



Guna Semjonova

# **DAid viedā krekla tehnoloģijas izmantošana terapijā pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu**

Promocijas darba kopsavilkums zinātniskā doktora grāda  
“zinātnes doktors (*Ph.D.*)” iegūšanai

Nozare – veselības un sporta zinātnes  
Apakšnozare – sporta medicīna un rehabilitoloģija

Rīga, 2022



RĪGAS STRADIŅA  
UNIVERSITĀTE

Guna Semjonova

ORCID 0000-0002-6554-0716

DAid viedā krekla tehnoloģijas  
izmantošana terapijā pacientiem  
ar subakromiālo sāpju sindromu

Promocijas darba kopsavilkums zinātniskā doktora grāda  
“zinātnes doktors (*Ph.D.*)” iegūšanai

Nozare – veselības un sporta zinātnes

Apakšnozare – sporta medicīna un rehabilitoloģija

Rīga, 2022

Promocijas darbs izstrādāts Rīgas Stradiņa universitātē, Latvijā

Promocijas darba vadītāji:

*Dr. habil. med.* profesors **Jānis Vētra**,  
Rīgas Stradiņa universitāte, Latvija

*Dr. habil. sc. ing.* profesors **Aleksandrs Okss**,  
Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija

Oficiālie recenzenti:

*Dr. med.* docente **Guna Bērziņa**,  
Rīgas Stradiņa universitāte, Latvija

*Dr. med.* profesors **Valdis Pīrāgs**,  
Latvijas Universitāte

*Dr. sc. (Tech)* asociētā profesore **Yu Xiao**,  
Aalto universitāte, Somija

Promocijas darbs tiks aizstāvēts Veselības un sporta zinātnes promocijas padomes atklātā sēdē 2022. gada 4. novembrī plkst. 14.00 attālināti, tiešsaistes platformā *Zoom*

Ar promocijas darbu var iepazīties RSU bibliotēkā un RSU tīmekļa vietnē <https://www.rsu.lv/promocijas-darbi>

Promocijas darbs veikts Eiropas Reģionālās attīstības fonda projekta “Gudrā tekstila sistēmas medicīnai un sportam” ietvaros, projekta īstenošanas līguma Nr.: 1.1.1.2/VIAA/1/16/153

Promocijas padomes sekretāre:

*Dr. med.* asociētā profesore **Signe Tomsone**

## Satura rādītājs

Darbā izmantotie saīsinājumi.....	4
Ievads.....	5
1. Materiāli un metodes.....	9
1.1. Pētījuma konceptuālais ietvars .....	9
1.2. Pētnieciskā darba struktūra .....	10
1.3. Pētījumos iesaistītie dalībnieki un ētikas principu ievērošana .....	12
1.4. Pirmais posms – materiāli un metodes .....	18
1.4.1. DAid viedā krekla prototipa eksperimentāls lietojums .....	15
1.4.2. Intervence, eksperimentāli izmantojot DAid viedā krekla prototipu .....	15
1.4.3. DAid viedā krekla prototipa mērījumu noturīgums un pamatotība .....	16
1.5. Otrais posms – materiāli un metodes.....	18
1.5.1. Pētījuma norise .....	18
1.5.2. Intervence .....	18
1.5.3. Otrā posma mainīgo apraksts.....	22
1.6. Pētījuma datu statistiskās apstrādes un analīzes metodes .....	23
2. Rezultāti.....	26
2.1. Pirmais posms.....	26
2.1.1. DAid viedā krekla prototips.....	26
2.1.2. DAid viedā krekla prototipa eksperimentāls lietojums fizioterapijā.....	30
2.1.3. DAid viedā krekla prototipa mērījumu noturīgums .....	30
2.1.4. DAid viedā krekla prototipa mērījumu pamatotība .....	31
2.2. Otrais posms .....	31
2.2.1. Pacientu vispārīgs raksturojums .....	31
2.2.2. Papildu izlašu kvalitatīvie mainīgie .....	32
2.2.3. <i>DASH</i> un funkcionālo testu rezultāti.....	34
3. Diskusija .....	39
Secinājumi .....	52
Publikācijas un ziņojumi par promocijas darba tēmu .....	53
Pateicības .....	60
Pielikumi.....	61

## Darbā izmantotie saīsinājumi

CKCUEST	slēgtas kinētiskās ķēdes augšējās ekstremitātes stabilitātes tests ( <i>Closed Kinetic Chain Upper Extremity Stability Test</i> )
D	dominantā roka
DAid	<i>Double Aid</i> . Zīmola nosaukums. Latv. val. "Dubultā palīdzība"
DASH	rokas, pleca un plaukstu nespēja ( <i>Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand</i> )
ER	ārējā rotācija ( <i>External Rotation</i> )
ER/IR	attiecība ārējās un iekšējās rotācijas attiecība
IR	iekšējā rotācija ( <i>Internal Rotation</i> )
V	volti
ND	nedominantā roka
NSPL	nesteroīdie pretiekaisuma līdzekļi
n	skaitis
p	5 % statistiskās kļūdas varbūtība
PVO	Pasaules Veselības organizācija
RM	maksimālā spēka atkārtojums ( <i>Repetition Maximum</i> )
ROM	kustības apjoms ( <i>Range of motion</i> )
s	sekunde
SASS	subakromiālais sāpju sindroms
Sc plakne	skapulārā plakne
SN	standartnovirze

## Ievads

Ar pleca sāpēm sastopas 7 % līdz 34 % cilvēku ekonomiski aktīvā vecumā, 67 % cilvēku kādā no dzīves posmiem ir sastapušies ar pleca sāpju radītu nespēju (Luime et al., 2004; Reilingh et al., 2008). Subakromiālais sāpju sindroms (SASS) ir viena no biežāk sastopamajām diagnozēm, kuru 40 % gadījumu novēro ģimenes ārsta praksē (Luime et al., 2004; Juel et al., 2014; Watts et al., 2017).

Subakromiālais sāpju sindroms ir ar funkciju saistīts jeb dinamisks stāvoklis, nevis statisks, anatomisks fenomens, kā tas tika definēts kādreiz. Tas kalpo kā "lietussarga jēdziens" pleca locītavas patoloģijām, kurām ir saistīts simptomu kopums, tādām kā rotatoru manšetes muskuļu cīpslu deģeneratīvas izmaiņas, pleca locītavas nestabilitāte, lāpstiņas disfunkcija, mugurējās kapsulas elasticitātes mazināšanās (Diercs et al., 2014).

Spēja kontrolēt lāpstiņas kustības un novietojumu ir būtiski ietekmēta šo patoloģiju gadījumā, taču lāpstiņas kontrole pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu ir ļoti svarīga (Steuri et al., 2017). Fizioterapija, kuras laikā tiek apgūta arī spēja kontrolēt lāpstiņu, sniedzot subjektīvu vai objektīvu atgriezenisko saiti, ir viena no galvenajām ārstēšanas iespējām pacientiem ar SASS (Ellenbecker et al., 2010; Diercs et al., 2014; Cools et al., 2014).

Subjektīvās atgriezeniskās saites, piemēram, ko pacientam sniedz fizioterapeits, lielākais trūkums ir tās subjektīvisms un atkarība no fizioterapeita klīniskās pieredzes un teorētiskajām zināšanām, kā arī spējas informāciju pasniegt pacientam skaidrā un saprotamā veidā (Lauber and Keller, 2014; O'Keefe et al., 2016). Objektīvās atgriezeniskās saites, piemēram, optiskās kinematiskās sistēmas, ir komplicētas un nepiemērotas lietošanai klīniskajā praksē, jo nepieciešama papildu izglītošana par sistēmas lietošanu un tā aizņem telpu (Wang et al., 2017).

Pēdējos gados ir palielinājies izmēros nelielo valkājamo tehnoloģiju (*wearable technologies*) lietojums personalizētajā medicīnā un klīniskajā vidē (Casselman et al., 2017). Šīs tehnoloģijas ļauj klīnicistiem sekot līdzi atveseļošanās procesam un terapijas piemērotībai reāllaikā (Dijkstra et al., 2020). Viedā tekstila apģērbi ir viens no aktuālajiem jaunumiem valkājamo tehnoloģiju laukā tā priekšrocību, piemēram, lietošanas ērtuma un rentabilitātes, dēļ, salīdzinot ar citām valkājamām tehnoloģijām (Eizentals et al., 2020).

*Double Aid* jeb DAid viedā krekla prototips augšējās ekstremitātes kustības monitoringam ir daļa no DAid viedā tekstila apģērbu kolekcijas, kura ietver arī viedā tekstila zeķes gaitas analizēšanai, viedos kreklus krūškurvja ekskursiju monitoringam. Kolekcija izstrādāta Rīgas Tehniskajā universitātē Eiropas Reģionālās attīstības fonda projekta “Gudrā tekstila sistēmas medicīnai un sportam” (*Smart textile systems for medicine and sports*) ietvaros (Nr. 1.1.1.2/VIAA/1/16/153).

Promocijas darbā izstrādāts DAid viedā krekla prototips, pārbaudīts tā mērījumu noturīgums un pamatotība un pētīta fizioterapijas procesā lietotās DAid viedā krekla prototipa kā atgriezeniskās saites izmantošanas ietekme uz funkcionālo testu un pašziņota mērījuma rezultātiem pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu. Darbs dalīts divos tehnoloģijas pārneses vadības procesa posmos. Pirmais posms – analizēt tehnoloģijas attīstības iespējas un pamatotību, otrais posms – attīstīt un demonstrēt DAid viedā krekla prototipu.

Promocijas darbā ir iespēja iepazīt DAid viedā krekla prototipa sistēmu, tās izveides procesu un lietojumu fizioterapijā pacientiem ar SASS, kādus rezultātus bija iespējams iegūt, to izmantojot, un kādus secinājumus bija iespējams izvirzīt, šo darbu paveicot.

## **Pētījuma aktualitāte, novitāte un praktiskā nozīme**

Viedo tehnoloģiju lietojums fizioterapijas procesā rada iespēju sniegt kvalitatīvu attālinātu ārstēšanas pakalpojumu, panākot pozitīvu klīnisko efektu bez fizioterapeita fiziskas klātbūtnes terapijas procesā un veicinot pacienta jeb pakalpojuma saņēmēja neatkarību, aktīvu iesaisti un līdzatbildību terapijas laikā.

Savukārt fizioterapeits, izmantojot viedo tehnoloģiju sniegtās iespējas, nevis nodrošina subjektīvu atgriezenisko saiti terapeitisko uzdevumu veikšanas laikā, bet gan vada fizioterapijas procesu un izglīto pacientu, kļūstot par pacienta mentoru.

Par viedā tekstila apģērba tehnoloģijas izmantošanu fizioterapijā joprojām trūkst pētījumu ne tikai Latvijā, bet arī pasaulē, kas ietekmē tā ieviešanu uz zinātniskiem pierādījumiem balstītā ārstēšanas procesā.

Pētījumā tiek klīniskajā praksē praktiski lietots promocijas darba ietvaros izstrādāts DAid viedā krekla prototips, vērtēta tā ietekme uz klīnisko rezultātu, kā arī pamatota DAid viedā krekla prototipa izmantošana, ārstējot pacientus ar subakromiālo sāpju sindromu.

Fizioterapeitisko intervenču arsenāls ir papildināts ar jaunu tehnoloģiju, kas ļauj efektīvi īstenot atgriezeniskās saites ārstniecisko potenciālu pacientu ar subakromiālo sāpju sindromu ārstēšanā.

Balstoties lietotāja pieredzē, pētījumā izstrādāti DAid viedā krekla prototipa tehniskās pilnveides ieteikumi Rīgas Tehniskās universitātes Dizaina tehnoloģiju institūta un BINI (Biomedicīnas inženierzinātņu un nanotehnoloģiju institūts) pētniekiem, lai veicinātu tehnoloģijas virzību tehnoloģijas pārneses vadības procesā un viedo tehnoloģiju inženiertehnisko attīstību un ieviešanu klīniskā vidē.



## **Darba mērķis**

Izpētīt DAid viedā krekla prototipa nodrošinātās objektivizētās atgriezeniskās saites ietekmi uz pacientu ar subakromiālo sāpju sindromu fizioterapijas funkcionālajiem un pašziņotajiem rezultātiem.

## **Darba uzdevumi**

1. Izveidot DAid viedā krekla prototipu, kas spētu reģistrēt pleca joslas pozīciju un ko iespējams izmantot fizioterapeitiskās intervences laikā kā objektīvu atgriezenisko saiti.
2. Izvērtēt DAid viedā krekla prototipa mērījumu noturīgumu un pamatotību plecu joslas pārvietojuma reģistrēšanai kā objektīvas atgriezeniskās saites izmantošanas pamatojumu pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu.
3. Lietojot DAid viedā krekla prototipu, izpētīt fizioterapeitiskās intervences ietekmi uz pacientu ar subakromiālo sāpju sindromu funkcionālajiem rādītājiem, izmantojot funkcionālo testu un pašziņota mērījuma rezultātus.

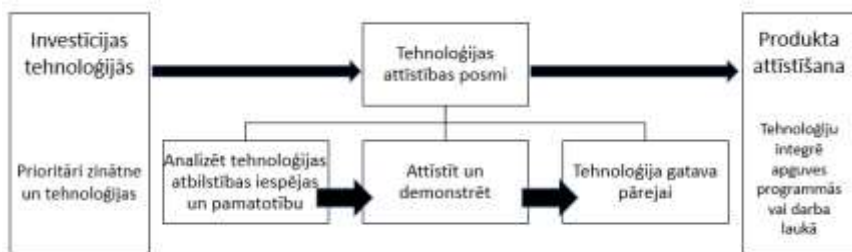
## **Darba hipotēze**

Pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu, lietojot fizioterapeitisko intervenci ar DAid viedā krekla prototipa izmantošanu kā objektīvu atgriezenisko saiti, tiks sasniegti līdzvērtīgi vai labāki terapijas funkcionālie un pašziņotie rezultāti, salīdzinot ar konvencionālajām metodēm.

# 1. Materiāli un metodes

## 1.1. Pētījuma konceptuālais ietvars

DAid viedā krekla prototips tika izveidots, sekojot Amerikas Savienoto Valstu Administratīvās atbildības departamenta (*GAO – United States Government Accountability Office*) izstrādātajām vadlīnijām par tehnoloģijas pārneses vadības procesu (*Technology Transition Management Process*), kas aplūkojams 1.1. attēlā (Sullivan et al., 2015).



1.1. attēls. **Tehnoloģijas pārneses vadības process**

Tehnoloģijas pārneses vadības process tiek iniciēts ar investīcijām tehnoloģijās un to piesaisti. Šajā posmā tiek skaidri definēti tehniskie mērķi, nodrošinātas vienošanās starp ieinteresētajām pusēm, izklāstītas tehniskās specifikācijas un vēlamās iespējas, finansējuma prasības un izstrādes grafiks tehnoloģijas attīstībai (Sullivan et al., 2015).

Tehnoloģijas attīstība sastāv no trim posmiem:

- 1) tehnoloģijas attīstības iespēju un pamatotības analīze (*Technology Feasibility analyzation and validation*). Šajā posmā laboratorijās tehnoloģijai tiek radīti prototipi, tiek vērtēta to darbība, iespējas, lietojuma un mērījumu pamatotība (*ibid.*);
- 2) attīstība un demonstrācija (*Development and Demonstration*). Šajā posmā tehnoloģijas prototipi laboratorijās tiek uzlaboti un lietoti apstākļos ārpus laboratorijas. Tiek vērtēta prototipa darbība un

darbības ietekme apstākļos ārpus laboratorijas, kas pietuvināti reālas vides apstākļiem, kādos tehnoloģiju paredzēts lietot. Tiek saņemta atgriezeniskā saite no prototipa lietotājiem un pilnveides rekomendācijas (*ibid.*);

- 3) tehnoloģija gatava pārnesei (*Technology ready for transition*). Šajā posmā tehnoloģija tiek testēta vidē, kurā tehnoloģiju paredzēts lietot. Pārneses posms iezīmē plaisu starp tehnoloģijas pamatā esošo inženiertehnisko zinātni un tehnoloģijas lietotājiem, un šajā posmā esošā plaisa kavē tehnoloģijas pāreju no prototipa uz nobriedušu produktu (Sullivan et al., 2015).

Kā pēdējais etaps tehnoloģijas pārneses vadības procesā tiek norādīts produkta attīstīšanas posms (*Product Development*), kurā tehnoloģiju integrē apguves programmās un darba laukā – vidē, kurai tehnoloģijas izstrāde tika paredzēta (*ibid.*).

## **1.2. Pētnieciskā darba struktūra**

Promocijas darbs iekļauj divus tehnoloģijas pārneses vadības procesa posmus (*Technology Transition Management Process*). Šo posmu ietvarā veikti pētījumi ar turpmāk tekstā norādītajiem pētījumu dizainiem.

### **Pirmajā posmā**

- a. DAid viedā krekla eksperimentāls lietojums fizioterapijā – viena gadījuma analīze (*Development of a New Method to Monitor Shoulder Girdle Motion for Ballerina with Shoulder Impingement Syndrome Based on DAid Smart Shirt Application*) (Semjonova et al., 2018).

- b. DAid viedā krekla mērījumu noturīgums un pamatotība atklāta pētījumā “Pleca joslas elevācijas pārvietoējuma vērtējums, izmantojot DAid viedo kreklus: noturīguma un pamatotības pētījums” (*Assessment of Shoulder Girdle Elevation Motion using DAid Smart Shirt: A Reliability and Validity Study*) (Semjonova et al., 2019).

Šajā posmā secīgi izklāstīta izveides attīstība DAid viedā krekla prototipam, kas spētu reģistrēt pleca joslas pozīciju un ko iespējams izmantot fizioterapeitiskās intervences laikā kā objektīvu atgriezenisko saiti pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu.

## **Otrajā posmā**

- a. Veikts nejausināts kontrolēts pētījums (Semjonova et al., 2020), lai noteiktu DAid viedā krekla prototipa ietekmi uz pacientu ar subakromiālo sāpju sindromu funkcionālajiem rādītājiem, izmantojot funkcionālo testu un pašziņota mērījuma rezultātus.
- b. Sniegta atgriezeniskā saite rekomendāciju formātā Rīgas Tehniskās universitātes Dizaina tehnoloģiju institūta un BINI (Biomedicīnas inženierzinātņu un nanotehnoloģiju institūts) pētniekiem par DAid viedā krekla prototipa tehnisko pilnveidi atbilstoši fizioterapijas vajadzībām darbā ar SASS pacientiem.

Šajā posmā izpētīts DAid viedā krekla prototips klīniskā vidē, veicot fizioterapeitiskās intervences, kā arī ietekme uz pacientu ar subakromiālo sāpju sindromu funkcionālajiem rādītājiem, izmantojot funkcionālo testu un pašziņota mērījuma rezultātus.

### **1.3. Pētījumos iesaistītie dalībnieki un ētikas principu ievērošana**

#### **Pirmā posma dalībnieki**

Viena klīniskā gadījuma pētījuma dalībniece bija sieviete, vecums 24 gadi, profesionāla baletdejojāja (14 gadu pieredze baleta mākslā), ĶMI 19,3. Ultrasonogrāfijas aprakstā: subakromiālais atdures sindroms, nav redzamas cīpslu plīsumu pazīmes. Galvenās sūdzības anamnēzē: nespēja noturēt labo pleca joslu vienā līnijā ar kreisās puses pleca joslu sāpju un pleca nestabilitātes sajūtu dēļ. Simptomi parādījušies pēdējās nedēļas laikā. Nav ziņu par akūtu traumu vai rutīnas treniņa izmaiņām.

Pētījums veikts saskaņā ar Helsinku deklarāciju, un pētījuma protokols apstiprināts izpildei Rīgas Stradiņa universitātes Ētikas komitejā (atzinums Nr. 4/05.10.2017). Pētījuma dalībniece pirms piedalīšanās pētījumā sniedza mutisku un rakstisku piekrišanu dalībai pētījumā.

DAid viedā krekla prototipa mērījumu noturīguma un pamatotības pētījumā iesaistīti divdesmit divi brīvprātīgie dalībnieki 24,2 (SN 3,3) gadu vecumā, ar ķermeņa masas indeksu 19,3 (SN 0,5). Pirms pētījuma dalībnieki sniedza mutisku un rakstisku piekrišanu dalībai pētījumā. Pētījums notika saskaņā ar Helsinku deklarāciju, un tas apstiprināts Rīgas Stradiņa universitātes Ētikas komitejā (atzinums Nr. 183/26.01.2017). Katrs pētījuma dalībnieks tika informēts par pētījuma norisi un datu apstrādi informatīvā vēstulē.

#### **Otrā posma dalībnieki**

Nejaušinātā kontrolētā pētījumā dalībniekus iedalīja pētāmajā DAid viedā krekla prototipa grupā un kontroles grupā. Kopumā pētījumā iesaistīti 34 dalībnieki ar diagnozi subakromiālais sāpju sindroms.

## Pacientu atlase un nejaušināta sadale pētījumā

Pacientu nejaušināšana pētījumā noritēja šādi:

1. Par pētījuma norisi tika ziņots “ORTO Klīnikā” strādājošajiem ārstiem, kuri nosūtīja pacientus uz rehabilitāciju.
2. Pacienti ar diagnozi subakromiālais sāpju sindroms “ORTO Klīnikas” administrācijā veica pierakstu, lai saņemtu rehabilitācijas pakalpojumus.
3. “ORTO Klīnikas” administrators veica pacienta pierakstu darba grafikā.
4. Paralēli tika veidots pacientu saraksts arī *Excel* programmas failā, kas nebija pieejams “ORTO Klīnikas” administrācijai. No šī saraksta katrs pāra skaitļa patients, kurš veica pierakstu, tika iedalīts pētāmajā grupā, bet katrs nepāra skaitļa patients tika iedalīts kontroles grupā.’

## Kritēriji pacientu iekļaušanai pētījumā un izslēgšanai no tā

1. Kritēriji iekļaušanai pētījumā (pacientam jāatbilst visiem kritērijiem):
  - netraumatiska rakstura pleca problēmas, kuras izraisa sāpes;
  - klīniski diagnosticēts subakromiālais sāpju sindroms akūtā fāzē. Izmeklēšanu veicis pieredzējis ortopēds, traumatologs vai fizikālās medicīnas un rehabilitācijas ārsts;
  - pozitīvi vismaz 3 no 5 klīniskajiem testiem: sāpju arkas, Džobsa tests, ārējās rotācijas pretestības tests, Hokinsa–Kenedija tests, Nīra tests;
  - radioloģiski (US vai MR izmeklējums) diagnosticēts subakromiālais sāpju sindroms (saukts arī par *pleca atsitienu / atdures sindromu* (M75.4) pēc SSK10).

2. Kritēriji izslēgšanai no pētījuma (pacientam jāatbilst vismaz vienam kritērijam):

- diagnosticēta onkoloģiska saslimšana;
- operatīva ārstēšana pleca locītavā, plecu joslā un kakla daļā;
- lūzumi, primāri un atkārtoti mežģījumi pleca joslā;
- 3. tipa (āķveida) pleca paugurs (*acromion*);
- rotatoru manšetes, *m. biceps brachii* un / vai cīpslas daļēji vai pilni plīsumi;
- kalcificējoši tendinīti;
- deģeneratīvas izmaiņas pleca locītavā (osteoartrīts);
- blakusslimības: parēze un sensorās sistēmas problēmas, cukura diabēts, reimatoīdais artrīts, fibromialģijas, neiromuskulāras saslimšanas, adhezīvs kapsulīts;
- ķermeņa masas indekss  $> 30 \text{ kg/m}^2$ .

ĶMI limits tika noteikts kā izslēgšanas kritērijs, jo DAid viedā krekla prototipa izveidē tiek izmantots piegulošs sporta apģērbs, kas vairumā pieejams sporta apģērba tirdzniecības vietās. Lai nodrošinātu pētījuma dalībniekus ar nepieciešamo aprīkojumu dalībai pētījumā, sporta krekli tika iegādāti, nevis speciāli šūti.

Pētījumā tika atlasīti 60 dalībnieki ar diagnozi subakromiālais sāpju sindroms. No sākotnēji atlasītajiem dalībniekiem pētījumu neturpināja 20 dalībnieki, no kuriem 13 neatbilda ieslēgšanas kritērijiem, 4 dalībnieki atteica savu dalību un 3 dalībniekiem bija cita veida iemesli, lai nepiedalītos pētījumā.

Nejaušinātai sadalei pētījuma un kontroles grupā atbilstoši iekļaušanas un izslēgšanas kritērijiem tika virzīti 40 pētījuma dalībnieku, no kuriem 20 tika iedalīti DAid viedā krekla prototipa grupā un 20 – kontroles grupā. Visi dalībnieki tika nozīmēti intervencei, 17 dalībniekiem DAid viedā krekla

prototipa grupā un 17 dalībniekiem kontroles grupā tika vērtēti un analizēti intervences rezultāti.

Pētījuma veikšanai tika saņemta Rīgas Stradiņa universitātes Ētikas komitejas atļauja Nr. 11/08.09.2018. Tika izstrādāts funkcionālo testu kopas protokols, kurš tika apstiprināts izmantošanai Rīgas Stradiņa universitātes Ētikas komitejā ar atzinumu Nr. 6-3/39.

Pētījuma dalībnieki pirms pētījuma uzsākšanas tika mutiski informēti par pētījuma gaitu. Katrs pētījuma dalībnieks pirms pētījuma parakstīja informētās piekrišanas dokumentu dalībai pētījumā.

## **1.4. Pirmais posms – materiāli un metodes**

### **1.4.1. DAid viedā krekla prototipa eksperimentāls lietojums**

Viena klīniskā gadījuma ietvarā eksperimentāli klīniskās vides kontekstā ārpus laboratorijas apstākļiem lietots DAid viedā krekla prototips.

### **1.4.2. Intervence, eksperimentāli izmantojot DAid viedā krekla prototipu**

Kustību kontroles apguves uzdevumi sastāvēja no divām daļām:

1. kustību kontroles uzdevumi, kuros tika apgūts pleca joslas optimāls novietojums miera pozīcijā un pleca joslas stabils novietojums roku elevācijas laikā frontālā, sagitālā un skapulārā plaknē.

Kad apgūta optimāla lāpstiņas pozīcija, sekoja lāpstiņas kustības kontrole aktīvu uzdevumu laikā: *humerus* elevācija līdz 90° frontālā, sagitālā un skapulārā plaknē. Kustība veikta 10 reizes 2 minūšu laikā.

Kā atgriezeniskā saite par veicamo uzdevumu vērota līkne no DAid viedā krekla prototipa datora ekrānā. Tad pētījuma dalībniece, skatoties datora ekrānā, patstāvīgi novietoja pleca joslu optimālā miera stāvoklī tā, lai DAid viedā krekla prototipa līknes vidējā vērtība nepārsniegtu sliekšni – 0,02 relatīvās vienības.



2. muskuļiem specifiski (*m. trapezius, m. serratus anterior*) uzdevumi.

Pēc četrām nedēļām tika uzsākti arī muskulatūrai specifiski uzdevumi (Ellenbecker et al., 2010; Cools et al., 2020), noturot optimālu lāpstiņas pozīciju. Šos uzdevumus pētījuma dalībniece veica pārējās četras nedēļas, kurās slodze tika kāpināta, ievērojot muskuļu spēka treniņu pamatprincipus:

- Intensitāte: 60–70 % no 1 RM (maksimālā spēka atkārtojums (*repetitium maximum*)) treniņterapijas uzsākšanas sākumā,  $\geq 80$  % 1 RM beigu posmā, simptomu neesamības gadījumā. Svars pielāgots pacientam.
- Dozācija jeb daudzums: 8–12 atkārtojumi katram uzdevumam 3–4 piegājienos.
- Biežums: uzdevumi pleca joslas muskuļu grupām 2 reizes nedēļā, ievērojot 48–72 h pausi starp nodarbībām.
- Progresija: pakāpeniska slodzes kāpināšana, mainot šādus parametrus: svars (pretestība) un atkārtojumu skaits vienā piegājienā (Allen et al., 2014).

### **1.4.3. DAid viedā krekla prototipa mērījumu noturīgums un pamatotība**

Tehnoloģijas pārneses vadības procesa pirmajā posmā tika veikts nākamais pētījums par DAid viedā krekla prototipa mērījumu noturīgumu un pamatotību, kura metodoloģija izklāstīta turpmākajās sadaļās.

### **Objektīvās pleca joslas pārvietojuma izvērtēšanas metodes**

DAid viedā tekstilmateriāla krekla prototips tika izmantots pleca joslas pārvietojuma izvērtēšanai.

“Zelta standarta” metode, ar kuru salīdzināt jauno DAid viedā krekla prototipu pleca joslas pārvietojuma izvērtēšanai, bija divu kameru 2D kustību reģistrēšanas sistēma (*Quintic Biomechanics* v26, UK). Pārvietojuma datu ierakstīšanai tika izmantoti 4 sensori ar atstarojošu virsmu (diametrs: 1 cm), kas pie krekla stiprināti ar līmlenti. Ieraksta ātrums – 100 kadri / sekundē.

Sensori izvietoti uz labās un kreisās puses *angulus acromialis* (*R\_AA*, *L\_AA*) un *trigonum spinae scapulae* (*R\_TS*, *L\_TS*) miera pozīcijā pēc Starptautiskās Biomehānikas biedrības (*International Society of Biomechanics*) (ASV) rekomendācijām par augšējās ekstremitātes kustību biomehānikas izvērtēšanu (Wu et al., 2005).

## **Pētījuma intervences apraksts datu iegūšanai**

Dalībnieki kustības veica stāvus pozīcijā, pēdām atrodoties plecu platumā, rokām gar sāniem. Ieslēdzot video un viedā krekla ierakstu, dalībniekiem tika sniegta norāde: “Pacel labo / kreiso pleca joslu, cik augstu vien spēj trīs sekunžu laikā, tad plecu nolaid uz leju,” – (labās / kreisās puses elevācija un depresija) (Bet-Or et al., 2017). Šo procedūru atkārtoja trīs reizes, ievērojot 10 sekunžu pauzi starp atkārtojumiem. Lai izvairītos no noguruma, starp kustību virzieniem un ķermeņa pusēm tika dota viena minūte atpūtai (Bet-Or et al., 2017). Sekunžu skaitīšanai tika izmantota metronoma aplikācija (*Metronome Beats*) viedtālrunī *Sony Xperia*<sup>TM</sup>, kas iestatīta uz tempu 60 sitieni minūtē. Katra mērījuma ieraksts ilga 13 sekundes.

## **Pirmā posma mainīgais**

Tekstila sensora relatīvās vienības. Viedierīces ekrānā redzamā atgriezeniskā saite, ko sniedz tekstila sensori uzdevuma izpildes laikā.

## **1.5. Otrais posms – materiāli un metodes**

Pētījumā “Pleca joslas elevācijas pārvietojuma vērtējums, izmantojot DAid viedā krekla prototipu: noturīguma un pamatotības pētījums” (Semjonova et al., 2019) secināts, ka DAid viedā krekla prototipa mērījumu rezultāti ir noturīgi un pamatoti plecu joslas elevācijas novērtēšanai. Tāpēc veikta pāreja uz tehnoloģijas pārnese vadības procesa otro posmu, kurā veikts nejaušināts kontrolēts pētījums, lai izpētītu DAid viedā krekla prototipa izmantošanu fizioterapijā, tā ietekmi uz pacientu ar subakromiālo sāpju sindromu funkcionālajiem rādītājiem – funkcionālo testu un pašziņota mērījuma rezultātiem.

### **1.5.1. Pētījuma norise**

Nejausinātā kontrolētā pētījumā dalībniekus iedalīja pētāmajā DAid viedā krekla grupā un kontroles grupā, izmantojot 1:1 sadales principu. Pētījums norisinājās SIA “ORTO Klīnika”, Āgenskalna filiāles telpās, laika posmā no 2019. gada janvāra līdz 2020. gada 12. martam, kad sākās ārkārtas situācija valstī (MK rīkojums Nr. 103 “Par ārkārtējās situācijas izsludināšanu”) Covid-19 pandēmijas dēļ, tāpēc pētījuma praktiskā daļa tika pārtraukta.

### **1.5.2. Intervence**

Pirmajā fizioterapijas izmeklēšanas un funkcionālās izvērtēšanas nodarbībā visiem pētījuma dalībniekiem bija jāaizpilda *DASH* aptaujas anketa, iegūta pētījuma dalībnieku anamnēze un izveidots nodarbību grafiks astoņām nedēļām, kad bija paredzēts veikt pētījuma praktisko daļu.

Ievērojot pierādījumos balstītas rekomendācijas (Reinold et al., 2009; Diercs et al., 2014; Klintberg et al., 2015; Pieters et al., 2020), individuāls treniņterapijas plāns aptvēra astoņas nedēļas, plānojot divas nodarbības nedēļā

(24–72 h intervāls) fizioterapeita klātbūtnē ar nodarbības ilgumu 30 minūtes. Treniņterapijas plāns sastāvēja no sākotnējā, pamata un noslēguma etapa.

### **Treniņterapijas sākotnējais etaps**

Sākotnējā etapā jeb pirmajās četrās nedēļās tika veikti kustību kontroles uzdevumi (1. pielikums), kuros kontrolēja plecu joslu, veicot pleca locītavas fleksijas, abdukcijas uzdevumus frontālā, sagitālā un skapulārā plaknē (Ellenbecker et al., 2010; Comford & Mottram, 2012; Cools et al., 2020).

Uzdevumi tika veikti individuālā tempā, lai dalībnieks spētu izsekot līknei datora ekrānā (DAid viedā krekla grupa) vai arī tiktu nodrošināta atgriezeniskā saite – vizuālā, skatoties spogulī redzamajā attēlā, vai audiālā no fizioterapeita (kontroles grupā).

Katrā plaknē pacients veica 10 kustības 3 piegājienos ar 1 minūtes pauzi starp piegājieniem (Allen et al., 2014). Pirms uzdevumu sākšanas fizioterapeits manuāli veica plecu joslas novietojuma korekciju, pozicionējot lāpstiņu atbilstoši orientieriem: *acormion* atrodas augstāk par lāpstiņas augšējo mediālo stūri, mediālā lāpstiņas mala un apakšējais stūris cieši pieguļ krūškurvim (Worsley et al., 2013). Dalībniekam tika lūgts pozīciju noturēt un patstāvīgi, mēģinot vairākas reizes, atkārtot.

### **Treniņterapijas pamata etaps**

Pamata etapā veikti pleca joslas muskulatūrai specifiski spēka un lāpstiņas stabilizācijas uzdevumi (2. pielikums) (Ellenbecker et al., 2010; Cools et al., 2020). Uzdevumu progresijai tika izmantoti spēka treniņu vadlīniju

(*ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*) (Allen et al., 2014) pamatprincipi:

1. Intensitāte: 60–70 % no 1 RM treniņterapijas uzsākšanas sākumā,  $\geq 80$  % 1 RM beigu posmā, simptomu neesamības gadījumā. Svārs pielāgots katram dalībniekam / pacientam.
2. Dozācija jeb daudzums: 8–12 atkārtojumi katram uzdevumam 3–4 piegājienos.
3. Biežums: uzdevumi pleca joslas muskuļu grupām 2 reizes nedēļā, ievērojot 48–72 h pauzi starp nodarbībām.

Uzdevumus veica fizioterapeita pārraudzībā. Pētījuma dalībniekiem tika rekomendēts starp fizioterapijas nodarbībām sekot līdzī plecu joslas novietojumam ikdienas aktivitāšu laikā, bet netika sniegtas rekomendācijas par vingrojumu izpildi patstāvīgi bez fizioterapeita uzraudzības.

## **Intervence DAid viedā krekla prototipa pētījuma grupai**

Papildus iepriekš norādītajai treniņterapijas intervences procedūrai DAid viedā krekla pētījuma grupai tika sniegtas detalizētas norādes par DAid viedā krekla prototipa lietojumu fizioterapijas uzdevumu laikā. Visu intervences laiku – 8 nedēļas – uzdevumos, kuros bija jāseko līdzī plecu joslas stabilitātei un kustības izpildes kvalitātei, tika izmantots DAid viedā krekla prototips.

## **DAid viedā krekla prototipa lietošanas norādījumi**

1. Pirms uzdevumu veikšanas jāieslēdz vadības bloks un datorā jāatver DAid viedā krekla datu apstrādes programma, pārliecinoties, ka vadības bloks caur *Bluetooth* savienojumu ir pievienots datoram, kurā ir iespējams nolasīt krekla informāciju.
2. DAid viedā krekla prototips ir jāuzgērbj, krekla stiprinājumiem pievienojot vadības bloku.

3. Jāieslēdz vadības bloks.
4. Pirms uzdevumu veikšanas jāpārlicinās, ka sensori atrodas miera pozīcijā jeb signāla uztveres sākuma pozīcijā, kur līknes vērtība (relatīvās vienības) ekrānā ir tuvu "0".
5. Sekojot līdz ekrānā redzamajām līknēm (3. pielikums), sensori jānovieto miera jeb signāla uztveres sākuma pozīcijā.
6. Viedierīces ekrāns jānovieto lietotājam ērtā augstumā, neradot kompensējošas mugurkaula kakla daļas kustības fleksijas, ekstensijas, laterofleksijas, rotācijas virzienā.
7. Kustību kontroles uzdevumu laikā, veicot *humerus* elevāciju zem 90 grādu robežas (rokas tiek celtas plecu joslas līmenī) frontālā, sagitālā un skapulārā plaknē, jāseko līdz ekrānā redzamajai līknei.
8. Pildot muskulatūras spēku attīstošus uzdevumus vertikālā pozīcijā, izmantojot vidēju un submaksimālu svaru, jāseko līdz ekrānā redzamajai līknei.
9. Pēc uzdevumu veikšanas jāatslēdz vadības bloks un jānovelk DAid viedā krekla prototips.

### **Treniņterapijas noslēdzošais etaps**

Pēdējā fizioterapijas nodarbībā pētījuma dalībniekiem bija jāaizpilda *DASH* aptaujas anketa, kā arī tika veikti funkcionālie klīniskie testi: pleca locītavas muskuļu izometriskā spēka testi, lai iegūtu ER/IR attiecību "90/0", "90/90", D (dominantajai jeb vadošai rokai), ND (nedominantajai jeb nevadošajai rokai); *CKCUEST*. Dalībnieki tika vērtēti pēc viena standartizēta funkcionālo testu kopas protokola.

### 1.5.3. Otrā posma mainīgo apraksts

1. Augšējās ekstremitātes nespēja, kura vērtēta ar pacienta pašziņoto *DASH* anketu, kas sastāv no 30 jautājumiem pamata modulī, 4 jautājumiem darba modulī un 4 jautājumiem sporta modulī. Atbildes tiek sniegtas Likerta skalā no 1 (nav simptomu) līdz 5 (maksimāla simptomātika), kur punktus iegūst, vadoties pēc anketas metodikas: “Ne mazāk kā 27 no 30 jautājumiem jābūt atbildētiem, lai varētu aprēķināt rezultātu. Atzīmēto jautājumu vērtības saskaita un aprēķina vidējo, izdalot ar atbildēto jautājumu skaitu, atņemot 1 un rezultātu reizinot ar 25, iegūst vērtību 100 punktu intervālā. Augstāka punktu iznākuma vērtība norāda uz lielāku nespēju.” (Franchignoni et al., 2014, Institute for Work & Health, Canada).
2. Augšējās ekstremitātes darbība (*performance*), kas vērtēta ar funkcionālo testu *CKCUEST*. Testu veic slēgtas kinemātiskās ķēdes pozīcijā, veicot aktivitāti 15 sekundes ar 3 atkārtojumiem. Aktivitāte ietver roku bilaterālu balstu un spēju pamīšus pārnest svaru no vienas plauksta uz otru. Veiktās svara pārnese reizes jeb punkti ir pozitīvi diskrētie skaitļi. Testa pozīcija sievietēm tiek modificēta (Tucci et al., 2014; Cools et al., 2016). Tests reprezentē funkciju uzlabošanos pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu pēc terapijas (Tucci et al., 2014; Tucci et al., 2017). Testa izmantošana pirms terapijas uzsākšanas akūtu un subakūtu sāpju gadījumā pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu ir kontrindicēta (Tucci et al., 2017).
3. Ārējās (ER) un iekšējās (IR) rotācijas spēka attiecība “90/0” un “90/90” pozīcijās (4. pielikums), kur, pleca locītavai atrodoties 90° abdukcijā un 0° ārējā rotācijā un pleca locītavai atrodoties 90° abdukcijā un 90° ārējā rotācijā, pozīcijā tiek vērtēts muskulatūras izometriskais spēks (N) ārējai rotācijai (zilas krāsas bulta) un iekšējai

rotācijai (sarkanas krāsas bulta) pieliktās pretestības virzienam. Mērījumu veic ar rokas portatīvo dinamometru *MicroFET*®2 (*Hoggan Health Industries Inc., Salt Lake City, UT, USA*). Attiecību iegūst, ārējo rotācijas spēku (N) dalot ar iekšējās rotācijas spēku (N) (Cools et al., 2016).

## 1.6. Pētījuma datu statistiskās apstrādes un analīzes metodes

### Pirmajā posmā

Dati no datu apstrādes un reprezentēšanas programmatūras *FastreaderLabView* vides tika pārvietoti uz rezultātu apstrādes programmas *Microsoft Excel 2016* vidi. Laiks, cik pleca joslā saglabāta stabilitāte un noturēta sensora relatīvo vienību vērtība  $< 0,02$ , izteikts % un analizēts, izmantojot aprakstošās statistikas metodes – minimālās, maksimālās vērtības.

DAid viedā krekla prototipa mērījumu noturīgums un pamatotība.

1. Sākotnēji programmas *Microsoft Excel 2016* vidē veikta kustību video analīzes un DAid viedā krekla prototipa mērījumu interpolēšana.
2. DAid viedā krekla prototipa mērījumu rezultātu noturīguma noteikšanai tika aprēķināts skalas saskaņotības koeficients jeb Kronbaha alfa (*Cronbach's alpha*) un aprēķināts starpklašu korelācijas koeficients (*Interclass Correlation Coefficient – ICC*), kas raksturo rezultātu atkārtojamību, precizitāti un noturību laikā atkārtotajiem (*test-retest*) mērījumiem ( $< 0,4$  slikta,  $0,4–0,59$  mērena,  $0,6–0,74$  laba,  $> 0,75$  izcila mērījumu atkārtojamība) (McGraw et al., 1996). Aprēķiniem tika izmantoti bezdimensionāli lielumi (katra mērījuma rezultāti tika normēti pret attiecīgā mērījuma maksimālo vērtību). Ticamības intervāls 95 % (TI 95 %).



3. DAid viedā krekla prototipa mērījumu rezultātu pamatotības izvērtēšanai tika izmantota Blenda–Altmena (Bland–Altman) metode, ar ko salīdzina divas kvantitatīvu mērījumu metodes 95 % ticamības intervālā,  $p < 0,001$  (Giavarina, 2015).

Aprēķini tika veikti rezultātu apstrādes programmās *Microsoft Excel 2016* un *SPSS Statistics V22.0 (IBM Corporation, New York, USA)*.

Statistiskā ticamība tika noteikta 5 % līmenī, un par statistiski nozīmīgām atšķirībām uzskatīti rezultāti, ja  $p < 0,05$ .

## Otrajā posmā

Lai noteiktu DAid viedā krekla prototipa ietekmi uz pacientu ar subakromiālo sāpju sindromu funkcionālajiem rādītājiem, tika veikts nejaušināts kontrolēts pētījums, izmantojot funkcionālo testu un pašiņota mērījuma rezultātus. Pētījuma dati analizēti, izmantojot šādas statistiskās apstrādes un analīzes metodes:

- 1) aprakstošās statistikas metodes: noteiktas vidējās vērtības, standartnovirzes, minimālās, maksimālās vērtības, 95 % ticamības intervāls;
- 2) slēdzienstatistikas metodes:
  - Lai salīdzinātu rezultātus pētījuma un kontroles grupai, kā arī rezultātus pirms un pēc terapijas, izmantoja Manna–Vitnija U testu (*Mann–Whitney U test*), Vilkoksona ranga zīmju testu (*Wilcoxon Signed Ranks test*).
  - Izlašu kvalitatīvo mainīgo (vecums, dzimums, dominantā (D) roka, sporta veids, profesija, papildu terapijas metodes) biežumu atšķirības noteikšanai tika izmantots Hī-kvadrāta (*Chi-square*) tests un Fišera precīzais tests (*Fisher's exact test*).

- Statistiskā efekta lieluma noteikšanai pirms un pēc intervences *DASH* anketas mērījumam izmantoja Vilkoksona ranga zīmju testu (*Wilcoxon Signed Ranks test*) (*DASH* darba modulim) un T-testu (*Student's t-test*) (*DASH* pamata un *DASH* sporta moduļiem), normālsadalījumu nosakot ar Šapiro–Vilka (*Shapiro–Wilk*) testu.
- Koena *d* vērtība (*Cohen's d*) tika izmantota statistiskā efekta novērtēšanai (*DASH* pamata un *DASH* sporta moduļiem), kas pēc ciešuma tika iedalīts četrās gradācijās: 0,1–0,2 mazs; 0,3–0,5 vidējs; 0,6–0,8 liels; > 0,9 ļoti liels. Un koeficienta *r* vērtība *DASH* darba modulim, kur 0–0,3 mazs; 0,3–0,5 vidējs; > 0,5 liels.

Par statistiski nozīmīgām atšķirībām tika uzskatīti rezultāti, ja *p* vērtība < 0,05. Noteikta pētījuma statistiskā jauda 0,8 (80 %). Dati analizēti programmā *Microsoft Excel 2016* (*Microsoft Corporation*, Vašingtona, ASV) un *SPSS Statistics V22.0* (*IBM Corporation*, Ņujorka, ASV).

## 2. Rezultāti

### 2.1. Pirmais posms

#### 2.1.1. DAid viedā krekla prototips

DAid viedā krekla prototips izveidots, Rīgas Stradiņa universitātes pētniekiem sadarbojoties ar Rīgas Tehniskās universitātes Dizaina tehnoloģiju institūta un Biomedicīnas inženierzinātņu un nanotehnoloģiju institūta pētniekiem. DAid viedā krekla prototips izveidots Eiropas Reģionālās attīstības fonda projekta “Gudrā tekstila sistēmas medicīnai un sportam” (*Smart textile systems for medicine and sports*) ietvaros, projekta īstenošanas līguma Nr.: 1.1.1.2/VIAA/1/16/153.

#### DAid viedā krekla prototipa konstrukcija

DAid viedā tekstila krekla prototips (2.1. att.) sastāv no divām galvenajām daļām – strāvu vadošiem adītiem tekstila stiepes sensoriem kustību monitoringam (ar sarkanu bultu norādīti attēlā) un sporta T-krekla (*North Bend* ©, *cycling LS jersey*) ar silikona joslu piedurknēs, kas kavē krekla pārvietojumu kustību izpildes laikā. Sensora īpašības (Eizentals et al., 2020) praktiski neietekmēja krekla deformāciju, kā arī krekla audums nelimitēja sensora darbību deformācijas brīdī.



2.1. attēls. DAid viedā krekla prototips

Sensori uzšūti uz pieguloša, kustības brīvību neierobežojoša sporta T-krekla ar piedurknēs iestrādātām silikona joslām, kuras ierobežo piedurkņu pārvietojumu kustību laikā. Uzšūtie no strāvu vadošiem pavedieniem adītie sensori savienoti ar elektrovadošiem pavedieniem (*Shieldex 117/17, Statex Produktions- und Vertriebs GmbH, Bremen, Germany*) ar zemu elektrisko pretestību ( $\sim 1 \text{ kW/m}$ ) (Eizentals et al., 2020).

Sensori savienoti savā starpā un ar datu ieguves vienību jeb vadības bloku. Datu ieguves vienība mēra sensoru elektrisko pretestību pie 175 Hz, kur tālāk informācija par sensoru deformāciju caur *Bluetooth* savienojumu tiek pārsūtīta uz datoru vai citas viedierīces ekrānu, nodrošinot lietotāju ar tūlītēju atgriezenisko saiti par kustību (Eizentals et al., 2020).

### **DAid viedā krekla prototipam izmantoto adīto stiepes sensoru īpašību raksturojums**

Sensora pretestība mainās proporcionāli sensora pagarinājumam, un šo īpašību var lietot, lai atsektu cilvēka kustības caur apģērba deformāciju. Sensoru iestiepjot, pretestības (signāla) izmaiņas sākas no 5 % no sensora sākotnējā garuma izmaiņām un turpinās līdz aptuveni 20 % no sensora garuma

izmaiņām, tālāk sensori aiziet piesātinājumā un interpretēt signāla izmaiņas korekti vairs nav iespējams.

Elektriskā pretestība aug proporcionāli sensora pagarinājumam, kuru iegūst, valkātājam apģērbu deformējot (Eizentals et al., 2020).

## **Tekstila sensora datu nolasījums**

Ar deformāciju saistītas sensora pretestību izmaiņas tiek reģistrētas, tekstila sensoru ieslēdzot sprieguma dalītāja shēmā. Dalītāja izejas spriegums tiek konvertēts digitālā signālā, izmantojot 10 bitu analogo ciparu pārveidotāju (ACP), kam ir spēja noteikt 1024 ( $2^{10}$ ) diskrētos analogos līmeņus (0–1023). ACP konvertētie skaitļi tiek nosūtīti uz datoru caur *Bluetooth* radiokanālu (5. pielikums). Iegūtie ACP skaitļi tiek normalizēti, iegūstot ierīces izejas signālu, proti, normalizētu sensora spriegumu. Normalizētais sensora spriegums (turpmāk sensora spriegums) mainās diapazonā no 0 līdz 1 relatīvajai vienībai, kas atbilst reālā sensora izmaiņai no 0 līdz 3,3 V (Pelgrom, 2013).

## **DAid viedā krekla sensora novietojuma pamatojums**

Vispārīgā rehabilitācijas kontekstā sensora novietojums ir atkarīgs no nepieciešamā lietojuma un mērķa kustības, kura jāsasniedz rehabilitācijas posmā, un tas ir būtisks, lai nodrošinātu atbilstošu kustības monitoringu (Wang et al., 2017). Nepiemērots novietojums izraisa sensora darbības traucējumus, neatbilstošus mērījumus, turklāt papildus var rasties signāla troksnis no blakus esošām locītavām, kuras netiek monitorētas (Eizentals et al., 2020).

DAid viedā krekla prototipam sensors elevācijas monitoringam uzšūts uz plecu joslas tā, lai sākuma stiprinājums būtu paduses līmenī attiecīgās plecu joslas vidū (*spinae scapulae* viduspunktā skatā no aizmugures). Sensors iet pāri plecu joslai virzienā uz *angulus inferior scapulae*, kur ir sensora beigu stiprinājums (6. pielikums).

Atbilstoša sensora pozīcija, virziens, garums tiek mērīts un aprēķināts “mēģinājuma un kļūdas” rezultātā, līdz iegūts atbilstošākais novietojums, kurā nolasāmi viskvalitatīvākie un informatīvākie dati pleca joslas elevācijas laikā. Krekla pielāgošana pleca joslas pārvietojuma novērtēšanai tika izmantota *Mokhlespour Esfahani et al. 2017.* gadā veiktā pētījuma modificēta metodika (Mokhlespour Esfahani et al., 2017).

Datu ieguves vienība tika ievietota elastīgā krekla aizmugurē esošajā kabatā (2.1. att. apvilktā ar sarkanu riņķa līniju), tādējādi netraucējot kustību izpildes brīvību pētījuma dalībniekam.

## **DAid viedā krekla prototipa atgriezeniskās saites princips**

DAid viedā krekla prototipā ieģērbtam cilvēkam jāveic fizioterapijas uzdevums / vingrinājums, kura laikā tiek sekots līdzī uzdevuma izpildes kvalitātei, lūkojoties datora ekrānā. Veiktais uzdevums tika ierakstīts reāllaikā (7. pielikums).

Sensoru galvenais uzdevums ir informēt lietotāju par pleca joslas kustībām. Kad plecu josla tiek aktivizēta, sensori iestiepjas vai paliek miera stāvoklī līdz ar apģērbu, kurš ir lietotāja mugurā (Semjonova et al., 2018). Atbilstošo kustību kontroles uzdevumu laikā sensoriem jāatrodas miera pozīcijā, ko lietotājam jācenšas noturēt, izvairoties no sensoru signāla pieauguma (Eizentals et al., 2020).

Kalibrācijas procedūra DAid viedā krekla prototipa gadījumā netiek veikta, jo sistēmas lietotāja izejas stāvoklis ir miera jeb līknes “0” pozīcija ekrānā abiem sensoru signāliem (Eizentals et al., 2020).

## **DAid viedā krekla prototipa datu apstrādes programmatūra**

Dati tika apkopoti no diviem adītiem stiepes sensoriem un caur *Bluetooth* pārraides sistēmu pārsūtīti uz datu apstrādes un reprezentēšanas programmatūru “*Fastreader*” *LabView* vidē (autors: A. Kataševs, RTU) (Oks et al., 2015; Oks et al., 2016).

Uztvērējs šī darba ietvaros ir klēpjdators ar programmatūru *Data Single*, kas ir paredzēta darbam ar šo moduli. Programmatūra reālajā laikā atspoguļo devēju signāla izmaiņas, sniedzot lietotājam atgriezenisko saiti.

### **2.1.2. DAid viedā krekla prototipa eksperimentāls lietojums fizioterapijā**

Dati, kas iegūti, izmantojot DAid viedā krekla prototipu, parādīja, ka kustību kontroles uzdevumu izpildes laikā pieauga labās puses plecu joslas stabilitātes laiks: sagitālajā plaknē plecu joslas stabilitātes laiks pirmajā sesijā bija 59 %, savukārt pēdējā sesijā – 100 %; frontālajā plaknē tas bija attiecīgi 28 % un 100 %, savukārt skapulārajā plaknē – 49 % (8. pielikums) un 99 % (9. pielikums).

Muskulatūrai specifisku uzdevumu izpildes laikā plecu joslas stabilitātes laiks pieauga no 15 % pirmajā sesijā līdz 92 % pēdējā sesijā (10. pielikums).

### **2.1.3. DAid viedā krekla prototipa mērījumu noturīgums**

DAid viedā krekla prototipa mērījumu noturīgums tika vērtēts, salīdzinot trīs atkārtotus pleca joslas elevācijas mērījumus. Kreisās un labās puses sensora mērījumu noturīgums vērtēts ar starpklašu korelācijas koeficientu (*Interclass Correlation Coefficient*, ICC) un saskaņotības koeficientu jeb Kronbaha alfa koeficientu.

Kreisās puses mērījumu ICC vērtības: 0,91 (95 % TI 0,9–0,92) līdz 0,99 (95 % TI 0,99–0,99) ( $p < 0,0001$ ). Kronbaha alfa koeficienta vērtības: 0,91–0,99.

Labās puses mērījumu ICC vērtības: 0,91 (95 % TI 0,9–0,91) līdz 0,99 (95 % TI 0,99–0,99) ( $p < 0,0001$ ). Kronbaha alfa koeficienta vērtības: 0,91–0,99.

Pēc autora *McGraw et al.*, mērījuma atkārtojamība tiek raksturota kā izcila, ja ICC ir lielāks par 0,75.

#### **2.1.4. DAid viedā krekla prototipa mērījumu pamatotība**

Elevācijas kustības mērījumam, kas paredz iekļaut arī pleca joslas miera pozīcijas mērījumus, tika izmantotas 8 sekundes. Sekundes tika sadalītas 0,5 s iedaļās, aplūkojot, cik no iepriekš aprēķinātā 21 mērījuma attiecīgajā laika momentā nav iekļāvušies 95 % ticamības intervālā. Kreisās un labās puses plecu joslas elevācijas pārvietojuma mērījumu attēlojums sniegts 11. pielikumā.

Viedā tekstila krekla **kreisās un labās puses pleca joslas elevācijas pārvietojuma mērījumi ir pamatoti** pēc Blenda–Altmēna analīzes (grafisko attēlu sk. 12. pielikumā).

## **2.2. Otrais posms**

### **2.2.1. Pacientu vispārīgs raksturojums**

Pētījuma dalībnieku kopas ( $n = 34$ ) demogrāfiskais raksturojums (vecums, dzimums,  $\text{KMI}$ ), dominantās jeb vadošās rokas sūdzību sadalījums pētījuma grupā sniegts 2.1. tabulā.



### Pētījuma dalībnieku kopas raksturojums

Parametrs	DAid viedā krekla grupa	Kontroles grupa	p vērtības
Vecums (gados)	38,6 (SN 12,6)	40,8 (SN 10,1)	0,053
Dzimums: sievietes % (n)	58,8 (10)	52,9 (9)	0,730
ĶMI (kg/m <sup>2</sup> )	22,0 (SN 1,5)	23,1 (SN 1,0)	0,027
Skarta dominantā roka % (n)	76,5 (13)	76,5 (13)	> 0,999

## 2.2.2. Papildu izlašu kvalitatīvie mainīgie

### Piemērotās papildu terapijas metodes

Subakromiālā sāpju sindroma pacientiem kā galveno konservatīvas terapijas metodi piemēro treniņterapiju, kurā ietilpst kustību kontroli, muskulatūras spēku un kustības apjomu veicinoši uzdevumi. Papildu terapijas metodes – medikamentozā terapija, fizikālās medicīnas metodes – netiek lietotas katram, bet tiek piemērotas atbilstoši pacientam (Garving et al., 2017), tāpēc pētījumā tās tika uzskatītas par jaucējfaktoriem, kuri ietekmē grupu homogenitāti.

Pēc medikamentozās terapijas (*Kenalog* 1,0 ml, *Lidocaini* 2 % 5,0 ml: 2 injekcijas subakromiālā bursā; perorāli lietoti NSPL) un fizikālās medicīnas procedūrām abas grupas statistiski ticami neatšķīrās ( $p = 0,697$ ).

### Slodzes intensitāte profesijas kontekstā

Pētījuma dalībnieku profesija jeb aktivitātes un dalības komponente tika noteikta kā jaucējfaktors, kas ietekmē grupu homogenitāti.

Profesijas tika iedalītas divās grupās:

- 1) zemas intensitātes slodzes profesijas: biroja darbinieki, pasniedzēji, studenti;

- 2) augstas intensitātes slodzes profesijas: baleta mākslinieki, fizioterapeiti, pavāri, policijas darbinieki, suņu frizieri, fiziskās sagatavotības treneri.

Pēc pārstāvētās profesijas augstas un zemas intensitātes slodzes abas grupas statistiski ticami atšķīrās ( $p = 0,071$ ), kur zemas intensitātes slodzes profesiju īpatsvars DAid krekla grupā bija 47,1 % gadījumu, bet kontroles grupā – 82,4 % gadījumu. Augstas intensitātes profesiju īpatsvars DAid krekla grupā bija 52,9 % gadījumu, bet kontroles grupā – 17,6 % gadījumu.

Augstas intensitātes slodzes profesiju pārstāvjiem tika sniegts norādījums par slodzes intensitātes neatsākšanu tik ilgi, kamēr rit dalība pētījumā, lai tas neietekmētu pētījuma rezultātu. Norādījuma izpildi kontrolēja ar jautājumu “Vai tiek ievērots norādījums par slodzes intensitātes nepalielināšanu, kamēr rit dalība pētījumā?”. Uz jautājumu 100 % gadījumu saņemta atbilde “Jā”.

## **Pleca traumu risks sporta un brīvā laika aktivitāšu kontekstā**

Pētījuma dalībnieku sporta un brīvā laika aktivitātes jeb aktivitātes un dalības komponente tika noteikta kā jaucējfaktors, kas ietekmē grupu homogenitāti.

Sporta aktivitātes tika iedalītas divās grupās:

- 1) zems risks iegūt pleca locītavas un pleca joslas traumu (Ellenbecker, Wilk, 2016): autosports, balets, dārzniecība, nūjošana, vieglatlētika (skriešana);
- 2) augsts risks iegūt pleca locītavas un pleca joslas traumu (Ellenbecker, Wilk, 2016): basketbols, peldēšana, teniss, volejbols.

Pēc pārstāvētā sporta veida abas grupas statistiski ticami neatšķīrās ( $p = 0,730$ ).

Augsta riska grupā esošiem pārstāvjiem tika sniegts norādījums par slodzes intensitātes neatsākšanu tik ilgi, kamēr rit dalība pētījumā, lai tas

neietekmētu pētījuma rezultātu. Norādījuma izpildi kontrolēja ar jautājumu “Vai tiek ievērots norādījums par slodzes intensitātes neatsākšanu, kamēr rit dalība pētījumā?”. Uz jautājumu 100 % gadījumu saņemta atbilde “Jā”.

### **2.2.3. DASH un funkcionālo testu rezultāti**

DAid viedā krekla grupai (n = 17) un kontroles grupai (n = 17) pirms un pēc intervences, kas paredzēta subakromiālā sāpju sindroma ārstēšanai, tika vērtēts funkcionālais stāvoklis, izmantojot pašiņota *DASH* mērījumu un pēc intervences tika veikti funkcionālie klīniskie testi: pleca locītavas ER un IR muskuļu izometriskā spēka testi, lai noteiktu ER/IR attiecību, “90/90” pozīcijās dominantajai (D) un nedominantajai (ND) rokai un *CKQUEST* mērījums. Visus iegūtos katra pētījuma dalībnieka datus ir iespējams aplūkot pielikumā “Iegūtās pētījuma instrumentu vērtības grupās” (13. pielikums).

### **DASH mērījuma rezultāti pirms intervences**

DAid krekla grupā *DASH* vērtējuma rezultāti pirms intervences pamata modulī bija 54,4 (SN 2,5) (95 % TI 53,2–55,7) punkti, kontroles grupā tie bija 52,0 (SN 4,3) (95 % TI 49,8–54,2) punkti.

Darba modulī DAid krekla grupā *DASH* vērtības pirms intervences bija 85,2 (SN 2,7) (95 % TI 83,8–86,6) punkti un 86,2 (SN 3,7) (95 % TI 84,3–88,1) punkti kontroles grupā.

Sporta / izpildītājmākslinieku modulī DAid krekla grupā *DASH* vērtības bija 83,8 (SN 2,7) (95 % TI 82,4–85,2) punkti un 84,4 (SN 3,2) (95 % TI 82,7–86,0) punkti.

*DASH* vērtējums pirms intervences statistiski ticami neatšķīrās starp DAid krekla grupu un kontroles grupu ( $p > 0,05$ ).

## **DASH mērījuma rezultāti pēc intervences**

2.2. tabulā atspoguļoti rezultāti, kur redzams, ka pirms un pēc mērījumos starp grupām novērojamas statistiski ticamas atšķirības ( $p < 0,001$ ). Iegūta statistiskā jauda  $< 0,8$  (0,99).

2.2. tabula

### **DASH pamata moduļa vērtības pirms un pēc intervences**

	<b>Pirms (<math>\pm</math> SN) (95 % TI)</b>	<b>Pēc (<math>\pm</math> SN) (95 % TI)</b>	<b>Vidējā atšķirība (<math>\pm</math> SN) (95 % TI)</b>	<b>p vērtība un Koena d vērtība</b>
DAid grupa	54,4 ( $\pm$ 2,5) (53,2–55,7)	14,7 ( $\pm$ 3,1) (13,1–16,2)	39,8 ( $\pm$ 4,1) (37,7–41,9)	<b>&lt; 0,001</b> (4,1)
Kontrole	52,0 ( $\pm$ 4,4) (49,8–54,2)	23,8 ( $\pm$ 3,2)	28,2 ( $\pm$ 5,3) (25,5–31,0)	<b>&lt; 0,001</b> (3,4)
p vērtība un Koena d vērtība	0,210	<b>&lt; 0,001</b> (2,4)		

Atbildot uz četriem jautājumiem darba modulī, tika iegūti 2.3. tabulā atspoguļotie rezultāti, kur redzams, ka pirms un pēc mērījumos starp grupām novērojamas statistiski ticamas atšķirības ( $p < 0,001$ ). Iegūta statistiskā jauda  $< 0,8$  (1,00).

2.3. tabula

### **DASH darba moduļa vērtības pirms un pēc intervences**

	<b>Pirms (<math>\pm</math> SN) (95 % TI)</b>	<b>Pēc (<math>\pm</math> SN) (95 % TI)</b>	<b>Vidējā atšķirība (<math>\pm</math> SN) (95 % TI)</b>	<b>p vērtība un r vērtība</b>
DAid grupa	85,2 ( $\pm$ 2,7) (83,8–86,6)	17,1 ( $\pm$ 3,3) (15,3–18,8)	68,2 ( $\pm$ 3,8) (66,2–70,1)	<b>&lt; 0,001</b> (0,9)
Kontrole	86,2 ( $\pm$ 3,7) (84,3–88,1)	27,5 ( $\pm$ 3,1) (25,9–29,1)	58,2 ( $\pm$ 5,3) (55,4–60,9)	<b>&lt; 0,001</b> (0,9)
p vērtība un r vērtība	0,424	<b>&lt; 0,001</b> (0,9)		

Atbildot uz četriem jautājumiem sporta modulī, tika iegūti 2.4. tabulā atspoguļotie rezultāti, kur redzams, ka pirms un pēc mērījumos starp grupām novērojamas statistiski ticamas atšķirības ( $p < 0,001$ ). Iegūta statistiskā jauda  $< 0,8$  (0,98).

2.4. tabula

**DASH sporta moduļa vērtības pirms un pēc intervences**

	<b>Pirms (± SN) (95 % TI)</b>	<b>Pēc (± SN) (95 % TI)</b>	<b>Vidēja atšķirība (± SN) (95 % TI)</b>	<b>p vērtība un Koena d vērtība</b>
DAid grupa	83,8 (± 2,7) (82,4–85,2)	18,1 (± 3,3) (16,4–19,8)	66,3 (± 4,7) (63,9–68,8)	<b>&lt; 0,001</b> (4,7)
Kontrole	84,4 (± 3,2) (82,7–86,0)	25,7 (± 2,9) (24,2–27,2)	57,5 (± 3,1) (55,9–59,0)	<b>&lt; 0,001</b> (3,1)
p vērtība un Koena d vērtība	0,651	<b>&lt; 0,001</b> (2,4)		

**CKCUEST rezultāti**

Pēc intervences vērtējot pētījuma dalībniekus ( $n = 34$ ) ar *CKCUEST* testu, tika iegūtas statistiski ticamas atšķirības starp DAid krekla grupas un kontroles grupas rezultātiem (grafisks attēls skatāms 14. pielikumā).

Pēc intervences funkcionālā testa *CKCUEST* rezultāti DAid viedā krekla grupā bija 22,6 (SN 3,9) (95 % TI 20,2–24,2) punkti un kontroles grupā – 18,1 (SN 3,0) (95 % TI 16,6–19,7).

Salīdzinot testa mērījuma rezultātus, tika noteikta statistiski ticama atšķirība starp DAid krekla grupu un kontroles grupu ( $p < 0,001$ ). Iegūta statistiskā jauda  $< 0,8$  (0,92).

## **ER/IR attiecību rādītāji “90/0” pozīcijā**

Ārējās un iekšējās rotācijas spēka attiecība “90/0” pozīcijā (pleca locītavai atrodoties 90° abdukcijā un 0° ārējā rotācijā) tika vērtēta un aprēķināta pēc standartizētas formulas (ER:IR). Mērījuma rezultāti tika iegūti gan dominantajai rokai, gan nedominantajai rokai (15. pielikums).

1) Mērījumos iegūtās vērtības “90/0” pozīcijā dominantajai rokai

Ārējās un iekšējās rotācijas izometriskā spēka attiecības dominantajai rokai “90/0” pozīcijā DAid krekla grupā bija 0,88 (SN 0,07) (95 % TI 0,85–0,92) un kontroles grupā – 0,65 (SN 0,09) (95 % TI 0,60–0,70).

DAid krekla grupas un kontroles grupas ārējās un iekšējās rotācijas izometriskā spēka attiecību dominantās rokas mērījumu rezultāti statistiski ticami atšķīrās ( $p < 0,001$ ). Iegūta statistiskā jauda  $< 0,8$  (1,00).

2) Mērījumos iegūtās vērtības “90/0” pozīcijā nedominantajai rokai

Ārējās un iekšējās rotācijas izometriskā spēka attiecības nedominantajai rokai “90/0” pozīcijā DAid krekla grupā bija 0,89 (SN 0,06) (95 % TI 0,86–0,93), savukārt kontroles grupā – 0,62 (SN 0,1) (95 % TI 0,57–0,67).

DAid krekla grupas un kontroles grupas ārējās un iekšējās rotācijas izometriskā spēka attiecību nedominantās rokas mērījumu rezultāti statistiski ticami atšķīrās ( $p < 0,001$ ). Iegūta statistiskā jauda  $< 0,8$  (1,00).

## **ER/IR attiecību rādītāji “90/90” pozīcijā**

Ārējās un iekšējās rotācijas spēka attiecība “90/90” pozīcijā (pleca locītavai atrodoties 90° abdukcijā un 90° ārējā rotācijā) tika vērtēta un aprēķināta pēc formulas, kur ārējās rotācijas iegūtais rezultāts dalīts ar iekšējās rotācijas rezultātu. Tika iegūti mērījuma rezultāti gan dominantajai rokai, gan nedominantajai rokai (16. pielikums).

1) Mērījumos iegūtās vērtības “90/90” pozīcijā dominantajai rokai Ārējās un iekšējās rotācijas izometriskā spēka attiecības dominantajai rokai “90/90” pozīcijā DAid krekla grupā bija 0,74 (SN 0,1) (95 % TI 0,67–0,81), savukārt kontroles grupā – 0,56 (SN 0,09) (95 % TI 0,51–0,61).

DAid krekla grupas un kontroles grupas ārējās un iekšējās rotācijas izometriskā spēka attiecību dominantās rokas mērījumu rezultāti statistiski ticami atšķīrās ( $p < 0,001$ ). Iegūta statistiskā jauda  $< 0,8$  (0,99).

2) Mērījumos iegūtās vērtības “90/90” pozīcijā nedominantajai rokai Ārējās un iekšējās rotācijas izometriskā spēka attiecības nedominantajai rokai “90/90” pozīcijā DAid krekla grupā bija 0,77 (SN 0,1) (95 % TI 0,72–0,83), savukārt kontroles grupā – 0,57 (SN 0,08) (95 % TI 0,53–0,61).

DAid krekla grupas un kontroles grupas ārējās un iekšējās rotācijas izometriskā spēka attiecību nedominantās rokas mērījumu rezultāti statistiski ticami atšķīrās ( $p < 0,001$ ). Iegūta statistiskā jauda  $< 0,8$  (1,00).

### 3. Diskusija

#### Viedā krekla lietojums pacientiem ar pleca patoloģijām

Līdz šim veiktie pētījumi bijuši vērsti uz sistēmas izstrādi, lietojot viedos krekļus brīvprātīgo populācijās vai viena gadījumu analīzēs (Tognetti et al., 2014; van Meulen et al., 2016; Lorussi et al., 2016) un neizmantojot tos terapijas procesā pacientiem ar pleca patoloģijām, piemēram, subakromiālo sāpju sindromu.

Klīniskajā vidē veiktā gadījuma analīzes pētījuma rezultāti liecina, ka DAid viedā krekla prototips gan pacientam, gan fizioterapeitam ir efektīvs un objektīvs rīks, kuru lietot subakromiālā sāpju sindroma fizioterapijā. Papildus vispārpieņemtai fizioterapijas praksei ar DAid viedā krekla prototipu iespējams objektīvāk noteikt kustību kontroles spēju, sniedzot atgriezenisko saiti reāllaikā gan pacientam, gan fizioterapeitam (Semjonova et al., 2018).

Lorusi et al. aprakstījis *INTERACTION* sensoro platformu, kura izstrādāta, lai mājas vidē monitorētu divus pacientus pēc insulta, kad tie veic ikdienas aktivitātes (Lorussi et al., 2016). Viedā krekla sistēmas sniegtā informācija atainoja fizioloģiskās / patoloģiskās kustības un kustību izpildes kvalitāti mājas apstākļos pēc klīniskās rehabilitācijas posma slimnīcā (*ibid.*).

Tekstila stiepes sensori tika novietoti lāpstiņas apvidū, lai uztvertu un noteiktu lāpstiņas kompensējošās kustības (lāpstiņas elevācija un rotācija), veicot sniegšanās aktivitāti, kuras laikā notiek pleca locītavas abdukcija un rotācija (*ibid.*). Tiktāl gan vērtēta kustības izpildes kvalitāte augšējā ekstremitātē (Park et al., 2003.; Wang et al., 2015; van Meulen et al., 2016; Lorussi et al., 2016), taču netika vērtēti klīnisko testu rezultāti pēc intervences, kas savukārt veikts šajā pētījumā, sniedzot ieskatu tehnoloģijas lietderīgā un saprātīgā lietojumā kustību kontroles monitoringam.



Arī pētījumā, kuru veica Eizentals et al., tika secināts, ka adītie sensori ir atbilstoši kustību kontroles uzdevumu monitoringam, jo tiem ir augsta jutība un tie spēj reaģēt pat uz nelielām kompensatorajām kustībām, kuras rodas kustību kontroles uzdevumu laikā, sniedz objektīvu atgriezenisko saiti kustību kontroles uzdevumu veikšanas brīdī un ir potenciāli pozitīvs ieguvums gan pacientam, gan fizioterapeitam. Turpmākie pētījumi būtu jāveic plašākās pacientu populācijās (Eizentals et al., 2020). Tas arī tika darīts nejausinātā kontrolētā pētījumā pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu, kur lietots DAid viedā krekla prototips, veicot kustību kontroles un muskulatūrai specifiskus uzdevumus, kā norādīts vadlīnijās (Dierks et al., 2014; Elenbecker et al., 2016).

Pētījuma rezultāti liecina, ka, lietojot ārstēšanas procesā DAid viedā krekla prototipu, pacienti ar subakromiālo sāpju sindromu sasniedz labākus funkcionālo testu (ER/IR attiecība, *CKCUEST*) un pašziņotā *DASH* mērījuma rezultātus, salīdzinot ar konvencionālajām metodēm. Salīdzinoši nelielai pacientu populācijai ir vairāk nekā viens klīniskais gadījums, kas rada pozitīvu virzienu tehnoloģijas prototipa pilnveidē ar potenciālu to lietot fizioterapijā rutīnā pacientiem ar pleca sāpēm.

## **DAid viedā krekla prototipa mērījumu noturīgums un pamatotība**

Aplūkojot klīnisko testu rezultātus, jādiskutē par tehnoloģijas nepieciešamību un jāizvērtē viedās tehnoloģijas klīniskais lietderīgums, kā arī, lai jaunu tehnoloģiju varētu lietot klīniskās vides kontekstā, ir būtiski izvērtēt mērījumu noturīgumu un pamatotību (Germanotta et al., 2020). Iegūtie rezultāti liecina par DAid viedā krekla prototipa mērījumu teicamu un izcilu noturīgumu un pamatotību, salīdzinot ar kustību mērīšanas “zelta standartu”. Kā norāda autors Federiko Rodžio, tad kustību izvērtēšanas iekārtu klāsts ir pārāks par to mērījumu atbilstības izvērtējumu un ir nepieciešami pētījumi par jauno

tehnoloģiju mērījumu noturību un pamatotību gan ikdienas, gan fizioterapeitisko uzdevumu veikšanas laikā (Roggio et al., 2021).

Mērījumu noturīgums un pamatotība šiem sensoriem ir atbilstošs, lai objektīvi vērtētu kustību gan augšējai ekstremitātei, gan apakšējai (Januskevica et al., 2020), kas ir viens no priekšnosacījumiem, lai jaunu tehnoloģiju lietotu fizioterapijā.

## **Pašziņotā *DASH* mērījuma rezultāti pacientiem ar SASS**

Lai vērtētu jaunas tehnoloģijas lietojuma lietderīgumu, jāvēro tās ietekme uz fizioterapijas rezultātiem, vai tie būtu funkcionālie testi vai arī vienlīdz svarīgais paša pacienta sniegtais vērtējums par terapijas gaitu, ko pacients pauž, aizpildot pašziņotas standartizētas anketas.

DAid viedā krekla prototipa grupai (n = 17) un kontroles grupai (n = 17) pirms un pēc intervences, kas paredzēta subakromiālā sāpju sindroma ārstēšanai, tika vērtēts funkcionālais stāvoklis, izmantojot pašziņotā *DASH* mērījumu, lai izvērtētu sāpju un nespējas līmeni, veicot ikdienas aktivitātes.

Pētījumā iegūtie rezultāti liecina, ka pēc astoņu nedēļu intervences pašziņotā *DASH* mērījuma rezultāti visos moduļos (pamata, darba un sporta) ir uzlabojušies gan DAid viedā krekla prototipa grupā, gan kontroles grupā. Un rezultāti pēc astoņu nedēļu intervences ir līdzīgi vispārējiem mērījumu rezultātiem populācijā (Hunsaker et al., 2002).

Šajā pētījumā iegūtie *DASH* izvērtējuma rezultāti ir līdzīgi iepriekš minētajam *Moleshi* et al. pētījumam – arī šī pētnieku grupa pēc astoņu nedēļu intervences vērtēja pētījuma dalībnieku rezultātus ar *DASH* mērījumu. Iegūtais punktu skaits bija 13,2 punkti (SN 7,4) grupai, kurai izmantoja atgriezeniskās saites metodi, 17,3 punkti (SN 6,5) grupai, kurai veica treniņterapiju bez video atgriezeniskās saites, un 25,0 punkti (SN 7,2) kontrolgrupai (Moslehi et al., 2020).

*DASH* ir pašziņots pacienta vērtējums par fizioterapijas rezultātiem un tās gaitu; DAid viedais krekls ir rīks, ar kura palīdzību tiek veicināta pacienta patstāvība terapijas procesā. Ir pamats domāt, ka tas ir savstarpēji saistīts, ka pacientam ir būtiska neatkarība terapijas procesā, kas ietekmē vērtējumu par terapijas procesu. Un klīniski nozīmīgo atšķirību un uzlabojumu tieši vai netieši ir ietekmējis DAid viedā krekla prototipa radītās atgriezeniskās saites izmantojums.

### ***CKCUEST* rezultāti pacientiem ar SASS**

Ar *CKCUEST* funkcionālo testu izvērtē augšējās ekstremitātes stabilitāti slēgtas kinemātiskās ķēdes pozīcijā, kas ir viens no nedaudziem objektīvajiem testiem, kurš līdz mūsdienām ir attīstīts un praksē ērti lietojams pleca joslas funkcionālā stāvokļa izvērtējumam fizioterapijas vidē (Cools et al., 2020). Funkcionālā testa izmantošana akūtu un subakūtu sāpju gadījumā pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu ir kontrindicēta (Tucci et al., 2017), tāpēc funkcionālais tests veikts tikai pēc intervences.

Vērtējot pētījuma dalībniekus ( $n = 34$ ) pēc intervences ar *CKCUEST*, tika iegūtas statistiski ticamas atšķirības starp DAid krekla grupas un kontroles grupas rezultātiem, kas norāda uz to, ka, izmantojot DAid krekla prototipu fizioterapijas sākotnējā fāzē un kombinācijā ar muskulatūai specifiskiem uzdevumiem otrajā fāzē, pacienti sasniedz labākus rezultātus uzdevumos, kas jāveic, ekstremitātei radot funkcionālu slodzi pleca joslā.

Iegūtie rezultāti atšķirās no vispārējā veselu, fiziski aktīvu cilvēku populācijā iegūtajiem testa rezultātiem (Tucci et al., 2014; Tucci et al., 2017), tie bija zemāki. Tomēr jāņem vērā, ka abu grupu pētījuma dalībnieki tika vērtēti pēc astoņu nedēļu intervences, kas vērsta uz pirmajiem diviem fizioterapijas posmiem, pirms sākt sportam specifiskus fizioterapijas uzdevumus, un pacienti vēl nav pilnībā dēvējami par “veseliem, fiziski aktīviem cilvēkiem” bez SASS. Tā kā jau pēc šā posma DAid viedā krekla prototipa grupai rezultāti bija labāki

par kontroles grupu, tad veselu, fizisku aktīvu cilvēku populācijas iegūto testa rezultātu rādītājus iespējams sasniegt ātrāk, nekā ja pirmajos posmos vingrojumus veic bez DAid viedā krekla prototipa atgriezeniskās saites.

## **ER/IR attiecību rezultāti pacientiem ar SASS**

Plecu locītavas ārējo un iekšējo rotatoru spēka atbilstoša attiecība ir būtisks rādītājs, lai pacients atgrieztos aktivitātē pēc pleca locītavas traumas vai subakromiālā sāpju sindroma izraisītiem bojājumiem (Cools et al., 2016). Pētījumā tika izvērtēta ārējo un iekšējo rotatoru spēka attiecība “90/0” un “90/90” pozīcijā.

Iegūtie rezultāti liecina, ka DAid viedā krekla prototipa izmantošana terapijas procesā pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu sniedz līdzīgus ER/IR attiecību rādītājus kā vispārējā veselu brīvprātīgo populācijā (Cools et al., 2016).

Kontroles grupas ER/IR attiecības rezultāti bija statistiski ticami zemāki par DAid viedā krekla grupas rezultātiem. Tas norāda uz to, ka, kombinējot muskulatūrai specifisku spēka treniņu ar lāpstiņas pozīcijas kontroles uzdevumiem, tiek panākti labāki rezultāti pleca locītavas lokālās muskulatūras spēka pieaugumā. Tas saskan ar *Cools* norādītajām rekomendācijām pleca pacientu fizioterapijā, kur pleca joslas pozīcijas kontrole ir būtiska ne tikai pleca sāpju fizioterapijas sākotnējā fāzē, bet līdz pat pacienta atgriešanai ierastajā aktivitātē un arī profilaktiski (Cools et al., 2020).

## **Atgriezeniskā saite fizioterapijā pacientiem ar pleca patoloģijām**

Nejausināta kontrolēta pētījuma ietvaros pētījuma dalībnieki tika iedalīti divās grupās: DAid viedā krekla grupā un kontroles grupā. DAid viedā krekla grupas dalībniekiem uzdevumi bija jāveic, tērptiem DAid viedā krekla prototipā. Uzdevumu izpilde tika ierakstīta reāllaikā. Dalībnieks sekoja līdz uzdevuma

izpildes kvalitātei, lūkojoties datora ekrānā. Šādas atgriezeniskās saites metodes izmantošanas ietekme fizioterapijā tika izvērtēta, analizējot klīnisko funkcionālo testu rezultātus pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu.

Statistiski ticami uzlabojumi tika novēroti gan pētāmajā grupā, gan kontroles grupā, tomēr pētāmajā grupā, kurā tika izmantots DAid viedā krekla prototipa atgriezeniskās saites princips uzdevumu veikšanas laikā, norādīto testu rezultāti bija statistiski ticami labāki, salīdzinot ar kontroles grupu, kurai DAid viedā krekla prototips netika lietots.

*Moslehi et al.* 2020. gadā publicētajā pētījumā norāda, ka atgriezeniskās saites izmantošana subakromiālā sāpju sindroma pacientiem palīdz efektīvi uzlabot funkcionalitāti un mazināt sāpes (*Moslehi et al.*, 2020). Pētījumā tika lietota atgriezeniskā saite ar video: pētījuma dalībniekus filmēja no aizmugures brīdī, kad viņi veica pleca joslas pozīcijas apmācību, rotatoru manšetes muskulatūras spēka treniņu, kā arī uzdevumus pleca locītavas kustības apjoma veicināšanai. Intervences ilgums arī bija astoņas nedēļas, kā promocijas darbā aprakstītajā pētījumā.

*Moslehi et al.* pētījuma secinājums – izmantojot atgriezeniskās saites metodi pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu, tiek būtiski uzlaboti sāpju, nespējas un funkcionālie rādītāji, kas sakrīt ar šajā promocijas darbā aprakstītajiem pētījuma rezultātiem.

Būtiska atšķirība starp *Moslehi et al.* pētījumu un promocijas darba pētījumu ir atgriezeniskās saites nodrošinājuma rīks, kas *Moslehi et al.* gadījumā bija video atgriezeniskā saite, bet promocijas darbā – DAid viedā krekla prototips. Videoiekārtas ir neērti lietojamas fizioterapijas rutīnas praksē, tās ir dārgas un prasa laika resursus, lai uzstādītu. Videoierakstā pacientam netiek sniegta arī selektīva atgriezeniskā saite. Savukārt DAid viedā krekla prototips ir jutīgs pat uz nelielām izmaiņām pleca joslas novietojumā, tā ir ērta pacientam, jo sensori atrodas uz sporta apģērba, kas ir pacientam mugurā, un atgriezeniskās saites informācija ir selektīva – ir tikai viena selektīva līkne, kas tieši norāda uz

pleca joslas novietojumu. Tāpēc pacientam ir vieglāk koncentrēt uzmanību uz vienu līkni visa uzdevuma laikā.

## **Viedo tehnoloģiju izmantošanas ieguvumi fizioterapijas pacientiem**

Kā norāda pētījumā iegūtie rezultāti, viedo tehnoloģiju izmantošana sniedz labvēlīgu klīnisku ietekmi uz pacienta funkcionalitāti un simptomātikas samazināšanu. Ja salīdzina ar vispāratzītajām terapijas metodēm, kuru laikā tiek sniegta atgriezeniskā saite no fizioterapeita vai arī pacients uzdevuma izpildes kvalitāti monitorē spogulī, viedo tehnoloģiju atgriezeniskās saites izmantošana veicina pacienta patstāvīgāku un no klīniskā personāla neatkarīgāku fizioterapiju.

Kā piemēru var minēt *Valdeo* sistēmu (*Hocoma AG, Courtesy of Hocoma, Šveice*), kuru iespējams lietot mājas rehabilitācijā pacientiem ar hroniskām muguras lejasdaļas sāpēm. Sensori, kurus pievieno ķermenim, sniedz atgriezenisko saiti par uzdevuma izpildes kvalitāti, ļaujot uzlabot sniegumu, motivējot pacientu un veicinot pacienta neatkarību (Patel et al., 2012).

Vēl viens piemērs sistēmai, kuru iespējams lietot ārpus klīniskās vides, ir *Philips stroke rehabilitation exerciser*, kuru izmanto, lai veicinātu motoro funkciju atgūšanu pēc insulta. Uzdevuma izpildes laikā pacientam tiek pievienota bezvadu sensoru sistēma, kas ļauj analizēt veikto uzdevumu izpildes kvalitāti reāllaikā, sniedz atgriezenisko saiti pacientam un veicina viņa neatkarību ikdienas aktivitātēs (Willmann et al., 2007).

Viens no iemesliem, kāpēc viedo tehnoloģiju sniegtā informācija ir vēlamāka pacientam – pacients koncentrējas uzdevumam un sniegtajai atgriezeniskajai saitei visu uzdevuma veikšanas laiku. Vispārpieņemtajā metodē, kad atgriezenisko saiti sniedz fizioterapeits, pacienta uzmanība ir vērsta nevis uz sava uzdevuma izpildes kvalitāti, bet uz fizioterapeita sniegto atgriezenisko saiti, un tas kavē pacienta patstāvību.

Fizioterapijas uzdevumu izpildes laikā bieži par atgriezeniskās saites avotu kalpo atspulgs spogulī. Veroties spogulī, tiek iegūts liels apjoms vizuālās informācijas, tomēr ar aci var neuztvert niecīgas kustības kvalitātes izmaiņas. Sensoru sistēmu jutīgums uz kustībām un spēja uztvert niecīgas kustības ir labāka, līdz ar to atgriezeniskā saite uzdevuma izpildes reāllaikā ir precīzāka.

Turklāt atgriezeniskā saite bieži vien ir līknes, punkta, simbola veidā – kā pierādīts pētījumos, kuros analizēta smadzeņu darbība un informācijas uztvere uzdevumu veikšanas laikā, smadzenēm ir vieglāk uztvert selektīvu informāciju, līdz ar to uzdevuma izpildes laikā ir vieglāk noturēt uzmanību (Parks et al., 2013; Sturmberg et al., 2013).

## **Pacienta patstāvības veicināšana SASS gadījumā**

Pasaules Veselības organizācija nosaka, ka rehabilitācijas mērķis ir veicināt indivīda spēju patstāvīgi funkcionēt, veicināt neatkarību no aprūpētājiem un mazināt šķēršļus, kuri ietekmē indivīda aktivitāti un mījiedarbību ar reālo vidi.

Tādas viedās tehnoloģijas kā DAid kreklis veicina pacienta / indivīda neatkarību aktivitātēs un patstāvību indivīda reālajā ikdienas vidē, jo tās ietver izglītošanu par kustības kvalitāti uzdevuma veikšanas brīdī, apmācību uzdevumu veikt, neizmantojot patoloģisku kustības šablonu, un patstāvīgu uzdevuma monitorēšanu, sekojot līdzī atgriezeniskajai saitei, ko sniedz ekrānā redzamā informācija. Tā ir neatkarība no fizioterapeita lielākajā daļā rehabilitācijas laika tādu patoloģiju gadījumos kā subakromiālais sāpju sindroms, un šādai neatkarībai ir būtisks klīniskais efekts. To parāda arī Santello et al. pētījums par rehabilitāciju mājas vidē bez fizioterapeita uzraudzības (Santello et al., 2020). Nejausināta kontrolēta pētījuma laikā pacienti / pētījuma dalībnieki tika apmācīti mājas uzdevumiem un viņiem tika iedoti izdales materiāli DVD formātā ar uzdevumu aprakstiem, kuri jāpilda 2 mēnešus jeb 8 nedēļas. Uzdevumi ietvēra spēka vingrinājumus un kustības apjomu veicinošus uzdevumus. Pēc 8 nedēļu

intervences dalībniekiem ar subakromiālo sāpju sindromu novēroja sāpju mazināšanos, nespējas mazināšanos, funkciju uzlabošanos (Santello et al., 2020).

Pacienta neatkarības veicināšana un izglītošana ir būtiskākā rehabilitācijas komponente subakromiālā sāpju sindroma gadījumā, jo ilgtermiņā tā ir efektīvāka un samazina ķirurģiskās iejaukšanās gadījumus par 80 % (Holmgren et al., 2012).

## **SASS rehabilitācijas izmaksu samazināšanas perspektīva**

Pacientu neatkarības veicināšana aktivitāšu laikā un izglītošana ilgtermiņā samazina rehabilitācijas izmaksas. Zviedrijā veiktā pētījumā tika apkopoti dati par izmaksām pleca patoloģiju gadījumos primārās aprūpes ietvarā (Virta et al., 2012). Tika iegūti dati no divām Zviedrijas municipalitātēm / pilsētām.

Vidējās izmaksas Zviedrijā 60 minūšu fizioterapeita konsultācijai ir 50 EUR, 25 minūšu ģimenes ārsta konsultācija 107 EUR, ortopēda ķirurga konsultācija 335 EUR, pleca operācijas izmaksas vidēji ir 2420 EUR, slimības lapas izmaksas 205 EUR / dienā (Virta et al., 2012). Jāņem vērā, ka pleca sāpju gadījumos visā rehabilitācijas posmā pacients apmeklē fizioterapeitu vidēji 3–4 reizes. Ja pacients terapiju veic ambulatori, fizioterapeita uzraudzībā, 8 nedēļu laikā šis skaitlis var sasniegt 8,2–13,62 reizes. Tad izmaksas par fizioterapijas pakalpojumu sasniedz 409–680 EUR no pacienta, kas ir 60 % no kopējām rehabilitācijas izmaksām (Virta et al., 2012).

Fizioterapijas pakalpojumu izmaksas Zviedrijā ir līdzīgas izmaksām Latvijā, pacientam apmeklējot privātas iestādes, kurās tiek sniegti rehabilitācijas t. s. fizioterapijas pakalpojumi muskuloskeletālo patoloģiju gadījumos. Tāpēc ir būtiski meklēt risinājumus pacienta neatkarības veicināšanā ikdienas aktivitātēs un mijiedarbībā ar reālo vidi. Viedās tehnoloģijas ir veids, kā to panākt, lai nespēcīgu pleca sāpju pacients būtu neatkarīgs ikdienas aktivitātēs, patstāvīgs savā rehabilitācijas procesā un spētu pieņemt lēmumus, kuri ir saistīti ar paša



veselību vai neveselību. Tādējādi pacientam tiktu samazināts finansiālais slogs vai samazināti izdevumi no valsts budžeta, ja veselības aprūpes pakalpojumi tiek sniegti valsts vai pašvaldības ārstniecības iestādēs.

DAid viedā krekla prototips ir paredzēts plecu joslas monitorēšanai uzdevumu izpildes laikā, ko rutīnā veic fizioterapeits. Tādējādi DAid viedā krekla prototips potenciāli ļauj samazināt fizioterapeita apmeklējumu skaitu pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu, iespējami samazinot ar veselību saistītos izdevumus.

### **Attālinātās muskuloskeletālās rehabilitācijas aktualitāte**

Iepriekš aplūkotās tēmas diskusijas sadaļā tika veltītas viedo tehnoloģiju, tai skaitā DAid viedā krekla prototipa, lietojumam un ieguvumiem fizioterapijā.

Šis darbs ir tapis laika posmā no 2018. gada, kad tas tika plānots un izstrādāts, līdz 2021. gada sākumam. Pētījuma praktiskā daļa 2020. gada sākumā bija jāaptur Covid-19 izraisītās pandēmijas dēļ.

2019. gadā Pasaules Veselības organizācija publicēja vadlīnijas “Teteikumi par digitālās intervences izmantošanu veselības sistēmas stiprināšanai” (*Recommendations on digital interventions for health system strengthening*), kurās definēja informācijas un komunikāciju tehnoloģijas, kas lietojamas medicīnā, tehnoloģiju lomu un priekšrocības brīžos, kad medicīniskie pakalpojumi nav pieejami klātienē. Tāpat vadlīnijās izstrādāts plāns, kādi pasākumi būtu vēlamai un veicami, lai veselības aprūpē veiksmīgāk integrētu informāciju un komunikācijas tehnoloģijas. Rekomendācijas izstrādātas medicīnas pakalpojumu ņēmējiem (pacienti / klienti), medicīnas pakalpojumu sniedzējiem, veselības aprūpes sistēmas organizatoriem un datu apstrādes kompānijām.

Informācijas un komunikāciju tehnoloģiju integrēšana rutīnas praksē ir jauns šī laikmeta izaicinājums, tās pieprasa atbilstošu datu drošību digitālajā vidē, ticamību un pamatotību informācijai, sistēmu standartizēšanu un datu apjoma apstrādi un uzglabāšanu (Cheng & Mitomo, 2017; Casselman et al., 2017). Tomēr tehnoloģijas ir kā risinājums populācijas novecošanai, pārāpdzīvotībai un medicīnas pakalpojumu fiziskai nepieejamībai, ar ko saskaras arvien vairāk cilvēku (Casselmann et al., 2017). DAid viedā krekla prototips ir veids, kā rehabilitācijas pakalpojumus sniegt attālināti, kas ir viens no telemedicīnas mērķiem, bet, kā jebkura jauna sistēma, arī DAid viedajam krekla prototipam nepieciešama attīstīšana, pilnveidošana un, iespējams, nākotnē arī komercializācija.

## **Pētījuma ierobežojumi**

Kā viens no būtiskākajiem pētījumu ierobežojošiem faktoriem jāmin ārkārtas situācijas izsludināšana valstī Covid-19 pandēmijas dēļ.

Pētījuma praktiskā daļa bija paredzēta no 2019. gada janvāra līdz 2020. gada maijam, un katrā grupā bija paredzēts iesaistīt 25 dalībniekus, lai sasniegtu vismaz 15,1 punkta atšķirību starp grupām *DASH* anketas mērījumā. Tāds dalībnieku skaits iekļauts pētījumā “Atgriezeniskā saite uzlabo uz lāpstiņu fokusētas ārstēšanas efektu pacientiem ar subakromiālo atdures sindromu” (*Feedback improves the scapular-focused treatment effects in patients with shoulder impingement syndrome*), kuru 2020. gadā veikuši Moslehi et al. (Moslehi et al., 2020). Tomēr pētījumā piedalījās nevis 50, bet tikai 34 dalībnieki – 17 DAid krekla prototipa grupā un 17 kontroles grupā.

Būtiski izcelt, ka līdz šim veiktie pētījumi bijuši vērsti uz viedo apģērbu sistēmu izstrādi, lietojot viedos krekļus vai to prototipus nelielās brīvprātīgo populācijās vai gadījumu analīzēs (Tognetti et al., 2014; van Meulen et al., 2016; Lorussi et al., 2016; Eizentals et al., 2020). Līdz šim nav veikti analogi pētījumi

ar lielākām pacientu populācijām, kurās būtu lietoti viedā tekstilmateriāla apģērbi vai to prototipi.

DAid viedā krekla prototips nav komerciāli pieejams, tā nav “nobriedusi” tehnoloģija, tāpēc arī iesaistīto pacientu skaits ir atkarīgs no tā, vai tehnoloģija ir spējīga pētījuma termiņu “tehniski izdzīvot” līdz galam.

Tāpat jāmin pētījuma dizains: lai nejausinātam kontrolētam pētījumam panāktu augstāku ticamības līmeni, tam būtu jābūt dubultaklinātam, izslēdzot placebo efektu. Ņemot vērā rehabilitācijas kā nozares specifiku, dubultaklinātu pētījumu nebija iespējams veikt, jo fizioterapeitam ir būtiski zināt, kāds uzdevums konkrētajam pacientam / dalībniekam paredzēts, kas arī norādīts Eizentals et al. 2020. gadā veiktajā pētījumā (Eizentals et al., 2020). DAid viedā krekla prototipa pacientu grupa zināja, ka viņi ir DAid viedā krekla grupā. Tālab kā vienu no sistēmiskajām kļūdām (*bias*) varētu minēt to, ka DAid viedā krekla grupas dalībnieki, sevišķi tie, kuri ar pleca sāpēm bija saskārušies vairākkārt, bija pozitīvāk noskaņoti par terapijas procesu, jo tas bija “jaunums” fizioterapijā.

Kā pēdējais pētījuma ierobežojums jāmin fakts, ka cilvēks, veicot fiziskas aktivitātes cieši piegulošā apģērbā, svīst, tādējādi mainot viedā tekstila sensora elektriskā impulsa vadīšanas spēju. Tas jāpatur prātā fizioterapeitam, vērtējot, kādas intensitātes uzdevumus pacientam ieteikt. Kustību kontroles uzdevumi neprasa lielu piepūli, un uzdevumus, kuri ir nepieciešami pleca pacientu rehabilitācijā, var piemērot, neveicinot pārmērīgu pacienta svīšanu. Viedajā kreklā veicot uzdevumus / vingrinājumus, kuros jāstrādā ar submaksimālu svaru plecu joslai, dati ekrānā būs kļūdaini / neatbilstoši.

## **Turpmākie attīstības virzieni un pētāmie jautājumi**

Pētījuma autore izvirza deviņus iespējamus tālākos tehnoloģijas attīstības un pētnieciskos virzienus, pārējos 10 iespējams apskatīt promocijas darba pilnajā versijā.

1. Pilnveidot viedā krekla tehnoloģiju, lai tā ražošana būtu automātisks process, kas nav jāveic ar rokām.
2. Pielāgot DAid viedā krekla prototipu cilvēkiem ar redzes, dzirdes traucējumiem.
3. Pielāgot DAid viedā krekla prototipa izmantošanu citu pleca patoloģiju gadījumos.
4. Turpināt DAid viedā krekla tehnoloģijas prototipa pilnveidi, lai būtu iespēja to lietot plašākām pētījuma dalībnieku populācijām.
5. Izmantot DAid krekla prototipu ārpus laboratorijas un fizioterapeitiskās vides apstākļiem.
6. Nepieciešama arī atgriezeniskā saite no tehnoloģijas prototipa lietotāja, veidojot lietojamības pētījumus.
7. Kāds būtu optimālais prototipa atgriezeniskās saites veids (piemēram, audiāls, vizuāls, taktils; viss kopā vai atsevišķi, kādā kombinācijā) pacientiem ar pleca sāpēm, lai sasniegtu vispozitīvāko klīnisko rezultātu visīsākajā laika posmā.
8. Kādi ir rezultāti terapijai, ja DAid viedā krekla prototipu izmanto hronisku sāpju pacientu populācijā. Vai tehnoloģija sniedz arī pozitīvu efektu viņu ārstēšanas procesā.
9. Vai viedās tehnoloģijas izmantošana motivē pacientu iesaistīties savas veselības uzlabošanas un / vai profilakses pasākumu īstenošanā.

## Secinājumi

1. DAid viedā krekla prototipu, kas reģistrē pleca joslas pozīciju, ir iespējams izmantot fizioterapeitiskās intervences laikā kā objektīvu atgriezenisko saiti.
2. DAid viedā krekla prototipa mērījumi ir noturīgi un pamatoti attiecībā pret “zelta standartu” un tehnoloģija ir piemērota kā objektīva atgriezeniskā saite fizioterapijā pacientiem ar subakromiālo sāpju sindromu pleca joslas monitoringam funkcionālo, ar pleca joslu saistīto uzdevumu veikšanas laikā.
3. Pacientu ar subakromiālo sāpju sindromu fizioterapijā lietojot DAid viedā krekla prototipu, tiek sasniegti labāki funkcionālo testu (ER/IR attiecība, *CKQUEST*) rezultāti, salīdzinot ar konvencionālajām metodēm.
4. Pacientu ar subakromiālo sāpju sindromu fizioterapijā lietojot DAid viedā krekla prototipu, tiek sasniegti labāki pašziņotā *DASH* mērījuma rezultāti, salīdzinot ar konvencionālajām metodēm.

## Publikācijas un ziņojumi par promocijas darba tēmu

### Zinātniskās publikācijas izdevumos, kas iekļauti starptautiskajās datubāzēs (*Web of Science, SCOPUS, ERIH PLUS*):

1. **Semjonova, G.**, Vetra, J., Okss, A., Katashev, A. Development of a New Method to Monitor Shoulder Girdle Motion for Ballerina with Shoulder Impingement Syndrome Based on DAid Smart Shirt Application. In: Lhotska, L., Sukupova, L., Lacković, I., Ibbott, G. (eds) *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018. IFMBE Proceedings*, vol 68/2. Springer, Singapore.
2. **Semjonova, G.**, Vetra, J., Okss, A., Katashev, A., Cauce, V. 2019. Reliability of the DAid Smart Shirt for Shoulder Girdle Motion Assessment in High String Players. *SOCIETY.INTEGRATION.EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference. Volume IV. Sports and Health. Art and Design*. Rezekne, Rezekne Academy of Technologies, 574.
3. **Semjonova, G.**, Vetra, J., Okss, A., Katashev, A. and Cauce, V. 2019. Assessment of Shoulder Girdle Elevation Motion using Daid Smart Shirt: A Reliability and Validity Study. In *Proceedings of the 7th International Conference on Sport Sciences Research and Technology Support*. Volume 1: K-BioS, ISBN 978-989-758-383-4, 229–235. DOI: 10.5220/0008064802290235
4. Eizentals, P., Katashev, A., Okss, A. & **Semjonova, G.** 2020. Smart Shirt for Uncontrolled Movement Retraining. *IFMBE Proceedings*, 76. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-31635-8\\_113](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31635-8_113)
5. Eizentals, P., Katashev, A., Okss, A. 2020. Eizentals, P., Katashev, A., Okss, A., **Semjonova, G.** Smart shirt system for compensatory movement retraining assistance: feasibility study. *Health Technol.* 10, 861–874. <https://doi.org/10.1007/s12553-020-00420-x>
6. **Semjonova, G.**, Vetra, J., Cauce, V., Okss, A., Katashev, A. & Eizentals, P. 2020. Improving the recovery of patients with subacromial pain syndrome with the daid smart textile shirt. *Sensors (Switzerland)*, 20(18), 1–14. <https://doi.org/10.3390/s20185277>

### Zinātniskās publikācijas izdevumos, kas iekļauti starptautiskajās datubāzēs (*Web of Science, SCOPUS, ERIH PLUS*) par video audumu izmantošanu rehabilitācijā:

1. Baribina, N., Okss, A., Baltina, I., Katashev, A., **Semjonova, G.** & Bergmane, E. 2019. Development of Pressure Sensitive Glove Prototype. In *Key Engineering Materials*. Vol. 800, 326–330. Trans Tech Publications.
2. Januskevica, A., **Semjonova, G.**, Okss, A., Katashev, A. & Eizentals, P. 2020. Evaluation of the Foot Performance in “Single Leg Squat” Test of Female Athletes using Smart Socks. *icSPORTS*, 161–168. <https://doi.org/10.5220/0010146701610168>

## **Uzstāšanās starptautiskajā zinātniskajā konferencē ar mutisku referātu vai tēzes, kas nav iekļautas starptautiskajās datubāzēs:**

1. **Semjonova, G.**, Vetra, J., Okss, A., Katashev, A. 2017. Smart Shirt With Textile Strain Sensors as Experimental Method for Ballerina Shoulder Girdle Motion Control. *5<sup>th</sup> International Conference on Physiotherapy*, 27.–29. XI, Dubai, UAE. (stenda referāts).
2. **Semjonova, G.**, Vetra, J., Okss, A., Katashev, A. 2018. DAid Smart Shirt as Experimental Application for Ballerina Shoulder Girdle Motion Control (Proof of Concept). *10<sup>th</sup> International Baltic Sports Medicine Congress*, 20.–21. V, Rīga, Latvia. (mutisks referāts).
3. **Semjonova, G.**, Vetra, J., Okss, A., Katashev, A. 2018. Development of a New Method to Monitor Shoulder Girdle Motion for Ballerina With Shoulder Impingement Syndrome Based on DAid Smart – Shirt Application. *IUPESM World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, 3.–8. VI, Prague, Czech Republic. (mutisks referāts).
4. **Semjonova, G.**, Vetra, J., Okss, A., Katashev, A., Cauce, V. 2018. Reliability of the DAid Smart Shirt for Shoulder Girdle Motion Assessment During Violin Performance. *2<sup>nd</sup> International Congress on Musicians Physiotherapy*, 6.–8. IX, Osnabruck, Germany. (mutisks referāts).
5. **Semjonova, G.**, Vetra, J., Okss, A., Katashev, A., Cauce, V. 2019. Reliability and Validity of the DAid Smart – Shirt for Shoulder Girdle Elevation Motion Assessment. *World Confederation for Physiotherapy Congress*, 10.–14. V, Geneva, Switzerland. (stenda referāts).
6. **Semjonova, G.**, Vetra, J., Okss, A., Katashev, A., Cauce, V. 2019. Reliability of the DAid Smart Shirt for Shoulder Girdle Motion Assessment in High String Players. *International Scientific Conference “Society, Integration, Education”*, 24.–25. V, Rezekne, Latvia (mutisks referāts).

## Literatūras saraksts

### Literatūra:

1. Allen, K., Anderson, M., Balady, G. 2014. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Ninth edition.* United States of America: Wolters Kluwer Health. Lippincott Williams &Wilkins.
2. Cools, A., Borms, D., Castelein, B. et al. 2020. *Shoulder Rehabilitation. A Practical Guide for the Clinician.* Belgium: SKRIBIS.
3. Comford, M., Mottram, S. 2012. *Kinetic Control. The Management of Uncontrolled Movement.* Australia: Churchill Livingstone, ELSEVIER.
4. Ellenbecker, T. S., Wilk, K. E. 2016. *Sport therapy for the shoulder: evaluation, rehabilitation, and return to sport.* United States of America: Human Kinetics.
5. Ellenbecker, T. S., Bailie, D. S. 2010. The Shoulder. In: Donatelli, R., Wooden, M., ed. *Orthopaedic Physical Therapy, Fourth edition.* United States of America: Churchill Livingstone. ELSEVIER. 197–237.
6. Pelgrom, Marcel J. M. 2013. Analog-to-digital conversion. *Analog-to-Digital Conversion.* Springer, New York, NY, 325–418.

### Literatūras avoti:

7. Bet-Or, Y., van den Hoorn, W., Johnston, V. and O'Leary, S. 2017. Reliability and validity of an acromion marker cluster for recording scapula posture at end range clavicle protraction, retraction, elevation, and depression. *Journal of applied biomechanics*, 33(5), 379–383.
8. Casselman, J., Onopa, N. and Khansa, L. 2017. Wearable healthcare: Lessons from the past and a peek into the future. *Telematics and Informatics*, 34(7), 1011–1023. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.04.011>
9. Cheng, J. W. and Mitomo, H. 2017. The underlying factors of the perceived usefulness of using smart wearable devices for disaster applications. *Telematics and Informatics*, 34(2), 528–539.
10. Cools, A. M. J., Vanderstukken, F., Vereecken, F., Duprez, M., Heyman, K., Goethals, N. and Johansson, F. 2016. Eccentric and isometric shoulder rotator cuff strength testing using a hand-held dynamometer: reference values for overhead athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(12), 3838–3847. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3755-9>
11. Cools, A. M. J., Struyf, F., de Mey, K., Maenhout, A., Castelein, B. and Cagnie, B. 2014. Rehabilitation of scapular dyskinesis: From the office worker to the elite overhead athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 48(8), 692–697. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092148>



12. Diercks, R., Bron, C., Dorrestijn, O., Meskers, C., Naber, R., de Ruiter, T., Willems, J., Winters, J. and van der Woude, H. J. 2014. Guideline for diagnosis and treatment of subacromial pain syndrome. *Acta Orthopaedica*, 85(3), 314–322. <https://doi.org/10.3109/17453674.2014.920991>
13. Dijkstra, H. P., Ergen, E., Holtzhausen, L., Beasley, I., Alonso, J. M., Geertsema, L., Geertsema, C., Nelis, S., Ngai, A. S. H., Stankovic, I., Targett, S. and Andersen, T. E. 2020. Remote assessment in sport and exercise medicine (SEM): A narrative review and teleSEM solutions for and beyond the COVID-19 pandemic. *British Journal of Sports Medicine*, 54(19), 1162–1167. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102650>
14. Eizentals, P., Katashev, A., Oks, A. and Semjonova, G. 2020. Smart Shirt for Uncontrolled Movement Retraining. *IFMBE Proceedings*, 76. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-31635-8\\_113](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31635-8_113)
15. Ellenbecker, T. S. and Cools, A. 2010. Rehabilitation of shoulder impingement syndrome and rotator cuff injuries: An evidence-based review. *British Journal of Sports Medicine*, 44(5), 319–327. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.058875>
16. Franchignoni, F., Vercelli, S., Giordano, A., Sartorio, F., Bravini, E. and Ferriero, G. 2014. Minimal clinically important difference of the disabilities of the arm, shoulder and hand outcome measure (DASH) and its shortened version (quickDASH). *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 44(1), 30–39. <https://doi.org/10.2519/jospt.2014.4893>
17. Garving, C., Jakob, S., Bauer, I., Nadjar, R. and Brunner, U. H. 2017. Impingement syndrome of the shoulder. *Deutsches Arzteblatt International*, 114(45), 765–776. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2017.0765>
18. Germanotta, M., Gower, V., Papadopoulou, D. et al. 2020. Reliability, validity and discriminant ability of a robotic device for finger training in patients with subacute stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 17, 1 2020. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0634-5>
19. Giavarina, J. 2015. Understanding Bland Altman analysis. *Biochemia Medica*, 25(2):141–51. <http://dx.doi.org/10.11613/BM.2015.015>
20. Holmgren, T., Hallgren, H. B., Öberg, B., Adolfsson, L. and Johansson, K. 2012. Effect of specific exercise strategy on need for surgery in patients with subacromial impingement syndrome: Randomised controlled study. *BMJ (Online)*, 344(7846), 1–9. <https://doi.org/10.1136/bmj.e787>
21. Hunsaker, F. G., Cioffi, D. A., Amadio, P. C., Wright, J. G. and Caughlin, B. 2002. The American Academy of Orthopaedic Surgeons outcomes instruments: Normative values from the general population. *Journal of Bone and Joint Surgery – Series A*, 84(2), 208–215. <https://doi.org/10.2106/00004623-200202000-00007>
22. Januskevica, A., Semjonova, G., Oks, A., Katashev, A. & Eizentals, P. 2020. Evaluation of the Foot Performance in “Single Leg Squat” Test of Female Athletes using Smart Socks. *In icSPORTS*, 161–168.

23. Juel, N. G. and Natvig, B. 2014. Shoulder diagnoses in secondary care, a one year cohort. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-89>
24. Klintberg, I. H., Cools, A. M. J., Holmgren, T. M., Holzhausen, A. C. G., Johansson, K., Maenhout, A. G., Moser, J. S., Spunton, V. and Ginn, K. 2015. Consensus for physiotherapy for shoulder pain. *International Orthopaedics*, 39(4), 715–720. <https://doi.org/10.1007/s00264-014-2639-9>
25. Lauber, B. & Keller, M. 2014. Improving motor performance: selected aspects of augmented feedback in exercise and health. *European journal of sport science*, 14(1), 36–43.
26. Lorussi, F., Carbonaro, N., de Rossi, D., Paradiso, R., Veltink, P. and Tognetti, A. 2016. Wearable Textile Platform for Assessing Stroke Patient Treatment in Daily Life Conditions. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 4(MAR). <https://doi.org/10.3389/fbioe.2016.00028>
27. Luime, J. J., Koes, B. W., Hendriksen, I. J. M., Burdorf, A., Verhagen, A. P., Miedema, H. S. and Verhaar, J. A. N. 2004. Prevalence and incidence of shoulder pain in the general population; a systematic review. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, 33(2), 73–81. <https://doi.org/10.1080/03009740310004667>
28. McGraw, K. O., Wong, S. P. 1996. Forming Inferences About Some Intraclass Correlation Coefficients. *Psychological Methods*, Vol. 1, No 1, 30–46.
29. Moslehi, M., Letafatkar, A. and Miri, H. 2020. Feedback improves the scapular-focused treatment effects in patients with shoulder impingement syndrome. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06178-z>
30. Mokhlespour Esfahani M. I., Zobeiri, O., Moshiri, B. et al. 2017. *Trunk Motion System (TMS) Using Printed Body Worn Sensor (BWS) via Data Fusion Approach*. Leonhardt, S., Teichmann, D., eds. *Sensors* (Basel, Switzerland). 17(1):112. doi:10.3390/s17010112.
31. O'Keeffe, M., Cullinane, P., Hurley, J., Leahy, I., Bunzli, S., O'Sullivan, P. B. & O'Sullivan, K. 2016. What influences patient-therapist interactions in musculoskeletal physical therapy? Qualitative systematic review and meta-synthesis. *Physical therapy*, 96(5), 609–622.
32. Oks, A., Katashev, A. and Litvak, J. 2015. Knitted Resistive Fabric: Properties and Applications. *Materials Science. Textile and Clothing Technology*, 9(21), 28. <https://doi.org/10.7250/mstct.2014.005>
33. Oks, A., Katashev, A., Zadinans M., Rancans, M., Litvak, J. 2016. Development of Smart Sock System for Gate Analysis and Foot Pressure Control. *Conference paper*.
34. Park, S. and Jayaraman, S. 2003. Enhancing the quality of life through wearable technology. *IEEE Engineering in medicine and biology magazine*, 22(3), 41–48.

35. Parks, E. L. and Madden, D. J. 2013. Brain connectivity and visual attention. *Brain connectivity*, 3(4), 317–338.
36. Patel, S., Park, H., Bonato, P., Chan, L. and Rodgers, M. 2012. A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 9(1), 1–17.
37. Pieters, L., Lewis, J., Kuppens, K., Jochems, J., Bruijstens, T., Joossens, L. and Struyf, F. 2020. An update of systematic reviews examining the effectiveness of conservative physical therapy interventions for subacromial shoulder pain. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 50(3), 131–141. <https://doi.org/10.2519/jospt.2020.8498>
38. Reilingh, M. L., Kuijpers, T., Tanja-Harfterkamp, A. M. and van der Windt, D. A. 2008. Course and prognosis of shoulder symptoms in general practice. *Rheumatology*, 47(5), 724–730. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ken044>
39. Reinold, M. M., Escamilla, R. and Wilk, K. E. 2009. Current concepts in the scientific and clinical rationale behind exercises for glenohumeral and scapulothoracic musculature. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 39(2), 105–117. <https://doi.org/10.2519/jospt.2009.2835>
40. Roggio, F., Ravalli, S., Maugeri, G., Bianco, A., Palma, A., di Rosa, M. & Musumeci, G. 2021. Technological advancements in the analysis of human motion and posture management through digital devices. *World Journal of Orthopedics*, 12(7), 467.
41. Santello, G., Rossi, D. M., Martins, J., Libardoni, T. D. C. and de Oliveira, A. S. 2020. Effects on shoulder pain and disability of teaching patients with shoulder pain a home-based exercise program: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 34(10), 1245–1255.
42. Sullivan, M., Moldafsky, D., Durbin, C. R., Bond, E., Foster, N., Greenberg, A. M., Krump, J., McSween, J., Seales, S. & Sun, R. 2015. *Defense Advanced Research Projects Agency: Key Factors Drive Transition of Technologies, but Better Training and Data Dissemination Can Increase Success*.
43. Steuri, R., Sattelmayer, M., Elsig, S., Kolly, C., Tal, A., Taeymans, J. and Hilfiker, R. 2017. Effectiveness of conservative interventions including exercise, manual therapy and medical management in adults with shoulder impingement: A systematic review and meta-analysis of RCTs. *British Journal of Sports Medicine*, 51(18), 1340–1347. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096515>
44. Sturmberg, C., Marquez, J., Heneghan, N., Snodgrass, S. and van Vliet, P. 2013. Attentional focus of feedback and instructions in the treatment of musculoskeletal dysfunction: a systematic review. *Manual therapy*, 18(6), 458–467.
45. Tognetti, A., Lorussi, F., Dalle Mura, G., Carbonaro, N., Pacelli, M., Paradiso, R. and de Rossi, D. 2014. New generation of wearable goniometers for motion capture systems. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 11(1), 1–17.

46. Tucci, H. T., Martins, J., Sposito, G. D. C., Camarini, P. M. F. and de Oliveira, A. S. 2014. Closed Kinetic Chain Upper Extremity Stability test (CKCUES test): A reliability study in persons with and without shoulder impingement syndrome. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-1>
47. Tucci, H. T., Felicio, L. R., McQuade, K. J., Bevilaqua-Grossi, D., Camarini, P. M. F. & Oliveira, A. S. 2017. Biomechanical analysis of the closed kinetic chain upper-extremity stability test. *Journal of sport rehabilitation*, 26(1), 42–50.
48. Van Meulen, F. B., Klaassen, B., Held, J., Reenalda, J., Buurke, J. H., van Beijnum, B. J. F. and Veltink, P. H. 2016. Objective evaluation of the quality of movement in daily life after stroke. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 3, 210.
49. Virta, L., Joranger, P., Brox, J. and Eriksson, R. 2012. Costs of shoulder pain and resource use in primary health care: A cost-of-illness study in Sweden. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13(1), 17. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-17>
50. Watts, A. R., Williams, B., Kim, S. W., Bramwell, D. C. and Krishnan, J. 2017. Shoulder impingement syndrome: a systematic review of clinical trial participant selection criteria. *Shoulder and Elbow*, 9(1), 31–41. <https://doi.org/10.1177/1758573216663201>
51. Wang, Q., Markopoulos, P., Yu, B., Chen, W. and Timmermans, A. 2017. Interactive wearable systems for upper body rehabilitation: A systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0229-y>
52. Wang, Q., Chen, W., Timmermans, A. A. A., Karachristos, C., Martens, J. B., Markopoulos, P. 2015. Smart Rehabilitation Garment for posture monitoring. *In Proceedings of the 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, Milan, Italy, 25–29 August 2015; 5736.
53. Willmann, R. D., Lanfermann, G., Saini, P., Timmermans, A., te Vrugt, J. and Winter, S. 2007. Home stroke rehabilitation for the upper limbs. *In 2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 4015–4018. IEEE.
54. Worsley, P., Warner, M., Mottram, S., Gadola, S., Veeger, H. E. J., Hermens, H. and Stokes, M. 2013. Motor control retraining exercises for shoulder impingement: effects on function, muscle activation, and biomechanics in young adults. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 22(4), e11–e19.
55. Wu, G., van der Helm, F. C., Veeger, H. D., Makhsous, M., van Roy, P., Anglin, C. and Buchholz, B. 2005. ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion – Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of biomechanics*, 38(5), 981–992.

## Pateicības

Liels paldies profesoram Jānim Vētram par manas idejas uzklauššanu, atbalstīšanu un harmonisku vadību cauri idejas izstrādes procesam.

Paldies profesoram Aleksandram Oksam par sadarbību un praktiskiem ieteikumiem publikāciju izstrādē, DAid viedā tekstilmateriāla krekla izveidē, promocijas darba izveidē. Paldies profesoram Aleksejam Kataševam par palīdzību datu apstrādē un atsaucību.

Paldies RSU statistikas mācību laboratorijas docētājai Vinitai Caucei par sākotnēju iedziļināšanos problēmās, kuras skāra ar viedo kreklu saistīto datu statistisko apstrādi.

Liels paldies inženierim Pēterim Eizentālam par interesantām sarunām, praktiskiem ieteikumiem un iesaistīšanos publikāciju izveidē.

Paldies Paulīnai Drukai par aktīvu iesaisti pirmā posma pētījumu praktiskā īstenošanā.

Paldies “ORTO Klīnikas” vadībai par atļauju veikt pētījumu Āgenskalna filiāles telpās.

Paldies pacientiem, kuri iesaistījās pētījumā un bija atsaucīgi.

Paldies *Aalto* universitātes (Helsinki, Somija) kolēģiem no Valkājamo sistēmu laboratorijas (*Wearable System Lab*) par ieteikumiem, kas saistīti ar viedās tehnoloģijas izveidi un tās posmiem; viedās tehnoloģijas integrāciju.

Paldies pirmās RSU apspriešanas sēdes (11.10.2021.) locekļiem, sevišķi RSU Rehabilitācijas katedras docentēm *Dr. med.* Gunai Bērziņai un *Dr. med.* Dainai Šmitei par detalizētiem komentāriem darba pilnveidei.





Paldies maniem draugiem par sapratni.

Paldies manai ģimenei, ka viņa man ir.

## **Pielikumi**

## Otrā posma uzdevumi

## Kustības kontroles uzdevumi

Uzdevums <sup>1</sup>	Atrahis	Apraksts	Veikta zemuma izvērtējumam
Neatbilst gaisa jostas pasākā		Neatbilst gaisa jostas pasākā, gaisa jostu (sākoties) atstāt augstāk par šķautnes virsmašā stāv, šķautnes virsmašā mala un apakšējās stāns jānodrošina horizontāli. Vairāk kontrolēt atbilstoši atbilstoši punktā, sākot no sākotnējā. Sākot no sākotnējā, šķautnes virsmašā stāv.	
90° gaisa kustības kustība		Kontrolēt gaisa jostas pasākā, vai gaisa kustības kustība 90°. Izvērtēt 2 min vairs šķautnes, kontrolēt kustības (šā 10 kustības). Izvērtēt: šķautnes virsmašā stāv.	
90° gaisa kustības kustība		Kontrolēt gaisa jostas pasākā, vai gaisa kustības kustība 90°. Izvērtēt 2 min vairs šķautnes, kontrolēt kustības (šā 10 kustības). Izvērtēt: šķautnes virsmašā stāv.	
90° gaisa kustības kustība		Kontrolēt gaisa jostas pasākā, vai gaisa kustības kustība 90°. Izvērtēt 2 min vairs šķautnes, kontrolēt kustības (šā 10 kustības). Izvērtēt: šķautnes virsmašā stāv.	

<sup>1</sup> Worthing P, Warner JJ, Motman S, et al. Motor control retraining exercises for shoulder impingement: effects on function, muscle activation, and biomechanics in young adults. *J Shoulder Elbow Surg*. 2012;22(4):e15-e19. doi:10.1016/j.jse.2012.08.010

<sup>2</sup> Comerford, M., Motman, S., Kinetic control: the management of controlled movement. Elsevier, Chelsewood, N.S.W. (2012)

## Muskulatūrai specifiski uzdevumi

## Muskulatūras specifiski uzdevumi

Uzdevums <sup>1,2</sup>	Attēls	Apmērs <sup>3</sup>	Mērķa muskuļu šķēlējumi <sup>4</sup>
<p><b>Brīvprātīgo jautājums</b></p> 		<p>Veikt stāvoklī: Plecu līnija 90° leņķī uz priekšu. Elkoņi tieši virs pleciem.</p> <p>Mugura nedrīkst pacelties, bet nedrīkst arī ielīdēt uz priekšu. Otra roka uz augšu, lai kontrolētu ķermeņa augšdaļu pozīciju.</p> <p>Veic: piecu minūšu protokola/ intervāla (katru 1 m). Bez atpūtas.</p> <p>2 pieejas 60 s ilgumā.</p> <p>Atpūta: kad mainās ķermeņa kvalitāte un izpildes ātrums jāpārtrauc 30 sek.</p> <p>Atpūta starp piejām: 45 – 1 min.</p>	
<p><b>Muguras kvadrātiskā muskulatūra</b></p> 		<p>Veikt stāvoklī: balstīti uz abām kājām ar plecu līniju, rokas līniju zem gūžas līnijas, augšlīdēt perpendikulāri grīdai, mugura nedrīkst pacelties, iegurnis nedrīkst attālināties pret plecu līniju.</p> <p>Veic: piecas atkārtas uz sāniem, kājas izstieptas uz priekšu.</p> <p>Roka ar kāju uz vienas līnijas ar muguru. 2 pieejas uz katru pusī 90 s ilgumā.</p> <p>Atpūta: kad mainās ķermeņa kvalitāte un izpildes ātrums jāpārtrauc 30 sek.</p> <p>Atpūta starp piejām: 45 – 1 min.</p>	

1 Ekstrom, R., Donnell, R., Gustberg, G. Surface Electromyographic Analysis of Exercises for the Trapezius and Genialis Anterior Muscles. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 33:247–254 (2003)

4 Yao WG. Effect of shoulder flexion angle and exercise resistance on the serratus anterior muscle activity during dynamic tug exercise. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(1):276–279. doi:10.1589/jpts.28.276

5 Castroso B, Caprio B, Pielavski T, & Costa A. (2018). Serratus anterior or pectoralis minor: Which muscle has the upper hand during protraction exercises? *Manual Therapy*. 22, 158–164. doi:10.1016/j.math.2018.12.002

8 Wright AA, Hegstad EJ, Tataru DT, et al. Exercise prescription for overhead athletes with shoulder pathology: a systematic review with best evidence synthesis. *British Journal of Sports Medicine*. 2018;52:231–237.

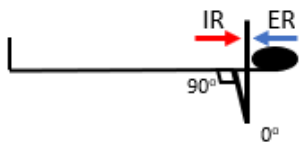


**DAid viedā krekļa sistēmas datu līknes datora ekrānā**

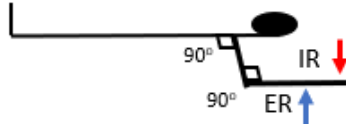


**Ārējās (ER) un iekšējās (IR) rotācijas spēka mērījuma shēma**

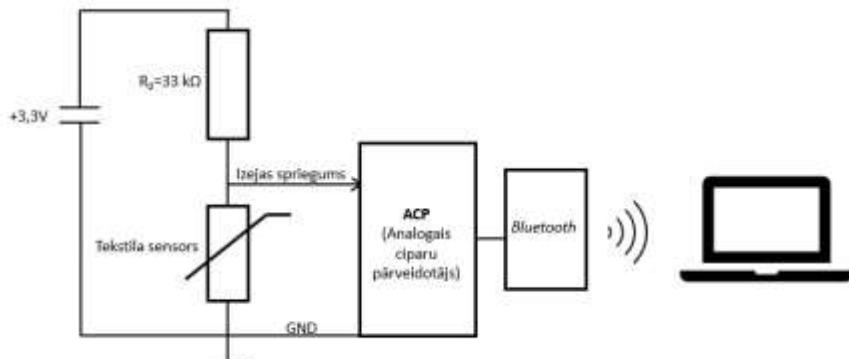
ER/IR **90/0**



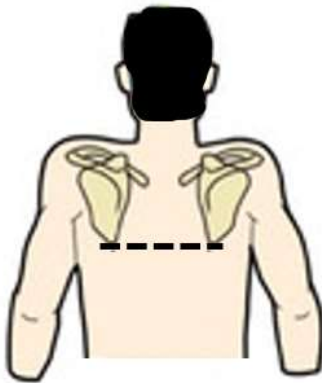
ER/IR **90/90**



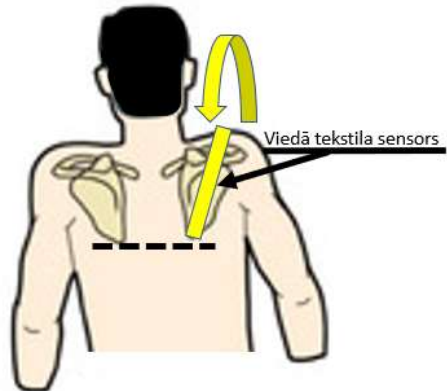
## Tekstila sensora datu nolasījuma shēma



### Adīta viedā tekstila sensora novietojuma shēma



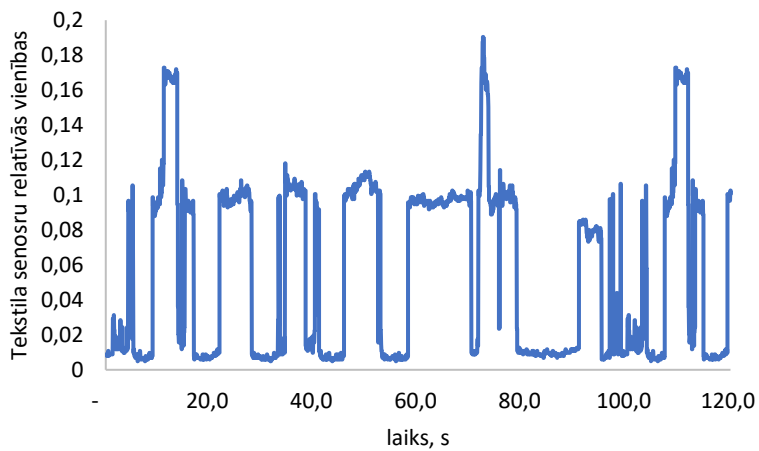
a. Neitrāla plecu joslas pozīcija

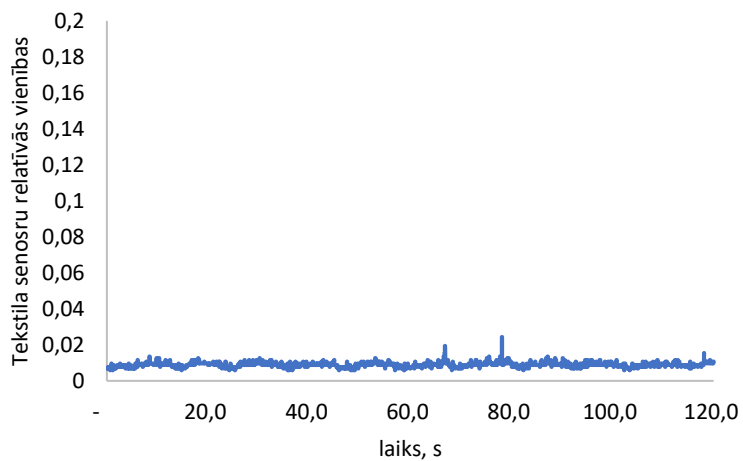


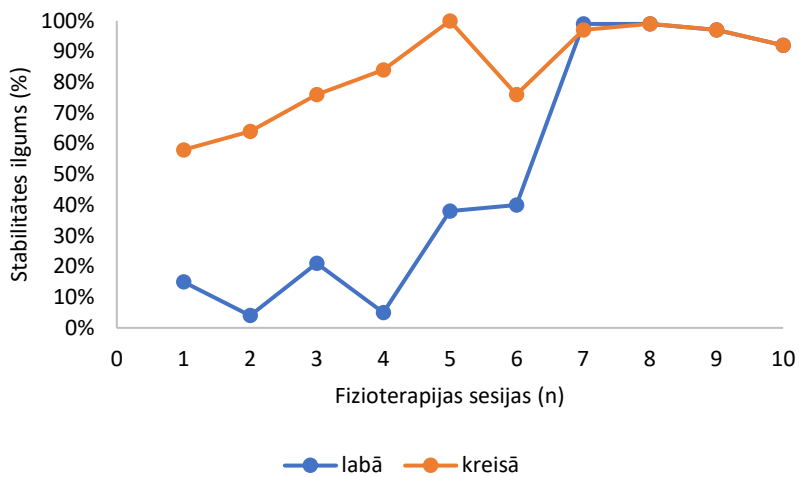
b. Labās puses pleca joslas elevācija

**DAid vietā krekla prototipa atgriezeniskās saites princips**



**Labās puses plecu joslas stabilitāte skapulārā plaknē 1. terapijas sesijā**

**Labās puses plecu joslas stabilitāte skapulārā plaknē  
pēdējā terapijas sesijā**

**Labās puses lāpstiņas stabilitāte dinamikā muskulatūrai  
specifisku uzdevumu izpildes laikā**



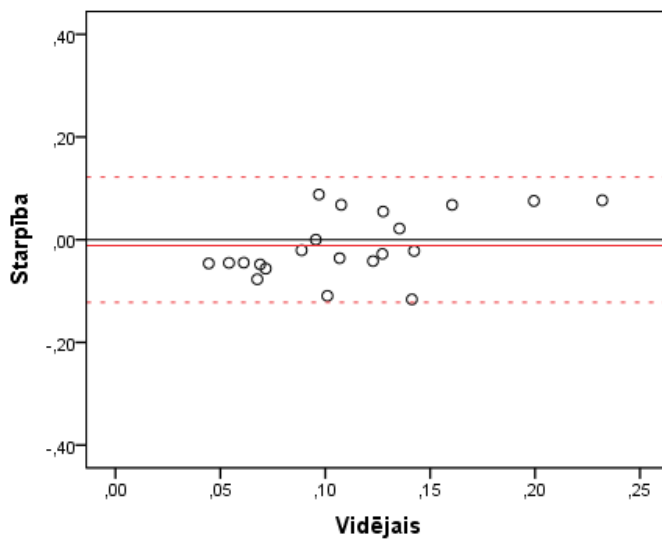
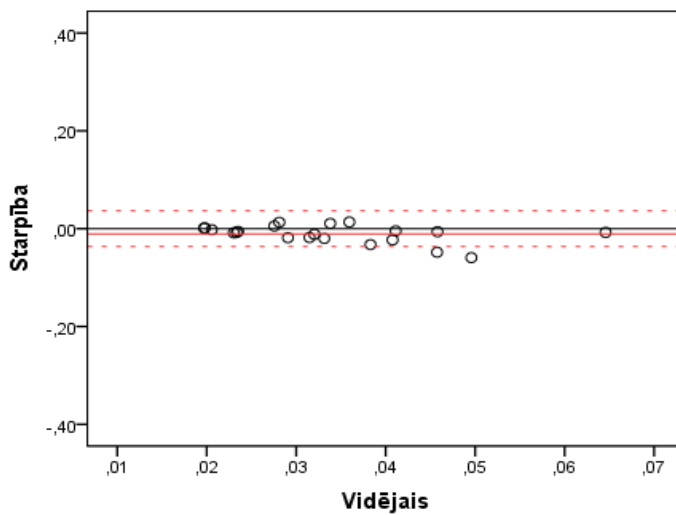
## Pleca joslas abu pušu elevācijas mērījumu vienības 95 % TI

### Kreisās puses pleca joslas elevācijas mērījumu vienības 95% TI

Laika intervāls (s)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
vienības ārpus 95% TI	0	1	0	0	1	1	1	2	1	1	1	0	1	0	1	1

### Labās puses pleca joslas elevācijas mērījumu vienības 95% TI

Laika intervāls (s)	0,5s	1s	1,5s	2s	2,5s	3s	3,5s	4s	4,5s	5s	5,5s	6s	6,5s	7s	7,5s	8s
Vienības ārpus 95% TI	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	0	1	1	1	1

**Kreisās puses mērījumu iekļaušanās 95 % TI****Labās puses mērījumu iekļaušanās 95 % TI**

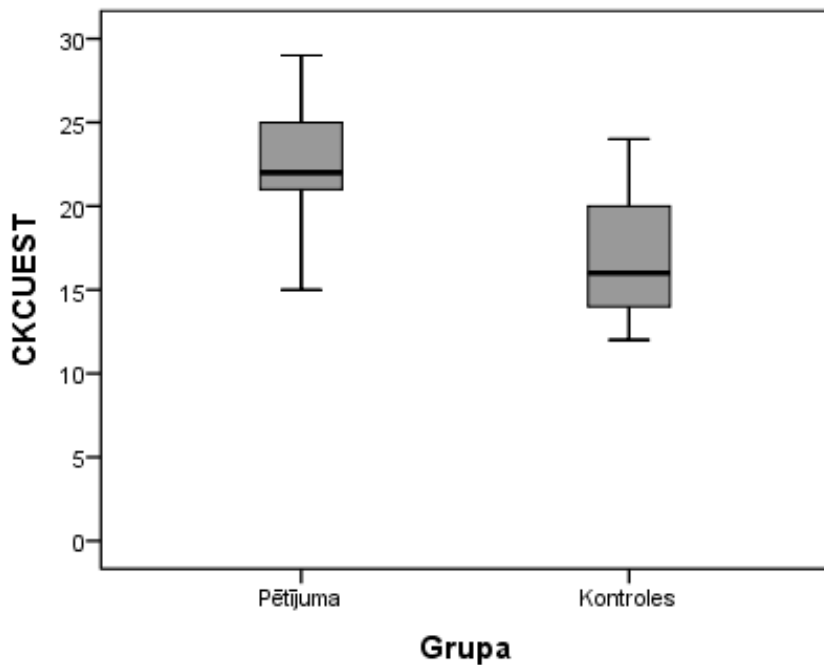
## Iegūtās pētījuma instrumentu vērtības grupās

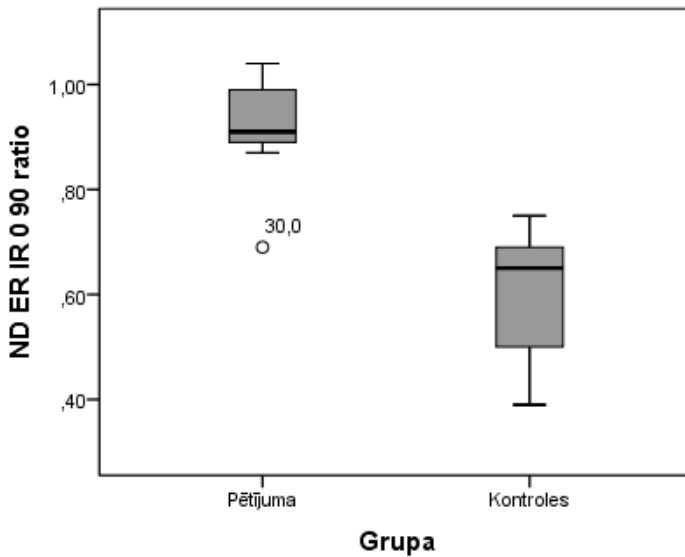
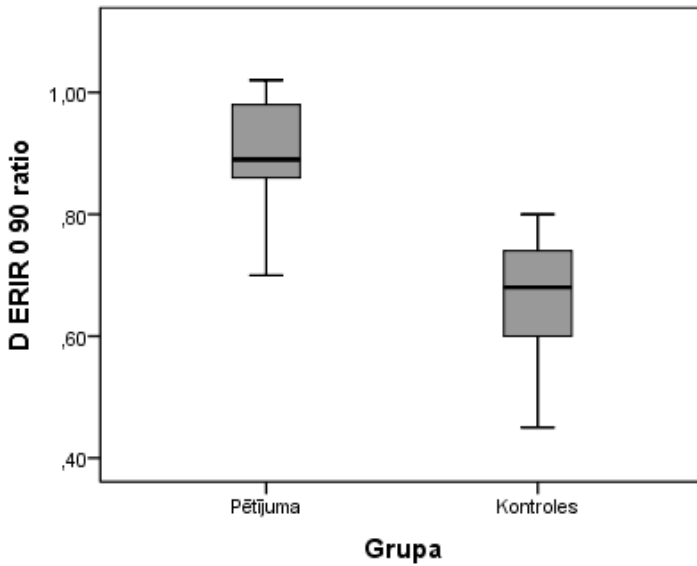
ID	grupa	DASH	DASH 2	DASH D	DASH D2	DASH S	DASH S2
18	Pētījuma	57	15	89	21	80	19
19	Pētījuma	55	17	83	20	89	18
20	Pētījuma	49	15	84	21	83	21
21	Pētījuma	55	19	86	24	80	23
22	Pētījuma	53	11	89	15	83	20
23	Pētījuma	56	19	86	17	83	19
24	Pētījuma	55	13	84	16	82	16
25	Pētījuma	57	15	88	19	82	19
26	Pētījuma	54	16	83	10	84	10
27	Pētījuma	57	18	88	15	85	15
28	Pētījuma	55	10	82	14	89	14
29	Pētījuma	53	13	84	17	85	17
30	Pētījuma	57	12	86	19	84	19
31	Pētījuma	54	15	83	15	82	17
32	Pētījuma	53.5	12	89	16	88	19
33	Pētījuma	49	19	80	17	82	17
34	Pētījuma	56	10	85	14	84	24
1	Kontroles	51	17	81	31	84	26
2	Kontroles	49	21	89	29	79	25
3	Kontroles	44	20	83	27	88	27
4	Kontroles	62	21	88	28	82	24
5	Kontroles	55	25	90	25	83	26
6	Kontroles	57	19	82	31	83	28
7	Kontroles	45	26	84	29	88	29
8	Kontroles	51	25	89	30	84	30
9	Kontroles	53	23	89	27	84	27
10	Kontroles	52	19	88	30	89	20
11	Kontroles	49	21	83	31	90	21
12	Kontroles	52	21	80	25	82	27
13	Kontroles	54	25	90	23	88	23
14	Kontroles	56	15	91	27	81	27
15	Kontroles	53	23	88	23	80	23
16	Kontroles	53	21	82	21	85	24
17	Kontroles	48	24	88	30	84	30

### 13. pielikuma turpinājums

ID	grupa	Roka	D G/90	ND G/90	D 90/90	ND 90/90	CKCUEST	dzim	vecums	KMI
18	Pētījuma	ND	0.89	0.8	0.87	0.9	16 s	54	22.4	
19	Pētījuma	D	0.86	0.91	0.6	0.7	28 v	22	21.9	
20	Pētījuma	D	0.95	0.89	0.87	0.84	17 s	49	22.9	
21	Pētījuma	ND	0.87	0.9	0.6	0.7	25 v	41	23.1	
22	Pētījuma	ND	0.98	0.95	0.85	0.79	19 s	50	23.8	
23	Pētījuma	D	0.89	0.92	0.65	0.67	25 v	31	21.3	
24	Pētījuma	ND	0.9	0.96	0.89	0.85	15 s	63	24.1	
25	Pētījuma	D	0.8	0.92	0.9	0.89	22 s	26	21.1	
26	Pētījuma	ND	0.9	0.92	0.85	0.87	21 s	29	20	
27	Pētījuma	ND	0.86	0.88	0.61	0.68	25 v	50	22.8	
28	Pētījuma	ND	0.87	0.9	0.6	0.7	28 v	32	23	
29	Pētījuma	ND	0.86	0.91	0.58	0.68	25 v	33	21.9	
30	Pētījuma	ND	0.7	0.69	0.6	0.6	21 v	54	21.8	
31	Pētījuma	ND	0.85	0.88	0.85	0.88	23 s	23	22.5	
32	Pētījuma	D	0.98	0.97	0.86	0.89	21 s	28	21.9	
33	Pētījuma	ND	0.98	0.89	0.86	0.87	22 s	30	20.3	
34	Pētījuma	D	0.86	0.87	0.61	0.61	25 s	41	19.9	
1	Kontroles	D	0.68	0.75	0.7	0.65	20 s	54	23.5	
2	Kontroles	ND	0.75	0.7	0.65	0.7	15 s	40	19.1	
3	Kontroles	ND	0.71	0.69	0.6	0.6	16 s	28	22.8	
4	Kontroles	ND	0.5	0.49	0.5	0.49	15 s	49	21.9	
5	Kontroles	ND	0.6	0.6	0.5	0.5	21 v	43	22.1	
6	Kontroles	ND	0.53	0.45	0.56	0.5	15 s	51	21.3	
7	Kontroles	ND	0.65	0.5	0.55	0.45	16 s	34	22	
8	Kontroles	D	0.63	0.65	0.75	0.64	18 s	24	22.1	
9	Kontroles	ND	0.54	0.65	0.45	0.65	24 v	40	23.8	
10	Kontroles	D	0.6	0.56	0.47	0.53	19 v	54	20.5	
11	Kontroles	D	0.75	0.68	0.7	0.6	14 s	43	22.6	
12	Kontroles	ND	0.71	0.7	0.45	0.65	21 v	50	20.1	
13	Kontroles	D	0.8	0.75	0.5	0.61	20 v	43	23.6	
14	Kontroles	D	0.5	0.45	0.5	0.45	19 v	44	22.1	
15	Kontroles	ND	0.68	0.65	0.52	0.56	16 v	55	21.3	
16	Kontroles	ND	0.7	0.71	0.6	0.59	23 v	26	22.9	
17	Kontroles	D	0.7	0.53	0.51	0.49	16 s	48	22.4	

**CKCUEST vērtības pēc intervences**



**Mērījumos iegūtās vērtības “90/0” pozīcijā dominantajai  
un nedominantajai rokai**

**Mērījumos iegūtās vērtības “90/0” pozīcijā dominantajai un nedominantajai rokai**