

Rīgas Stradiņa universitāte
Medicīnas fakultāte
otrā līmeņa profesionālās augstākās izglītības
studiju programma „Medicīna”

***M. sternocleidomastoideus* nogurdināmība atkarībā no galvas
noliešanas leņķa**

PĒTNIECISKAIS DARBS

Darba autore:
Nadīna Rīmere
Studenta apliecības Nr. 15-025193

/paraksts/
2021. gada 12. aprīlis

Darba vadītājs:
Jeļena Reste
Dr.med., docente
RSU Aroda un vides medicīnas katedra

/paraksts/
2021. gada 12. aprīlis

Rīga, 2021

Kopsavilkums

Ievads. Muskuloskeletālās slimības ir svarīga ar darbu saistīta slimību sloga daļa. No visām balsta un kustību aparāta slimībām vislielākā sūdzību prevalence ir starp kakla un mugura lejasdaļas sāpēm. Ņemot vērā, ka kakla sāpes sastopas arvien biežāk jauniešu populācijā, ir svarīgi saprast *m. sternocleidomastoideus* pārslodzes ietekmi uz sāpju rašanās mehānismu. Pārāk liels šo muskuļu sasprindzinājums izraisa muskuļa saīsināšanos, iekaisumu, trigeru punktu attīstību un miofasciālo sāpju sindroma progresiju. Ir pašsaprotami, ka arodslimnieki ar šādām sūdzībām nav spējīgi kvalitatīvi veikt savu darbu.

Darba mērķis. Uzzināt, kāds ir optimālākais variants galvas pozicionēšanai, lai *m. sternocleidomastoideus* sasprindzinājums būtu minimālais, kā arī izpētīt dzimuma, ĶMI un dominantās rokas ietekmi uz muskuļa biomehāniskiem parametriem.

Materiāli un metodes. Kopumā, pētījumā piedalījās 45 respondenti, taču 4 eksperimenta dalībnieki izkrita vienā no posmiem. Pētījuma ietvaros tika pielietots miotonometrs MyotonPro (muskuļu biomehānisko parametru iegūšanai) un goniometrs (galvas pozicionēšanai). Datu analīze tika veikta IBM SPSS 23.0 programmā; dati bija apkopoti *Microsoft Excel*.

Rezultāti. Maksimāla *m. sternocleidomastoideus* svārstību frekvence tika novērota pie +60° grādiem – 17,5 Hz (CI 17,0 – 18,1), minimāla - pie -30° grādiem – 12,3 (CI 12,1 – 12,5). Muskuļa stīvuma lielākā vērtība bija līdzīga svārstību frekvenci pie +60° grādiem, bet zemākā pie -30° grādiem. Pozitīva korelācija pastāv starp galvas leņķa pozīciju un muskuļa sasprindzinājumu ($r_s = 0,76$ $p < 0,001$), un starp muskuļa stīvumu un galvas pozīciju ($r_s = 0,65$, $p < 0,001$). Dzimumam un dominantai rokai nav ietekmes uz muskuļa sasprindzinājumu.

Secinājumi. No biomehānikas viedokļa visoptimālākā galvas pozicionēšana ir -30° grādi, jo pie šīs pozīcijas muskuļa saspringums ir minimāls, līdz ar to netiek izraisīta muskuļa pārslodze un muskuļa nogurums. Iegūtie dati liecina, ka pat pie nedabiskām galvas pozīcijām, respondentiem muskuļa biomehāniskie parametri ir normas robežās. Pētījumu var modificēt, un pagarināt katra mērījuma laiku. Kakla sāpju patoģenēzē piedalās vairāki kakla muskuļi, līdz ar to turpmāk ir nepieciešams veikt eksperimentu ar citām kakla muskuļu grupām.

Abstract

Introduction. Musculoskeletal disorders are an important part of the work-related disease burden. Of all the diseases of the support and movement apparatus, the highest prevalence of complaints is between neck and lower back pain. It is important to understand the impact of *m. sternocleidomastoideus* over-exhaustion on the pain mechanism, given the increasing incidence of neck pain in youth population. Excessive tightness of these muscles causes shortening of the muscle, inflammation, development of trigger points and progression of myofascial pain syndrome. Unmistakeably, occupational disease sufferers with these complaints can no longer do their job qualitatively.

Objectives. To investigate the effects of sex, BMI and dominant hand on muscle biomechanical parameters, and to find out what the optimal pattern for head positioning is, so that *m. sternocleidomastoideal* tension is minimal.

Materials and methods. A total of 45 respondents participated in the study, but 4 participants in the experiment fell out in one of the stages. As part of the study, the myotonometer MyotonPro (for muscle biomechanical parameters) and goniometer (for head positions) were used. The data analysis was conducted in the IBM SPSS 23.0 program, the data was summarised in Microsoft Excel.

Results. The maximum frequency of *m. sternocleidomastoideus* was observed at +60 ° degrees – 17.5 Hz (CI 17,0 – 18.1), a minimum at -30 ° - 12.3 (CI 12.1 – 12.5). The greater value of muscle stiffness was similar to that of SF at +60 ° degrees, but the lowest at -30 ° degrees. A positive correlation exists between head position angle and muscle tension ($r_s = 0.76$ $p < 0.001$) and between muscle stiffness and head position ($r_s = 0.65$, $p < 0.001$). Gender and dominant arm have no effect on muscle tension.

Conclusions. From a biomechanical point of view, the optimal head position is at –30 degrees, because at this position the muscle tension is minimal and therefore no muscle over-exhaustion and muscle fatigue are caused. The findings show that even at unnatural head positions, respondents' muscle biomechanical parameters are within normal limits. The study can be modified and extended for each measurement. In the pathogenesis of neck pain, several neck muscles are involved, which requires further experiment with other muscle groups in the neck.

SATURS

Ievads.....	6
1. Izklāsta daļa	7
1.1. Problēmas aktualitātes pamatojums.....	7
1.2. Patofizioloģiskais sūdzību izskaidrojums	8
2. Praktiskā darba daļa	9
2.1. Respondentu atlases kritēriji	10
2.2. Pētījuma instrumenti	10
2.3. Pētījuma materiāli un metodes	10
2.3.1. Muskuļa funkcionāla stāvokļa pārbaude	10
2.3.2. Miotonometra pielietojums ...	12
3. Rezultāti	14
4. Diskusijas, ierobežojumi un priekšlikumi	16
Secinājumi.....	17
Literatūra.....	18
Galvojums.....	20
Pielikumi.....	21
1. pielikums. RSU Ētikas komitejas atļauja.....	21
2. pielikums. Kafijas galdiņš <i>Bentley Mulsanne 2019</i> salonā.....	22
3. pielikums. Iesniegtā raksta priekšskatījums	23

Saīsinājumu saraksts:

AAK - acs ārējais kaktiņš

BKSS – balsta un kustību sistēmas slimības

CI – *confidence interval*

COR - cerviko-okulārs reflekss

ĶMI – ķermeņa masas indekss

MSCM – m.sternocleidomastoideus

NMPD – neatliekamās medicīniskas palīdzības dienests

ASIS - *spina iliaca anterior superior*

PS – *processus spinosus*

SF – svarstību frekvence

Ievads

Šobrīd ir zināms, ka aptuveni 1.7 miljardu cilvēku cieš no balstu un kustību sistēmas slimībām (BKSS) [8]. Visbiežāk sūdzības ir saistītas ar kakla un mugura lejasdaļas sāpēm [8; 11], kas nepārprotami būtiski ietekmē indivīda dzīves kvalitāti.

Pēc pēdējiem aptaujas datiem tieši no Latvijas iedarbinātajiem, pirms arodslimības diagnosticēšanas sūdzības par sāpēm muskuloskeletālajā sistēmā parādījušās vidēji jau pirms 3 - 5 gadiem [10]. Tas nozīmē, ka potenciāli var uzlabot šo populāciju veselību, veicot profilaksi. Ir iespējams ieviest augsta riska stratēģijas, kuras palīdz reducēt slimības risku ietekmi, jo atļauj identificēt indivīdus, kuriem iejaukšanās būs efektīva.

Pie aroda riska faktoriem, kas ir saistīti ar kakla sāpēm un vairāk ar *m. sternocleidomastoideus* (MSCM) bojājumiem, pieder statiskā poza, kura ilgstoši tiek uzturēta. Ņemot vērā, ka MSCM ir viens no lielākajiem kakla muskuļiem, tas palīdz noturēt galvu un izpilda vēl citas svarīgas funkcijas, šī muskuļa disfunkcija noved pie specifisko triggerpunktu izveides, hroniskām sāpēm, miofasciālo simptomu attīstības, galvassāpēm un galvas reiboņiem.

Līdz ar to ir svarīgi saprast, kāda galvas leņķa pozīcija izraisa vislielāko slodzi uz muskuli un kura pozīcija tieši otrādi ir saistīta ar zemāku muskuļa sasprindzinājumu.

Darba uzdevumi:

- pieejamas literatūras analīze, lai saprastu pētāmās problēmas aktualitāti;
- uzzināt, kāda ir muskuloskeletālo slimību definīcija, biežākas sūdzības un statiskas pozas patofizioloģiskais raksturojums;
- atlasīt tās sūdzības, kuras ir visvairāk saistītas ar *m. sternocleidomastoideus* pārlietu sasprindzinājumu;
- noteikt, kādas profesijas pārstāvji visbiežāk cieš no kakla sāpēm un attiecināt tos uz *m. sternocleidomastoideus* problēmām;
- iegūt rezultātus par:
 1. vispiemērotāko galvas pozīciju *m. sternocleidomastoideus* mazākajam sasprindzinājumam;
 2. sasprindzinājumu ietekmējošiem faktoriem.

Hipotēze: jo tuvāk *m. sternocleidomastoideus* atrodas neitrālajai pozīcijai, jo mazāks ir šī muskuļa sasprindzinājums.

1. Izklāsta daļa

1.1.Problēmas aktualitātes pamatojums

Pēdējie pieejamie dati no Pasaules Slimību sloga pētījuma (*the Global Burden of disease study*) par 2019. gadu liecina, ka 1,71 miljarda cilvēku cieš no balsta un kustību sistēmas slimībām (BKSS). Īpaši svarīgi atzīmēt, ka ar BKSS klāstu saskaras cilvēki dažādos vecumos, proti slimnieku starpā ir ne tikai seniori, bet arī arvien biežāk sūdzības parādās jauniešu populācijā. Pētījuma dati liecina, ka šo slimību grupa vairāk skar iedzīvotājus no valstīm ar augstu ienākumu līmeņiem, taču tas neizslēdz, ka reģionos ar mazāku ienākumu šī problēma nepastāv [8; 11]. Turklāt muskuloskeletālām patoloģijām ir vislielāka ietekmē uz tādu rādītāju, ka gadi nodzīvoti ar invaliditāti (*years lived with disability*), un globāli tiek skarti 17% no pasaules populācijas. Ņemot vērā, ka BKSS termins ietver sevī vairāk par 150 dažādiem balsta kustību aparāta traucējumiem, ir nepieciešams atsevišķi izdalīt kakla reģionu un ar šo reģionu saistītas patoloģijas. Uz doto momentu, ir zināms, ka aptuveni 222 miljoniem cilvēku ir kakla sāpes un šo simptomu īpatsvars ar gadiem tikai palielinās, jo salīdzinājumā ar 2010. gadu šis skaitlis bija 33,9 miljoni [11; 12].

Latvija attiecībā uz balsta un kustību sistēmas slimību prevalenci nav izņēmums. Saskaņā ar pētījumu “Darba apstākļi un riski Latvijā 2017-2018” bija atklāts, ka no 2010. līdz 2016. gadam ar slodzi, pārslozdi un spiedienu saistīti mīksto audu bojājumu (SSK-10 - M70-M72; M75-M79) diagnožu skaits ir pieaudzis 4,7 reizēs [10]. Savukārt, par kakla sāpēm atsevišķa reģistra nav, kas ir bāze turpmākajiem pētījumiem.

Ilgstoši atrodoties statiskā pozā muskuļiem lēni attīstās nogurums un pārāk liels sasprindzinājums, kas noved pie miofasciālo sāpju sindroma attīstības. Savukārt, kakla reģions ir bīstams ne tikai ar to, ka pacienti fiziski cieš no sāpēm kaklā, kas būtiski ietekmē nodarbinātā darba kvalitāti, bet arī attīstās mugurkaula spondilozē un rezultātā cilvēks izjūt roku tirpšanu un citas sūdzības [13].

Ekstrēmas galva pozīcijas savā darbā piedzīvo sekojošo profesiju pārstāvji: automehāniķi, augstceltņu logu mazgātāji un citi, kam ir nepieciešams ilgstoši skatīties uz augšu, lai veiktu savu darbu. Līdzīgs princips un hroniski nelabvēlīgas galvas pozīcijas uztur ofisa darbinieki, strādājot ergonomiski nepareizi aprīkota vidē, kuras dēļ strādnieki visu laiku skatās uz leju, lai fokusētos uz ekrāna monitoru. Tādam riskam ir pakļauti arī medicīnas darbinieki, un viens no piemēriem ir neatliekamās medicīniskās palīdzības dienesta (NMPD) brigādes vadītāji, kuri dažreiz ir spiesti aizpildīt medicīniskās kartes operatīvajā medicīniskajā transportā planšetdatoros, balstot tos uz kājām, nevis uz galda vai kāda cita paliktņa.

Viens no lielākajiem kakla muskuļiem ir MSCM, šis muskulis ir virspusējs un viegli atdifirencējams no citiem kakla muskuļiem, jo veicot laterofleksiju, muskuli var ieraudzīt ar

neapbruņotu aci. Šī muskuļa anatomija atļauj atrast muskuļa sākuma un beigu punktus, kas padara to par labu variantu turpmākai izpētei.

1.2. Patofizioloģisks sūdzību izskaidrojums

Hroniska statiska poza provocē muskuļu nogurumu. Lai atbalstītu galvu, kura vidēji sver 5,5 kg, un veido vienu septīto daļu no visa cilvēka ķermeņa, kakla muskuļiem ir nepieciešama liela izturība [7]. Gravitācijas spēka ietekmē visu laiku notiek izometriskā kontrakcija. Ar laiku aktīvo kustību trūkuma dēļ asinspieplūde muskuļiem samazinās. Išēmijas laikā uzkrājas pienskābe un ar metabolismu saistītie atkritumi. Ņemot vērā, ka jebkura nedabiska galvai pozīcija, piemēram, pie ilgstoša skata uz augšu vai uz leju, izraisa muskuļu pārslodzi, ir svarīgi pieminēt abu šo pozīciju patofizioloģiskus aspektus.

Tie nodarbinātie, kuriem darba laikā nav ergonomiski pareizi izveidota darba vide, piemēram, strādājot pie datora, rodas kīfotiska stāja, proti cilvēka galva izvirzās uz priekšu un nedaudz uz leju. Šī pozīcija prasa mazo muguras muskuļu iesaisti, bet tas izraisa dubultslodzi uz tiem, un sāpes vēl vairāk progresē. Išēmijas rezultātā kumulatīvie bojājumi progresē, un ne tikai pienskābes ietekmē, bet arī pastāv teorija, ka endotēlijā notiek ksantīna dehidrogenāzes konversija par ksantīna oksidāzi, kam ir savs ieguldījums sāpju progresēšanā. Rezultātā notiek muskuļaudu iekaisums ar tūsku, nervu kompresiju un tādējādi tiek izprovocētas sāpes cīpslās un locītavās [14, 15]. Paši par sevi muskuļaudi sāk samazināties pastāvīga sasprindzinājuma dēļ un zaudē savu elasticitāti, rodas *circulus vitiosus* (muskuļu sasprindzinājums > sāpes > palielināta spriedze > palielinātas sāpes) [13].

Par skatu uz augšu. Augstceltņu logu mazgātāji, piemēram, arī ilgstoši strādā statiskā pozā, bet ar skatu vērstu uz augšu. Kopā ar redzi, kakla muskuļi nodrošina propriocepciju, tai skaitā MSCM [16]. MSCM tiek inervēts ar *n. accessorius*, kaut pie MSCM tam ir motoras šķiedras, taču tas ietilpst kakla pinumā, kurš ir atbildīgs par propriocepciju [17].

2. Praktiskā darba daļa

Pētījums tiek veikts saskaņā ar Rīgas Stradiņa universitātes Ētikas komitejas atļauju. Atbilstoši pētījuma mērķim tika izstrādāts pētījuma dizains ar noteiktiem atlases kritērijiem un darba gaitu. Tika izveidots speciāls MSCM funkcionalitātes pārbaudes tests. No mērījuma rezultātiem informācija tika ievadīta un analizēta IBM SPSS 23.0 programmā atbilstoši esošajam datu sadalījumam.

2.1. Respondentu atlases kritēriji

Kopumā pētījumā piedalījās 41 cilvēks, no tiem 22 dalībnieki bija sievietes, 19 – vīrieši.

Pētījuma dalībnieku atlases kritēriji:

- vecums – no 18 līdz 35 gadiem,
- bez redzes traucējumiem,
- bez stājas traucējumiem (izteikta kifoze, skolioze, lordoze u.c.).

Respondentu izvēli arī ietekmēja *m.sternocleidomastoideus* muskuļa funkcionālais stāvoklis, bet par šo sīkāk tiek minēts 2.2. sadaļā.

Atlases kritēriju pamatojums:

Vecuma ierobežojums bija ieviests, lai objektīvizētu datus, jo pēc 30 gadu vecuma jebkuram cilvēkam sāk pakāpeniski attīstīties sarkopēnija. Katrus 10 gadus tiek zaudēti no 3% līdz 8% no kopējās muskuļa masas, izteiktāks zudums ir fiziski neaktīviem cilvēkiem [1]. Samazinoties muskuļa masai (attīstoties sarkopēnijai), arī samazinās muskuļa spēks [4]. Bet muskuļa spēks nav atkarīgs tikai no ķermeņa muskuļu masas. Ar vecumu mainās arī nervu pārvade motorā vienībā, notiek reinervācija, rezultāta prevalē lēnais motorais neirons nevis ātrais, kā arī, ja šis process bija neveiksmīgs, tad notiek muskuļšķiedru deģenerācija. Ar vecumu arī ieslēdzas oksidatīvais stress un citas bioķīmiskās pārvērtības [5]. Savukārt, pie samazināta muskuļa spēka mainās arī cilvēka stāja, palielinās kakla daļas lordoze, pleci paliek apaļīgāki, kas galu galā noved līdz galva izvirzīšanai uz priekšu [1].

Pastāv dažādi mehānismi, kā **redzes traucējumi** var ietekmēt kakla muskuļu sasprindzinājumu. Viens no tiem, ka cilvēkiem ar sliktāku redzi ir tendence izvirzīt galvu uz priekšu, lai tuvāk redzētu objektus, līdz ar to kakla muskuļi tiek pakļauti pastāvīgai slodzei. Otrs variants, ka eksistē cerviko-okulārs reflekss (COR), un ir pierādīts, ka cilvēkiem ar

nespecifiskām kakla sāpēm ir paaugstināts COR [2]. Kā arī redzes virzienam ir ietekme uz kakla muskuļu sasprindzinājumu, kas liecina, ka redze un kakla muskuļi savstarpēji mijiedarbojas [3].

2.2. Pētījuma instrumenti

MSCM aktivitāti var izmērīt ar dažādiem instrumentiem, piemēram ar virsmas elektromiogrāfu, akustisko miogrāfu, miotonometru u.c. Pētījuma īstenošanai bija nepieciešama ierīce, kura koronavīrusa pandēmijas ierobežojumu apstākļos ir viegli pārnēsājama, pielietojumā ērta un nodrošina eksperimenta mobilitāti, proti mērījumus var veikt jebkurā vietā un laikā. Šiem nosacījumiem vispiemērotākais instruments ir miotonometrs *MyotonPro*.

Pētījuma gaitā ar miotonometra palīdzību tika noteikti sekojoši parametri:

- svārstību frekvence (Hz) – tiek fiksēts pirmais svārstības periods, kurš rodas deformējot muskuli, līdz nākošajam svārstības periodam;
- muskuļa stīvums (N/m) – atspoguļo muskuļa pretestību pret muskuļa deformējošo spēku;
- “samazinājuma” koeficients – raksturo muskuļa elasticitāti, jo mazāk ir šis koeficients, jo vairāk laika muskulim ir nepieciešams atpūsties;
- relaksācijas laiks (ms) – laika periods, kad muskulis atjauno savu sākotnējo stāvokli pēc deformācijas [5].

Mērījumu izpildei miotonometra programma papildus pieprasa informāciju par respondenta augumu, svaru, dominējošo roku, dzimumu un vecumu.

Galvas pozīcijas maiņai tika izmantots goniometrs.

2.3. Pētījuma materiāli un metodes

No respondentiem netika prasīts atsevišķi sagatavoties pētījumam. Pētījums tika veikts istabas temperatūrā (no 15 līdz 25 grādiem).

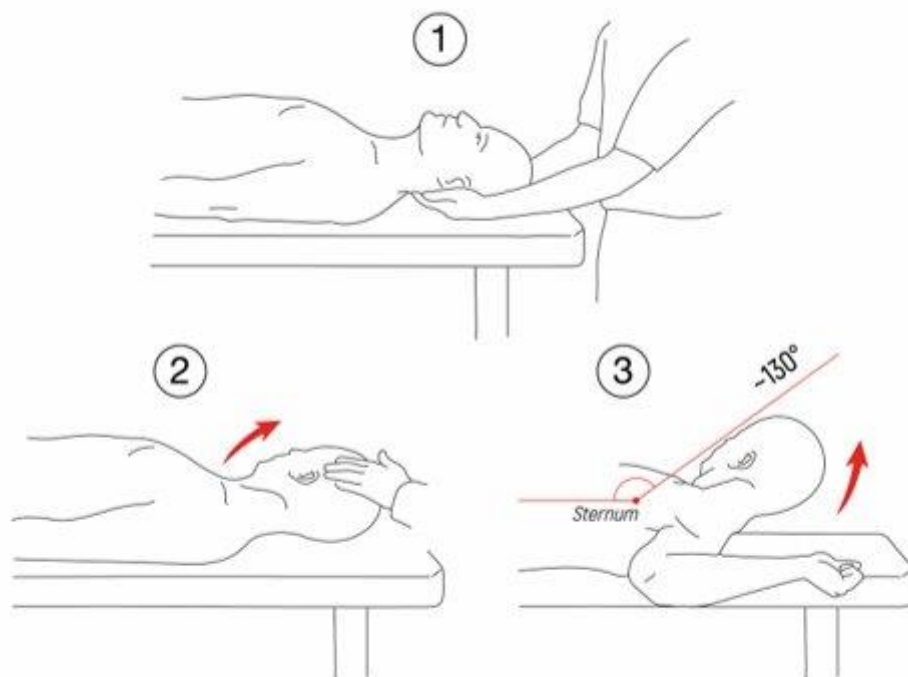
2.3.1 Muskuļa funkcionāla stāvokļa pārbaude

Respondenti tika atlasīti arī pēc SCM muskuļa funkcionalitātes pārbaudes, kura tika veikta pēc sekojoša principa:

- 1) Respondentam tika prasīts apgulties uz muguras un pilnībā atslābināties.
- 2) Pētnieks paņem savās rokās respondenta galvu zem pakaušu kauliem un pārbauda, vai galva brīvi kustās, mainot pozīciju uz labo un kreiso pusi.
- 3) Tikko respondents pilnībā atslābinās, tad pasīvi ar rokām pētnieks virza galvu uz labo pusi (veicot laterofleksiju), pēc tam galvu virza ventrāli *incisura jugularis sterni* virzienā. Pilnībā

galva netiek pietuvināta pie *incisura jugularis* (sk. 1. attēlu), šajā pozīcijā pētnieks prasa pētījuma dalībnieku noturēt galvu 10 sekundes;

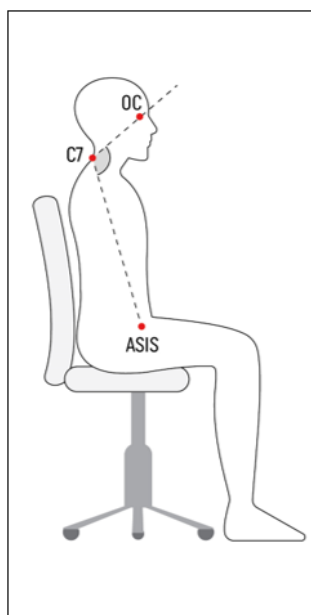
- 4) Ja SCMM funkcijas pārbaudes laikā bija pamanīta muskuļa trīce vai dalībnieks sāka sūdzēties par to, ka viņam ir grūti noturēt galvu, tad šis dalībnieks nevarēja turpināt piedalīties pētījumā.
- 5) Respondents paliek guļus pozīcijā. Eksperimenta veicējs atkārtoti iepriekšminētās manipulācijas (2. – 4. punkti), tādējādi tiek pārbaudīts kreisā SCM muskuļa funkcionalitāte.
- 6) Pēc muskuļa funkcijas pārbaudes, tiem respondentiem, kuri izgāja cauri šim posmam, atkal bija prasīts atslābsties, novietot galvu taisni, tā, lai redzes virziens būtu uz griestiem.
- 7) Tad pētnieks meklēja SCM muskuļa sākuma punktu uz *manubrium sterni* un *clavicula*, kā arī kustīgo beigu punktu – *processus mastoideus* uz deniņu kaula.
- 8) Pēc šo punktu atrāšanas, tika izmērīts SCM muskuļa garums un atzīmēta vidusdaļa. Mērījums tika veikts ar auduma mērlenti. Vidusdaļa ir miotonometra pielikšanas punkts.



1. attēls. **Muskuļa funkcionāla stāvokļa pārbaude**

2.3.2 Miotometra pielietojums

Mērījumi tika veikti 5 dažādos leņķos, kuri tika izmērīti, izmantojot anatomiskos orientierus – *spina iliaca anterior superior*, *C7 processus spinosus*, acs ārējais kaktiņš (AAK) (sk. 2. attēlu).



2. attēls. Neitrāla galvas pozīcija

OC – acs ārējais kaktiņš , C7 – *C7 processus spinosus*, ASIS – *spina iliaca anterior superior*

Tabula 1

Mērījumu sērija un noteiktie galvas leņķi

Mērījumu sērija	Mērījuma leņķis
1. mērījums	Izejas jeb neitrālā pozīcija
2. mērījums	No izejas pozīcijas +30° grādi
3. mērījums	No izejas pozīcijas +60° grādi
4. mērījums	No izejas pozīcijas -30° grādi
5. mērījums	No izejas pozīcijas -60° grādi

Pēc MSCM funkcionalitātes testa respondentam tiek prasīts ieņemt sēdus pozīciju, ar iztaisnoto muguru, skatienu vērstu uz priekšu. Šī pozīcija tiek nosaukta par **neitrālo pozīciju jeb izejas pozīciju**. Tad tiek uzsākti SCM muskuļa aktivitātes mērījumi.

Pamatā esošo audu svārstības tika izraisītas, nodrošinot 5 īsus (15 ms) mehāniskus impulsus ar zemu spēku (0,4 N) un frekvenci 1 Hz. Inducētās audu dabīgās svārstības fiksēja MyotonPRO akcelerometrs. Katru reizi ierīces zonde (3 mm diametrā) tika novietota perpendikulāri ādas virsmai.

Pirmais mērījums tiek veikts neitrālajā pozīcijā.

Mērījumu veic pēc sekojošas shēmas (sk. 2. attēlu):

1) Goniometra pielikšanas punkti: C7 ir goniometra centrs (ass), līnija no spina iliaca anterior superior līdz C7 procesuss spinosus (PS) ir nekustīgais plecs un no C7 PS līdz AAK ir kustīgais plecs.

2) Tad no kustīgā pleca gala tiek pierakstīts 1. mērījums, kas atbilst izejas pozīcijas mērījumam vai nosacīti 0 grādiem.

3) Uz goniometra kustīga pleca pie izejas pozīcijas mērījuma leņķa tiek pielikts klāt vēl 30 grādi. Manuāli pats pētnieks kusta respondenta galvu uz augšu, tā, lai AAK būtu uz vienas līnijas ar goniometra iepriekšminēto leņķi.

4) Veic miotonometriju uz MSCM vidusdaļas.

5) Tādējādi bija iegūts 2. mērījums +30 grādu pozīcijā.

6) Pēc tāda paša principa (no 2 punkta līdz 4 punktam) bija veikts 3., 4. un 5. mērījums.

7.1) Lai veiktu 4. un 5. mērījumu, bija nepieciešams atgriezties izejas pozīcijā un galvu nolikt uz leju, no izejas pozīcijas mērījuma leņķa atņemt 30 grādus, manuāli novilkt respondenta galvu uz leju tā, lai AAK sakrīt ar goniometra rādītājiem.

7.2.) 5. mērījums tika veikts, pievienojot vēl 30 grādus uz leju.

Mērījumi tika veikti sākumā kreisajā un pēc tām labajā pusē.

Programma MyotonPro iegūtos rezultātus automātiski konverģē *Microsoft Excel* tabulā, tad šie dati tiek importēti no tabulas un tika analizēti SPSS programmā. Iegūtiem datiem nebija normāla sadalījuma, līdz ar to tie tika analizēti pēc neparametriskiem testiem – Manna-Vitnija U-testa un Spīrmena rangu korelācijas testa, nosakot korelācijas koeficientu.

3. Rezultāti

Sākotnēji 45 cilvēki piedalījās pētījumā. Pēc MSCM funkcionalitātes pārbaudes, 4 respondenti nevarēja turpināt savu dalību, līdz ar to tikai 41 respondents piedalījās visos eksperimenta posmos. Pēc miotonometrijas, šie cilvēki tika sagrupēti un analizēti 3 dažādos virzienos: pēc dzimumiem, pēc ķermeņa masas indeksa (KMI), pēc dominējošās rokas, jo mērķis bija uzzināt, kā šie parametri var ietekmēt muskuļa biomehāniskos parametrus (muskuļa sasprindzinājumu, elasticitāti un relaksācijas laiku). Kā arī par katru muskuļa biomehānikas rādītāju tika iegūti atsevišķi skaitļi.

Tabula 2

Katra pētījuma dalībnieka antropometriskie un bāzes rādītāji (n=41)

Raksturojums	Vērtība	M ± SD
Vecums	18 - 34	25,0 ± 3,3
Dzimums, vīrieši: sievietes (n)	-	19 : 22
Dominanta roka, labā/ kreisā (n)	-	36/5
Ķermeņa masa (kg)	51 - 97	69,6 ± 13,8
Augums (cm)	152 - 176	174,0 ± 9,6
Ķermeņa masas indekss	18,3 – 31,3	22,8 ± 3,2

Svārstību frekvence (SF). Vislielākā šī rādītāja vērtība bija novērota pie +60° grādiem un sastāda 17,5 Hz (CI 17,0 – 18,1), vismazākā – pie -30° leņķa un sastāda 12,3 Hz (CI 12,1 – 12,5).

Muskuļa stīvums. Šeit ir novērota līdzība ar iepriekšējo rādītāju. Pie -60° grādiem muskuļa stīvums bija 314,0 N/m (CI 295,2 – 332,0) – maksimums, bet pie -30 grādiem – 185,5 N/m (CI 180,0 – 191,1), kas bija minimāls rādītājs.

“Samazinājuma” koeficients. Pie šī parametra jau būs novērota atšķirība rezultātos. Pie – 60° grādiem bija sasniegta maksimālā vērtība – 1,5 (CI 1,5 – 1,6), bet pie +60° grādiem – minimālā un sastāda 1,1 (CI 1,08 – 1,14).

Relaksācijas laiks. Šim parametram bija līdzība ar “samazinājuma” koeficientu datiem. Lielākā vērtība bija sasniegta pie -60° grādiem – 25,9 ms (CI 25,2 – 26,6), mazākā pie $+60^\circ$ grādiem – 15,6 (CI 14,9 – 16,3).

Tabula 3

***M. sternocleidomastoideus* biomehānikas rādītāji**

Mērījumu sērija	Galvas leņķis (grādos)	Svārstību frekvence (Hz) \pm SD	Muskuļa stīvums (N/m) \pm SD	“Samazinājuma” koeficients \pm SD	Relaksācijas laiks (ms) \pm SD
5. mērījums	-60°	12,33 \pm 1,2	190,35 \pm 31,17	1,54 \pm 0,24	25,87 \pm 3,12
4. mērījums	-30°	12,29 \pm 0,76	185,54 \pm 25,32	1,43 \pm 0,23	25,33 \pm 2,59
1. mērījums	“0” grādi	13,16 \pm 0,92	198,24 \pm 25,76	1,25 \pm 0,15	22,31 \pm 2,38
2. mērījums	$+30^\circ$	15,56 \pm 2,11	255,22 \pm 60,99	1,11 \pm 0,14	18,08 \pm 3,24
3. mērījums	$+60^\circ$	17,54 \pm 2,64	313,57 \pm 83,77	1,11 \pm 0,15	15,62 \pm 3,04

Dzimumu salīdzinājums. Attiecībā uz muskuļa stīvumu un relaksācijas laiku atšķirības netika konstatētas, taču pie $+30^\circ$ grādiem sievietēm tika novērota tendence ($p=0,057$), ka viņu muskuļu sasprindzinājums var būt lielāks par vīriešu. Runājot par “samazinājuma” koeficientu pie leņķiem -60° ($p<0,001$), -30° ($p=0,048$) un $+60^\circ$ ($p=0,001$) un pie leņķa 0° grādi ir novērota tendence ($p=0,059$), ka atkal sievietēm muskuļu elasticitāte ir zemāka nekā vīriešiem.

Galvas leņķa pozīcija un svārstību frekvence. Pastāv pozitīva korelācija starp galvas pozīciju un SF ($r_s = 0,76$, $p<0,001$).

Galvas leņķa pozīcija un muskuļa stīvums. Arī pastāv pozitīva korelācija starp šiem parametriem ($r_s = 0,65$, $p<0,001$).

Netika atrasta korelācija starp SF un respondenta dominanto roku (labai pusei $p=0,74$, kreisai – $p=0,61$). Pastāv negatīva korelācija starp galvas pozīciju un SK ($r_s = 0,68$, $p<0,001$), papildus tam starp galvas pozīciju un relaksācijas laiku ($r_s = 0,80$, $p<0,001$).

Tika atrasta pozitīva korelācija starp KMI un muskuļa relaksācijas laiku pie visiem mērītājiem leņķiem, izņemot $+60^\circ$.

4. Diskusija, ierobežojumi un priekšlikumi

Ierobežojumi. Ierobežots dalībnieku skaits ir liels šķērslis statistiski ticamu rezultātu sasniegšanā. Šī pētījuma iespējas respondentu skaita ziņā varēja būt plašākas, koronavīrusa slimības izraisīta pandēmija ieviesa ierobežojumus, kuri vērsti pret infekcijas izplatīšanos, līdz ar to satikties ar lielu cilvēka skaitu bija nedroši.

Galvas leņķa noteikšanai, līdzīgi kā ar miotonometru, eksistē dažādas ierīces, to starpā ir precīzākas metodes, ka, piemēram, kustību analizators, taču šī ierīce prasa noteiktu telpu, nav pārnēsājams. Un kā jau bija minēts otrajā sadaļā par metodēm un materiāliem, viens no nosacījumiem bija izmantot tādu instrumentu, kurš nodrošina eksperimenta mobilitāti, tāpēc tika izvēlēts goniometrs.

Trešā šī pētījuma problēma ir tāda, ka kaklu veido 26 muskuļi. Mērķtiecīgi bija paņemts vislielākais no kakla muskuļiem – *m. sternocleidomastoideus*, taču kakla lielo muskuļu daudzumu dēļ, pētījumu ir nepieciešams turpināt veikt ar muskuļiem ekstensoriem un laterālas grupas muskuļiem.

Savu ierobežojumu ieviesa arī miotonometrs, jo šī ierīce var būt pielietota tikai virspusējiem kakla muskuļiem. Pētnieks nevar spriest par dziļās muskulatūras stāvokli.

Diskusija un priekšlikumi. Dažādie *m. sternocleidomastoideus* sasprindzinājuma rādītāji atkarībā no galvas pozīcijas leņķa, ļāva spriest par iespējamo apdraudējumu tiem strādniekiem, kuru darbs ir saistīts ar statisku pozu un ergonomiski nepareizi izveidotu darba vidi. Kā jau bija minēts, tiem profesijas pārstāvjiem, kuri ir spiesti vērst savu skatu uz augšu, var ieteikt kakla un plecu vingrinājumus. Vingrinājumi nodrošina asins pieplūdi pie kakla muskuļiem, tādējādi lokāli neuzkrājas metabolisma atkritumu produkti un sāpju progresija samazinās. Jāatzīmē, ka šis ieteikums ir universāls visiem nodarbinātiem, kuru darbs ir saistīts ar statisku pozu. Taču medicīnas darbiniekiem, piemēram, jau minētajiem NMPD brigādes vadītājiem, mašīnu var papildus aprīkot ar galdiņiem. Parasti NMPD brigādes vadītājs sēž mašīnas priekšā, blakus autovadītājam. Starp viņiem ir tukša telpa, kur var ievietot nelielu mehānismu, vai tuvāk brigādes vadītāja krēslam. Par prototipu galdiņam, kas teorētiski ir paredzēts rakstīšanai planšetdatorā, var kļūt kafijas galdiņš, kas atrodas *Bentley Mulsanne 2019* salonā (sk. 2. pielikumu). Prototipa izstrādei var nebūt lielas izmaksas, taču mediķu darbs var ievērojami uzlaboties.

Pētījumu var modificēt. Katru mērījumu 5 dažādos leņķos var mērīt ar laika intervālu, lūdzot respondentu nemainīt galvas pozīciju, bet turēt to noteiktajā līmenī 5 minūtes, tad attiecīgi izdarīt mērījumus pirms un pēc šī laika. Šādi pastāv lielāka varbūtība atspoguļot statistiskas pozas ietekmi uz muskuļa biomehāniskiem parametriem. Jo spriežot pēc normas robežām:

Tabula 4

Miotonometra biomehānisko parametru normas robežas

Biomehāniskie parametri	Normas robežas
Svarstību frekvence	12.0 – 18.0 [Hz]
Muskuļa stīvums	220 – 380 [N/m]
“Samazinājuma” koeficients	1.00 – 1.60
Muskuļa relaksācijas laiks	14.0 – 30.0 [ms]

Respondentu muskuļa sasprindzinājums un citi parametri saglabājās gandrīz vienmēr normas robežās pat pie nedabiskām galvas pozīcijām (pie skata uz leju vai uz augšu).

Secinājumi

1. Minimālais MSCM sasprindzinājums bija novērots -30 grādu pozīcijā, kas liecina, ka priekš MSCM šī pozīcija ir visoptimālākā.
2. Visi četri analizētie biomehāniskie parametri pie galvas leņķa +60 grādi parāda maksimālo vērtību, kas atbilst normālai fizioloģijai.
3. Miotonometrija ir diezgan precīza metode virspusējo muskuļu analīzei. Var būt pielietota ne tikai pētījumos, bet var apsvērt iespēju pielietot arī klīniskajā praksē.
4. Dominantai rokai nav ietekmes uz MSCM sasprindzinājumu.
5. Dalībniekiem ar lielāku ķermeņa masas indeksu ir mazāks MSCM saspringums, bet to var izskaidrot ar lielāku tauku kārtu, kas apklāj kakla muskuļus.
6. Sievietēm ir tendence uz to, ka muskuļi ir mazāk elastīgi, nekā vīriešiem.
7. Lai labāk spriestu par statistiskas pozas izraisītām sekām ir nepieciešams pagarināt pētījuma ilgumu.

Literatūras avoti

- [1] - Volpi E, Nazemi R, Fujita S. Muscle tissue changes with aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2004;7(4):405-410. doi:10.1097/01.mco.0000134362.76653.b2
- [2] - Jurryt de Vries, Britta K. Ischebeck, Lennard P. Voogt, Malou Janssen, Maarten A. Frens, Gert-Jan Kleinrensink, Jos N. van der Geest, Cervico-ocular Reflex Is Increased in People With Nonspecific Neck Pain, *Physical Therapy*, Volume 96, Issue 8, 1 August 2016, Pages 1190–1195, <https://doi.org/10.2522/ptj.20150211>
- [3] - Bexander, Catharina & Mellor, Rebecca & Hodges, Paul. (2006). Effect of gaze direction on neck muscle activity during cervical rotation. *Experimental brain research*. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale. 167. 422-32. 10.1007/s00221-005-0048-4.
- [4] - Todd M. Manini, Brian C. Clark, Dynapenia and Aging: An Update, *The Journals of Gerontology: Series A*, Volume 67A, Issue 1, January 2012, Pages 28–40, <https://doi.org/10.1093/gerona/glr010>
- [5] - McCormick, R., Vasilaki, A. Age-related changes in skeletal muscle: changes to lifestyle as a therapy. *Biogerontology* **19**, 519–536 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10522-018-9775-3>
- [6] - Rantanen, T. *et al.* Muscle strength and body mass index as long-term predictors of mortality in initially healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. **55**(3), M168–73 (2000).
- [7] -_Sternocleidomastoid Syndrome and Trigger Points. (2019, November 3). *Physiopedia*, . Retrieved 16:22, April 20, 2021 from https://www.physiopedia.com/index.php?title=Sternocleidomastoid_Syndrome_and_Trigger_Points&oldid=225282.
- [8] - Cieza, A., Causey, K., Kamenov, K., Hanson, S. W., Chatterji, S., & Vos, T. (2020). Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 396(10267), p. 2006.
- [9] - Raine, S. & Twomey, L. T. Head and shoulder posture variations in 160 asymptomatic women and men. *Arch Phys Med Rehab*. **78**, 1215–1223 (1997).
- [10] – Personu apvienība SIA “Civitta Latvija”, SIA “GRIF” un UAB “Civitta” un Valsts darba inspekcija DARBA APSTĀKĻI UN RISKI LATVIJĀ 2017-2018. TEMATISKIE PIELIKUMI, ERGONOMIKA UN ERGONOMISKIE DARBA VIDES FAKTORI, 21. – 22. lpp.

Pieejams:

https://www.vdi.gov.lv/sites/vdi/files/media_file/2_2_12_ergonomika_un_ergonomiskie_darba_vides_riska_faktori.pdf

[11] -Cieza, A., Causey, K., Kamenov, K., Hanson, S. W., Chatterji, S., & Vos, T. (2020). Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 396(10267), 2006-2017.

[12] - Hoy D, March L, Woolf A, *et al* The global burden of neck pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study *Annals of the Rheumatic Diseases* 2014;**73**:1309-1315.

[13] - Zhiyong Ming et al., Neck and shoulder pain related to computer use (2014), the Elsevier, *Pathophysiology* 11 (54 – 56). <https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2004.03.001>

[14] - D.E. Harrison, Comparison of axial and flexural stresses in lordosis and three buckled configurations of the cervical spine, *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)* 16 (4) (2001) 276–284.

[15] - K.B. Veiersted, R.H. Westgaard, P. Andersen, Pattern of muscle activity during stereotyped work and its relation to muscle pain, *Int.Arch. Occup. Environ. Health* 62 (1) (1990) 31–41.

[16] - Ustinova, Ksenia & Perkins, J.. (2011). Gaze and viewing angle influence visual stabilization of upright posture. *Brain and behavior*. 1. 19-25. 10.1002/brb3.10.

Galvojums

Es, Nadīna Rīmere, apliecinu, ka šis pētnieciskais darbs par tēmu

„M. sternocleidomastoideus nogurdināmība atkarībā no galvas noliekšanas leņķa

”

(darba nosaukums latviešu valodā)

„Fatigue of the sternocleidomastoideus muscle depending on the angle of the head

”

(darba nosaukums angļu valodā)

ir manis sagatavots patstāvīgs pētījums. Visi citi datu, definīciju un citātu avoti manā darbā ir atbilstoši norādīti atsaucēs. Šī darba teksts ne kopumā, ne pa daļām nekad nav nekādā veidā iesniegts kādai citai Valsts pārbaudījuma komisijai izvērtēšanai un nekad nav kopumā publicēts.

_____/Nadīna Rīmere/
(studējošā paraksts) (vārds, uzvārds)

2021. gada 14. aprīlī.

1. Pielikums

Rīgas Stradiņa universitātes ētikas komitejas atļauja pētījuma veikšanai

Veidlapa Nr. E-9(3)
APSTIPRINĀTA
ar Rīgas Stradiņa universitātes rektora
2018. gada 26. septembra rīkojumu Nr. 5-1/238/2018

Rīgas Stradiņa universitātes
Pētījumu ētikas komitejas
LĒMUMS
Rīgā

24.09.2020. Nr.6-1/10/ 36

Komitejas sastāvs	Kvalifikācija	Nodarbošanās
1 Profesors Olafs Brūvers	Dr.theo.	teologs
2 Asoc.prof. Santa Purviņa	Dr.med.	farmakologs
3 Asoc.prof. Voldemārs Arnis	Dr.biol.	rehabilitologs
4 Professore Regīna Kleina	Dr.med.	patalogs
6 Asoc.prof. Viesturs Līguts	Dr.med.	toksikologs
7 Docente Iveta Jankovska	Dr.med.	ortodonts
8 Docents Kristaps Circeņis	Dr.med.	docētājs

Pieteikuma iesniedzējs/i: Nadīna Rīmere Simona Rubine, Alise Gulājaeva, Zane Zundāne
Medicīnas fakultāte


Pētījuma / pētnieciskā darba nosaukums: "Datora monitora novietošanas pozīcijas ietekme uz veselību".


Iesniegšanas datums: 23.09.2020.

Pētījuma protokols:
Izskatot augstāk minētā pētījuma pieteikuma materiālus (protokolu) ir redzams, ka pētījuma mērķis tiek sasniegts veicot ar dalībniekiem pētījumu galvas dažādu pozīciju un muskuļu sasprindzinājuma pie monitora izvērtēšanu un aptauju-anketēšanu, iegūto datu apstrādi un analīzi, kā arī izsakot priekšlikumus. Personu (dalībnieku) datu izmantošana, glabāšana, aizsardzība, informēta brīvprātīga piedalīšanās, anonimitāte un konfidencialitāte ir ievērota un nodrošināta. Līdz ar to pieteikums atbilst pētījuma ētikas prasībām.

Komitejas lēmums: **piekrist pētījumam**

Komitejas priekšsēdētājs Olafs Brūvers Tituls: Dr. miss., prof.

Paraksts 



2. Pielikums

Kafijas galdiņš Bentley Mulsanne 2019 salonā



<https://i.ytimg.com/vi/RhhYZvBA1c/maxresdefault.jpg>

3. Pielikums

Iesniegta raksta priekšskatījums

IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors



Sternocleidomastoid muscle and head position - how to minimize muscle tension?

Journal:	<i>IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors</i>
Manuscript ID:	Draft
Manuscript Type:	Original Research
Keywords:	ergonomics, sternocleidomastoid muscle, myotonometry, monitor positioning

SCHOLARONE™
Manuscripts

1 **Sternocleidomastoid muscle and head position - how to minimize muscle**

2 **tension?**

3 **Occupational Applications**

4 The COVID-19 pandemic has changed the style of many jobs, forcing people to switch to remote
5 work. In turn, teleworking is associated with an increased risk of developing musculoskeletal disorders,
6 as it is difficult to ensure an ergonomically correct working environment at home. Complaints of
7 headaches and neck pain, as well as dizziness, occur in both young and old people - due to incorrect
8 head position and prolonged tension in the neck muscles, all provoked by a spatially misaligned
9 computer monitor in relation to employee's visual plane.

10 In this study, one of the largest neck muscles, namely the sternocleidomastoid muscle, was
11 exemplified; it was discovered that it is possible to achieve less muscle tension and consequently reduce
12 muscle fatigue by changing the position of the screen, e.g. with a monitor arm, thus potentially
13 eliminating health hazards.

14

15 **Technical Abstract**

16 **Background:** With an increase in demand for faster data processing, computers and other smart devices
17 became an integral part of many workplaces. Sternocleidomastoid muscle (SCM) is one of the main
18 muscles that supports the head. A review of the available literature suggests that the overuse of SCM
19 can provoke a number of complaints among employees, including head and neck pain. This article
20 describes the process of evaluation of effective angles for head positioning during the use of a monitor
21 which exert the least strain on the SCM.

22 **Purpose:** The main objective of the study was to determine how the tension of the sternocleidomastoid
23 muscle changes depending on head position angle. It was hypothesized that biomechanical parameters
24 of SCM demonstrate the lowest tension with the head in a neutral position.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/oehf> Email: nussbaum@vt.edu

25 **Methods:** A total of 41 people (22 female and 19 male) participated in the study. Only respondents
26 without chronic conditions were selected. Tension of the aforementioned muscle was measured by the
27 MyotonPRO (Myoton AS, Tartu, Estonia).

28 **Results:** A positive strong correlation between angle (head position) and muscle tension (oscillation
29 frequency) was observed ($r=0.76$, $p<0.001$) as well as between angle and muscle stiffness ($r=0.65$,
30 $p<0.001$).

31 In respect of head angle and SCM decrement, a negative correlation ($r=-0.68$, $p<0.001$) was detected as
32 well as negative correlation between head angle and muscle relaxation time ($r=-0.80$, $p<0.001$).

33 **Conclusions:** The study had led to the conclusion that the minimal tension occurs when the head is
34 positioned at -30° . Determining the angle of minimal tension regarding SCM (-30°) provides credible
35 ground for various technical solutions that may ensure such positioning, e.g., a monitor arm. Though, to
36 provide a more accurate insight about the optimal angle of positioning, the study must be continued
37 examining neck extensor muscle group.

38 **Keywords:** ergonomics, sternocleidomastoid muscle, myotonometry, monitor positioning

39 1. Introduction

40 The rapid evolution of different technologies in recent decades has led to a significant increase
41 in the number of jobs that require the use of computers and other smart devices. Taking into account
42 that people spend about a third of their life at work, it may be assumed that this time is spent,
43 accordingly, in front of the screen; the head and neck are in a tense position throughout the workday.
44 This becomes particularly important at a time when, due to the global pandemic, anyone who is able to
45 work from home is doing so, thus extra attention needs to be paid to workplace environment and
46 ergonomics.

47 Prolonged static posture creates more muscle exhaustion than dynamic movement (Anghel et
48 al., 2007). Spending too much time in front of a computer screen poses various health hazards.

49 Health complaints tend to appear in as little as a few months after switching to a computer-
50 based job, and after several years of work the occupational diseases might come into play (Hush et al.,
51 2009; Lee & Koo, 2015).

52 The most common health complaints related to computer and other smart device use are back
53 pain (both in the neck and lumbar region), headaches, and various vision-related problems (Celik et al.,
54 2018; Ranasinghe et al., 2016; Ye et al., 2017). The most important factor in the development of these
55 complaints is prolonged isometric contraction of the muscles required for keeping work posture.
56 Consequently, continuous contraction of the muscle causes discrepancy between fresh blood supply
57 and energy expenditure. This results in ischemia and, finally, muscle pain (Issberner et al. 1996).

58 Muscle pain is evoked by specialized nerve endings (nociceptors), which respond to stimulus.
59 Two activating chemical substances or stimulus are particularly important for the generation of muscle
60 pain: adenosine triphosphate (hereinafter – “ATP”) and hydrogen ions (H^+), which come together with
61 low tissue pH, chronic ischemic states (Mense, 2008). Thus, more tension of the muscle results in higher
62 probability of pain development. The highest muscle tension most commonly develops in awkward
63 postures.

64 This is the reason why the workplace should be as comfortable as possible when working with
65 computers. Almost two decades ago, recommendations have been developed for an ergonomically
66 correct working environment for computer users. For example, the monitor should be located directly in
67 front of the face at a distance of 50 to 100 cm, the top of the monitor should be at or slightly below eye
68 level, and the center of the screen should be between 15° and 20° below horizontal eye level
69 (Occupational Safety and Health Administration [OSHA], 2003c). The requirements for a chair and table
70 are similarly stipulated (Occupational Safety and Health Administration [OSHA], 2003a; 2003b). Since the

71 time when these recommendations have been formulated, computer and screen technologies have
72 evolved a lot, proposing less static and more various postures while working with computer. In cases
73 where it is not possible to follow the basic principles of ergonomics directly, various technical solutions
74 have been developed in last years - such as a monitor arm, various ergonomic chairs, height adjustable
75 tables, footrest, and many others.

76 One of the many ergonomic improvement tools that could and in some places is already used to
77 improve the workplace is the monitor arm. It is an aid that is attached to a table, wall or ceiling and can
78 be used to adjust a computer monitor to suit individual requirements, whether the job is sitting,
79 standing, or both. The monitor can be adjusted in height, distance and angle, thus finding the most
80 comfortable working position. Monitor arms can be used not only for desktop computers, but also for
81 laptops. The monitor arm also allows you to arrange the surface of your table. Combined with an
82 adjustable desk, it is currently recognized as the best combination for an ergonomic workplace where a
83 computer is predominantly used (Dataflex, 2019; Kensington, 2019). Monitor arms have not yet been
84 studied much, but the first few studies are already available. For example, Shao et al. in 2016 published
85 a study of neck muscles (splenius capitis and trapezius), their mean frequency, and mean power
86 frequency, which serve as indicators of muscle fatigue. The study was conducted using a surface
87 electromyography and a monitor arm. By changing the positions of the monitor arm in a vertical plane
88 without changing the sitting time, it was concluded that muscle fatigue was reduced for the study group
89 that had used the monitor arm. Boothroyd and Hedge in 2007 concluded that the group of people who
90 used the monitor arm found that the device made it easier to communicate with colleagues, and the
91 test group demonstrated significant reduction of overall upper extremity musculoskeletal discomfort
92 and symptoms of computer vision syndrome. To be able to place monitor at appropriate level with
93 minimal health effects, there should be clearly defined evidence-based values for the head positioning

94 angle. The research data published in recent years have limited information on objective muscle tension
95 and activity measurements.

96 The authors did not find any studies that would examine the monitor arm by myotonometer as
97 an indicator of muscle tension, so it is probable for this type of study to be the first of a kind.

98 The authors created a study design to figure out how monitor placement can affect health by
99 placing more emphasis on the tension of neck muscles. Taking into account that one of the largest and
100 main muscles keeping head posture is sternocleidomastoid muscle (hereinafter – “SCM”), the current
101 study was focused on objective evaluation of tension and biomechanics of it.

102 The sternocleidomastoid muscle plays a key role in the physiology of head-neck balance. The
103 physiology of the muscle prevents the head from falling forward. Muscle has other functions as well,,
104 depending on whether one or both sides of the SCM are working and which body part is fixed at the
105 moment – the thorax or the head, respectively. When one side of the muscle acts alone, it tilts the head
106 towards the contraction and at the same time causes the head to rotate to the opposite side. When
107 both sides of the muscle act together, it pulls the mastoid down, thus ensuring that the head bends
108 backwards. When the head is in a fixed position, it raises the clavicle and sternum, thus acting as an
109 accessory muscle of respiration (Ramesh et al., 2007; Hasan, 2010).

110 In the current study, the following objectives were set: to find out how the SCM tension is
111 changing, depending on the angle at which the head is located; whether the dominant hand influences
112 the same side’s SCM biomechanical parameters; whether there are any gender differences, and whether
113 the body mass index (hereinafter – “BMI”, kg/m²) may affect measurement accuracy. The study
114 hypothesizes that biomechanical parameters of SCM demonstrate the lowest tension with the head in a
115 neutral position. The results might be further used in research to determine which head posture is the
116 least harmful when working with a computer, using a monitor arm as an aid to reduce long-term health
117 problems associated with prolonged forced posture at a computer and/or other smart devices.

118 2. Methods

119 2.1. Participants

120 A total of 41 people (22 female and 19 male) participated in the study. Only respondents
121 without chronic conditions were selected. To reduce the number of factors impacting the results, the
122 following selection criteria were applied:

- 123 ● Age range of respondents - 18 to 35 years.
- 124 ● No visual impairment.
- 125 ● No postural disorders (severe kyphosis, scoliosis, lordosis, etc.).
- 126 ● No signs of SCM muscle weakness on muscle functional condition test.

127 The choice of participants was also influenced by the functional state of the SCM. This is
128 discussed in more detail in Section 2.2.

129 2.2. Research equipment

130 SCM tension was measured by the myotonometer MyotonPro (Myoton AS, Tartu, Estonia).

131 The MyotonPRO can measure five muscle characteristics, however, for the research were
132 chosen only four:

- 133 ● oscillation frequency (Hz) – shows the tension of the muscle in the passive state;
- 134 ● dynamic stiffness (N/m), - allows to understand how the muscle is resistant to deformation;
- 135 ● logarithmic decrement – property of muscle's elasticity;
- 136 ● mechanical stress relaxation time (ms) – a time when muscle returns to its initial state

137 (Davidson et al., 2017, p.106).

138 According to the method proposed by Vain & Gapeyeva (2007), when performing
139 myotonometry, data about additional parameters such as height, weight, dominant arm, gender and
140 age were collected and taken into account in analysis.

141 A goniometer was used for measurements of changes of head posture. To determine the length
142 of SCM muscle and its midpoint, a flexible measuring tape was used. Midpoint, or application point of
143 the myotonometer was marked with a washable felt-tip pen.

144 2.3. Research protocol

145 Respondents were not required to prepare for the study separately. To reduce the effect of
146 ambient temperature on muscle tension, the study was performed at room temperature (18° - 24°C). To
147 ensure high precision of study results it was decided to exclude people with weak SCM from the study
148 participants as it could result in measurement bias. For this purpose, special check of the muscle
149 functional condition was performed.

150 *Check of the muscle functional condition*

151 Respondents were selected after the SCM muscle function test, which was performed according
152 to the following principle:

- 153 (1) The respondent was asked to lie on his back and fully relax.
- 154 (2) The researcher placed his hands over the respondent's occipital bone and checked if the head moves
155 freely, changing the position to the right and left (by rotation).
- 156 (3) As soon as the respondent was completely relaxed, the researcher passively moved his head to the
157 right (performing lateroflexion), then moved his head ventrally in the direction of the suprasternal notch
158 (see Figure 1); the researcher asked the subject to hold the head in this position for up to 10 seconds.

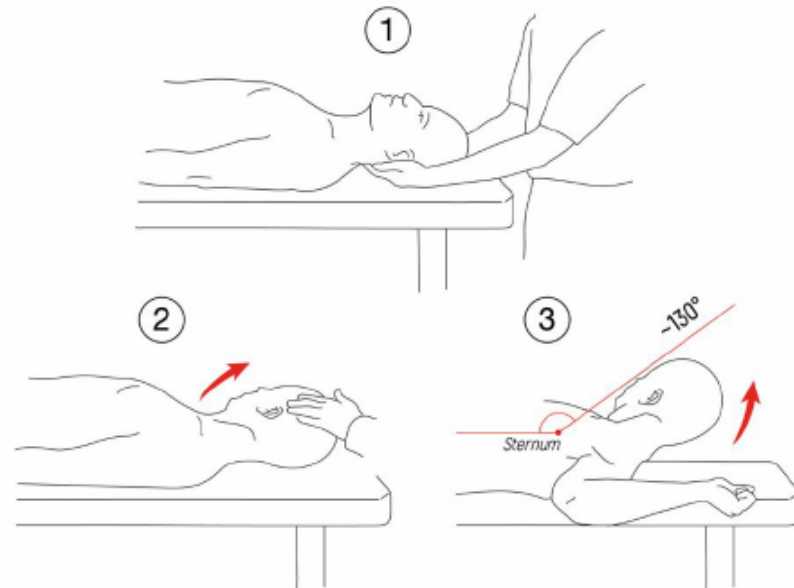
159 (4) If muscle tremor was noticed during the SCM function test or the participant began to complain that
160 he had difficulty staying in the required position, the particular participant could not continue his
161 participation in the study (a total of 4 people were excluded).

162 (5) The above manipulations were repeated (points 2 to 4) to test left SCM muscle function.

163 (6) After testing muscle function, the respondents who successfully qualified throughout the previous
164 stage were again asked to relax, placing their head straight so that the direction of vision was focused on
165 the ceiling.

166 (7) The researcher then searched for origin of the SCM muscle on the sternal manubrium and clavicle, as
167 well as the insertion – the mastoid process on the temporal bone.

168 (8) After finding these points, the length of the SCM muscle was measured and the middle part was
169 marked. The middle part was the point of myotonometer application.



170

171 Figure 1. Sternocleidomastoid muscle function test. Step 1 – The respondent lies on his back; step 2 –
 172 head rotation; step 3 – the respondent is asked to hold the head for 10 seconds.

173 *Application of the myotometer*

174 Subsequently, after marking the midpoint, followed an examination of SCM muscle activity by
 175 myotonometer.

176 Measurements were performed at 5 different angles which were determined using anatomical
 177 landmarks – the anterior superior iliac spine (hereinafter – “ASIS”), spinous process of C7 (hereinafter –
 178 “C7 PS”), outer corner of the eye (hereinafter – “OCE”) (see Figure 2).

179 The respondent was then asked to take a sitting position, with his back straight, his gaze facing
 180 forward. This position is called the neutral position or starting position, which was accepted as 0°.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/oeHF> Email: nussbaum@vt.edu

181 The myotonometer was mounted on constant preload (0.18 N). Oscillations of the underlying
182 tissues were evoked by delivering 8 brief (15 ms) mechanical impulses at a low force (0.4 N) and
183 frequency of 1 Hz. The induced damp natural oscillations of the tissues were recorded by a MyotonPRO
184 accelerometer. Every time, the device probe (3 mm in diameter) was placed perpendicularly to the skin
185 surface in the previously marked point.

186 The measurement of head posture was performed according to the following scheme (see
187 Figure 2) to get the next positions for muscle tension evaluation:

- 188 (1) Goniometer application points: C7 PS was the center of goniometer (axis), line from ASIS to C7 PS
189 was a fixed shoulder and from C7 PS to OCE was a movable shoulder.
- 190 (2) Then measurement 1 (0°) was recorded from the end of the movable shoulder, which corresponds to
191 the measurement of the neutral position or conditionally 0° .
- 192 (3) An additional 30° was added to the movable shoulder of the goniometer at the measurement angle
193 of the neutral position. Manually, the researcher moves the respondent's head up so that the OCE was
194 in line with the angle of the goniometer mentioned above.
- 195 (4) Performs myotonometry on the previously marked middle part of the SCM.
- 196 (5) Thus, the 2nd measurement in the $+30^\circ$ position was obtained.
- 197 (6) The same steps (from points 3 to 4) were taken for measurement 3 ($+30^\circ$ were added to
198 measurement 2, in the results section it corresponds to $+60^\circ$).
- 199 (7) In order to perform the 4th measurement, it was necessary to return to the neutral position and put
200 the head down, previously subtract 30° from the measuring angle from the neutral position, manually
201 pull the respondent's head down so that the OCE coincides with the goniometer readings.

202 (8) Measurement 5 was performed by adding another 30° down (it corresponds to -60°).

203 The measurements were taken first on the left and then the right side of the body.



204

205 Figure 2. Starting point of the measurement series. OC – outer corner of the eye; C7 – spinous process

206 C7; ASIS – anterior superior iliac spine.

207 2.4. Processing of the data

208 The results obtained by MyotonPro were automatically converted into a Microsoft Excel table,

209 then the data were imported from the table and analyzed using SPSS 21 program (SPSS Inc., Chicago, IL).

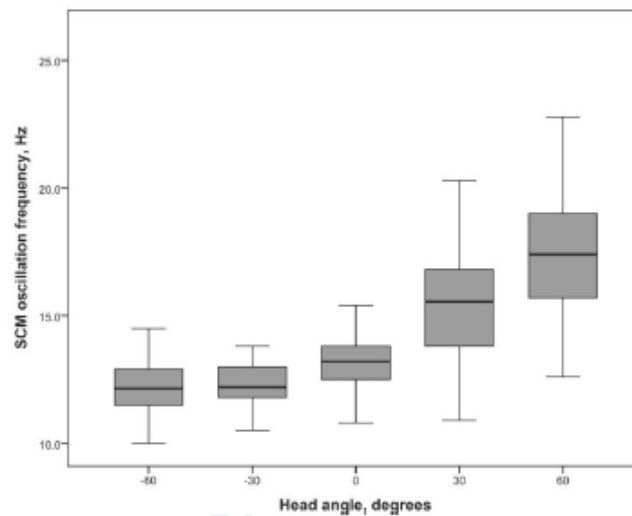
210 Because the obtained data did not correspond with a normal distribution, they were analyzed by non-

233 Table 1. Basic characteristics of participants (n=41). SD: standard deviation, IQR: interquartile
234 range.

Characteristic	Range	Mean \pm SD	Median (IQR)
Age	18-34	25.02 \pm 3.3	25.0 (23.0-26.0)
Gender, male/female	M – 19 F – 22	-	-
Dominant side, left/right	L – 5 R – 36	-	-
Body weight (kg)	51-97	69.6 \pm 13.8	69.0 (58.0-78.0)
Height (cm)	152-176	174.0 \pm 9.6	175.0 (166.0-182.0)
Body mass index, kg/m ²	18.3-31.3	22.8 \pm 3.2	22.8 (19.9-24.8)

235

236 The highest SCM muscle oscillation frequency value was at an angle of +60°, where mean value
237 was 17.5 Hz (CI 17.0-18.1) and median was 17.4 Hz (IQR 15.7-19.0), but the lowest – at -30°, where
238 mean value was 12.3 Hz (CI 12.1-12.5) and median was 12.2 Hz (IQR 11.8-13.0) – these results are
239 reflected in Figure 3.



240

241 Figure 3. Sternocleidomastoid muscle (SCM) oscillation frequency at different head angles.

242

243 The next characteristic which was analyzed was muscle stiffness. The highest SCM muscle
 244 stiffness value was at +60° with mean 314.0 N/m (CI 295.2-332.0) and median 301.5 N/m (IQR 245.8-
 245 345.5), but the lowest – at -30° with mean value 185.5 N/m (CI 180.0-191.1) and median 184.0 N/m (IQR
 246 166.9- 204.0).

247 The highest SCM logarithmic decrement value in its turn was at -60°, where mean was 1.5 (CI
 248 1.5-1.6) and median 1.52 (IQR 1.32-1.74) and the lowest SCM decrement – at +60° with mean 1.1 (CI
 249 1.08-1.14) and median 1.10 (IQR 1.01-1.19).

250 Similarly, the highest muscle relaxation time value was at -60° with mean 25.9 ms (CI 25.2-26.6)
 251 and median 25.65 ms (IQR 23.88-28.6), but the lowest at +60° with mean 15.6 ms (CI 14.9-16.3) and
 252 median 15.3 ms (IQR 13.58-17.45).

253 All biomechanical parameters of SCM muscle and their value variations related to the head
 254 angle are shown in Table 2.

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/oe hf> Email: nussbaum@vt.edu

255 Table 2. Sternocleidomastoid muscle biomechanical parameters contingent upon head angle (means
 256 and standard deviation SD, medians and interquartile range IQR).

Head angle (degrees)	Oscillation frequency (Hz)		Stiffness (N/m)		Decrement		Relaxation time (ms)	
	Mean \pm SD	Median (IQR)	Mean \pm SD	Median (IQR)	Mean \pm SD	Median (IQR)	Mean \pm SD	Median (IQR)
-60	12.33 \pm 1.2	12.15 (11.5-12.9)	190.35 \pm 31.17	187.0 (169.0-210.3)	1.54 \pm 0.24	1.52 (1.32-1.74)	25.87 \pm 3.12	25.65 (23.88-28.6)
-30	12.29 \pm 0.76	12.2 (11.8-13.0)	185.54 \pm 25.32	184.0 (166.9-204.0)	1.43 \pm 0.23	1.41 (1.25-1.60)	25.33 \pm 2.59	24.8 (23.35-27.33)
0	13.16 \pm 0.92	13.2 (12.5-13.8)	198.24 \pm 25.76	193.5 (180.0-217.3)	1.25 \pm 0.15	1.24 (1.14-1.36)	22.31 \pm 2.38	21.7 (20.7-24.13)
30	15.56 \pm 2.11	15.55 (13.8-16.9)	255.22 \pm 60.99	255.0 (209.5-295.0)	1.11 \pm 0.14	1.10 (1.01-1.22)	18.08 \pm 3.24	17.8 (15.7-20.45)
60	17.54 \pm 2.64	17.4 (15.7-19.0)	313.57 \pm 83.77	301.5 (245.8-345.5)	1.11 \pm 0.15	1.10 (1.01-1.19)	15.62 \pm 3.04	15.3 (13.58-17.45)

257

258 A positive strong correlation between angle (head position) and muscle tension (oscillation
 259 frequency) was observed ($r=0.76$, $p<0.001$) as well as between angle and muscle stiffness ($r=0.65$,
 260 $p<0.001$).

261 In respect of head angle and SCM decrement, a negative correlation ($r=-0.68$, $p<0.001$) was
262 detected as well as negative correlation between head angle and muscle relaxation time ($r=-0.80$,
263 $p<0.001$).

264 No correlation between SCM tension (oscillation frequency) and participants dominant arm was found
265 (measuring SCM of both sides of the neck – for the right side $p=0.74$, for the left side $p=0.61$).

266 In this study, 2 of 41 participants had low BMIs, 29 had normal BMIs, and 4 had high BMIs.
267 Negative weak correlation between muscle tension (oscillation frequency) and participants BMIs was
268 detected ($r=-0.12$, $p=0.02$). A statistically significant positive correlation was also found between
269 participants' BMIs and SCM relaxation time at almost all measuring angles except $+60^\circ$ ($p=0.26$). The
270 strongest correlation was detected an angle of 0° ($r=0.36$, $p=0.001$), slightly weaker at -30° ($r=0.33$,
271 $p=0.001$). But BMIs had no statistically significant correlation with SCM stiffness and decrement.

272 Comparing differences in the context of gender, no statistically significant differences were
273 found in the measurements of stiffness and relaxation time at any of the angles.
274 Statistically significant differences for males and females were found in muscle decrement at angles -60°
275 ($p<0.001$), -30° ($p=0.048$) and $+60^\circ$ ($p=0.001$) and a trend at the angle 0° ($p=0.059$) – at these angles
276 females had lower muscle elasticity than males, but no statistically significant difference between
277 groups was detected for oscillation frequency or muscle tension, but at an angle of $+30^\circ$ a trend was
278 detected ($p=0.057$) that muscle tension in females is greater than in males.

279 4. Discussion

280 Taking into account that the main aim of the study was to find out in which head position SCM
281 tension was lowest, a study design was developed in which participants' SCM was measured in different
282 head positions. Summarising measurements, the authors of the study have come to a number of
283 conclusions.

284 The major finding of the study is that, as the angle of the head increases in relation to the
285 monitor or a particular point, the SCM tension ($r=0.76$) and stiffness ($r=0.65$) increase as well, which
286 partially confirmed our initial hypothesis that, being in a neutral position (0°), SCM biomechanical
287 parameters are the most optimal. The optimal head position in which the SCM has the lowest tension
288 and stiffness is at angle -30° (from accepted 0° position). This is the angle at which the computer
289 monitor should be positioned to reduce the SCM muscle load.

290 Data were also obtained that increasing the angle of the head, while looking at a monitor or a
291 specific point, decreased the logarithmic decrement ($r=-0.68$), indicating an increase in muscle elasticity
292 consistent with normal physiology. Muscle relaxation time also shortened while increasing the head
293 angle.

294 Another aim of this study was to find out if and how the dominant arm affects the tension of the
295 SCM on the same side of the neck (for example, will the SCM on the right side of the right-handed
296 person have a higher tension than on the left side?). The results of this study showed that there was no
297 correlation between these indicators, and dominant arm did not affect muscle tension.

298 As mentioned previously, another goal of the study was to find out the effect of BMI on the
299 parameters that can be measured using the myotonometer. Majority of the participants in the study
300 had normal BMI, however, analyzing the data, which also included participants with low or high BMIs,
301 the authors revealed weak correlation between individual parameters and BMI – with an increase of
302 BMI, the SCM tension reduced. However, it should not be interpreted that people who are overweight
303 will have less muscle tension, since it is more related to the thickness of the subcutaneous fat layer. In
304 order for the probe tip of the myotonometer to reach the muscle and to measure tissue displacement, it
305 is necessary to squeeze through the subcutaneous fat layer (Pamukoff et al., 2016). Therefore, there is a
306 possibility that the thickness of the subcutaneous fat layer may affect the performance of a
307 myotonometer, which explains why people with a higher BMI have lower SCM tension. The hypothesis

308 that the thickness of the subcutaneous fat layer may have an effect on myotonometer parameters can
309 be found in the research of Fröhlich-Zwahlen et al. (2014). In this case, the muscles of the lower
310 extremities were measured using MyotonPRO, but the thickness of the subcutaneous fat layer was
311 measured using ultrasonography. A statistically significant negative correlation was found in vastus
312 lateralis, rectus femoris and biceps femoris MyotonPRO parameters (strong negative correlation was
313 found at vastus lateralis stiffness ($r=-0.84, p<0.001$) and subcutaneous thickness and at biceps femoris
314 stiffness ($r=-0.75, p<0.001$). However, they do not unequivocally state in their conclusions that the
315 thickness of the subcutaneous layer has a convincing effect on the parameters of the myotonometer,
316 therefore it is advisable to continue the study aiming to identify the physiological correlates of
317 MyotonPRO parameters. S. Agyapong-Badu et al. (2015) also analyzed rectus femoris and biceps brachii
318 muscles in their study and discussed the effect of subcutaneous fat layer on Myoton parameters.
319 Although the correlations had weak and medium coefficients (ranged for some parameters from $r=-0.01$
320 to $r=-0.49$), the authors do not exclude the effect of subcutaneous fat. Therefore, the authors of this
321 research conclude that it is necessary to expand the study population to include more people with high
322 BMIs and to perform ultrasonography of the study muscle area separately and determine the thickness
323 of the subcutaneous fat layer to investigate the correlation.

324 The initial assumption that gender did not affect SCM biomechanical parameters was not
325 confirmed either. Following the measurements obtained, it was found out that the gender of the
326 respondents did not affect parameters such as muscle stiffness and relaxation time, but for muscle
327 decrement, women had less muscle elasticity at angles -60° , -30° and $+60^\circ$. No studies comparing SCM
328 elasticity of males and females were found in the process of literature research. In 2016, Agyapong-Badu
329 et al. studied the effects of aging and gender on muscle (rectus femoris and biceps brachii) tone and
330 mechanical properties. As for elasticity, it was determined that elasticity in rectus femoris was lower in
331 males than females only in youth age group (18 to 35 years, which corresponds to the age of this

332 research respondents). The data are contradictory when comparing the data obtained in this and the
333 above studies. It means that the study needs to be continued by analysing precisely the differences in
334 elasticity of muscles between males and females.

335 Regarding muscle tension, no statistically significant differences were found between genders,
336 which means that gender had no effect on muscle tension in this study.

337 As the measurement results showed that the SCM tension is the lowest at -30° , it is necessary to
338 think about solutions that can provide it. One such option is the monitor arm. It can be adjusted
339 individually according to individual needs. In 2016, Shao et al. described this idea by studying the
340 monitor arm and concluding that the study group that used the monitor arm had lower fatigue of the
341 studied neck muscles (splenius capitis and trapezius) than the control group. Therefore, it should be
342 assumed that using the monitor arm would also reduce the SCM tension if adjusted at -30° . However, it
343 should be noted that not only the SCM, but also other muscles participate in active support of the head,
344 among which the extensor muscles play an equally important role. Therefore, in order to determine the
345 position of the head that is least harmful over prolonged periods, the tension of these muscles at
346 different angles of the head should also be studied.

347 *4.1. Conclusions*

348 When looking at the screen of a computer or other smart device, the head, supported by about
349 20 neck muscles, remains in a specific position; one of the most important among the aforementioned
350 muscles is SCM. Its prolonged tension leads to complaints of neck pain and headaches. In order to
351 determine the position at which the tension of the SCM is the lowest, measurements were made with a
352 myotonometer at different angles of head placement (-0° , $+30^\circ$, -30° , $+60^\circ$ and -60°) and it was
353 concluded that for SCM, the lowest tension and stiffness is at an angle of -30° . No correlation was
354 detected between the dominant arm of the study participants and SCM tension. BMI may play a role,

355 namely, it was concluded that participants with higher BMIs had lower SCM tension, but to confirm or
356 rule it out, a study of people with increased or decreased BMI would be needed. Further research,
357 including other neck muscles, is needed to determine which head angle provides the lowest overall
358 muscle tension.

359 References

- 360 Agyapong-Badu, S., Warner, M., Samuel, D., & Stokes, M. (2016). Measurement of ageing effects on muscle tone
361 and mechanical properties of rectus femoris and biceps brachii in healthy males and females using a novel
362 hand-held myometric device. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 62, 59–
363 67. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2015.09.011>
- 364 Anghel, M., Argeanu, V., Talpo, C., & Lungeanu, D. (2007). Musculoskeletal disorders (MSDS) consequences of
365 prolonged static postures. *J Exper Med Surg Res*, 4, 167-172.
- 366 Boothroyd, K. M., & Hedge, A. (2007). Effects of a Flat Panel Monitor Arm on Comfort, Posture and Preference in an
367 Architectural Practice. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 51(8),
368 549–553. <https://doi.org/10.1177/154193120705100803>
- 369 Celik, S., Celik, K., Dirimese, E., Taşdemir, N., Arik, T., & Büyükkara, İ. (2018). Determination of pain in
370 musculoskeletal system reported by office workers and the pain risk factors. *International Journal of*
371 *Occupational Medicine and Environmental Health*, 31(1), 91-
372 111. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1898.00901>
- 373 Dataflex (2019). *Products: Everything you need to know about monitor arms*. Retrieved February 27, 2021,
374 from <https://www.dataflex-int.com/en/monitor-arms>
- 375 Davidson, M. J., Bryant, A. L., Bower, W. F., & Frawley, H. C. (2017). Myotonometry Reliably Measures Muscle
376 Stiffness in the Thenar and Perineal Muscles. *Physiotherapy Canada*, 69(2), 104–
377 112. <https://doi.org/10.3138/ptc.2015-85>
- 378 Fröhlich-Zwahlen, A. K., Casartelli, N. C., Item-Glatthorn, J. F., & Maffioletti, N. A. (2014). Validity of
379 resting myotonometric assessment of lower extremity muscles in chronic stroke patients with limited
380 hypertension: A preliminary study. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24(5), 782–
381 789. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.06.007>

URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/oehf> Email: nussbaum@vt.edu

- 382 Hasan, T. (2010). Variations Of The Sternocleidomastoid Muscle: A Literature Review. *The Internet Journal of*
 383 *Human Anatomy*, 2(1). <https://ispub.com/IJHA/2/1/8323>
- 384 Hush, J. M., Michaleff, Z., Maher, C. G., & Refshauge, K. (2009). Individual, physical and psychological risk factors
 385 for neck pain in Australian office workers: a 1-year longitudinal study. *European Spine Journal*, 18(10),
 386 1532-40. <https://doi.org/10.1007/s00586-009-1011-z>
- 387 Issberner, U., Reeh, P. W., & Steen, K. H. (1996). Pain due to tissue acidosis: a mechanism for inflammatory and
 388 ischemic myalgia? *Neuroscience Letters*, 208(3), 191-194. [https://doi.org/10.1016/0304-3940\(96\)12576-3](https://doi.org/10.1016/0304-3940(96)12576-3)
- 389 Kensington (2019, March 12). *Ergonomic Workspace Blog: Monitor Arms Simplified: Why You Need One and How to*
 390 *Pick the Right Style for You*. Retrieved February 28, 2021, from [https://www.kensington.com/en-au/news-](https://www.kensington.com/en-au/news-index---blogs--press-center/ergonomic-workspace-blog/monitor-arms-simplified-why-you-need-one-and-how-to-pick-the-right-style-for-you/)
 391 [index---blogs--press-center/ergonomic-workspace-blog/monitor-arms-simplified-why-you-need-one-and-](https://www.kensington.com/en-au/news-index---blogs--press-center/ergonomic-workspace-blog/monitor-arms-simplified-why-you-need-one-and-how-to-pick-the-right-style-for-you/)
 392 [how-to-pick-the-right-style-for-you/](https://www.kensington.com/en-au/news-index---blogs--press-center/ergonomic-workspace-blog/monitor-arms-simplified-why-you-need-one-and-how-to-pick-the-right-style-for-you/)
- 393 Lee, J., & Koo, J-W. (2015). Occupational Diseases Among Office Workers and Prevention Strategies. *Journal of the*
 394 *Ergonomics Society of Korea*, 34(2). 125-134. <http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2015.34.2.125>
- 395 Mense, S. (2008). Muscle Pain: Mechanisms and Clinical Significance. *Deutsches Ärzteblatt International*, 105(12),
 396 214-219. <https://doi.org/10.3238/artzebl.2008.0214>
- 397 Nichols T.R., & Huyghues-Despointes C.M.J.I. (2009). Muscular Stiffness. In M. D. Binder, N. Hirokawa,
 398 & U.Windhorst (Eds.), *Encyclopedia of Neuroscience* (pp. 2515–2519). Springer, Berlin,
 399 Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2_3697
- 400 Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2003, August-a). Computer workstations eTool: Chairs.
 401 Retrieved February 27, 2021,
 402 from https://www.osha.gov/SLTC/etools/computerworkstations/components_chair.html
- 403 Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2003, August-b). Computer workstations eTool: Desks.
 404 Retrieved February 27, 2021,
 405 from https://www.osha.gov/SLTC/etools/computerworkstations/components_desk.html
- 406 Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2003, August-c). Computer workstations eTool: Monitors.
 407 Retrieved February 27, 2021,
 408 from https://www.osha.gov/SLTC/etools/computerworkstations/components_monitors.html