā izraisa šūnas membrānas depolarizāciju, bet kustība pretējā virzienā izraisa hiperpolarizāciju. Šīs izmaiņas membrānas potenciālā izraisa nervu impulsa veidošanos un nodošanu caur aferentajiem neironiem uz smadzenēm, kur informācija tiek apstrādāta (Hawkins, 2020).

Vestibulārā orgāna iegarenā un apaļā maisiņa receptīvajās zonās esošās matiņšūnas uztver informāciju, ko rada lineārā pātrinājuma ietekmē mainītais spiediens uz otolītiem, tādējādi izraisot matiņšūnu cīliju noliekšanos. Šī noliekšanās izraisa membrānas depolarizāciju. Matiņšūnas iegarenā un apaļā maisiņa receptīvajās vērstas savstarpēji atšķirīgos virzienos, un uztver vertikālo un horizontālo pātrinājumu. Ķermenim atrodoties vertikālā stāvoklī, otolīti spiež uz cīlijām iegarenajā maisiņā, bet iestiepjas apaļajā maisiņa esošo matiņšūnu cīlijās. Radītie impulsi veicina ķermeņa līdzsvara sajūtu noteiktos apstākļos (David, 2002).

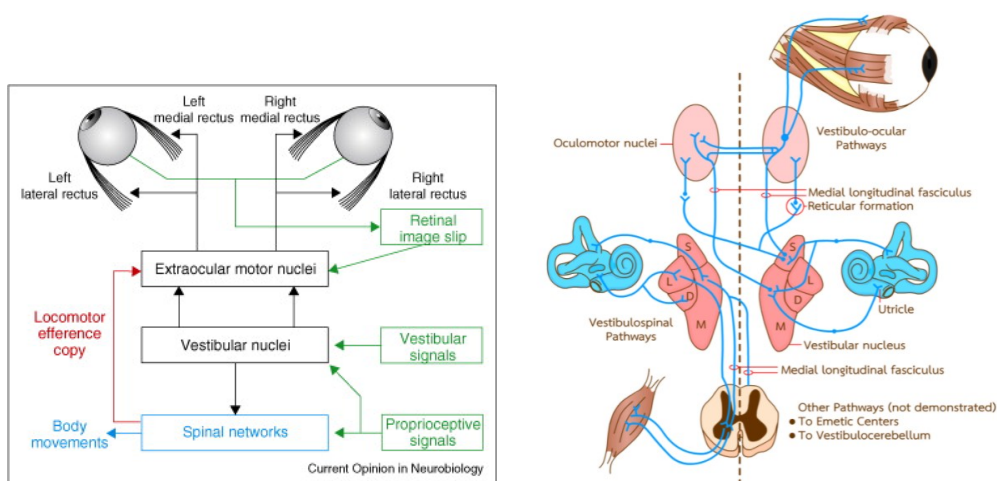
Ir divējādas sensorās matiņšūnas - I tipa un II tipa. I tipa šūnas ir bumbierveida un bazālais gals veido plašu sinaptisko laukumu ar aferento nervu. Tām ir ap 50 cīliju

(*stereocilia*) un viena kinocilija (*kinocilium*). II tipa šūnas ir cilindriskas un tām ir mazs sinaptiskais laukums. Cilijas ir dažāda garuma, bet kinocilijas ir īsākas (Aberberga-Augškalne, Koroļova 2007).

Ampulā esošās matiņšūnas reaģē uz endolimfas spiediena izmaiņām galvas rotācijas laikā, endolimfai plūstot pa pusloka kanāliem uz ampulā esošo kristu (*crista*) vai prom no tās. Endolimfas plūsma rada spiedienu, kurš izliec kupolu un attiecīgi nobīda arī matiņšūnu cilijas, izraisot membrānas depolarizāciju. Kustībai turpinoties ilgstoši, endolimfas kustības ātrums izlīdzinās un kupols netiek kairināts (Hawkins, 2020; Aberberga-Augškalne, Koroļova 2007).

1.2.4. Sensorās informācijas apstrāde

Proprioreceptoru, vestibulāra aparāta un redzes saņemto informāciju vada un apstrādā nervu sistēma nodrošinot koordinētu ķermeņa darbību (6.attēls)



6.attēls. Līdzsvara uzturēšana iesaistīto sistēmu koordinācija (Straka, 2010)

Figure 6. Balancing the coordination of the systems involved (H.Straka, 2010)

Matiņšūnu ģenerētā informācija par ķermeņa līdzsvara maiņu no pusloka kanālu receptīvajām zonām, kā arī no iegarenā un apaļā maisiņa receptīvajām zonām caur sinapsēm tiek nodota VIII galvas smadzeņu nervam, tā vestibulārajām šķiedrām. Šī nerva šķiedras pārvada informāciju uz vestibulāro gangliju, no kura informācija tiek nodota tālāk pa vestibulāro traktu iegarenajām smadzenēm, tiltam, vidussmadzenēm. Iegarenās smadzenes kontrolē skeleta muskuļu tonusu refleksus - statiskos un statokinētiskos, kas saistīti ar ķermeņa pozas un pozīcijas saglabāšanu. Vidussmadzenes saskaņo kustību un redzes orientāciju, galvas pagriešanu gaismas virzienā, acu ābolu kustības (Ango, Reis, 2019).

Muskuļu tonusa regulācijā un saglabāšanā nozīmīgi ir galvas smadzeņu stumbra kustību kodoli - laterālais vestibulārais kodols (*n.vestibularis lateralis*), kas atrodas iegarenajās smadzenēs, un sarkanais kodols (*n.ruber*) vidussmadzenēs. Saņemot impulsus no vestibulārā orgāna pa vestibulospinālo traktu, laterālais vestibulārais kodols (katrā smadzeņu simetriskajā

pusē) raida impulsus uz muguras smadzenēm, kur tie stimulē muskuļu ekstensoru motoneironus un pastiprina muskuļu tonusu, tai pašā laikā kavējot muskuļu fleksoru motoneironu aktivitāti. Pie pozas maiņas impulsi no vestibulārā orgāna ar laterālā vestibulārā kodola starpniecību izraisa ekstensoru tonusa maiņu, kas palīdz saglabāt vertikālu pozu. Sarkanais kodols iegūst informāciju no proprioreceptoriem un vestibulārā orgāna. Tas regulē muskuļu tonusu. Informāciju uz muguras smadzenēm tas raida pa rubrospīnālo traktu (*tractus rubrospinalis*), pastiprinot fleksoru un pavājinot ekstensoru muskuļu tonusu. Muskuļu tonusu palielina arī smadzeņu stumbra retikulāra formācija (*formatio reticularis*) (Eglīte, 2010).

Līdzsvara un pozas regulācijā iesaistītas arī smadzenītes un lielo pusložu bazālie kodoli. Smadzenītes informāciju saņem no proprioreceptoriem, kā arī līdzsvara un redzes ceļiem. Bazālie kodoli iesaistās kustību plānošanā, apstrādājot informāciju, kas analizēta citos centros. Smadzenīšu un bazālo kodolu impulsi nodrošina līdzsvaram nepieciešamā tonusa sadali starp muskuļu grupām un to panāk, saskaņojot smadzeņu stumbra kodolu darbību pirms lielo pusložu garozas motoriskās komandas (Knipše, 2007). Bazālos kodolus veido dažādi kodoli, bet svarīgākie ir svītrotais ķermenis (*corpus striatum*) un bāla lode (*globus pallidus*). Svītrotais ķermenis nodrošina apzināto kustību kontroli un tās bojājums izraisa liekas fona kustības. Bālā lode nodrošina palīgkustības, kuras nepieciešamas, lai veiktu pozas maiņu (Aberberga-Augškalne, Koroļova, 2007).

Augstākie tonusa regulācijas centri ir lielo pusložu motorā garozas, jo no tās atiet vadītājceļi uz bazālo kodolu *corpus striatum*, vidussmadzeņu sarkano kodolu, smadzenītem un retikulāro formāciju. Gala smadzeņu garoza ir augstākais muskuļu tonusa kontroles centrs organismā, tajās noris kustības mērķa, uzdevuma izstrāde un plānošana (Knipše, 2007).

1.2.4. Kognitīvās slodzes ietekme uz līdzsvara spējām

Pozas precizitāte un līdzsvara stabilitāte atkarīga no daudzveidīgiem psihes procesiem, kā uztvere, atmiņa, domāšana, analīze, uzmanība (Kalniņa, 2006). Slikta līdzsvara izjūta ir uzlabojams lielums, jo līdzsvara spējas ir trenējamas, un visefektīvākie vecumposmi līdzsvara trenīšanai zēniem ir no deviņiem līdz divpadsmit gadiem, bet meitenēm no astoņiem līdz vienpadsmit gadiem. Šis vecumposms sakrīt arī ar smadzeņu struktūru aktīvu nobriešanu. Desmit līdz trīspadsmit gadu vecumā līdzsvara spējas ir pilnībā trenējamas, bet četrpadsmit līdz piecpadsmit gadu vecumā līdzsvara prasmes nedaudz pasliktinās. Savukārt sešpadsmit gadu vecumā līdzsvars un koordinācija turpina aktīvi attīstīties līdz sasniegšanai pieaugušam cilvēkam raksturīgo. Līdzsvara izjūtu nosaka cilvēka iepriekšējo kustību pieredze (Холодов, 2010).

Cilvēka spējas apstrādāt uztverto informāciju ir individuālas, tāpēc katra indivīda kognitīvā slodze var būt atšķirīga. Termins kognitīvā slodze raksturo nepieciešamo funkcionālo resursu apjomu, kas vajadzīgs, lai spētu izpildīt konkrētu uzdevumu. Ja informācijas apjoma limits ir sasniegts, iestājas mentāls nogurums un datu apstrādes kvalitāte pasliktinās. Atbilstoši Lavie (Lavie, 1995) slodzes teorijai, kognitīvās informācijas apstrādes kontrolei ir raksturīgi prioritizēt informāciju un, ja informācijas apstrādei nav jāizmanto visi resursi, tad atlikusī uzmanība tiek neapzināti veltīta objektiem, kas to novērš (Mizuno et al., 2011; Konstantinou et al., 2014).

Stājas un līdzsvara uzturēšana ir atkarīga ne tikai no sensorās informācijas, kas tiek saņemta no proprioceptoriem, vestibulāra aparāta, taktīlās stimulācijas un vizuālajiem stimuliem, bet arī no kognitīvajiem resursiem. Pētot kognitīvo uzdevumu ietekmi uz līdzsvara stabilitāti pusaudžu vidū, jāsecina, ka uzdevuma veikšanas laikā ar atvērtām acīm pusaudžiem ievērojami samazinājās vertikālās stājas līdzsvars, bet mainot uzdevuma grūtības pakāpi uz sarežģītāku - līdzsvars nepasliktinās. Mijiedarbība starp kognitīvā uzdevuma izpildi un vertikālas stājas vizuālo kontroli daļēji var būt saistīta ar kognitīvās un vizuālās apstrādes plūsmām, kas konkurē par kopīgiem centrālajiem resursiem, saskaņā ar slodzes teoriju (Meng et al., 2019).

Pētījumos atklājas, ka, veicot kognitīvos uzdevumus, vertikālas stājas kontroles sistēmas regulē ķermeņa stājas svārstības, mijiedarbojoties somatosensorai informācijai, redzei, vestibulārā orgāna informācijai ar balsta un kustību orgānu sistēmu (Perez, 2014). Kognitīvā uzdevuma veikšana stāvot ar aizvērtām acīm palielina ķermeņa šūpošanos (Ren et al., 2010; Meng 2019). Novietojot vienu kāju priekšā otrai un stāvot ar aizvērtām acīm, vienas kājas pēda balsta otru kāju. Respektīvi aizmugurējās kājas lielais pirkst pieskaras priekšējās kājas papēdim un balsta to. Tādējādi redzamības klātbūtne vai neesamība vertikālās pozas svārstības neietekmē, un vertikālā poza paliek relatīvi stabila. Tomēr taisnās pozas līdzsvara kontrole ir liela mērā atkarīga no vizuālās informācijas, jo, ja redzes lauks ir ierobežots vai redzes kustību atgriezeniskā saite ir samazināta, vertikālās pozas svārstību amplitūda palielinās. Kognitīvo uzdevumu izpilde kavē vizuālo apstrādi. Šūpošanās amplitūda kognitīvā uzdevuma izpildes laikā ar atvērtām acīm ir lielāka nekā tad, kad netiek veikts kognitīvs uzdevums, tas norāda, ka kognitīvā uzdevuma apstrāde samazina redzes lomu līdzsvara saglabāšanā (Meng, 2019).

Lai arī zināms, ka kognitīvie faktori ietekmē līdzsvara kontroli (Polskaia et al., 2015), joprojām gan nav skaidrs, vai kognitīva uzdevuma grūtības pakāpei ir galvenā loma, vai tomēr lielāka ietekme ir modulācijai, kas rodas, mainot grūtības pakāpes kognitīvajiem uzdevumiem (Polskaia et al., 2015; Stins et al., 2011; Yardley et al., 1999).

Pētījuma rezultāti, indivīdiem stāvot uz cietas vai putuplasta pamatnes uzrāda, ka palielinoties kognitīvajai slodzei, līdzsvars pasliktinās un sliktāks tas ir stāvot uz nelīdzenas virsmas (Pellecchia, 2003). Šie rezultāti ir atbilstoši slodzes teorijai par nepieciešamību pārdalīt resursus.

Cilvēkam novecojot, arī līdzsvara izjūta un koordinācija pasliktinās. Tas saistīts ar vestibulārās sistēmas un redzes sensorās sistēmas funkciju pasliktināšanos, kā arī muskuļu masas zudumu un šūnu novecošanos (Brustio et al, 2017).

1.2.5. Fiziskās sagatavotības un antropometrisko datu ietekme uz līdzsvara spējam

Līdzsvara uzturēšana vertikālā stāvoklī ir sarežģīts un daudzdimensionāls process, kas prasa motoro kontroli un kognitīvo elastību (Buchman et al., 2011). Tāpēc nebūtu korekti secināt, ka pusaudža spējas noturēt līdzsvaru ir labs fiziskās sagatavotības rādītājs (Meng, 2019). Tomēr, lai noturētu muskuļu tonusu, regulārām ikdienas fiziskām aktivitātēm ir jābūt. Līdzsvara pētījums ar snovbordistiem atklāj, ka statistiskais līdzsvars ir saistīts ar muskuļu izturību un spēku, potītes lokanību un ceļa stabilitāti, savukārt dinamiskais līdzsvars korelē ar apakšstilba apkārtmēru. Apakšstilba muskuļiem *anterior tibialis*, *soleus*, *gastrocnemius* var būt izšķiroša loma statistiskajā līdzsvarā, un šo muskuļu aktivizēšana var palīdzēt nostiprināt potīti. Arī ķermeņa augšdaļa ir būtiska līdzsvara uzturēšanā. Savukārt ķermeņa daļas apkārtmēru palielināšana rada dinamiskā līdzsvara grūtības (Youngirl, 2021).

Pētījumos ir atklāts (Blaszczyk et al., 2009), ka liekā svara pieaugums var radīt diskomfortu un ierobežojumus, lai saglabātu līdzsvaru. Dinamisko līdzsvaru var uzlabot, palielinot muskuļu blīvumu un samazinot apakšstilba apkārtmēru uz zemādas tauku rēķina. Tomēr ir arī pretrunīgi atzinumi, kur, piemēram, pētījums ar snovbordistiem to neapstiprināja, jo iegūtie rezultāti neliecināja par svara un auguma nozīmi līdzsvara saglabāšanā. Citā pētījumā gan konstatēts, ka ķermeņa garumam ir $\sim 10\%$ ietekme uz statisko līdzsvaru, pamatojoties uz 100 dalībnieku regresijas analīzi (Tabrizi et al., 2013).

Cilvēki ar lieko svaru stāvot svārstās vairāk, bet svara zudums uzlabo viņu līdzsvara kontroli, neskatoties uz saistīto muskuļu spēka samazināšanos. Muskuļu spēks tomēr ir svarīgs līdzsvara kontroles faktors, jo pētījumos ir ziņots, ka muskuļu spēks veicina līdzsvara uzlabošanos (Mackey, 2006). Liela ietekme muskuļu spēkam ir uz dinamisko līdzsvaru; indivīdiem ar lieko svaru vai muskuļu masas zudumu vecuma ietekmē ir nepieciešams veikt papildus soli, lai izvairītos no kritiena. Svars ir svarīgs faktors, lai izskaidrotu līdzsvara kontroles variācijas. Ikdienā neveicot sportiskas aktivitātes, kā spēka treniņus vai līdzsvara treniņus, svara zudums izraisa absolūtā muskuļu spēka samazināšanos, bet, pieņemoties svarā, uzlabojas līdzsvara kontrole, nepalielinot relatīvo muskuļu spēku. Svara zaudēšana, nevis

muskuļu spēka saglabāšana, ir galvenais faktors, lai uzlabotu līdzsvara kontroli cilvēkiem ar lieko svaru. Tas ir saistīts ar to, ka mehanoreceptori pielāgojas lēni un ātri sasniedz plato fāzi, reaģējot uz spiedienu, un cilvēkiem ar lieko svaru ir traucēta informācijas uztvere, kas rodas pēdā esošajiem receptoriem lēnāk pielāgojoties spiediena izmaiņām (Handrigan, 2010).

Līdzsvara kontroli galvenokārt panāk, izmantojot proprioreceptīvo atgriezenisko saiti, kas rodas no apakšējām ekstremitātēm un redzes sensorās sistēmas, un ar vecumu šī atgriezeniska saikne pavājinās uz sistēmu „nolietošana” un funkcionālo traucējumu rēķina. Spēja atgūt līdzsvaru, izmantojot potītes stratēģiju, ir mazāka vecāka gadagājuma sievietēm nekā jaunām sievietēm. Vecāka gadagājuma cilvēkiem pasliktinās potītes griezes moments un statistiskais atgūšanas leņķis, kā arī reakcijas ātrums, kas vecāka gadagājuma cilvēkiem ir par 27 milisekundēm ilgāks (Mackey et al, 2004).

2. Materiāli un metodes

2.1. Pētījuma organizēšana

Pētījums norisinājās divās Rīgas vidusskolās laika posmā no 2021.gada aprīļa līdz maijam.

2.2. Pētījuma iesaistītās personas

Pētījumā piedalījās 10., 11. un 12. klašu skolēni. Kopā - 72 vidusskolēni. Pētījuma datu ievākšana notika attālināti, un deviņu skolēnu protokoli ar iesniegtajiem datiem tika anulēti nepilnīgas izpildes dēļ. Kopā derīgi bija 63 protokoli, no kuriem 27% (n=17) pētījumā iesaistīto dalībnieku bija zēni un 73% (n= 46) - meitenes. Dalība pētījumā bija brīvprātīga, un skolēni jebkurā laikā varēja atteikties no dalības pētījumā. Skolēnu dalība pētījuma tika saskaņota ar skolēnu vecākiem un skolas direktoru. Datu objektivitātei darba autore instruēja katras skolas sporta skolotājus par testu izpildi un protokola aizpildīšanas prasībām. Pētījuma dalībnieki pirms testu veikšanas apstiprināja, ka viņiem ir laba pašsajūta un nav akūtu vai hronisku veselības problēmu. Objektīvākai datu izvērtēšanai skolēni testu veica laika posmā no plkst. 8:30 līdz 10:00 (1.pielikums).

Pētījuma dalībnieki, skolēnu vecāki, iesaistītie skolotāji un skolu direktori tika informēti par datu konfidencialitātes ievērošanu, apstrādājot datus, kā arī visi pētījumā iesaistītie pirms pētījuma tika informēti par pētījuma norisi un parakstīja piekrišanu par brīvprātīgu dalību pētījumā (2.pielikums).

2.3. Pētījuma metodes

Datu iegūšanai par statisko un dinamisko līdzsvaru, vispārējo fizisko sagatavotību, kā arī par kognitīvās slodzes ietekmi uz statisko līdzsvaru, tika izstrādāts skolēniem izsniedzams darba protokols. Protokols ietvēra ziņas par skolēna antropometriskajiem datiem - auguma garumu, svaru, vecumu, dzimumu un informāciju, kā precīzi veikt nepieciešamos mērījumus.

Līdzsvara novērtēšanas testi bija - statiskā līdzsvara novērtēšanai tika izvēlēts SEBT tests, bet dinamiskā līdzsvara novērtēšanai BESS tests. Lai skolēnam, būtu skaidrs, kā šos testus veikt, protokolā tika pievienots testu veikšanas apraksts pa soļiem un pievienota arī tabula, kurā ievadīt iegūtos līdzsvara testu rādītājus. Kognitīvās slodzes ietekmes uz statisko līdzsvaru izvērtēšanai skolēni atkārtoti veica BESS testu, kas tika papildināts ar trīs kognitīvās slodzes uzdevumiem pieaugošā grūtības pakāpē. Fiziskās sagatavotības noteikšanai tika izmantots Hārvardas stepa tests un skolēna darbaspēju vērtējums tika skatīts pēc Harvardas steptesta indeksa (HSTI).

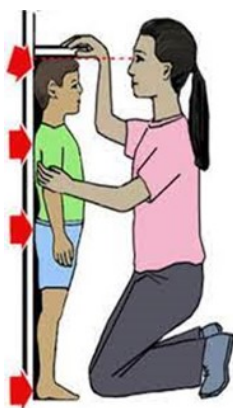
Lai izvairītos no neprecīzi vai nepareizi aizpildītiem protokoliem un nepareizi veiktiem testiem, pirms skolēnu iepazīstināšanas ar protokolu, tas tika pārrunāts ar sporta skolotājiem, kuri attiecīgi veica tālāko skolēnu instruktažu attālinātajā tiešsaistes režīmā.

Dalībai pētījumā tika izvēlēta vidusskolēnu populācija attiecīgi vecumposmā no 16 gadiem līdz 18 gadiem.

Iegūtie dati tika statistiski apstrādāti un analizēti izmantojot izklājlapu programmatūru Microsoft Excel un datu analīzes programmatūru SigmaPlot 14.5.

2.4. Antropometriskie dati

Garuma mērīšana skolēniem bija jāveic bez apaviem, ar muguru piespiežoties vertikālai sienai. Pleciem jābūt vienādā līmenī un rokām jāatrodas gar sāniem. Pakausim, pleciem, dibenam un papēžiem jāpieskaras vertikālajai sienai. Kājām jābūt taisnām un pēdām cieši pie grīdas. Skolēni, pozicionējot savu ķermeni, varēja vadīties pēc pievienotā attēla (7. attēls).



7.attēls. Auguma garuma mērīšana (Čirko, Kalniņa, 2019)

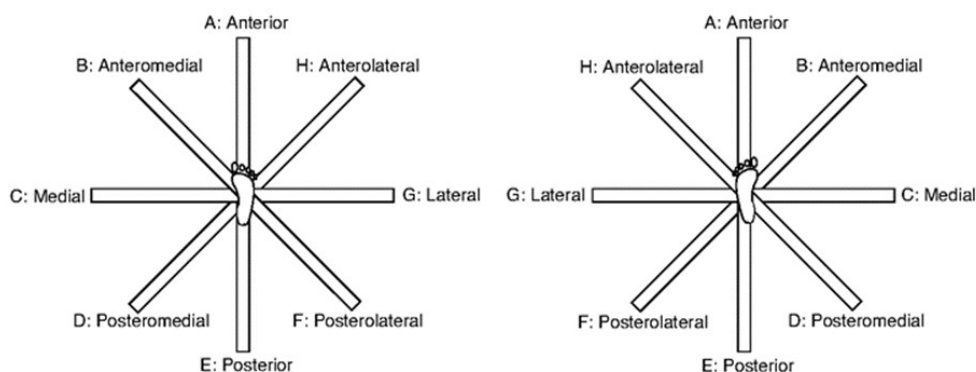
Figure 7. Body length measurement (Čirko, Kalniņa, 2019)

Ķermeņa svara noteikšanai pirms svēršanās bija nepieciešams novilkt apavus, noģērbt smago apģērbu. Svarus novietojot uz pilnībā horizontālas, plakanas un cietas virsmas tā, lai to ekrāns ir skaidri saskatāms. Skolēnam jānostājas taisni svaru vidusdaļā un jāpaliek nekustīgi, kamēr ekrānā parādās svara rādījums.

2.5. Līdzsvara novērtēšanas testi

SEBT testam, novērtējot dinamisko līdzsvaru uz grīdas, bija jāizveido zvaigzne – ar līmlentes palīdzību jāizveido 8 līnijas (katra apmēram 2m gara), kuras jāizkārtu staru veidā. Starp visām līnijām jābūt 45° leņķiem (8.attēls.) Tests jāveic bez apaviem, tā veicējam jānostājas zvaigznes centrā, ar rokām uz gurniem, un pēc testa uzrauga aicinājuma jācenšas aizsniegties vispirms ar vienu kāju iespējami tālu katrai līnijai, pēc tam ar otru kāju iespējami tālu katrai līnijai. Pirms virzīšanās uz nākamo pozīciju, testa veicējam jāatgriežas sākuma

pozīcijā. Veicot testu, stāvot uz kreisās kājas un sniedzoties ar labo kāju, uz nākamo pozīciju jāvirzās pulksteņa rādītāja virzienā, bet, veicot testu ar labo kāju, sniedzoties ar kreiso, jāvirzās pretēji pulksteņa rādītāja virzienam. Testa uzraugam bija jāveic atzīmes, cik tālu testa veicējs ir spējis aizsniegt katru līniju. Katrai kājai jāveic trīs pilni apli, tātad kopumā seši apli. Testa laukumā jābūt sešām rezultātu atzīmēm (atšķiramām katrai kājai) katrai līnijai. Pēc testa beigšanas bija jāizmēra katras atzīmes attālums no zvaigznes centra un jāizrēķina katrai kājai katrā virzienā iegūtā vidējā vērtība.



8.attēls. SEBT testa pozīcijas (Ping et al., 2011)

Figure 8. SEBT test positions (Ping et al., 2011)

Lai dinamiska līdzsvara dati būtu objektīvi un savstarpēji interpretējami, attālums līdz katrai līnijai tika sasaistīts ar skolēna kājas garumu, izsakot to relatīvi, procentos. Tam nepieciešams izmērīt skolēna kājas garumu. Skolēnam jānoguļas uz muguras un, citai personai, ar mērlenti jāizmēra attālums no priekšējā augšējā zarnu kaula atzara, līdz lielā liela kaula iekšējā izauguma (potītes iekšējā izauguma) (1. pielikums). Relatīvo vērtību procentos rēķināja pēc formulas $RA = VA/L * 100$, kur VA ir vidējais attālums līdz katrai līnijai, bet L ir kājas garums. Dati tika fiksēti tabulā (1.tabula).

1.tabula

Rezultātu tabula dinamiskā līdzsvara rezultātiem SEBT testā

Table 1.

Scoreboard for dynamic equilibrium results for the SEBT test

		A	B	C	D	E	F	G	H
Attālums, cm	Labā	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
		2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
		3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
	Kreisā	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
		2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.	2.
		3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.	3.
Vidēji, cm	Labā								
	Kreisā								
Relatīvais attālums, %	Labā								
	Kreisā								

Statiskā līdzsvara izvērtēšanai izmantoja BESS sistēmas testu. Testā jāizpilda trīs pozīcijas - stāja ar abām pēdām kopā, stāja uz vienas kājas un stāja ar vienu pēdu priekšā otrai. Katra testa pozīcija bija jāveic divos atkārtojumos: uz cietas virsmas (grīdas) un vairākkārt salocītas segas. Kājām bija jābūt bez apaviem. Putu paliktņa (matrača) vietā mājas apstākļos varēja tikt izmantota vairākkārt salocīta sega. Stāvot ar abām pēdām kopā, pēdām bija jābūt novietotām blakus, kā arī tām jāsaskaras vienai ar otru. Acīm jābūt ciet un rokām jābūt uz gurniem. Stājai uz vienas kājas jāstāv uz motorikas ziņā nedominantās kājas, gurniem jābūt nedaudz ieliektiem, kā arī dominantā kāja jāpaceļ un jātur saliekta apmēram 45° leņķī. Acīm jābūt ciet un rokām jābūt uz gurniem.

Stājai, esot pozīcijā ar vienu pēdu priekšā otrai, bija jānostājas tā, lai lielais pirksts un papēdis saskaras, nedominantajai kājai jāatrodas aizmugurē. Acīm jābūt ciet un rokām jābūt uz gurniem. Katra poza jānotur 60 sekundes, un to laikā novērotājam jāveic kļūdu uzskaiti saskaņā ar BESS sistēmu, kur tiek piešķirts viens punkts par katru kļūdu, bet ne vairāk kā desmit katrā no sešiem testiem. Ja kļūdu ir vairāk, kā maksimāla kļūdu vērtība tiek ieskaitītas 10 kļūdas. Kā kļūda tiek atzīta roku noņemšana no gurniem, acu atvēršanu, veikts stabilizējošs solis vai kritienu, gurnu saliekšana vairāk kā par 30°, pēdu daļēja vai pilnīga atraušana no virsmas, nespēja atjaunot testa pozu 5 sekunžu laikā. Ja vairākas no šīm kļūdām parādās vienlaicīgi, tās tika skaitītas kā viena. Ja skolēns nevar noturēties kādā no pozām nepieciešamās 60 sekundes, tika ieskaitīts maksimālais kļūdu skaits, kas ir desmit, attiecīgajai pozai. Maksimālais kļūdu skaits testā kopumā ir 60 kļūdas.

2.6. BESS tests un kognitīvās slodzes uzdevumi

Lai izvērtētu kognitīvās slodzes ietekmi uz līdzsvaru, atkārtoti veica BESS sistēmas testus. Skolēns, vienlaicīgi ar līdzsvara testu, veica kognitīvās slodzes uzdevumus, kas ir skaitīšanas testi ar izpildes ilgumu 60 sekundes. Skaitīšana bija jāveic individuālā, katram pašam piemērotā, mērenā tempā, bez vilcināšanās vai steigas.

I kognitīvais uzdevums bija vieglas grūtības pakāpes uzdevums, kurā bija jāskaita uz priekšu ik pa trīs, sākot no nulles. II kognitīvais uzdevums bija vidējas grūtības pakāpes, kurā bija jāskaita uz priekšu ik pa septiņi, sākot no nulles. III kognitīvais uzdevums bija augstākās grūtības pakāpes, kurā bija jāskaita atpakaļ ik pa septiņi, sākot no 500. Skolēnam, veicot līdzsvara testu un kognitīvās slodzes uzdevumus, novērotājs veica kļūdu uzskaiti saskaņā ar BESS sistēmu, kurā tika piešķirts viens punkts par katru kļūdu. Iegūtie dati tika fiksēti ieraksta tabulā (2 tabula).

BESS sistēmā pieļauto kļūdu skaits kognitīvas slodzes laikā

Table 2

Number of errors in the BESS system during cognitive exertion

Kognitīvās slodzes uzdevumu grūtības pakāpes	Uz cietas virsmas			Uz matrača/segas		
	(I)	(II)	(III)	(I)	(II)	(III)
Stāja ar abām pēdām kopā:						
Stāja uz vienas kājas:						
Stāja ar vienu pēdu priekšā otrai:						
Kopā uz katras virsmas:						
Kopā:						

2.7. Fiziskā sagatavotības novērtēšana, izmantojot Harvardas steptestu

Fiziskās sagatavotības novērtēšanai veica Hārvardas steptestu. Tests tika veikts piecas minūtes, kāpjot uz soliņa, kura augstums 40 cm (+/- 5 cm). Kāpšanas temps bija 30 reizes minūtē. Viens kāpiens sastāvēja no četrām taktīm: uzkāpj ar vienu kāju, pieliek otru kāju klāt, nokāpj ar vienu kāju, pieliek otru kāju klāt. Ritms tika uzturēts un regulēts ar metronomu, ko bija jāuzstāda uz 60 sitieniem minūtē. Ja noguruma dēļ skolēns atpalika no uzdotā ritma vai atteicās turpināt slodzi, kāpšanu pārtrauca un fiksēja laiku. Skolēna funkcionālo stāvokli raksturoja pēc sirds sitienu skaita pēcslodzes atjaunošanās periodā. Sirds sitienu skaitu skolēni reģistrēja izmantojot viedpulksteņa aplikācijas. Pēc fiziskās slodzes pabeigšanas skolēns atpūtās sēdus stāvoklī. Otrās, trešās un ceturtais minūtes pirmajās 30 sekundēs noteica sirds sitienu skaitu. Iegūtos datus izmantoja, lai aprēķinātu Harvardas steptesta indeksu, pēc šādas formulas:

$$HSTI = \frac{t \cdot 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \cdot 2},$$

kur t ir testa izpildes laiks sekundēs, f1, f2, f3 - ir sirds sitienu skaits atjaunošanās perioda otrās, trešās un ceturtais minūtes pirmajās 30 sekundēs. Datus interpretē atbilstoši Bruā L.u.c (1942). izstrādātajām vadlīnijām (3.tabula).

Darbaspēju vērtējums pēc Harvardas steptesta indeksa (HSTI)**Table 3.****Performance evaluation according to Harvard Stepest Index (HSTI)**

<i>HSTI</i>	<i>Funkcionālā stāvokļa vērtējums</i>
< 55	slikts
55 – 64	apmierinošs
65 – 79	viduvējs
80 – 89	labs
> 90	teicams

2.8.Datu statistiskā apstrāde

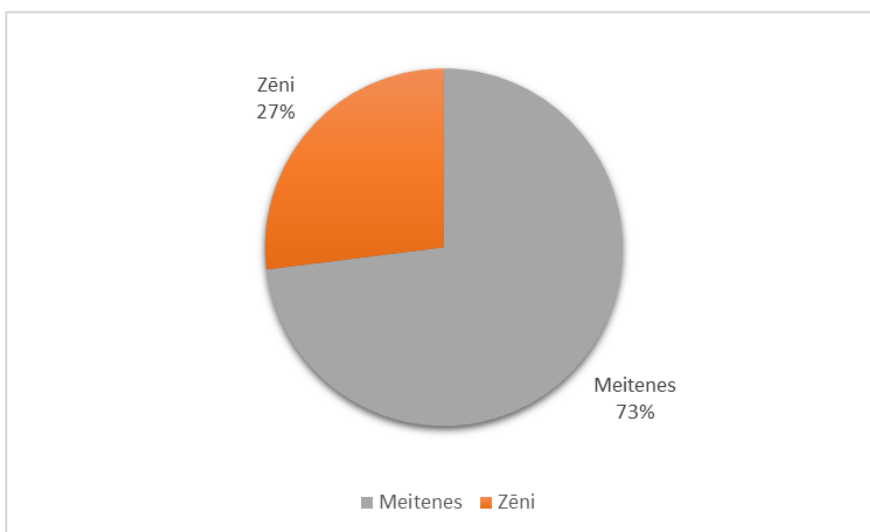
Skolēnu dati tika apkopoti un analizēti izmantojot Microsoft excel un grupēti dzimumdiferenciēti. Apstrādājot datus tālākai analīzei, tika izmantotas vidējās vērtības un standartnovirzes.

Datu ticamības pārbaude tika veikta ar Sigma Plot 14.5. programmatūru. Datu izzināšanai un datu atbilstības normālajam sadalījumam pārbaudei tika izmantots Šapiro-Vilka normalitātes tests. Atbilstoši normalitātes testa rezultātiem korelācijas analīzē tika izmantots Spīrmena rangu korelācijas tests neparametriskiem datiem un Pīrsona korelācijas analīzes tests parametriskiem datiem. Statistiski nozīmīgas korelācijas vērtības atbilda $p < 0.05$, bet korelācijas ciešuma vērtībai bija jābūt robežās no -1 līdz 1 un to atspoguļoja korelācijas koeficienta r vērtība.

Parametru atšķirību būtiskuma pārbaude starp pētījuma parametru vērtībām tika veikta ar One-Way ANOVA, izmantojot Holma-Sidaka testu (parametriskiem datiem), un ar Kruskal-Wallis Analysis of Ranks, izmantojot Dunn's testu (neparametriskiem datiem); par statistiski nozīmīgām atšķirībām tika pieņemtas tādas, kurām p vērtība ir < 0.05 .

3. Rezultāti

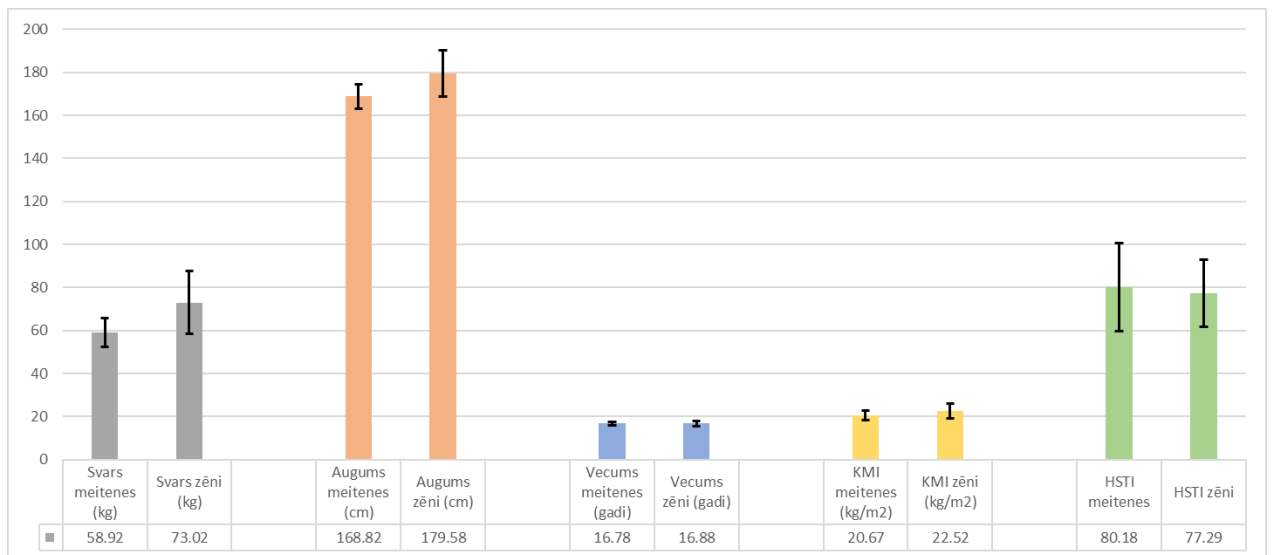
Pētījumu sekmīgi veica 63 skolēni, no kuriem 27% (n=17) bija zēni un 73 % (n=46) bija meitenes (9.attēls).



9.attēls. Pētījuma dalībnieku iedalījums pēc dzimuma.

Figure 9. Breakdown of study participants by gender.

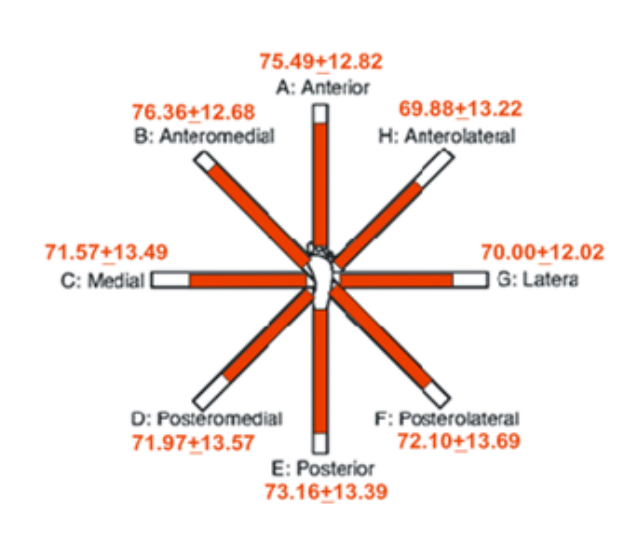
Aplūkojot skolēnu antropometriskos datus un fiziskās sagatavotības līmeni atklājas, ka vidējais meiteņu svars ir 58.9 kg +/- 6.69 kg, bet zēniem vidējais svars ir 73 +/-14.65 kg. Auguma ziņā meitenes ir īsākas. Vidējais meiteņu augums ir 168 +/-5.6 centimetri, bet zēniem 179 +/- 10.6 centimetri. Neskatoties uz šīm atšķirībām ķermeņa masas indeksā, būtisku atšķirību starp dzimumiem nav ($p > 0,05$). Meitenēm KMI ir 20.67 +/-2.1 $\text{kg}\cdot\text{m}^2$, bet zēniem 22.52 +/- 3.49 $\text{kg}\cdot\text{m}^2$. Vidējais meiteņu vecums ir 16.78 +/-0.81, bet zēnu 16.88 +/-1.16 gadu. Lai arī būtiskas atšķirības starp dzimumiem nav novērojamas fiziskās sagatavotības rādītājā - Hārvardas steptesta indeksā ($p > 0,05$), kur meiteņu vidējais sagatavotības līmenis ir 80.18 +/-20.59, bet zēniem 77.29 +/-15.47. Atbilstoši HSTI vērtībām, meiteņu vidējais fiziskās sagatavotības līmenis vērtējams kā labs, bet zēniem kā viduvējs (10.attēls). Veicot korelācijas testus starp KMI , vecumu un fizisko sagatavotību, nevienā gadījumā korelācijas neuzrādās statistiski ticamas.



10.attēls. Skolēnu vidējie antropometriskie dati un fiziskā sagatavotība.

Figure 10. Pupils' average anthropometric data and physical fitness.

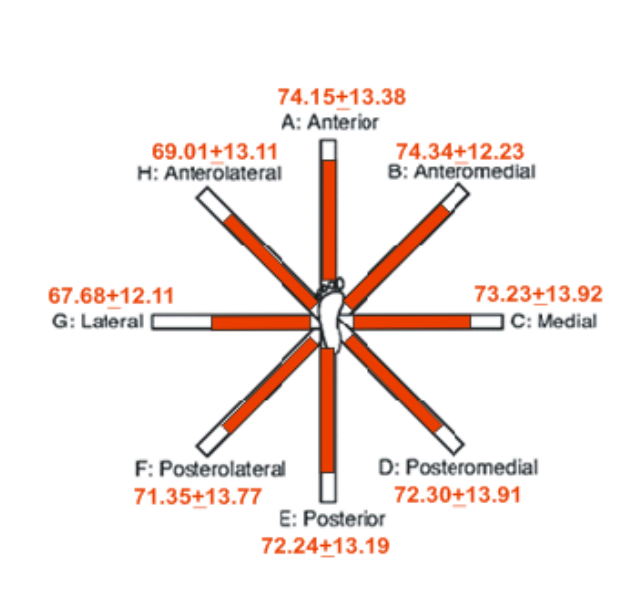
Analizējot dinamiskā līdzsvara SEBT testa datus, redzams, ka būtiskas atšķirības nedz starp dzimumiem, nedz relatīvajam attālumam spējā aizsniegties ar kāju lielo pirkstu maksimāli tālu līdz katrai no līnijas beigām, nav (visos gadījumos $p > 0,05$) (10 - 13 attēls).



10.attēls. Vidējie dinamiskā līdzsvara SEBT testa rezultāti katrā virzienā meitenēm labajai kājai.

Figure 10. Mean dynamic balance SEBT test results in each direction for girls on the right leg

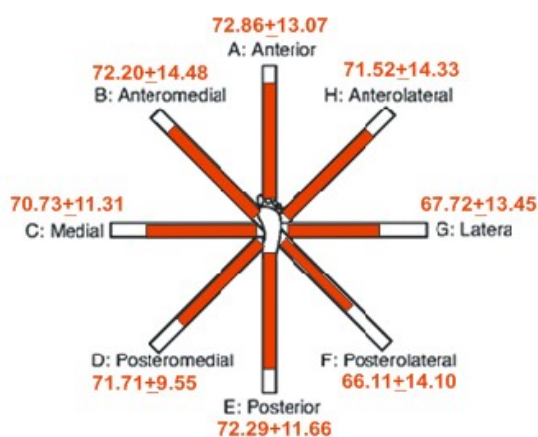
Meitenēm labākais relatīvais attālumums, sniedzoties ar labo kāju, vērojams B pozīcijā, kur tā vidējā vērtība ir 76.35 % +/- 12.68 %, bet sliktāko pozīciju uzrāda H pozīcija, kuras vērtība ir 69.88 % +/- 13.22 %.



11.attēls. Vidējie dinamiskā līdzsvara SEBT testa rezultāti katrā virzienā meitenēm kreisajai kājai.

Figure 11. Mean dynamic balance SEBT test results in each direction for girls with left leg.

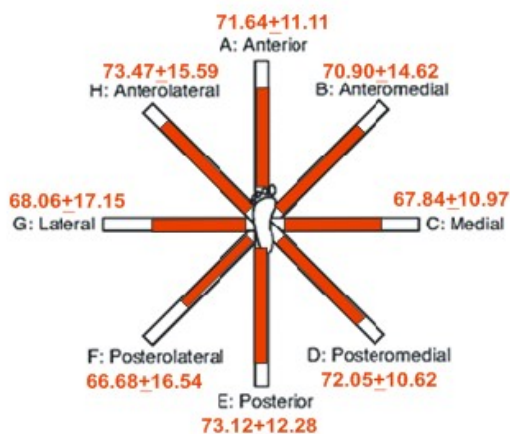
Sniedzoties ar kreiso kāju, labākā pozīcija arī ir B pozīcija ar relatīvo attālumu 74.34 % +/- 12.23 %, bet sliktāko relatīvo attālumu uzrāda G pozīcija ar 67.68% +/- 12.11 %, bet arī H pozīcijai ir salīdzinoši slikts rezultāts - 69.01 % +/-13.11%. Tātad, meitenēm veicot testu, vislabāk līdzsvaru izdevās noturēt testa sākumā, izstiepjot kāju uz priekšu, bet vissliktāk līdzsvaru sanāca noturēt testa beigās, kad bija iestājies muskuļu nogurums. Visa testa veikšanas laikā vērojams, ka meiteņu spēja noturēt līdzsvaru pakāpeniski samazinās.



12.attēls. Vidējie dinamiskā līdzsvara SEBT testa rezultāti katrā virzienā zēniem labajai kājai.

Figure 12. Mean dynamic equilibrium SEBT test results in each direction for boys with right leg.

Aplūkojot zēnu dinamiskā līdzsvara testu rezultātos, veicot testu ar labo kāju, vislabāko pozīciju uzrāda A pozīcija (72.86% +/- 13.07 %), arī B pozīcija (72.2 % +/- 14.48 %) un E pozīcija (72.29 % +/- 11.66 %). Tomēr atšķirībā no meitenēm zēni labus rezultātus līdzsvara saglabāšanā uzrāda arī testa beigās, jo H pozīcijā sasniedz rezultātu 71.52% +/-14.33 %.



13.attēls. Vidējie dinamiskā līdzsvara SEBT testa rezultāti katrā virzienā zēniem kreisajai kājai.

Figure 13. Mean dynamic equilibrium SEBT test results in each direction for boys with left leg.

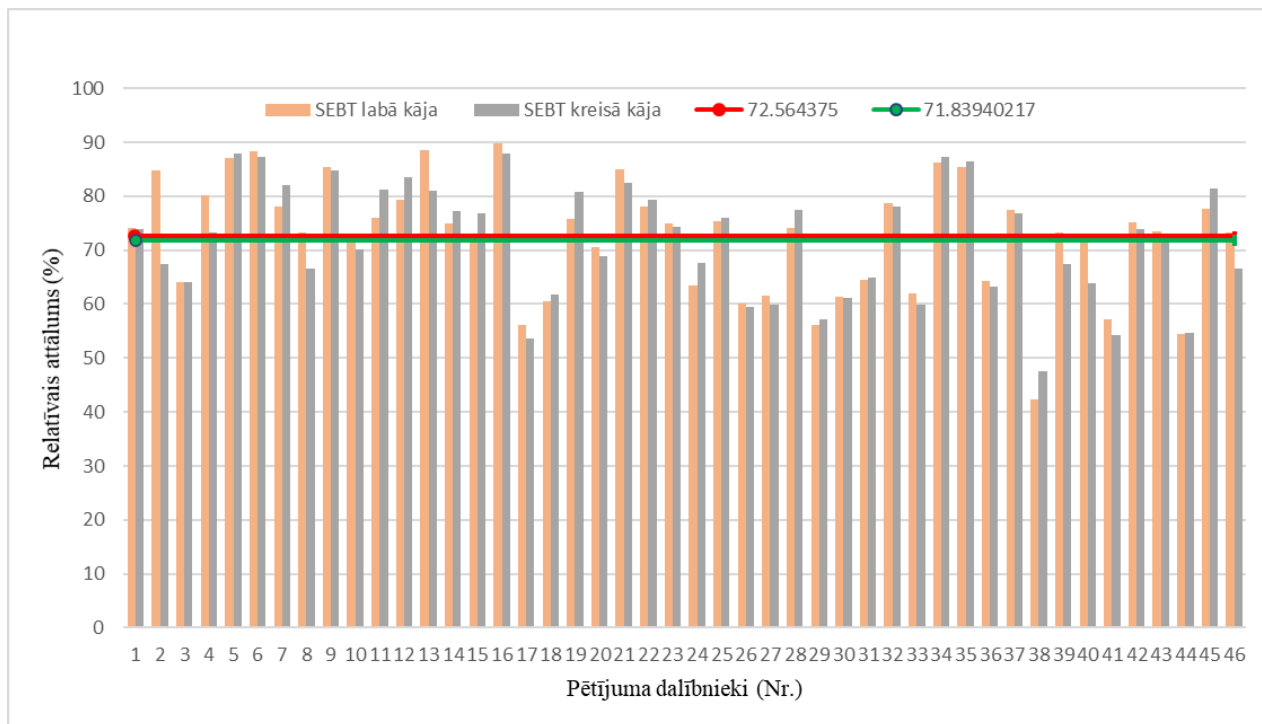
Mēģinot saglabāt līdzsvaru un veicot testu ar kreiso kāju, atšķirībā no meitenēm, kurām labāk izdevās saglabāt līdzsvaru testa sākumā, zēni spēja ne tikai saglabāt līdzsvaru sākuma pozīcijās A (71.64% +/-11.11 %) un B (70.9% +/- 14.62 %), bet spēja atjaunot līdzsvaru testa beigās pozīcijā H (73.47% +/-15.59%) un E (73.12 +/- 12.28%), uzrādot labus relatīvos attālumus. Kopumā, veicot dinamiskā līdzsvara testu, zēniem vērojama laba līdzsvara izjūta, kas samazinās testa vidusdaļā, bet beigās līdzsvara saglabāšanas spējas atjaunojas sākotnējā līmenī.

Kaut arī SEBT testa rezultātos starp dažādām pozīcijām meitenēm un zēniem uzrādījās vidējo vērtību atšķirības, nevienā no gadījumiem tomēr neuzrādījās statistiski būtiskas atšķirības ($p > 0,05$), bet to var definēt kā atšķirību tendenci.

Veicot korelācijas analīzi starp svaru, augumu, vecumu, KMI un dinamiskā līdzsvara rezultātiem, nevienā no gadījumiem korelācijas neuzrādās statistiski nozīmīgas ($p > 0,05$). Vienīgā vāja, pozitīva korelācija uzrādās starp fizisko sagatavotību (HSTI) un dinamisko līdzsvaru kreisajai kājai $r=0.278$, $p=0.0275$, bet neuzrādās korelācija ar labo kāju.

Apskatot meiteņu (14.attēls) un zēnu (15.attēls) vidējos dinamiskā līdzsvara rezultātus, redzams, ka gan meitenēm, gan zēniem tie ir gandrīz līdzīgi ($p > 0,05$). Arī spēja noturēt līdzsvaru, izmantojot atšķirīgas kājas pozas, pozas stabilitāti neietekmē. Meiteņu vidējais

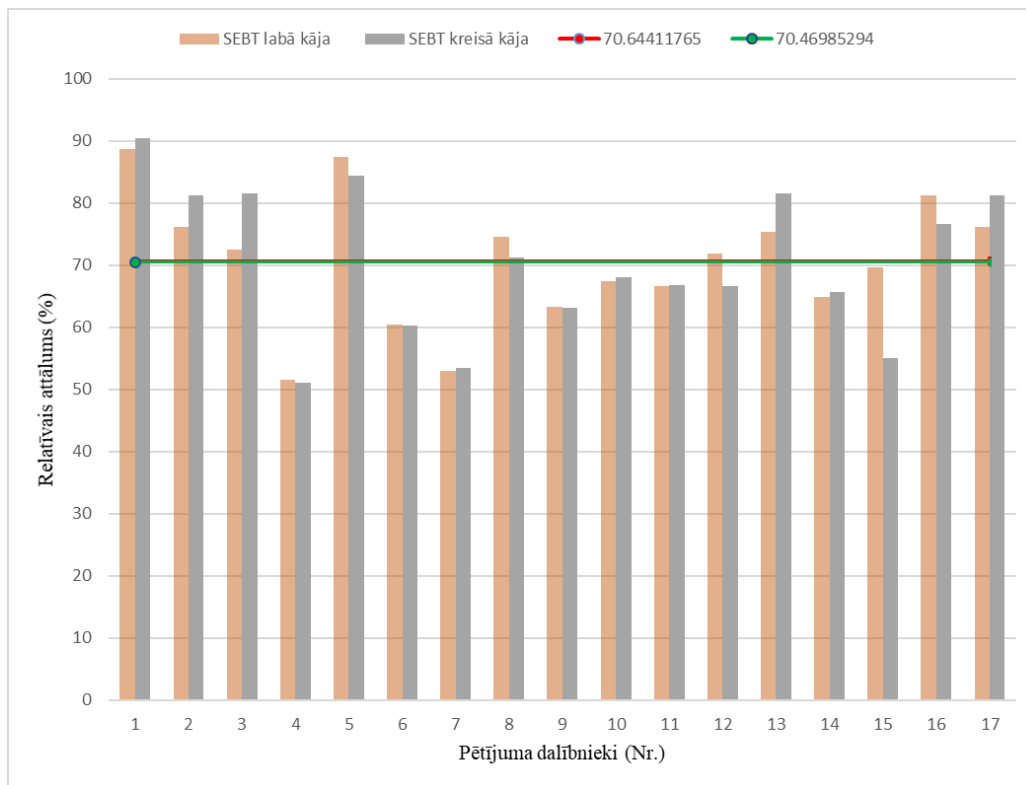
relatīvais attālums labajai kājai SEBT testā ir 72.56% +/- 10.66% un kreisajai kājai 71.83 % +/- 10.64%, bet zēnu vidējais relatīvais attālums labajai kājai ir 70.36% +/-10.36%, kreisajai kājai 70.46+/- 13.75%.



- 72.56 - vidējā vērtība labajai kājai visām meitenēm
- 71.83 - vidējā vērtība kreisajai kājai visām meitenēm

14.attēls. Vidējie dinamiskā līdzsvara SEBT testa rezultāti meitenēm labajai un kreisajai kājai.

Figure 14. Mean dynamic balance SEBT test results for girls for right and left leg.



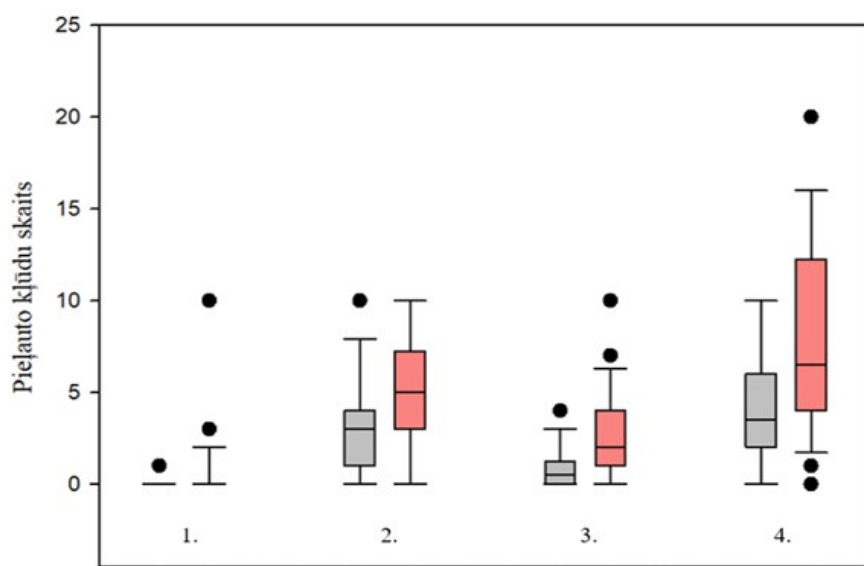
— 70.644 - vidējā vērtība labajai kājai visiem zēniem

— 70.46 - vidējā vērtība kreisajai kājai visiem zēniem

15.attēls. Vidējie dinamiskā līdzsvara SEBT testa rezultāti katrā virzienā zēniem labajai un kreisajai kājai.

Figure 15. Mean dynamic equilibrium SEBT test results in each direction for boys with right and left leg.

Statiskā līdzsvara rezultāti izmantojot BESS sistēmas testu uz cietas virsmas un uz mīksta virsmas – segas, uzrāda, ka sekmīgāk līdzsvaru izdodas saglabāt uz cietas virsmas (16. un 17. attēls). Gan meitenēm, gan zēniem, cenšoties saglabāt līdzsvaru, ir pieļauts neliels kļūdu skaits. Visgrūtāk līdzsvaru saglabāt bija atrodoties otrajā pozīcijā, stāvēt ar vienu kāju un aizvērtām acīm, un rokām, atrodoties uz gurniem.



1.,2.,3. pozīcija uz cietas virsmas un segas

■ Miksta virsma – sega
■ Cieta virsma

1.pozīcija – kājas kopā

2.pozīcija – stāja uz vienas kājas

3.pozīcija – stāja ar vienu kāju priekšā otrai

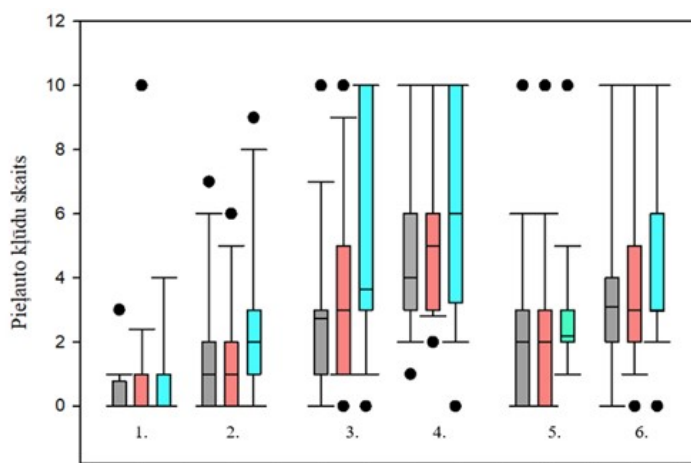
4. kopējo kļūdu skaits uz katras virsmas

	cieta virsma pēdas kopā	sega pēdas kopā	cieta virsma 1. kāja	sega 1. kāja	cieta virsma 1 kāja priekšā 2	sega 1 kāja priekšā 2	cieta virsma kopējais	sega kopējais
Vid.	0.04	0.52	3.17	5.02	0.93	2.67	4.15	8.04
SD	0.20	1.58	2.71	3.10	1.20	2.63	2.99	5.24

16.attēls. Vidējie statistiskā līdzsvara BESS testa rezultāti uz cietas virsmas un segas katrā pozīcijā meitenēm.

Figure 16. Mean static equilibrium BESS test results on a hard surface and blanket at each position for girls.

Vislabākā pozīcija līdzsvara saglabāšanā bija 1. pozīcija stāvēt ar pēdām kopā gan uz cietas virsmas (0.04 ± 0.2 kļūdas), gan mīkstas virsmas (0.52 ± 1.58 kļūdas). Lai arī dažām meitenēm tomēr neizdevās saglabāt līdzsvaru, kopējā līdzsvara saglabāšanas tendence šajā pozīcijā ir laba. Lai arī 3.pozīcijā stāvēt ar vienu kāju priekšā otrai ir vērojamas līdzsvara nestabilitātes tendences, šīs pozīcijas noturēšana meitenēm veicās labāk nekā 2. pozīcijas noturēšanā, kur uz cietas virsmas tika pieļautas 0.93 ± 1.2 kļūdas, bet uz mīkstas virsmas 2.67 ± 2.63 kļūdas.



1.,2.,3.,pozīcija I,II,III kognitīvajā slodzē uz cietas virsmas un segas

■ I pakāpes kognitīvais uzdevums
■ II pakāpes kognitīvais uzdevums
■ III pakāpes kognitīvais uzdevums

1. 1. pozīcija – pēdas kopā uz cietas virsmas
2. 1. pozīcija – pēdas kopā uz mīksta virsmas (segas)
3. 2.pozīcija – stāja ar vienu kāju uz cietas virsmas
4. 2.pozīcija – stāja ar vienu kāju uz mīksta virsmas (segas)
5. 3.pozīcija – stāja ar vienu kāju priekšā otrai uz cietas virsmas
6. 3.pozīcija – stāja ar vienu kāju priekšā otrai uz mīksta virsmas (segas)

	cieta virsma pēdas kopā I	cieta virsma pēdas kopā II	cieta virsma pēdas kopā III	sega pēdas kopā I	sega pēdas kopā II	sega pēdas kopā III	cieta virsma 1 kāja I	cieta virsma 1 kāja II	cieta virsma 1 kāja III
Vid.	0.13	0.34	0.50	0.28	0.47	0.65	2.5	2.76	3.34
SD	0.45	0.87	1.06	0.65	0.98	1.11	2.72	2.53	3.00

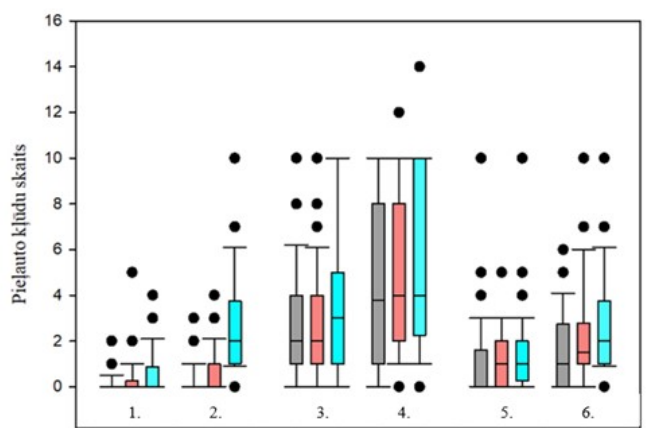
	sega 1 kāja I	sega 1 kāja II	sega 1 kāja III	cieta virsma 1 kāja priekšā 2 I	cieta virsma 1 kāja priekšā 2 II	cieta virsma 1 kāja priekšā 2 III	sega 1 kāja priekšā 2 I	sega 1 kāja priekšā 2 II	sega 1 kāja priekšā 2 III
Vid.	4.30	4.69	5.45	1.02	1.04	1.56	1.50	2.06	2.60
SD	3.60	3.49	3.64	1.79	1.13	1.75	1.73	2.14	2.46

18.attēls. Vidējie statistiskā līdzsvara BESS sistēmas testa rezultāti katra pozīcijā uz cietas virsmas un segas meitenēm katra kognitīvās slodzes.

Figure 18. Mean static equilibrium BESS system test results at each position on the hard surface and blanket for girls at each cognitive load level.

18. attēla redzams, ka meitenes visveiksmīgāk tika galā ar statistiskā līdzsvara noturēšanu, atrodoties pirmajā pozīcijā ar pēdām kopā. Pieaugot kognitīvās slodzes uzdevumam, vidējais pieļauto kļūdu skaits ir palielinājies no 0.1+/-0.45 I kognitīvās slodzes uzdevumā līdz 0.5+/-1.0 III kognitīvā uzdevuma izpildes laikā. Izvērtējot salīdzinoši, šajā pozīcijā uz segas vidējais pieļauto kļūdu skaits ir nedaudz lielāks, bet ne statistiski būtiski ($p > 0,05$), attiecīgi 0.28+/-0.66 I kognitīva uzdevuma izpildes laikā un 0.65+/-1.12 III kognitīvā uzdevumā. Sliktākus rezultātus līdzsvara noturēšanā meitenes uzrādījušas otrās pozīcijas laikā, stāvot uz vienas kājas

gan uz cietas virsmas, gan segas. Attiecīgi I kognitīvā uzdevumā, stāvot uz cietas virsmas vidējais pieļauto kļūdu skaits ir 2.5 ± 2.72 , II uzdevuma laikā 2.76 ± 2.53 un III uzdevuma laikā 3.34 ± 3 . Stāvot uz segas, pieļauto kļūdu skaits ir vēl lielāks: I uzdevumā 4.3 ± 3.6 , II uzdevumā 4.7 ± 3.5 un III uzdevumā 5.4 ± 3.6 kļūdas. Trešajā pozīcijā, pildot I pakāpes kognitīvo uzdevumu uz cietas virsmas, meitenes vidēji pieļāva 1.02 ± 1.79 kļūdas, II uzdevuma laikā 1.04 ± 1.13 , III uzdevuma laikā 1.56 ± 1.79 kļūdas. Arī šeit sliktāki rezultāti ir, veicot šo pozīciju uz segas. I uzdevumā rezultāts ir 1.5 ± 1.74 kļūdas, II uzdevumā 2 ± 2.14 kļūdas, III uzdevumā 2.6 ± 2.46 kļūdas.



1.,2.,3. pozīcija I,II,III kognitīvās slodzes līmenī uz cietas virsmas un segas

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ I pakāpes kognitīvais uzdevums ■ II pakāpes kognitīvais uzdevums ■ III pakāpes kognitīvais uzdevums | <ol style="list-style-type: none"> 1. 1. pozīcija – pēdas kopā uz cietas virsmas 2. 1. pozīcija – pēdas kopā uz mīksta virsmas (segas) 3. 2.pozīcija – stāja ar vienu kāju uz cietas virsmas 4. 2.pozīcija – stāja ar vienu kāju uz mīksta virsmas (segas) 5. 3.pozīcija – stāja ar vienu kāju priekšā otrai uz cietas virsmas 6. 3.pozīcija – stāja ar vienu kāju priekšā otrai uz mīksta virsmas (segas) |
|---|--|

	cieta virsma pēdas kopā I	cieta virsma pēdas kopā II	cieta virsma pēdas kopā III	sega pēdas kopā I	sega pēdas kopā II	sega pēdas kopā III	cieta virsma 1 kāja I	cieta virsma 1 kāja II	cieta virsma 1 kāja III
Vid.	0.35	1.00	0.82	1.64	1.47	2.7	2.82	3.47	4.94
SD	0.78	2.39	1.33	2.05	2.03	2.82	2.72	3.06	3.64

	sega 1 kāja I	sega 1 kāja II	sega 1 kāja III	cieta virsma 1 kāja priekšā 2 I	cieta virsma 1 kāja priekšā 2 II	cieta virsma 1 kāja priekšā 2 III	sega 1 kāja priekšā 2 I	sega 1 kāja priekšā 2 II	sega 1 kāja priekšā 2 III
Vid.	4.70	5.29	6.23	2.29	2.23	2.88	3.58	3.82	4.47
SD	2.80	2.80	3.21	2.75	2.72	2.17	3.10	2.96	2.96

19.attēls. Vidējie statistiska līdzsvara BESS sistēmas testa rezultāti katra pozīcijā uz cietas virsmas un segas meitenēm katra kognitīvās slodzes.

Figure 19. Mean static equilibrium BESS system test results at each position on the hard surface and blanket for girls at each cognitive load level.

Aplūkojot 19. attēlu par zēnu rezultātiem, redzams, ka arī zēniem vissliktāk līdzsvaru saglabāt izdevās, atrodoties otrajā pozīcijā un III kognitīvās slodzes laikā. Vislabāk ar statistiskā līdzsvara saglabāšanu zēniem, tāpat ka meitenēm, veicās, atrodoties uz cietas virsmas. I kognitīva uzdevuma laikā zēni vidēji pieļāva 0.3+/-0.78 kļūdas, II uzdevumā- 1+/-2.39 kļūdas, bet III uzdevuma laikā - 0.82+/-1.33 kļūdas. Salīdzinoši uz segas I uzdevuma laikā tika pieļautas 1.65+/-2.06 kļūdas, II uzdevuma laikā - 1.47+/-2, III uzdevuma laikā- 2.7+/-2.82 kļūdas. Otrās pozīcijas laikā, stāvot ar vienu kāju uz cietas virsmas, I kognitīvās slodzes laikā tika pieļautas vidēji 2.84+/-2.72 kļūdas, II uzdevumā 3.47+/-3.0, III uzdevuma laikā 4.9 +/-3.6. Uz segas I uzdevumā vidēji pieļautas 4.7 +/-2.8, II uzdevumā 5.29 +/-2.8, III uzdevumā 6.23+/-3.21 kļūdas.

Salīdzinot šos rezultātus ar meiteņu rezultātiem atrodoties otrajā pozīcijā, redzams, ka zēni pieļāvuši vidēji vairāk kļūdu, lai noturētu līdzsvaru. Tomēr šī atšķirība nav statistiski būtiska ($p > 0,05$). Labāk ar līdzsvara noturēšanu zēniem veicies trešajā pozīcijā, noliekot vienu kāju priekšā otrai. Kā arī labāki rezultāti ir uz cietas virsmas. I slodzes laikā 2.29+/-2.75 kļūdas, II slodzē 2.24 +/-2,7 kļūdas, III slodzē 2.88+/-2.17 kļūdas. Uz segas I uzdevuma laika vidēji pieļautas 3.59+/-3.1, II uzdevuma laikā 3.82+/-2.96, III uzdevuma laikā 4.47 +/-2.96 kļūdas.

Kopumā zēni visās pozīcijās uzrādījuši sliktāku līdzsvara izjūtu nekā meitenes. Gan zēniem, gan meitenēm grūtāk saglabāt līdzsvaru bija, atrodoties uz mīkstākas virsmas. Veicot antropometrisko parametru un fiziskās sagatavotības korelāciju ar kognitīvās slodzes uzdevumiem uz dažādajām virsmām, atklājas dažādas sakarības, kas apkopotas 4. un 5. tabulā.

3.tabula

Korelācijas rezultāti starp kognitīvās slodzes uzdevumiem uz cietas virsmas un antropometriskajiem datiem un fizisko sagatavotību.

Table 3.

Correlation results between cognitive load tasks on a solid surface and anthropometric data and physical fitness.

	Cieta virsam, pēdas kopā I	Cieta virsma, pēdas kopā II	Cieta virsma, 1 kāja I	Cieta virsma, 1 kāja II	Cieta virsma 1 pr.2 II	Cieta virsma 1 pr.2 III
Dzimums	N	N	N	N	N	r=0.372 p=0.003
Svars	N	N	N	N	N	N
Augums	r=0.263 p=0.037	N	N	N	r=0.262 p=0.038	N
Vecums	N	N	N	N	N	N
ĶMI	N	N	r= - 0.275 p=0.029	r= - 0.347 p=0.006	N	N
HSTI	N	r= - 0.265 p=0.036	N	N	N	N

N- korelācija starp parametriem netika atrasta

Aplūkojot šo korelācijas tabulu (3.tabula) redzams ka, lielākā ietekme līdzsvara noturēšanai uz cietas virsmas ir ĶMI un auguma garumam. Vispārējai fiziskai sagatavotībai nav ietekmes uz līdzsvara saglabāšanu uz cietas virsmas.

4.tabula

Korelācijas rezultāti starp kognitīvās slodzes uzdevumiem uz mīkstas virsmas (segas) un antropometriskajiem datiem un fizisko sagatavotību.

Table 4.

Correlation results between cognitive load tasks on a soft surface (blanket) and anthropometric data and physical fitness.

	Sega, pēdas kopā I	Sega, pēdas kopā III	Sega, kāja I	Sega, kāja II	Sega, kāja III	Sega, pr.2 I	Sega, pr.2 II	Sega, pr.2 III
Dzimums	r=0.462 p=0.001	r=0.440 p=0.001	N	N	N	r=0.359 p=0.004	r=0.336 p=0.007	r=0.346 p=0.006
Svars	N	r=0.332 p=0.008	N	N	N	N	N	N
Augums	r=0.256 p=0.043	r=0.334 p=0.008	N	N	N	N	r=0.284 p=0.024	N
Vecums	N	N	N	N	N	r=0.412 p=0.001	r=0.415 p=0.001	N
ĶMI	N	N	r= - 0.328 p=0.009	r= - 0.402 p=0.001	r=-0.286 p=0.023	N	N	N
HSTI	N	N	N	N	N	N	N	N

N- korelācija starp parametriem netika atrasta

Korelatīvi analizējot skolēnu datus dažādās pozīcijās uz cietas virsmas un mīkstas virsmas, veicot dažādas kognitīvās slodzes uzdevumus, korelācija starp parametriem tika atrasta ne visiem mainīgajiem, arī ne pie vienas pozas, bet dažādās kognitīvās slodzēs. Korelācija starp fizisko sagatavotību un līdzsvara stabilitāti kognitīvā slodzē tika konstatēta tikai vienā parametrā - uz cietas virsmas pēdām kopā, tātad atbilstoši autora iegūtajiem datiem var secināt, ka vispārējā fiziskā sagatavotība (fitness) neietekmē stājas stabilitāti. Stājas stabilitāti ietekmē tādi parametri kā dzimums, augums, ĶMI, īpaši atrodoties uz mīkstas virsmas. Lai arī korelācija tika atrasta arī starp pozām un vecumu, svaru un HSTI, šie parametri uzrādījās tikai pie vienas pozas un divām pozām, attiecībā uz vecumu. Negatīvu korelāciju uzrāda ĶMI un stāja uz vienas kājas I un II kognitīvajā slodzē stāvot uz mīkstas virsmas, bet, stāvot uz mīkstas virsmas, negatīva korelācija redzama visās kognitīvajās

slodzēs. Korelācija gan uz cietas, gan mīkstas virsmas redzama arī starp dzimumu un pozu - viena kāja priekšā otrai, bet poza - pēdas kopā, uzrāda korelāciju ar augumu abās virsmās.

Diskusija

Vairāki pētnieki ir nonākuši pie secinājuma, ka SEBT veikspēja ir atšķirīga indivīdiem ar dažādiem pēdu tipiem (Olmsted,2004; Gribble,2009). Spēju aizsniegties tālāk ietekmē arī kājas muskuļu spēks (Sabin et al., 2010). Lai arī šie varētu būt faktori, ko ņemt vērā, analizējot dinamisko līdzsvaru, svarīgs atklājums ir, ka dzimumam nav ietekmes uz faktu, cik tālu meitenes vai zēni spēs aizsniegties šajā testā (Gribble et al, 2003). Autora rezultāti arī atspoguļo, ka dzimumam nav ietekmes uz spēju aizsniegties tālāk.

Meng (Meng, 2019) veiktajā pētījumā atklājas, ka stāvot ar aizvērtām acīm un novietojot vienu kāju priekšā otrai, kāju priekšpusi un aizmuguri atbalsta attiecīgi priekšējā vai papēdis, un redzamības klātbūtne vai neesamība vertikālās pozas svārstības ietekmē maz, un vertikālā poza paliek relatīvi stabila. Arī pētījuma rezultāti atklāj līdzīgu ainu. Vidējie statistiskā līdzsvara rezultāti uz cietas virsmas un mīkstas virsmas gan meitenēm, gan zēniem, atrodoties šajā pozīcijā, bija ar augstu sniegumu. Attiecīgi meitenes uz cietas virsmas pieļāva vidēji 0.93 ± 1.2 kļūdas, bet uz mīkstas virsmas šajā pozīcijā - 2.67 ± 2.63 kļūdas. Zēni, noturot līdzsvaru ar vienu kāju priekšā otrai uz cietas virsmas pieļāva vidēji 2.70 ± 2 kļūdas, bet uz mīkstas virsmas - 4.76 ± 2.76 kļūdas. Atbilstoši Kote (Cote et.al, 2005) pētījumam, SEBT radītāji var būt atšķirīgi indivīdiem ar dažādiem pēdu tipiem un garumiem. Savukārt, Tabrizi un kolēģi (Tabrizi et.al., 2013) norāda, ka ķermeņa garumam ir $\sim 10\%$ ietekme uz statisko līdzsvaru, pamatojot to ar 100 dalībnieku regresijas analīzi. Arī, apskatot mana pētījuma rezultātus par augumu sadalījumu pēc dzimumiem, redzams, ka zēni ir par 10.76 ± 4.99 cm garāki par meitenēm. Nākotnes pētījumiem būtu lietderīgi novērtēt pēdas garuma ietekmi uz līdzsvara saglabāšanas spējām.

Zinātniskajās publikācijās atrodama informācija liecina, ka pieaugot kognitīvās slodzes uzdevuma grūtības pakāpei, līdzsvars pasliktinās (Meng, 2019; Polskaia et al.,2015; Stins, et.al.,2011; Yardley et.al.,1999; Pellecchia, 2003). Šīs publikācijas saskan ar maģistra pētījuma rezultātiem. Gan meitenēm, gan zēniem, pieaugot kognitīvā uzdevuma grūtības pakāpei, bija grūtāk noturēt līdzsvaru. Statiskais līdzsvars, ja salīdzina, kāds tas ir, stāvot uz cietas vai mīkstas virsmas, ir sliktāks, stāvot uz mīkstas virsmas. Papildinot šo statistiskā līdzsvara noturēšanu ar pieaugošu kognitīvās slodzes uzdevumiem, līdzsvars joprojām sliktāks ir, atrodoties uz mīkstas virsmas. Šie rezultāti sakrīt ar Pellecchia (Pellecchia, 2003) rezultātiem par virsmas lomu līdzsvara noturēšanā.

Zinātniskajā literatūrā par antropometrisko parametru un fiziskās sagatavotības ietekmi uz līdzsvaru atrodami pretrunīgi dati. Ir pētījumi, kuros uzrādās, ka palielināts svars var negatīvi ietekmēt līdzsvara stabilitāti (Błaszczuk et al.2009). Savukārt, pētnieks Handrigans (Handrigan, 2010), kurš atbilstoši sava pētījuma rezultātiem, apgalvo, ka, pieņemoties svarā,

uzlabojas līdzsvara kontrole, nepalielinot relatīvo muskuļu spēku, dēļ pēdā esošo receptoru pielāgošanās spiedienam. Autora veiktajā pētījumā atklājas, ka svaram ir maza ietekme uz līdzsvara saglabāšanu vidusskolēnu grupā. Šim apgalvojumam par pamatu var būt fakts, ka vidusskolēniem pētījumā vidējais svara sadalījums meitenēm ir 58.92 kg, bet zēniem - 73.02 kg, kas atbilst normālam svaram šajā vecumposmā. Līdz ar to, lai varētu veikt objektīvus secinājumus par svara ietekmi uz līdzsvaru, pētījumā būtu jāveido grupa, kurai svara norma ir virs normālā sadalījuma. No antropometriskajiem parametriem ietekme uz līdzsvaru ir KMI un auguma garumam, kas, kā jau minēts atbilst Tabrizi un kolēģu pētījumam par augumu ietekmi uz līdzsvaru (Tabrizi et.al. 2013.)

Autora veiktajā pētījuma arī atklājas, ka vispārējai fiziskai sagatavotībai nav lomas uz līdzsvara noturēšanu, kas ir pretrunā Mackey (Mackey, 2006) pētījumam, kurā norādīts, ka liela loma līdzsvara noturēšanā ir muskuļu spēkam un, ja ikdienā neveic sportiskas aktivitātes, muskuļa spēks samazinās. Kā zināms, vidusskolēniem ir divas obligātās sporta stundas nedēļā, līdz ar to strukturētu fizisko aktivitāti viņi veic. Arī HSTI meitenēm raksturo labu fizisko sagatavotību, bet zēniem tā ir vidēja pēc HSTI vērtējuma. Iespējams, lai uzlabotu līdzsvaru, nepieciešams veikt tieši specifiskus līdzsvara trenējošus uzdevumus. To apstiprina arī Yaggie (Yaggie, 2006) pētījums, kura laikā, lai novērtētu līdzsvara trenējošu uzdevumu lomu līdzsvara uzlabošanai, dalībniekiem tika uzdots veikt dažādus līdzsvara trenējošus uzdevumus, kā piemēram, stāvēšana uz vienas kājas, un stāvēšana uz vienas kājas otru kāju pacelot un vēršot uz aizmuguri, kā arī sakrustojot rokas uz krūtīm. Abas šīs pozas tika veiktas uz mīkstas pamatnes. Rezultāti atklāja, ka šiem līdzsvara uzdevumiem ir loma līdzsvara noturēšanas prasmju attīstībā. To apstiprina arī Halvarssona (Halvarsson, et al., 2015) pētījums. Pie līdzīgiem secinājumiem nonācis arī Dunsky un kolēģi (Dunzky et al., 2019), apstiprinot, ka līdzsvara treniņos jāiekļauj vingrinājumi, kas ietver statiskas vai dinamiskas stabilitātes pozas, izmaiņas atbalsta pamatnē, smaguma centra augstuma variācijas un dažādas stāvēšanas virsmas. Treniņiem pakāpeniski jāsasniedz augstāks izaicinājumu līmenis sarežģītāku vingrinājumu veidā, kas ietver gan motoriskos, gan kognitīvos uzdevumus.

Secinājumi

1. Kaut arī statiskā un dinamiskā līdzsvara spējās neuzrādās statistiski būtiska atšķirība starp dzimumiem, tomēr meitenes uzrāda labākas līdzsvara saglabāšanas spējas gan statiskā, gan dinamiskā līdzsvara testos.
2. Pieaugot kognitīvās slodzes līmenim, palielinās grūtības saglabāt statisko līdzsvaru, kas, atbilstoši slodzes teorijai, notiek uzmanības pārdales dēļ.
3. Statisko līdzsvaru kognitīvā slodzē būtiski ietekmē tādi parametri, kā dzimums, auguma garums un ķermeņa masas indekss. Labākas statiskā līdzsvara spējas demonstrē skolēni, kuri ir īsāki augumā un ar lielāku ķermeņa masas indeksu.
4. Uzmanības pārdales un koncentrēšanās spēju palielināšanās nepieciešamība, kas saistīta ar kognitīvo slodzi un līdzsvara nodrošināšanu uz nelīdzenas virsmas, samazina statiskā līdzsvara spējas.
5. Vispārējās fiziskās sagatavotības līmenis neuzrāda statistiski būtisku korelāciju ar statiskās un dinamiskās slodzes testu rezultātiem, bet atbilstoši literatūras datiem, līdzsvara spēju uzlabošanai ir nepieciešamas specifiski, līdzsvara spējas sekmējoši treniņi.
6. Izvirzītā hipotēze apstiprinājās daļēji, jo fiziskajai sagatavotībai nav būtiskas ietekmes uz dinamiskā un statiskā līdzsvara saglabāšanu, bet kognitīvā slodze to ietekmē.

Pateicība

Izsaku pateicību maģistra darba vadītājai asoc. prof. Līgai Ozoliņai –Mollai par vērtīgiem ieteikumiem, veltīto laiku un palīdzību darba izstrādāšanā.

Izsaku pateicību visiem pētījumā iesaistītajiem dalībniekiem par veltīto laiku un ieinteresētību. Kā arī skolu direktoriem par pētījuma akceptēšanu savā skolā.

Paldies Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes Cilvēka un Dzīvnieka fizioloģijas katedras pasniedzējiem, par sniegtajām teorētiskajām un praktiskajām zināšanām.

Literatūras saraksts

1. Aberberga - Augškalne L., Koroļova O. (2007). *Fizioloģija ārstiem*. Medicīnas apgāds.
2. Ango, F., & Dos Reis, R. (2019). Sensing how to balance. *ELife*, 8. <https://doi.org/10.7554/elife.46973>
3. B., B., Allum, J., M., C., J., V., & F., H. (2002). Triggering of balance corrections and compensatory strategies in a patient with total leg proprioceptive loss. *Experimental Brain Research*, 142(1), 91–107. <https://doi.org/10.1007/s00221-001-0926-3>
4. Bannister, R. (1969). *Brain's Clinical Neurology* (3 ed. 1969 ed.). Oxford University Press.
5. Bell, D. R., Guskiewicz, K. M., Clark, M. A., & Padua, D. A. (2011a). Systematic Review of the Balance Error Scoring System. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 3(3), 287–295. <https://doi.org/10.1177/1941738111403122>
6. Bell, D. R., Guskiewicz, K. M., Clark, M. A., & Padua, D. A. (2011b). Systematic Review of the Balance Error Scoring System. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 3(3), 287–295. <https://doi.org/10.1177/1941738111403122>
7. Biga, L. M. (2020, September 8). *Anatomy & Physiology – Simple Book Publishing*. <https://open.oregonstate.education/aandp/>
<https://open.oregonstate.education/aandp/>
8. Błaszczuk, J. W., Cieślinska-Świder, J., Plewa, M., Zahorska-Markiewicz, B., & Markiewicz, A. (2009). Effects of excessive body weight on postural control. *Journal of Biomechanics*, 42(9), 1295–1300. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.03.006>
9. Blecher, R., Heinemann-Yerushalmi, L., Assaraf, E., Konstantin, N., Chapman, J. R., Cope, T. C., Bewick, G. S., Banks, R. W., & Zelzer, E. (2018). New functions for the proprioceptive system in skeletal biology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1759), 20170327. <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0327>
10. Brandt T., Paulus W., Straube A. (1986). *Vision and posture. Disorders of posture and gait*. Elsevier.
11. Brody L.T., Carrie M. Hall - *Therapeutic Exercise: Moving Toward Function: 2nd (second) Edition*. (2005). Lippincott Williams & Wilkins.
12. Broglio, S. P., Zhu, W., Sopiarsz, K., & Park, Y. (2009). Generalizability Theory Analysis of Balance Error Scoring System Reliability in Healthy Young Adults. *Journal of Athletic Training*, 44(5), 497–502. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.5.497>
13. Bruijn, S. M., Meijer, O. G., Beek, P. J., & van Dieën, J. H. (2010). The effects of arm swing on human gait stability. *Journal of Experimental Biology*, 213(23), 3945–3952. <https://doi.org/10.1242/jeb.045112>

14. Brustio, P. R., Magistro, D., Zecca, M., Rabaglietti, E., & Liubicich, M. E. (2017). Age-related decrements in dual-task performance: Comparison of different mobility and cognitive tasks. A cross sectional study. *PLOS ONE*, *12*(7), e0181698. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181698>
15. Buchman, A. S., Boyle, P. A., Leurgans, S. E., Barnes, L. L., & Bennett, D. A. (2011). Cognitive Function Is Associated With the Development of Mobility Impairments in Community-Dwelling Elders. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, *19*(6), 571–580. <https://doi.org/10.1097/jgp.0b013e3181ef7a2e>
16. Čirko A., Kalniņa I. (2019, August 11). *fiziskās un garīgās attīstības novērtēšana bērnam vecumā no vienas nedēļas līdz pieciem gadiem un garīgās attīstības novērtēšanas lapas aizpildīšanas metodika. jaundzimušo un zīdaiņu, un bērnu veselības aprūpe un izvērtēšana ambulatorajā praksē.* https://Talakizglitiba.Lv/Sites/Default/Files/2020-01/109_Fiz.%20gar.Att%C4%ABst.Nov%C4%93rt.Pdf. https://talakizglitiba.lv/sites/default/files/2020-01/109_Fiz.%20gar.att%C4%ABst.nov%C4%93rt.pdf
17. Condon, C., & Cremin, K. (2013). Static Balance Norms in Children. *Physiotherapy Research International*, *19*(1), 1–7. <https://doi.org/10.1002/pri.1549>
18. Cullen, K. E., & Zobeiri, O. A. (2021). Proprioception and the predictive sensing of active self-motion. *Current Opinion in Physiology*, *20*, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2020.12.001>
19. David, R. (2002). *Signals and Perception*. Palgrave Macmillan.
20. De Kegel, A., Dhooge, I., Peersman, W., Rijckaert, J., Baetens, T., Cambier, D., & Van Waelvelde, H. (2010). Construct Validity of the Assessment of Balance in Children Who Are Developing Typically and in Children With Hearing Impairments. *Physical Therapy*, *90*(12), 1783–1794. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100080>
21. Dunsky, A. (2019). The Effect of Balance and Coordination Exercises on Quality of Life in Older Adults: A Mini-Review. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00318>
22. Eglīte K. (2010). *Asinsrites sistēma, iekšējie orgāni, nervu sistēma, sensorā sistēma* (Vol. 2). LU apgāds.
23. Ferrari, E., Cooper, G., Reeves, N., & Hodson-Tole, E. (2020). Intrinsic foot muscles act to stabilise the foot when greater fluctuations in centre of pressure movement result from increased postural balance challenge. *Gait & Posture*, *79*, 229–233. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.03.011>
24. Fitzpatrick, R., & McCloskey, D. I. (1994). Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *The Journal of Physiology*, *478*(1), 173–186. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1994.sp020240>

25. Franco, E. S., & Panhoca, I. (2008). Sintomas vestibulares em crianças com queixa de dificuldades escolares. *Revista Da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, 13(4), 362–368. <https://doi.org/10.1590/s1516-80342008000400011>
26. Granacher, U., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., Kressig, R. W., & Zahner, L. (2011). An Intergenerational Approach in the Promotion of Balance and Strength for Fall Prevention – A Mini-Review. *Gerontology*, 57(4), 304–315. <https://doi.org/10.1159/000320250>
27. Greenhalgh J, Tyson S, Long A, Flynn R. (2006). *How do multidisciplinary teams use clinical outcome measures in clinical practice? Proceedings of Society for Research in Rehabilitation in Clinical Rehabilitation: Vol. 20(12):1105*. Edward Elgar Publishing.
28. Gribble, P. A., & Hertel, J. (2003). Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 7(2), 89–100. https://doi.org/10.1207/s15327841mpee0702_3
29. Gribble, P. A., Hertel, J., & Plisky, P. (2012). Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 47(3), 339–357. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.08>
30. Gribble, P. A., Robinson, R. H., Hertel, J., & Denegar, C. R. (2009). The Effects of Gender and Fatigue on Dynamic Postural Control. *Journal of Sport Rehabilitation*, 18(2), 240–257. <https://doi.org/10.1123/jsr.18.2.240>
31. Hall, J. E. (2011). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12e* (12th ed.). Saunders.
32. Halvarsson, A., Franzén, E., & Ståhle, A. (2014). Balance training with multi-task exercises improves fall-related self-efficacy, gait, balance performance and physical function in older adults with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 29(4), 365–375. <https://doi.org/10.1177/0269215514544983>
33. Handrigan, G., Hue, O., Simoneau, M., Corbeil, P., Marceau, P., Marceau, S., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2010). Weight loss and muscular strength affect static balance control. *International Journal of Obesity*, 34(5), 936–942. <https://doi.org/10.1038/ijo.2009.300>
34. Hawkins, J. E. (2020, September 9). *Human nervous system - The vestibular system*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/science/human-nervous-system/The-vestibular-system>
35. Hill, M. W., Wdowski, M. M., Pennell, A., Stodden, D. F., & Duncan, M. J. (2019). Dynamic Postural Control in Children: Do the Arms Lend the Legs a Helping Hand? *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01932>
36. Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, 35(suppl_2), ii7–ii11. <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077>

37. Jeon, Y., & Eom, K. (2021). Role of physique and physical fitness in the balance of Korean national snowboard athletes. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 19(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.07.001>
38. Kahle, N. L., & Gribble, P. A. (2009). Core Stability Training in Dynamic Balance Testing Among Young, Healthy Adults. *Athletic Training & Sports Health Care*, 1(2), 65–73. <https://doi.org/10.3928/19425864-20090301-03>
39. Kalniņa, N. (2006). *Sporta psiholoģija. No: Trenera rokasgrāmata. Treneru tālākizglītības centrs*. Jumava.
40. Kaminski, T. W., & Gribble, P. (2003). The Star Excursion Balance Test as a Measurement Tool. *Athletic Therapy Today*, 8(2), 46–47. <https://doi.org/10.1123/att.8.2.46>
41. Ķīsis, I. (2002). *Sporta teorija* (2nd ed.). Rīga:LSPA.
42. Knipše G. (2007) *Cilvēka anatomija*. Rīga: LU Apgāds
43. Konstantinou, N., Beal, E., King, J. R., & Lavie, N. (2014). Working memory load and distraction: dissociable effects of visual maintenance and cognitive control. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76(7), 1985–1997. <https://doi.org/10.3758/s13414-014-0742-z>
44. Krauksts, V. (2003). *Biomotoro spēju treniņu teorija*. Rīga :LSPA.
45. Lee, J. H. (2016). Effects of forward head posture on static and dynamic balance control. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(1), 274–277. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.274>
46. *Līdzsvara spēju sekmēšana sporta kāpējiem*. (2011, June 1). https://lspa.eu/files/research/theses/I.Liepina/Promocija_I.Liepina_2011.pdf
47. Liepiņa, I. (1993). *Fiziskās kultūras teorija*. Zvaigzne.
48. Lipowicz, A., Bugdol, M. N., Szurmik, T., Bibrowicz, K., Kurzeja, P., & Mitas, A. W. (2019). Body balance analysis of children and youth with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 63(11), 1312–1323. <https://doi.org/10.1111/jir.12671>
49. Mackey, D. C., & Robinovitch, S. N. (2006a). Mechanisms underlying age-related differences in ability to recover balance with the ankle strategy. *Gait & Posture*, 23(1), 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.11.009>
50. Mackey, D. C., & Robinovitch, S. N. (2006b). Mechanisms underlying age-related differences in ability to recover balance with the ankle strategy. *Gait & Posture*, 23(1), 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.11.009>
51. McKeon, P. O., & Hertel, J. (2007). Diminished Plantar Cutaneous Sensation and Postural Control. *Perceptual and Motor Skills*, 104(1), 56–66. <https://doi.org/10.2466/pms.104.1.56-66>

52. Meng, H. J., Luo, S. S., & Wang, Y. G. (2019). The interplay between cognitive tasks and vision for upright posture balance in adolescents. *PeerJ*, 7, e7693. <https://doi.org/10.7717/peerj.7693>
53. Mickle, K. J., Munro, B. J., & Steele, J. R. (2011). Gender and age affect balance performance in primary school-aged children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(3), 243–248. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.11.002>
54. Mizuno, K., Tanaka, M., Yamaguti, K., Kajimoto, O., Kuratsune, H., & Watanabe, Y. (2011). Mental fatigue caused by prolonged cognitive load associated with sympathetic hyperactivity. *Behavioral and Brain Functions*, 7(1), 17. <https://doi.org/10.1186/1744-9081-7-17>
55. Muelas Pérez, R., Sabido Solana, R., Barbado Murillo, D., & Moreno Hernández, F. J. (2014). Visual availability, balance performance and movement complexity in dancers. *Gait & Posture*, 40(4), 556–560. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.06.021>
56. Munoz-Martel, V., Santuz, A., Ekizos, A., & Arampatzis, A. (2019). Neuromuscular organisation and robustness of postural control in the presence of perturbations. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47613-7>
57. Olmsted, L. C., & Hertel, J. (2004). Influence of Foot Type and Orthotics on Static and Dynamic Postural Control. *Journal of Sport Rehabilitation*, 13(1), 54–66. <https://doi.org/10.1123/jsr.13.1.54>
58. Patla, A. E. (1997). Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait & Posture*, 5(1), 54–69. [https://doi.org/10.1016/s0966-6362\(96\)01109-5](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(96)01109-5)
59. Pellecchia, G. L. (2003). Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. *Gait & Posture*, 18(1), 29–34. [https://doi.org/10.1016/s0966-6362\(02\)00138-8](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(02)00138-8)
60. Peterson, M. L., Christou, E., & Rosengren, K. S. (2006). Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait & Posture*, 23(4), 455–463. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.05.003>
61. Polskaia, N., Richer, N., Dionne, E., & Lajoie, Y. (2015). Continuous cognitive task promotes greater postural stability than an internal or external focus of attention. *Gait & Posture*, 41(2), 454–458. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.11.009>
62. Prado, J. M., Stoffregen, T. A., & Duarte, M. (2007). Postural Sway during Dual Tasks in Young and Elderly Adults. *Gerontology*, 53(5), 274–281. <https://doi.org/10.1159/000102938>
63. REN, J., Kazuhiko, W., & Makoto, M. (2010). The Effect of Cognitive Task on Visual Control of Standing Posture. *Acta Psychologica Sinica*, 42(3), 360–366. <https://doi.org/10.3724/sp.j.1041.2010.00360>

64. Robinson, R. H., & Gribble, P. A. (2008). Support for a Reduction in the Number of Trials Needed for the Star Excursion Balance Test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(2), 364–370. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.08.139>
65. Rothbart, G. (2011, May 21). *The truth About balance training*. <https://www.Top-Form-Fitness.Com/Articles/Truth-About-Balance-Training.Pdf>. <https://www.top-form-fitness.com/articles/Truth-About-Balance-Training.pdf>
66. Rutkowska, I., Bednarczuk, G., Molik, B., Morgulec-Adamowicz, N., Marszałek, J., Kaźmierska-Kowalewska, K., & Koc, K. (2015). Balance Functional Assessment in People with Visual Impairment. *Journal of Human Kinetics*, 48(1), 99–109. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0096>
67. Sullivan S., L. G .Portnry. (2014). *Physical rehabilitation* (6th ed.). FA Davis.
68. Sabin, M. J., Ebersole, K. T., Martindale, A. R., Price, J. W., & Broglio, S. P. (2010). Balance Performance in Male and Female Collegiate Basketball Athletes: Influence of Testing Surface. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2073–2078. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181ddae13>
69. Salavati, M., Mazaheri, M., Negahban, H., Ebrahimi, I., Jafari, A. H., Kazemnejad, A., & Parnianpour, M. (2009). Effect of Dual-Tasking on Postural Control in Subjects With Nonspecific Low Back Pain. *Spine*, 34(13), 1415–1421. <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e3181a3a917>
70. Schmidt RA, Lee T. (1988). *Human Kinetics : Motor Control and Learning*. Champaign.
71. Somisetty, S. (2020, August 10). *Neuroanatomy, Vestibulo-ocular Reflex - StatPearls - NCBI Bookshelf*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545297/>. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545297/>
72. Spirduso, W. W., Francis, K. L., & MacRae, P. G. (2005). *Physical Dimensions of Aging, 2nd Edition* (2nd ed.). Human Kinetics.
73. Stankov, L., Seizova-Cajić, T., & Roberts, R. D. (2001). Tactile and kinesthetic perceptual processes within the taxonomy of human cognitive abilities. *Intelligence*, 29(1), 1–29. [https://doi.org/10.1016/s0160-2896\(00\)00038-6](https://doi.org/10.1016/s0160-2896(00)00038-6)
74. Stillman, B. C. (2002). Making Sense of Proprioception. *Physiotherapy*, 88(11), 667–676. [https://doi.org/10.1016/s0031-9406\(05\)60109-5](https://doi.org/10.1016/s0031-9406(05)60109-5)
75. Tabrizi H.B, Abbasi A, Sarvestani H.J. (2013, January 12). *Comparing the static and dynamic balances and their relationship with the anthropometric characteristics in the athletes of selected sports Middle East*. https://www.researchgate.net/publication/263085045_Comparing_the_Static_and_Dynamic_Balances_and_Their_Relationship_with_the_Anthropometrical_Characteristics_in_the_Athletes_of_Selected_Sports
76. Tang, P. F., Yang, H. J., Peng, Y. C., & Chen, H. Y. (2014). Motor dual-task Timed Up & Go test better identifies prefrailty individuals than single-task Timed Up & Go

- test. *Geriatrics & Gerontology International*, 15(2), 204–210.
<https://doi.org/10.1111/ggi.12258>
77. Tyson, S., & Connell, L. (2009). How to measure balance in clinical practice. A systematic review of the psychometrics and clinical utility of measures of balance activity for neurological conditions. *Clinical Rehabilitation*, 23(9), 824–840.
<https://doi.org/10.1177/0269215509335018>
78. Vance, R. C., Healy, D. G., Galvin, R., & French, H. P. (2015). Dual Tasking With the Timed “Up & Go” Test Improves Detection of Risk of Falls in People With Parkinson Disease. *Physical Therapy*, 95(1), 95–102. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130386>
79. Verbecque, E., Vereeck, L., & Hallemans, A. (2016). Postural sway in children: A literature review. *Gait & Posture*, 49, 402–410.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.08.003>
80. Wallace, J. W., Rasman, B. G., & Dalton, B. H. (2018). Vestibular-Evoked Responses Indicate a Functional Role for Intrinsic Foot Muscles During Standing Balance. *Neuroscience*, 377, 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2018.02.036>
81. Watson M.A.,Owen f. (2016, April 12). *The Human Balance System: A Complex Coordination of Central and Peripheral Systems By Vestibular Disorders Association*.
https://vestibular.org/sites/default/files/page_files/Documents/Human%20Balance%20System_36.pdf
82. Wirth, B., Knecht, C., & Humphreys, K. (2013). Spine day 2012: spinal pain in Swiss school children– epidemiology and risk factors. *BMC Pediatrics*, 13(1).
<https://doi.org/10.1186/1471-2431-13-159>
83. Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait & Posture*, 16(1), 1–14.
[https://doi.org/10.1016/s0966-6362\(01\)00156-4](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(01)00156-4)
84. Yaggie, J. A., & Campbell, B. M. (2006). Effects of Balance Training on Selected Skills. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 422.
<https://doi.org/10.1519/r-17294.1>
85. Yamamoto, T., Smith, C. E., Suzuki, Y., Kiyono, K., Tanahashi, T., Sakoda, S., Morasso, P., & Nomura, T. (2015). Universal and individual characteristics of postural sway during quiet standing in healthy young adults. *Physiological Reports*, 3(3), e12329. <https://doi.org/10.14814/phy2.12329>
86. Zhang, X., Schütte, K. H., & Vanwanseele, B. (2017). Foot muscle morphology is related to center of pressure sway and control mechanisms during single-leg standing. *Gait & Posture*, 57, 52–56. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.05.027>
87. Холодов Ж. .К., Кузнецов В. С. (2010). *Теория и методика физического воспитания и спорта*. Москва: Академия.

Pielikumi

1.Pielikums Skolēnam veicamā darba lapa

Mani sauc Laura Valaine - Driksna, esmu Latvijas Universitātes Bioloģijas maģistra studiju programmas studente. Manu maģistra studiju ietvaros veicu pētījumu „**Skolēnu statiskā un dinamiskā līdzsvara spējas un kognitīvās slodzes un skolēnu vispārējās fiziskās sagatavotības ietekme uz tām.**”

Pētījuma autors garantē datu konfidencialitāti, datus prezentējot tikai apkopotā veidā, neminot nekāda veida personisko informāciju, atbilstoši Latvijas Republikā normatīvi noteiktajai personas datu aizsardzības kārtībai, „Fizisko personu datu apstrādes likuma” prasībām. Kopējais datu fails ar sensitīvo informāciju (pētījuma dalībnieku vārds, uzvārds) tiks glabāts datu nesējā, kuram piekļuve būs tikai pētījuma autorei. Pētījuma datu failā katram pētījuma dalībniekam tiks iedots kods, kurš tiks izmantots tālākā datu apstrādē. Ja Jums ir jautājumi vai sūdzības par Jūsu personas datu apstrādi un uzglabāšanu šajā pētījumā, Jums jāsazinās ar Lauru Valaini - Driksnu, telefona nr.26657750, e-pasts :valaine23@gmail.com.

Maģistra pētījumā iegūtie rezultāti tiks atspoguļoti skolotājiem, lai veicinātu izpratni par kognitīvās slodzes un vispārējās fiziskās sagatavotības nozīmi statiskā un dinamiskā līdzsvara saglabāšanā. Vēlos Jūs iepazīstināt ar pētījuma norisi un saturu.

Darba lapa skolēnam

DARBA UZDEVUMI:

1. Pārbaudīt statisko līdzsvaru, izmantojot **BESS** sistēmu (Balance Error Scoring System);
2. Pārbaudīt dinamisko līdzsvaru, izmantojot **SEBT** testu (Star Excursion Balance Test);
3. Pārbaudīt kognitīvās slodzes ietekmi uz statisko līdzsvaru izmantojot izmantojot **BESS** sistēmu ;
4. Novērtēt fiziskās darbaspējas pēc Harvardas steptesta.

MATERIĀLI:

1. Līmlenta;
2. Mērlenta;
3. Hronometrs;
4. Metronoms (pieejams internetā);
5. Putu paliktnis (lab. darbā jāizmanto matracis vai vairākkārt salocīta sega).

DARBA GAITA:

BESS sistēma:

Jāveic trīs veidu testi – stāja ar abām pēdām kopā, stāja uz vienas kājas un stāja ar vienu pēdu priekšā otrai – divos atkārtojumos: uz cietas virsmas (grīdas) un uz putu paliktņa (matrača) Mājas apstākļos matrača vietā var izmantot vairākkārt salocītu segu. Kājām jābūt neapautām.

1. Stāja ar abām pēdām kopā – pēdām jābūt novietotām blakus, kā arī tām jābūt saskaras vienai ar otru. **Acīm jābūt ciet** un rokām jābūt uz gurniem.
2. Stāja uz vienas kājas – jāstāv uz nedominantās kājas (pretējās tai, ar kuru parasti tiek sperta bumba vai veikts atspēriens), gurnien jābūt nedaudz ieliektiem, kā arī dominantā kāja jāpaceļ un jātur saliekta apmēram 45° leņķī. **Acīm jābūt ciet** un rokām jābūt uz gurniem.
3. Stāja ar vienu pēdu priekšā otrai – jānostājas ar vienu pēdu priekšā otrai tā, lai lielais pirksts un papēdis saskaras, nedominantajai kājai jāatrodas aizmugurē. **Acīm jābūt ciet** un rokām jābūt uz gurniem.

Katra poza jānotur 60 sekundes, un to laikā novērotājs veic kļūdu uzskaiti saskaņā ar BESS sistēmu, kur tiek piešķirts viens punkts par katru kļūdu, bet ne vairāk kā 10 katrā no sešiem testiem (ja kļūdu ir vairāk, tik un tā tiek ieskaitītas 10):

- Roku noņemšana no gurniem,
- Acu atvēršana;
- Veikts stabilizējošs solis vai kritiens;
- Gurnu saliekšana vairāk kā par 30°;
- Pēdas daļēja vai pilnīga atraušana no virsmas;
- Nespēja atjaunot testa pozu 5 sekunžu laikā.

! Ja vairākas no šīm kļūdām parādās vienlaicīgi, tās tiek skaitītas kā viena! Ja pētāmā persona nevar noturēt kādu no pozām nepieciešamās 20 sekundes, automātiski tiek ieskaitīts maksimālais kļūdu skaits (10) attiecīgajai pozai. Maksimālais kļūdu skaits testā kopumā ir 60 kļūdas.

Testa laikā pieļauto kļūdu skaits jāieraksta 1. tabulā.

1. tabula. BESS sistēmā pieļauto kļūdu skaits.

	Uz cietas virsmas	Uz matrača/segas
Stāja ar abām pēdām kopā:		
Stāja uz vienas kājas:		
Stāja ar vienu pēdu priekšā otrai:		
Kopā uz katras virsmas:		
Kopā:		

BESS sistēma un kognitīvā slodze:

Atkārtoti veic BESS sistēmas testus- stāja ar abām pēdām kopā, stāja uz vienas kājas un stāja ar vienu pēdu priekšā otrai – divos atkārtojumos (uz cietas virsmas un matrača/segas).

Vienlaicīgi pētāmā persona veic kognitīvās slodzes uzdevumus – skaitīšanas testus (izpildes ilgums - 60 sekundes):

- 1) vieglas grūtības pakāpes uzdevums **(I)** :- jāskaita uz priekšu ik pa 3, sākot no 0;(piemēram 3,6,9,12 utt)
- 2) vidējas pakāpes grūtības uzdevums **(II)** :- jāskaita uz priekšu ik pa 7, sākot no 0;
- 3) augstākas pakāpes grūtības uzdevums **(III)** :jāskaita atpakaļ ik pa 7, sākot no 500.

un to laikā novērotājs veic kļūdu uzskaiti saskaņā ar BESS sistēmu, kur tiek piešķirts viens punkts par katru kļūdu.(skatīt iepriekš punktu piešķiršanas kritērijus).

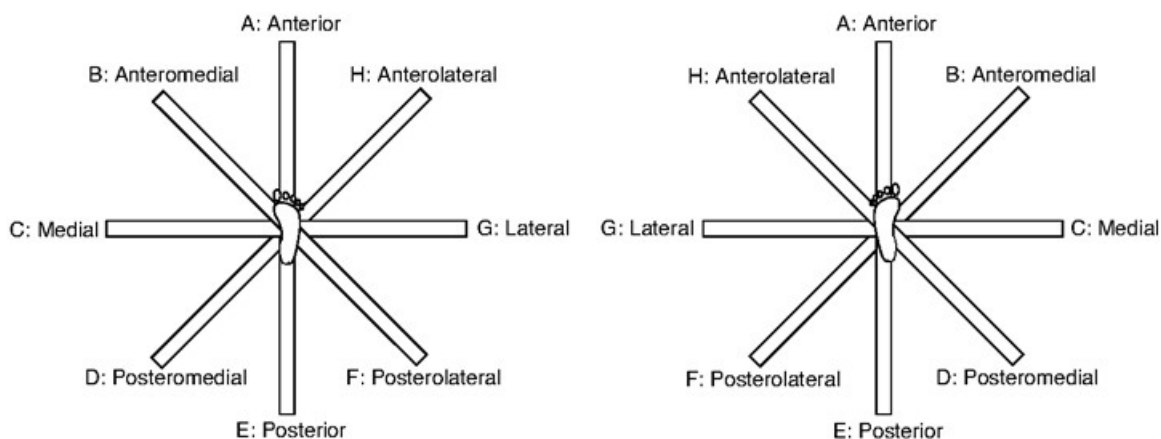
Testa laikā pieļauto kļūdu skaits jāieraksta 3. tabulā.

3. tabula. BESS sistēmā pieļauto kļūdu skaits kognitīvas slodzes laikā.

Kognitīvās slodzes uzdevumu grūtības pakāpes	Uz cietas virsmas			Uz matrača/segas		
	(I)	(II)	(III)	(I)	(II)	(III)
Stāja ar abām pēdām kopā:						
Stāja uz vienas kājas:						
Stāja ar vienu pēdu priekšā otrai:						
Kopā uz katras virsmas:						
Kopā:						

SEBT tests:

Uz grīdas ir jāizveido *zvaigzne* – ar līmlentas palīdzību jāizveido 8 līnijas (katra apmēram 2m gara), kuras jāizkārto staru veidā. Starp visām līnijām jābūt 45° leņķiem. Vizuāls attēlojums dots 1. attēlā.



1. attēls. SEBT testa veikšanai nepieciešamās atzīmes uz grīdas. Veicot testu ar kreiso kāju, uz nākamo pozīciju jāvirzās pulksteņa rādītāja virzienā, bet, veicot testu ar labo kāju, jāvirzās pretēji pulksteņa rādītājam.

Tests jāveic ar neapautām kājām. Testa veicējam jānostājas zvaigznes centrā, ar rokām uz gurniem, un pēc testa uzrauga aicinājuma jācenšas aizsniegties vispirms ar vienu kāju iespējami tālu katrai līnijai, pēc tam ar otru kāju iespējami tālu katrai līnijai. Pirms virzīšanās uz nākamo pozīciju, testa veicējam jāatgriežas sākuma pozīcijā.

Veicot testu, stāvot uz kreisās kājas un sniedzoties ar labo kāju, uz nākamo pozīciju jāvirzās pulksteņa rādītāja virzienā, bet, veicot testu ar labo kāju, sniedzoties ar kreiso, jāvirzās pretēji pulksteņa rādītājam (1. attēls).

Testa uzraugam jāveic atzīmes katrai līnijai – cik tālu testa veicējs ir spējis aizsniegt (viegli pieskaroties ar kājas lielo pirkstu).

Katrai kājai jāveic trīs pilni apli, tātad kopumā seši apli. Testa laukumā jābūt sešām rezultātu atzīmēm (atšķiramām katrai kājai) katrai līnijai. Pēc testa beigšanas jāizmēra katras atzīmes attālums no zvaigznes centra.

Harvardas steptests:

Testu izpilda 5 minūtes, kāpjot uz soliņa, kura augstums 40 cm (+/-5 cm). Kāpšanas temps – 30 reizes minūtē. Viens kāpiens sastāv no 4 taktīm – uzkāpj ar vienu kāju; pieliek otru kāju klāt; nokāpj ar vienu kāju; pieliek otru kāju klāt. Ritmu uztur un regulē ar metronomu (atrst ierakstot google meklētājā atslēgvārdu metronome). To uzstāda uz 120 sitieniem minūtē.

Ja noguruma dēļ pārbaudāmā persona sistemātiski atpaliek no uzdotā ritma vai atsakās turpināt slodzi, kāpšanu pārtrauc un fiksē laiku.

Pārbaudāmās personas funkcionālo stāvokli raksturo pēc pulsa frekvences atjaunošanās periodā. Pēc fiziskās slodzes beigšanas pārbaudāmā persona atpūšas sēdus stāvoklī. Otrās, trešās un ceturtās minūtes pirmajās 30 sekundēs nosaka pulsa frekvenci. Datus par pulsa frekvenci un laiku ieraksta 4.tabulā.

4.tabula. Pulsa frekvences atjaunošanās periodā.

pulsa frekvence 2 minūtes pirmajās 30 sekundēs (f_1)	pulsa frekvence 3 minūtes pirmajās 30 sekundēs (f_2)	pulsa frekvence 4 minūtes pirmajās 30 sekundēs (f_3)

Testa izpildes laiks:

HSTI:

Iegūtos datus ieraksta Harvardas steptesta indeksa formulā:

$$HSTI = \frac{t \cdot 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \cdot 2},$$

kur t – testa izpildes laiks sekundēs;

f_1, f_2, f_3 – pulsa frekvence atjaunošanās perioda otrās, trešās un ceturtās minūtes pirmajās **30 sekundēs**.

Tabulā uzrādīts testa autoru dotais funkcionālā stāvokļa vērtējums pēc HSTI lieluma.

Tabula. Darbaspēju vērtējums pēc Harvardas steptesta indeksa (HSTI).

<i>HSTI</i>	<i>Funkcionālā stāvokļa vērtējums</i>
< 55	slikts
55 – 64	apmierinošs
65 – 79	viduvējs
80 – 89	labs
> 90	teicams

Informācija par skolēnu:

Dzimums:

Vecums:

Garums:

Svars:

**PĒTĪJUMA DALĪBNIKU VECĀKU (LIKUMISKO AIZBILDŅU)
INFORMĒTA PIEKRIŠANA**

Cienījamie vecāki (likumiskie aizbildņi)!

Mani sauc Laura Valaine - Driksna, esmu Latvijas Universitātes Bioloģijas maģistra studiju programmas studente. Manu maģistra studiju ietvaros veicu pētījumu „**Skolēnu statiskā un dinamiskā līdzsvara spējas un kognitīvās slodzes un skolēnu vispārējās fiziskās sagatavotības ietekme uz tām.**”

Maģistra pētījumā iegūtie rezultāti tiks atspoguļoti skolotājiem, lai veicinātu izpratni par kognitīvās slodzes un vispārējās fiziskās sagatavotības nozīmi statiskā un dinamiskā līdzsvara saglabāšanā. Vēlos Jūs iepazīstināt ar pētījuma norisi un saturu. Skolēnam jāveic trīs līdzsvara novērtēšanas uzdevumi, no kuriem viens papildināts ar kognitīvās slodzes uzdevumu un arī viens fizisko darbaspēju tests. Pirmais no līdzsvara uzdevumiem ir dinamiskās slodzes izvērtēšanai skolēnam atrodoties kustībā, otrais paredzēts statiskās slodzes izvērtēšanai skolēnam cenšoties noturēt pozu. Lai labāk spriestu par skolēna līdzsvara spējām un to uzlabošanas statiskās slodzes tests papildināts ar kognitīviem uzdevumiem trīs grūtības pakāpēs. Fizisko darbaspēju tests paredzēts, lai novērtētu skolēna vispārējo fizisko sagatavotību fiziskai slodzei.

Pētījuma autors garantē datu konfidencialitāti, datus prezentējot tikai apkopotā veidā, neminot nekāda veida personisko informāciju, atbilstoši Latvijas Republikā normatīvi noteiktajai personas datu aizsardzības kārtībai, „Fizisko personu datu apstrādes likuma” prasībām. Kopējais datu fails ar sensitīvo informāciju (pētījuma dalībnieku vārds, uzvārds) tiks glabāts datu nesējā, kuram piekļuve būs tikai pētījuma autorei. Pētījuma datu failā katram pētījuma dalībniekam tiks iedots kods, kurš tiks izmantots tālākā datu apstrādē. Ja Jums ir jautājumi vai sūdzības par Jūsu personas datu apstrādi un uzglabāšanu šajā pētījumā, Jums jāsazinās ar Lauru Valaini - Driksnu, e-pasts :valaine23@gmail.com.

Lūdzam sniegt atbildi tajā gadījumā, ja **nepiekrītat**, ka Jūsu bērna sniegums sporta vai bioloģijas stundā, veicot skolotāja dotos uzdevumos, tiek izmantots pētījumā. Atbildes nesniegšanas tiks uzskatīta par Jūsu piekrišanu.

Maģistra darbs „ Skolēnu statiskā un dinamiskā līdzsvara spēju izvērtējums atkarībā no risināmo kognitīvo uzdevumu sarežģītības un vispārējās fiziskās sagatavotības” izstrādāts LU Bioloģijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: Laura Valaine-Driksna paraksts 03.06.2021.

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: Dr. biol., asoc. prof. Līga Ozoliņa Molla paraksts06.2021.

Recenzents: paraksts asoc. prof., Dr.biol. Līga Plakane

Darbs iesniegts LU Bioloģijas fakultātē06.2021.

Lietvede: paraksts

Darbs aizstāvēts Bioloģijas maģistra gala pārbaudījuma komisijas sēdē

prot. Nr. , vērtējums

Komisijas sekretārs/e: