

TARTU ÜLIKOOL
Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Roman Malõšev

Wim Hof hingamise meetodi mõju hingamissüsteemi võimekusele
The effect of the Wim Hof breathing method on the capacity of the respiratory
system

Magistritöö

füsioteraapia õppekava

Juhendaja:

Valu käsitlemise ja spordifüsioteraapia nooremlektor, Mati Arend

Töö autor:

Roman Malõšev

Tartu, 2024

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID.....	3
LÜHIÜLEVAADE	4
ABSTRACT	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	1
1.1 Hingamislihaste ülevaade	1
1.2 Hingamislihaste väsimus ja selle mõju sooritusvõimele	3
1.3 Hingamislihaste treeningu võimalused.....	4
1.3.1 Suuõõnerõhu ehk pressure threshold tehnika	5
1.3.2 Hingamist takistava ava muutmise tehnika	6
1.3.3 Hüperventileerimise tehnika.....	6
1.3.4 Wim Hof™ hingamise meetod.....	7
2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	10
3. METOODIKA	11
3.1 Vaatlusalused ja uuringusse kaasamise kriteeriumid.....	11
3.2 Uuringu korraldus.....	11
3.3 Andmete statistiline töötlus	13
4. TÖÖ TULEMUSED	14
4.1 Vaatlusaluste andmed.....	14
4.2 Wim Hof eelsed ning järgsed sisse- ja väljahingamise näitajad	14
4.3 Korrelatiivsed seosed sisse- ja väljahingamise testide ning antropomeetriliste näitajate vahel	17
5. ARUTELU.....	19
5.1 MIP ja MEP näitajate võrdlus referentsväärtustega.....	19
5.2 Korrelatiivsed seosed antropomeetriliste näitajatega.....	20
5.3 MIP ja MEP võrdlus teiste uuringutega	21

5.4	Hingamislihaste treeningu mõju sportlikule sooritusele.....	22
5.5	Sügava hingamise mõju organismile, potentsiaalne kasulikkus	24
5.6	Uuringu tugevused ja nõrkused	25
6.	JÄRELDUSED	27
	KASUTATUD KIRJANDUS	28
	LISAD	37
	Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks.....	37

KASUTATUD LÜHENDID

ATS/ERS -- *American Thoracic Society and European Respiratory Society*

BF – *breathing frequency*, hingamisesagedus

HR – *heart rate*, südamelöögisagedus

HR_{MAX} – *heart rate maximum*, maksimaalne südamelöögisagedus

KMI – kehamassiindeks

MEP – *maximal expiratory pressure*, maksimaalnesuuõõnerõhk väljahingamisel

MIP – *maximal inspiratory pressure*, maksimaalnesuuõõnerõhk sissehingamisel

MVV – *maximal volitional ventilation*, maksimaalne

tahtlik ventilatsioon

O₂Hb – oxyhemoglobiin, vere suhteline hapniku ja hemoglobiini kontsentratsioon

RPE – *rate of perceived exertion*, subjektiivne tajutava koormuse tase

RSA_{DEC} – *Repeated Sprint Ability Decrement*, taastumisvõime sprintide soorituse vahel

TWP_{di} – *twitch transdiaphragmatic pressure*, diafragmaalne rõhk

TÜ – Tartu Ülikool

VCO₂ – *carbon dioxide production*, süsihappegaasi tekke maht

VO₂ – *oxygen consumption*, hapniku tarbimise maht

V_E – *minute ventilation*, hingamise minutimaht

VT – *tidal volume*, hingamise maht

LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Uurimistöö eesmärgiks oli hinnata ja analüüsida ühekordse Wim Hof™ meetodi sessiooni efektiivsust hingamislihaste funktsionaalsele võimekusele tavalise aktiivsusega inimeste seas, kes ei tegele spordiga võistleva tasemel.

Metoodika: Uuringust võtsid osa 5 mees- ja 5 naissoost täisealist tudengit (vanus $24 \pm 0,7$ ja $23,6 \pm 2,1$ vastavalt meestel ja naistel), kes pole tegelelenud spordiga võistleva tasemel. Uuringu käigus mõõdeti vaatlusaluste kehamassi ja -pikkust. Hingamislihaste jõunäitajad mõõdeti istudes: 5 maksimaalset suuõõnerõhu mõõtmist sisse- ja väljahingamisel (*maximal inspiratory* ja *expiratory pressure*, MIP ja MEP), millest kolm viimast läksid arvesse. Katsete vahel oli puhkepaus üks minut. Seejärel teostasid uuritavad Wim Hof™ hingamismeetodit, mis koosnes kolmest seeriast ning iga seeria omakorda 30 sisse- ja väljahingamisest. Iga seeria lõpus hoiti hinge kinni ca üks minut ning seeriade vaheline puhkus oli üks minut. Wim Hof™ hingamismeetodi järgselt mõõdeti uuesti MIP ja MEP.

Tulemused: Mees- ja naissoost uuritavate kehapikkuse, kehamassi ja kehamassi indeksi (KMI) näitajad (keskmine \pm standardhälve) olid vastavalt $178,2 \pm 4,2$ cm; $76,1 \pm 7,1$ kg and $23,9 \pm 1,8$ kg/m² ja $168,2 \pm 5,2$ cm, $64,7 \pm 7,1$ kg, $22,9 \pm 2,5$ kg/m². Enne Wim Hof™ hingamismeetodit mõõdeti MIP ja MEP keskmisteks näitajateks $81,7 \pm 34,2$ ning $117,6 \pm 34,5$ cm/H₂O. Wim Hof™ hingamismeetodi järgselt MIP ja MEP näitajad paranesid, vastavalt $86,9 \pm 34,1$ ning $127,7 \pm 31,5$ cm/H₂O, mõlemad statistiliselt oluliselt ($p < 0,05$). Meeste MIP ja MEP näitajad olid suuremad võrreldes naistega, paranedes 99-st 102,4-ni cm/H₂O (MIP) ning 137,8-st 141,4-ni cm/H₂O (MEP), kuid ainult naiste näitajad paranesid statistiliselt oluliselt ($p < 0,05$) nii MIP kui MEP puhul, vastavalt 64,4-st 71,4-ni cm/H₂O ning 97,4-st 114-ni cm/H₂O. Antropomeetriliste ning hingamislihaste jõu näitajate vahel leiti tugeva statistiliselt olulise seose ainult kehamassi ning MEP vahel nii enne ($r = 0,83$; $p < 0,01$), kui pärast Wim Hof™ meetodit ($r = 0,70$; $p < 0,05$).

Kokkuvõtte: Ühekordne Wim Hof™ hingamismeetod mittetreenitud inimestel osutus efektiivseks sisse- ja väljahingamislihaste jõudu mõjutavaks meetodiks, kuid selle paremus võrreldes spetsiaalsete vahenditega (nagu *PowerBreathe*, *PoweLung*, *SpiroTiger*) lihasjõu ja vastupidavuse parandamiseks vajaks veel uurimist.

Märksõnad: Wim Hof, hingamissüsteem, sissehingamine, väljahingamine, diafragma

ABSTRACT

Aim: The aim of the study was to evaluate and analyze the single session of the Wim Hof™ breathing method on functional capacity of the respiratory muscles among non-athletic people who don't participate in sports at a competitive level.

Methodology: 5 male and 5 female adult students (24 ± 0.7 and 23.6 ± 2.1 years, respectively) who have not played sports at a competitive level took part in the study. Body weight and height were measured during the study. After explaining the study, 5 maximum inhalation and exhalation trials (maximal inspiratory and expiratory pressure, MIP and MEP, respectively) were performed while sitting, the last three results were counted. Subjects rested for 1 min between trials. Then the subjects performed the Wim Hof™ breathing method, which consisted of three series of 30 inhalations and exhalations in each. At the end of each set, the breath was held for about 1 min, and the rest between sets was also 1. Following the Wim Hof™ breathing method, MIP and MEP assessment was tested again.

Results: The subjects' height, body weight and body mass index (BMI) indicators (mean \pm standard deviation) were 178.2 ± 4.2 cm; 76.1 ± 7.1 kg and 23.9 ± 1.8 kg/m² for male and 168.2 ± 5.2 cm, 64.7 ± 7.1 kg, 22.9 ± 2.5 kg/m² for female. Before the Wim Hof™ breathing methods, the mean \pm standard deviation MIP and MEP indicators were 81.7 ± 34.2 and 117.6 ± 34.5 cm/H₂O. MIP and MEP values after the Wim Hof™ breathing method improved to 86.9 ± 34.1 and 127.7 ± 31.5 cm/H₂O, both statistically significant ($p < 0.05$). MIP and MEP were greater for men compared to women, improving from 99 to 102.4 cm/H₂O (MIP) and from 137.8 to 141.4 cm/H₂O (MEP), but only women improvement was statistically significant ($p < 0.05$) for both MIP and MEP, from 64.4 to 71.4 cm/H₂O and from 97.4 to 114 cm/H₂O, respectively. Between anthropometric and respiratory muscle strength indicators, a strong statistically significant correlation was found only between body weight and exhalation indicators both before ($r=0.83$; $p < 0.01$) and after the Wim Hof™ method ($r=0.70$; $p < 0.05$).

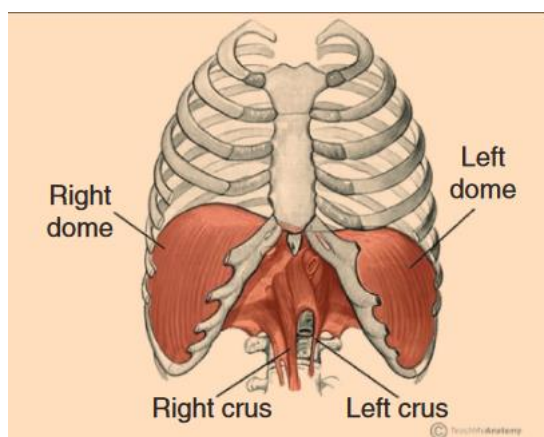
In summary: A single session of the Wim Hof™ breathing method proved to be an effective method of increasing the maximal inspiratory and expirator pressure values, but its effect in longer duration trainings should be compared to other respiratory resistance tools (such as PowerBreath, PoweLung, SpiroTiger...) for improving respiratory muscle strength and endurance.

Keywords: Wim Hof, respiratory system, inhalation, exhalation, diaphragm

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Hingamislihaste ülevaade

Hingamislihased, mida jaotatakse sisse- ja väljahingamislihasteks (Joonis 1, Joonis 2), võivad mängida tähtsat rolli sportliku soorituse kvaliteedis, mis tähendab teatud liigutuste soorituse tehnikat, k.a. selle sujuvus, kiirus, amplituud jne ning sportliku võimekuse kvaliteedis ehk suutlikkus sooritada mingit liigutust minimaalse aja või maksimaalse jõuga (Ermiş *et al.*, 2019). Sissehingamise peamiseks lihaseks peetakse diafragmat (Joonis 1), mille osalus sissehingamisest loetakse ca 75%-ga ning ülejäänud 25% tulenevad hingamise abilihastest, milleks on rinnaku-rangluu-nibujätke, roietevahelised ning kaelalihased (*m. scalenus*) (Acosta *et al.*, 2018).



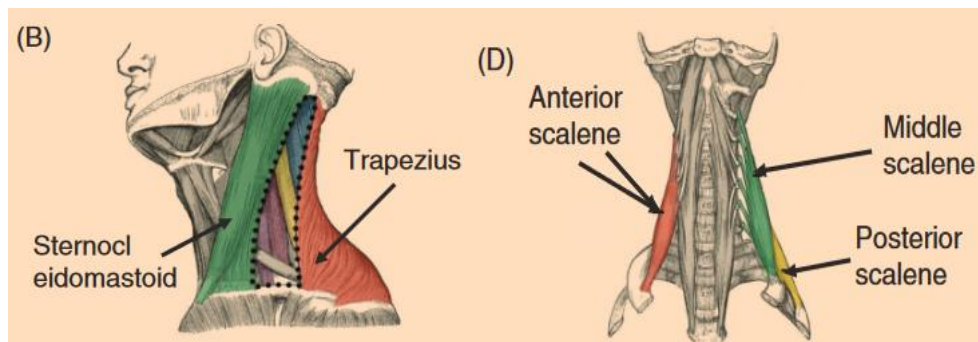
Joonis 1. Diafragma on kuplikujuline lihas, mis moodustub paremast ja vasakust kuplist (*right and left dome*) (Pilarski *et al.*, 2019)

Väljahingamislihasteks on kõhulihased (Joonis 2), mille puhul aktiveeruvad eeskätt kõhuristlihas (*m. transversus abdominis*), siis ülejäänud kõhulihased (De Troyer *et al.*, 1990).

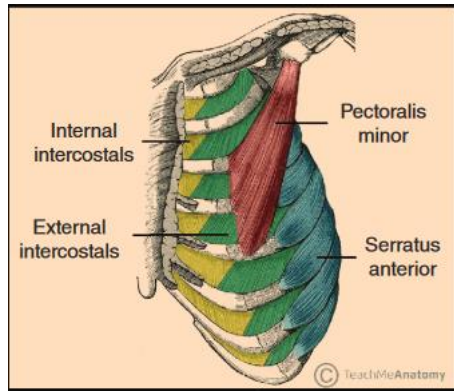


Joonis 2. Väljahingamisel osalevad kõhulihased: kõhuristilihas (*m. transversus abdominis*), kõhu sirglihas (*m. rectus abdominis*), sisemine ja välimine kõhu põikilihas (*m. obliquus internus et externus*) (Pilarski *et al.*, 2019)

Diafragma on õhuke kuplikujuline lihas, mis kinnitub alumistele roietele, *processus xiphoideusse* ja nimmelülidele, eraldades rindkere ja kõhuõõnde. Sissehingamisel diafragma lihaskiud lühenevad, mõjutades kopsusid alla ja suurendades seega kõhuõõne rõhku (Schepens *et al.*, 2020). Diafragma on aktiivne kogu sissehingamise perioodi vältel kuni varase väljahingamise faasini, mille ülesandeks on neutraliseerida kopsude elastset tagasilöögi rõhku, et kopsud ei tühjeneks liiga kiiresti või täielikult, säilitades kopsudes teatud õhuhulga kogust. Treeninguga suurenev diafragma neuraalne stimulatsioon mängib olulist rolli kopsuventilatsiooni suurendamisel (Pilarski *et al.*, 2019). Hingamise abilihased, nimelt roietevaheliste lihaste (Joonis 4), ülesandeks on roiete üles ja ette liigutamine, suurendades rindkere külgmist ja anteroposterioorset läbimõõtu. Kaelalihased (Joonis 3) tõstavad kahte esimest roiet ning rinnaku-rangluu-nibujätke lihas tõstab rinnakut kraniaalsemale (Schepens *et al.*, 2020).



Joonis 3. Rinnaku-rangluu-nibujätke (*m. sternocleidomastoideus*), trapets (*m. trapezius*) ning eesmine, keskmine ja tagumine astriklihas (*m. scalenus anterior, medius, posterior*) (Pilarski *et al.*, 2019)



Joonis 4. Sisemised ja välimised roietevahelised lihased (*m. intercostales interni et externi*) (Pilarski *et al.*, 2019)

Kehalise koormuse suurendamisel ja hingamissageduse tõustes aktiveeruvad kõhulihased, mille kokkutõmbumine soodustab diafragma jõudluse suurenemist ning omakorda kõhulihaste lõdvestamisel rindkere laienemist, assisteerides sissehingamist (Finucane *et al.*, 2005). Vähenenud sissehingamislihaste jõud võib põhjustada õhupuuduse aistingut ja kiirenenud väsimuse teket, pärssides seega sportliku sooritust (Ermiş *et al.*, 2019).

1.2 Hingamislihaste väsimus ja selle mõju sooritusvõimele

Hingamissüsteemi väsimuse tekkes mängib olulist rolli nõ *metaboreflex*, mis kiirendab subjektiivse väsimuse aistingut teket (Chan *et al.*, 2023). Samas põhjustab antud refleksi aferentsete närvide stimulatsiooni verevoolu suurendamiseks, et tagada lihastele hapniku ja toitainete ning vähendab lihasjõu genereerimise potentsiaali. Sellega kaasneb veresoonte ahenemine ning südamelöögisageduse tõus, et säilitada töövõimet võimalikult kõrgel tasemel (Boushel, 2010).

Sinoway *et al.* (1996) aga leidsid, et dünaamiline lihaste treening (12 lihaskontraktsiooni minutis, 30-35% maksimaalsest lihaste tahtlikust kokkutõmbumisest, 30 minutit päevas, 5 korda nädalas, 4 nädala jooksul) aitas vähendada statistiliselt oluliselt laktaadi kontsentratsiooni (1,2 vs 0,8 mmol/l), MSNA (*muscle sympathetic nerve activity*, 11 vs 6 lööke/min) ja keskmist arteriaalset vererõhku (15 vs 11 mmHg), mida seostatakse vähenenud mehhanoretseptorite aktiivsusega, viimast aga sümpaatilise närvisüsteemi aktiivsusega (Sinoway *et al.*, 1996).

Archiza *et al.* (2018) jõudsid järelduseni, et sissehingamislihaste treening *PowerBreathe* seadmega (K5, Southam, UK) naisjalgpalluritel suurendas statistiliselt oluliselt MIP näitajat

21,5% ning jooksulindil vastupidavuse testi (*Time to exhaustion*) ja jalgpalli spetsiifilise testi (*Repeated Sprint Ability Test*) tulemust vastavalt 41,2 ning 6,8% võrra. Jalgpalli testi puhul oluliseks näitajaks oli veel taastumine sprintide vahel (RSA_{DEC} , *Repeated Sprint Ability Decrement*) (Romer *et al.*, 2002), mis paranes 30,4% võrra (Archiza *et al.*, 2018). Ülalpool mainitud näitajate paranemine on potentsiaalselt seotud suurenenud roietevaheliste ja reie nelipealihase vere suhtelise hapniku ja hemoglobiini (O_2Hb) kontsentratsiooniga, mis viitab verevoolu suurenemisele ja kudede hapniku kasutamise vähenemisele. Tähendab seda, et sissehingamislihaste treening on potentsiaalselt *metaboreflex*'i alandava toimega (Archiza *et al.*, 2018).

Chan *et al.* (2023) uuringu tulemustest võib järeldada, et suurenenud sissehingamislihaste jõu ning vähenenud südamelöögisageduse ning vererõhu näitajad võivad püsida vähemalt 5 nädalat peale hingamislihaste treeningu lõppu ilma märgatava languseta. Seega, sissehingamise treeningu eelised säilivad ka pärast treeningu lõpetamist ning *metaboreflex*'i nõrgenemine järgneb hingamislihaste jõu muutustele (Chan *et al.*, 2023).

1.3 Hingamislihaste treeningu võimalused

Varasemalt on näidatud, et sissehingamislihaste spetsiifiline treening võib parandada vastupidavuslikku sooritusvõimetega seotud parameetreid (Forbes *et al.*, 2011). Hingamislihaste treeninguks on peamiselt kasutatud spetsiaalseid seadmeid, nagu *PowerBreathe*, *PowerLung*, *SpiroTiger* (Arend *et al.*, 2021; Arend *et al.*, 2016; Arend *et al.*, 2014; Chang *et al.*, 2021; Driller & Paton, 2012; Forbes *et al.*, 2011), kuid uuringuid hingamislihaste treeningust ilma abivahendita on vähem (Bahensky *et al.*, 2020; Citherlet *et al.*, 2021; Marko *et al.*, 2022). Varasemad uuringud on näidanud, et hingamislihaseid treenivad vahendid, nagu *PowerBreathe* või *PowerLung*, osutusid efektiivseks maksimaalse sisse- ja väljahingamise rõhu suurenemisel, kus näitajate tõus varieerus 18% sissehingamise ja 45% väljahingamise puhul. Sama käib ka kardiorespiratoorsete näitajate puhul nagu hingamissagedus (4 ± 1 lööki/min), minuti ventilatsioon (14 ± 4 L/min) (Forbes *et al.*, 2011), südamelöögisagedus ($-8\pm 9\%$), vererõhk ($-11\pm 17\%$), sissehingamislihaste vastupidavuslik test (MIP 60% sagedusega 15 hingamist minutis; 8 ± 5 min) (Archiza *et al.*, 2018; Chan *et al.*, 2023); kuid hingamisvahendi takistus peab olema suurem kui 40%, vastasel juhul ei pruugi saavutada nende näitajate paranemist (Arend *et al.*, 2014). Hingamislihaste treeninguks kasutati peamiselt kolm meetodit: suuõõnerõhu e *pressure threshold*, hingamise ava takistamise ning hüperventilatsiooni tehnikat.

1.3.1 Suuõõnerõhu ehk *pressure threshold* tehnika

Suuõõnerõhu tehnika on üks hingamislihaste treeningu võimalustest, mis seisneb selles, et uuritavad kasutavad hingamise ajal lisatakistusvahendi, nt *Threshold IMT*® (*Respironics New Jersey, Inc., USA*), mille eripäraks on takistuse valimise võimalus koos selle järkjärgulise juurdekasvuga (Paiva *et al.*, 2015). Kirjanduse järgi kasutatakse erinevaid takistuslävendeid, kuid tavaliselt alustatakse 40% maksimaalsest suuõõnerõhust (Arend *et al.*, 2014; Paiva *et al.*, 2015) ja kuni 80%-ni (Chang *et al.*, 2021).

Paiva *et al.* (2015) võrdlesid 40% takistusega *Threshold IMT*® vahendit tavalise hingamise ning *Voldyne*® (*Voldyne 5000*®, Sherwood Medical, St. Louis, USA) aparaadiga, millel puudus lisatakistuse valikuvõimalus ning uuritavad hingasid residuaalmahust kopsude täismahtuvuseni. Treening kestis 30 päeva, mille jooksul harjutati kaks korda päevas ning kolm korda nädalas. *Threshold IMT*® vahendi puhul sooritati 6 kordust 40% takistusega maksimaalsest MIP näitajast suurendades selle 10% võrra igal nädalal, *Voldyne*® 20 kordust ning tavalise hingamise puhul 3x20 hingamist tavalises tempos. Tulemuseks oli see, et maksimaalne suuõõnerõhk paranes statistiliselt oluliselt nii *Threshold IMT*® ($101,62 \pm 8,46$ kuni $120 \text{ cm/H}_2\text{O}$) kui ka *Voldyne*® ($100,62 \pm 6,94$ kuni $105 \text{ cm/H}_2\text{O}$) vahendiga treeningu järgselt, kuid mitte tavalise hingamise korral (Paiva *et al.*, 2015).

Chang *et al.* (2021) jõudsid sarnase tulemuseni rakendades *POWERbreathe K2* (*POWERbreathe International Ltd., England, UK*) seadet takistusega 50%, 60%, 70% ja 80% vastavalt 1,2,3 ja 4 nädalal kaks korda päevas ning viis korda nädalas. Uuringut viidi läbi jooksjatel (kes treenisid 3 korda nädalas, vähemalt 180 min) ning võrreldi kontroll gruppiga, kes kasutasid samasugust seadet 50% takistusega. Tulemuseks oli statistiliselt oluline MIP ($112,95 \pm 27,13$ kuni $131,09 \pm 28,20 \text{ cm/H}_2\text{O}$) ning 800m testi ($162,97 \pm 24,96$ kuni $156,75 \pm 20,73$ sek) paranemine sekkumisgruppi, kuid mitte kontrollgruppi (Chang *et al.*, 2021). Chuang *et al.* (2017) rõhutavad *pressure threshold* vahendite koormuse seadmise võimalust, mis on eriti aktuaalne kliinilises keskkonnas ja võimaldab valida koormust vastavalt patsiendi seisundile koos selle suurenemise võimalusega. Uuritavateks olid patsiendid kroonilise obstruktiivse kopsuhaigusega (KOK, *COPD*), kes kahe kuu jooksul kasutasid *pressure threshold* vahendit 5 korda nädalas, 21-30 min päevas, hingates 2 min järjest ning puhates sellejärgselt 1 min, kokku 7 hingamisseeriat. Uuritavad alustasid $15 \text{ cm/H}_2\text{O}$ koormusest, mis suurenes peale esimest nädalat $20 \text{ cm/H}_2\text{O}$ -ni ning neljandal ja kuuendal nädalal vastavalt 30 ja $40 \text{ cm/H}_2\text{O}$ -ni. Koormuse astmeline suurenemine võimaldas statistiliselt oluliselt parandada

sekkumisgruppi MIP ($30,96 \pm 10$ kuni $48,56 \pm 10,18$ cmH₂O) võrreldes kontrollgruppiga ($31 \pm 11,02$ kuni $33,46 \pm 10,98$ cm/H₂O), kes said ainult arstiabi ja tavahooldust. Autorid toovad välja ka seda, et selle vahendiga tulemuse saamine võtab aega, nii et ei tasu kiirustada ja oodata kiiret tulemust, vaid varuda aega ja kannatust (Chuang *et al.*, 2017).

1.3.2 Hingamist takistava ava muutmise tehnika

Lisaks sellele hingamislihaste treeninguks ilma lisa- või takistusvahenditeta kasutati Hiinast pärit *Qigong* hingamisharjutuste süsteemi, mis põhineb aeglastel, sügavatel ja kontrollitud hingamisharjutustel koos kõhu- ja vaagnapõhja lihaste pingutamisega. Ka *Pranayama* jooga treeningutel, mis seisneb hingamises nina kaudu, on nähtud vähenenud diastoolse vererõhu (79 ± 5 kuni 74 ± 5 mmHg), pulsi (77 ± 4 kuni 74 ± 3 l/min) ja hingamise sageduse (18 ± 1 kuni 16 ± 1 hingamist/min), maksimaalse väljahingamise voolukiirust (495 ± 48 kuni 507 ± 44 L/min) ning suurenenud kõhuõõnerõhku kontrolli (94 ± 41 versus 47 ± 23 cmH₂O sekkumis- ja kontrollgrupi vahel diafragmalihase puhul) ja jõu produktsiooni (95 ± 42 versus 76 ± 23 N sekkumis- ja kontrollgrupi vahel tippjõu genereerimise korral), mis oli statistiliselt oluline (Upadhyay Dhungel *et al.*, 2008).

Kõike seda seostati paranenud hingamissüsteemi kontrolli ning sümpaatilise ja parasümpaatilise süsteemi saavutatud tasakaaluga. Üheks põhjuseks pakutakse kopsude venitusretseptorite aktiveerimist, mis võib vähendada lihastoonust ja seega soodustada vasodilatatsiooni ning lihaskõhust, mis vähendab hingamisteede takistust. Hingamisharjutusi seostatakse ka suurenenud jõu genereerimise ja kehatüvelihaste stabiilsusega ning suurenenud kõhusisese rõhuga. Kõik see võib omakorda tõsta koormustaluvust ja parandada sportliku soorituse kvaliteeti (Upadhyay Dhungel *et al.*, 2008; Walters *et al.*, 2021).

1.3.3 Hüperventileerimise tehnika

Hüperventileerimise tehnika jaoks kasutatakse nt *SpiroTiger*® vahendit, mis erineb teistest vahenditest sellepolest, et peale väljahingamist hingatakse CO₂ jälle sisse säilitades arteriaalse süsihappegaasi rõhu taset (Walker *et al.*, 2013; Wirth *et al.*, 2016).

Wirth *et al.* (2016) uurisid *SpiroTiger*® vahendi mõju kaelalihaste valule. Uuringust selgus, et 4-nädalane treening 5 korda nädalas 30 min jooksul aitas statistiliselt oluliselt suurendada MEP ($114,7 \pm 30,6$ kuni $135,2 \pm 38,3$ cm/H₂O) ja MIP ($77,9 \pm 26,8$ kuni $95,7 \pm 23,6$

cm/H₂O) ning vähendada valu intensiivsust ($4,6 \pm 2,5$ kuni $2,2 \pm 1,5$ 10p VAS skaalal) (Wirth *et al.*, 2016).

Walker *et al.* (2013) uurisid *SpiroTiger*[®] vahendi mõju jalgratturite hingamislihaste funktsioonile. Selleks kasutati keha pletüsmograafiat (ZAN 500[®], nSpire Health GmbH, Oberthulba, Germany), veloergomeetrit (Ergoselect 100[®], Ergoline, Bitz, Germany) ning rõhuandurit (ZAN-400[®], nSpire Health GmbH, Oberthulba, Germany) hindamaks kopsude näitajaid, nagu maksimaalse sisse-väljahingamise rõhku (MIP, MEP) ja maksimaalset tahtlikku ventilatsiooni (MVV); hapniku tarbimise mahtu (VO₂); diafragmaalset rõhku (TwPdi). *SpiroTiger*[®] treening kestis 30 minutit päevas, 6 korda nädalas, kuue nädala jooksul koormusega 50% vitalkapatsiteedist (hingatav õhuhulk) ning 60% maksimaalsest tahtlikust ventilatsioonist (minuti ventilatsioon). Uuringu lõpus selgus, et statistiliselt oluliselt paranesid MEP ($16,9 \pm 5,8$ kuni $20,9 \pm 4,9$ kPa) ja MVV (175 ± 18 kuni 207 ± 30 l/min). MIP näitaja aga kaldus statistilise olulisuse poole ($12,6 \pm 3,6$ kuni $13,9 \pm 3,8$ kPa; $p=0,055$). Ei TwPdi ega VO₂ paranemine ei olnud statistiliselt oluline, mis võib olla seotud jalgratturite hästi arenenud lihaskonna ja vastupidavusega (Walker *et al.*, 2013).

Kopsude obstruktiivse haigusega (KOK, COPD) patsientide 4-nädalane treening 2x10 min igapäevaselt suurendas statistiliselt oluliselt MIP ($81,5 \pm 31,6$ kuni $91,8 \pm 30,6$ cm/H₂O) ja torakoabdominaalset koordinatsiooni, mida seostati parema kõhulihaste aktivatsiooniga, k.a. diafragmaalihasega (Bernardi *et al.*, 2015). Verges *et al.* (2009) rõhutavad seda, et diafragma lihasjõud ei pruugi paraneda *SpiroTiger*[®] vahendiga, kuna viimast seostatakse vastupidavuse ja mitte jõu arendamisega (Verges *et al.*, 2009).

1.3.4 Wim Hof™ hingamise meetod

Hiljuti on hakanud koguma populaarsust veel üks hingamistehnika, nimelt Wim Hof™ hingamismeetod. See on hollandlase Wim Hof poolt loodud hingamistehnika, mis ühendab endas sügavat sissehingamist ning hingamise kinni hoidmist. See tehnika sarnaneb hüperventileerimisega, kuid selle meetodi teostajad võivad ise valida harjutuste tempot. Antud meetodis teostatakse selili asendis 30 sügavat ja kiiret sisse-väljahingamist, millele järgneb täielik väljahingamine ja hingamise kinni hoidmine, mille järgselt hingatakse sisse, kui tekib tungiv hingamisvajadus või kuni diafragma esimese spontaanse kokkutõmbumiseni. Sissehingamisele järgneb hingamise kinni hoidmine 15 sek jooksul, siis väljahingamine. Kokku tuleb sooritada 3 seeriat ilma pausita (Bahensky *et al.*, 2020).

Bahensky *et al.* (2020) uurisid Wim Hof™ hingamisharjutuste meetodit vastupidavusala sportlastel selgitamaks selle mõju kardiorespiratoorsele võimekusele ja leidsid, et sportlastel, kes sooritasid enne vastupidavuslikku tegevust Wim Hof™ hingamisharjutust (30-50 hingamist intensiivsusega 20 korda minutis), suurenesid hapniku tarbimise (VO_2 näitaja, keskmiselt $3.60 \pm 6.82 \text{ mL}/\text{min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ võrra vändates veloergomeetri koormusel $4\text{W}/\text{kg}^{-1}$ 2 min jooksul, statistiliselt oluline näitaja) ja minutimahu näitajad (V_E keskmiselt $4.70 \pm 11.40 \text{ L}/\text{min}$ võrra vändates veloergomeetri koormusel $4\text{W}/\text{kg}^{-1}$ 2 min jooksul, pole statistiliselt oluline). Samas vähenes ka üldise tajutava pingutuse näitaja, mis oli statistiliselt oluline, ehk sportlastel oli subjektiivselt kergem sooritada teatud liigutust. Eelnev võib viidata, et Wim Hof™ hingamisharjutustel on kardiorespiratoorset süsteemi hõlbustav ja võimendav toime. Hingamisharjutuste sooritust seostatakse suurenenud arteriaalse süsihappegaasi kontsentratsiooniga ehk inimese taluvus süsihappegaasi suhtes suureneb (Hof *et al.*, 2017; Maestroni *et al.*, 2006). See võib kutsuda esile sümpaatilise närvisüsteemi aktivatsiooni ja selle kaudu suurenenud verevoolu lihastesse, mille tõttu suureneb koe hapniku saadavus ja see omakorda parandab lihaste sooritusvõimet. Lisaks eelnevale tuuakse hingamissüsteemi tõhustamisel välja ka suurenenud vere pH taset, mis samuti suurendab lihaste sooritusvõimet, vähendades laktaadi kontsentratsiooni ja seega *metaboreflex*'ist tingitud organismi väsimuse teket (Chan *et al.*, 2023). Lähtuvalt nendest tulemustest, võivad Wim Hof™ hingamisharjutused omada positiivset mõju nii anaeroobsele kui aeroobsele võimekusele sportlaste seas. Nende harjutuste lisamine treeningu või võistluse eelse ettevalmistuse osasse võib soodustada ja hõlbustada spordiga seotud ülesannete soorituse kvaliteeti (Bahensky *et al.*, 2020).

Citherlet *et al.* (2021) ja Marko *et al.* (2022) rakendasid Wim Hof™ hingamismeetodit jooksjate ja ratturite (vähemalt 3.a. treeningkogemust ning 2 treeningut nädalas) seas ning jõudsid järeldusteni, et Wim Hof™ meetod (3x30 hingamist koos hinge kinni hoidmisega) ei avalda mõju kardiorespiratoorsetele näitajatele ja seega ka hingamissüsteemile. Nendes uuringutes Wim Hof™ meetodi järgsed kopsude minutimahu (V_E), hingamise sageduse (BF), hapniku tarbimise (VO_2) ning südamelöögisageduse (HR) muutused ei osutunud statistiliselt olulisteks ega soodustanud sportliku soorituse paranemist. Küll aga uuritavate väsimuse tunne Borgi skaalal ($0,7 \pm 1,1$ punkti 10-palli süsteemis) ning sportliku soorituse järgsed süsihappegaasi näitajad (VCO_2 ; $3 \pm 1 \text{ ml}/\text{min}$) vähenesid statistiliselt oluliselt võrreldes hüperventilatsiooni ja tavapärase/rahuoleku hingamisega (Citherlet *et al.*, 2021; Marko *et al.*, 2022). Nendes uuringutes ei mõõdetud hingamisliahaste jõudu, mida on varasemalt seostatud sooritusvõimet reguleeriva tegurina (Mackała *et al.*, 2020, Cavalcante Silva *et al.*, 2019). Wim

Hof™ meetodit seostatakse paranenud kardiorespiratoorse süsteemi näitajatega, mis võivad mängida rolli sportlikus sooritusel, kuid uuringud selle meetodi kasutamise kohta olid nii kardiorespiratoorsüsteemi näitajate tõhustava kui ka neutraalse efektiga (Bahensky *et al.*, 2020; Citherlet *et al.*, 2021; Marko *et al.*, 2022). Võttes arvesse antud teema uudsuse ja eelnevalt toodud artiklite erinevaid seisukohti selle meetodi efektiivsuse kohta, mida rakendati võistlevate sportlaste seas, oli käesoleva uuringu eesmärk uurida Wim Hof™ hingamismeetodi mõju tavapopulatsiooni hingamissüsteemile, mida pole seni tehtud.

2. TÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Uurimistöö eesmärgiks oli selgitada ühekordse Wim Hof™ meetodi rakendamise efektiivsust hingamislihaste funktsionaalsele võimekusele tavalise aktiivsusega inimeste seas, kes ei tegele spordiga võistleva tasemel.

Lähtuvalt eesmärkidest püstitati järgnevad ülesanded:

1. Mõõta vaatlusalustel MIP ja MEP enne ja pärast Wim Hof™ meetodi rakendamist.
2. Määrata mõõtmistulemuste alusel Wim Hof™ meetodi mõju hingamislihaste näitajatele mees- ja naisvaatlusalustel.
3. Võrrelda mõõdetud hingamislihaste jõu väärtusi vastavate referentsväärtustega tuvastamaks hingamislihaste nõrkust.
4. Määrata korrelatiivsed seosed Wim Hof™ meetodi ja antropomeetriliste näitajate (kehapikkus, kehamass) ning MIP ja MEP tulemuste vahel.

3. METOODIKA

3.1 Vaatluselused ja uuringusse kaasamise kriteeriumid

Uuring toimus perioodil jaanuar kuni märts 2024. Uuritavateks oli 10 mees- ja naissoost täisealised tudengid, kes tegelesid harrastusspordiga (nt jooksmine, jõusaal, ujumine, jooga) või ei tegele spordiga üldse.

Uuringusse ei kaasatud neid tudengeid, kes osalesid võistlustel (kohalikud, rahvusvahelised) ning kellel esinesid respiratoorsed (nt astma), kardiovaskulaarsed (nt kõrgvererõhu tõbi), endokriinsed või neuroloogilised haigused, mis võivad piirata uuringust osavõttu.

3.2 Uuringu korraldus

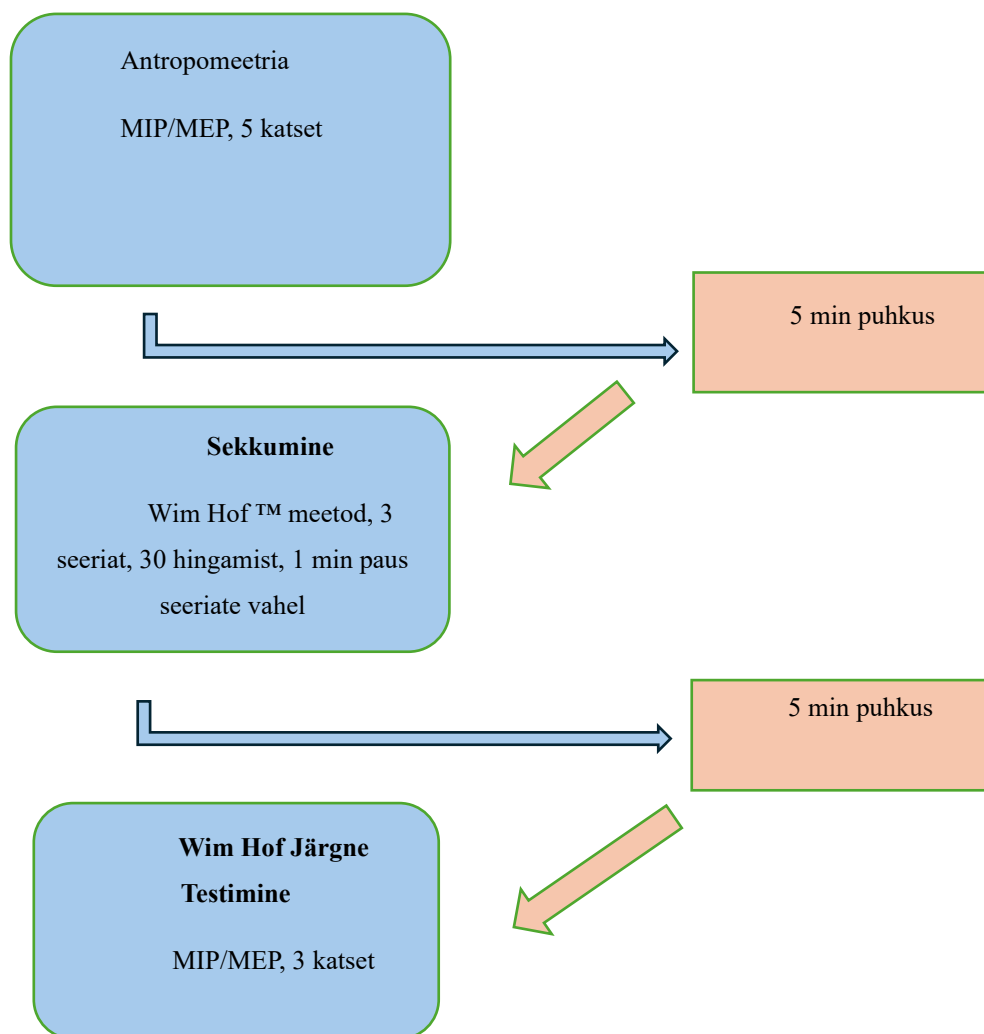
Uuringu läbiviimiseks oli saadud luba Tartu Ülikooli Inimuuringute Eetikakomiteelt (385/T-12). Sekkumist viidi läbi Tartu Ülikooli Sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi Treeningteaduste laboris (Ujula 4, Tartu) ning kõik uuritavad osalesid ühekordselt.

Uuringu käigus mõõdeti esmalt antropomeetrilised näitajad (kehapikkust seinale kinnitatud mõõdulindiga, täpsusega $\pm 0,5$ cm ja kehakaalu *Xiaomi* (Xiaomi Inc., CN) digitaalsete kaaludega, täpsusega 0,05 kg) ja selle järgselt maksimaalse suuõõnerõhku (MIP ja MEP) MicroRPM seadmega (Micro Medical, Kent, UK). Kehamassi ja pikkuse alusel arvutati kehamassiindeksi (KMI) *Microsoft Office Excel* programmis järgmise valemiga: kehamass (kg) / pikkus (m²). Vaatluselused sooritasid toolil istudes 5 maksimaalset sisse- ja väljahingamist. Kahe esimese katsega uuritavad tutvusid hingamislihaste jõudu mõõdetava vahendiga, sest pole varem antud seadmega kokku puutunud. Kolm viimast katset,

mille erinevus jäi alla 10%, läksid arvesse ning kirja läks parim tulemus. Antud mõõtmisi teostati vastavalt *American Thoracic Society and European Respiratory Society* juhendi (ATS/ERS) järgi (ATS/ERS, 2002).

Kokkuvõtlik tabel uuringu ülesehituse kohta on esitatud allpool (Joonis 5). Uuritavad sooritasid Wim Hof™ meetodit selililamangus matil. Meetodi kolm seeriat kestsid orienteeruvalt 15 minutit, mis sõltus hingamise kiirusest ja sügavusest (Bahensky *et al.*, 2020). Uuritavad hingasid võimalikult kiiresti ja sügavalt 30 korda sisse nina kaudu (Trevisan *et al.*,

2015) ja välja suu kaudu, hingamissagedusega ca 20 hingamist minutis (mõõdetuna *Casio G-Shock* käekelladega; Casio Computer Co., Ltd.; JP). Tsüklite lõpus oli hinge kinni hoidmine ca 1 minuti jooksul, kus hoiti hinge kinni kuni esimese spontaanse/reflektoorse diafragmalihase kontraktsiooni või tugeva sissehingamise aistinguni. Sellele järgnes maksimaalselt sügav sissehingamine ja hinge kinni hoidmine 15 sekundit, mis lõpetas 1 seeria. Kokku sooritati 3 seeriat 1 minutilise puhkusega seeriade vahel (Bahensky *et al.*, 2020). Pärast kolme seeria läbimist puhkasid uuritavad 5 minutit, mille järgselt mõõdeti uuesti MIP ja MEP näitajaid.



MIP – maksimaalne suuõõnerõhk sissehingamisel; MEP - maksimaalne suuõõnerõhk väljahingamisel.

Joonis 5. Testimispäeva ülesehitus: antropomeetria ja hingamislühaste jõu hindamine

3.3 Andmete statistiline töötlus

Uuringu tulemuste statistilise analüüsi jaoks kasutati EXCEL 2016 programmi (Oregon, WA, USA). Saadud andmete alusel arvutati näitajate aritmeetiline keskmine (\bar{x}) ja standarthälve (SD). Andmete normaaljaotuvust hinnati *Shapiro-Wilk* testiga. MIP ja MEP näitajate muutuse olulisuse hindamiseks enne ja pärast Wim Hof™ testi kasutati Studenti paaris t-testi. Pearsoni korrelatsioonikordajate alusel hinnati antropomeetriliste näitajate ja testide järgselt saadud andmete omavahelisi seoseid. Korrelatiivsete seoste olulisuse aluseks võeti olulisuse p väärtus. Kõikide testide korral valiti madalaimaks olulisuse nivooks $p < 0,05$.

4. TÖÖ TULEMUSED

4.1 Vaatlusaluste andmed

Uuritavateks oli Sporditeaduste ja füsioteraapia instituudi 10 magistranti. Nende andmed on esitatud allpool toodud tabelis (Tabel 1).

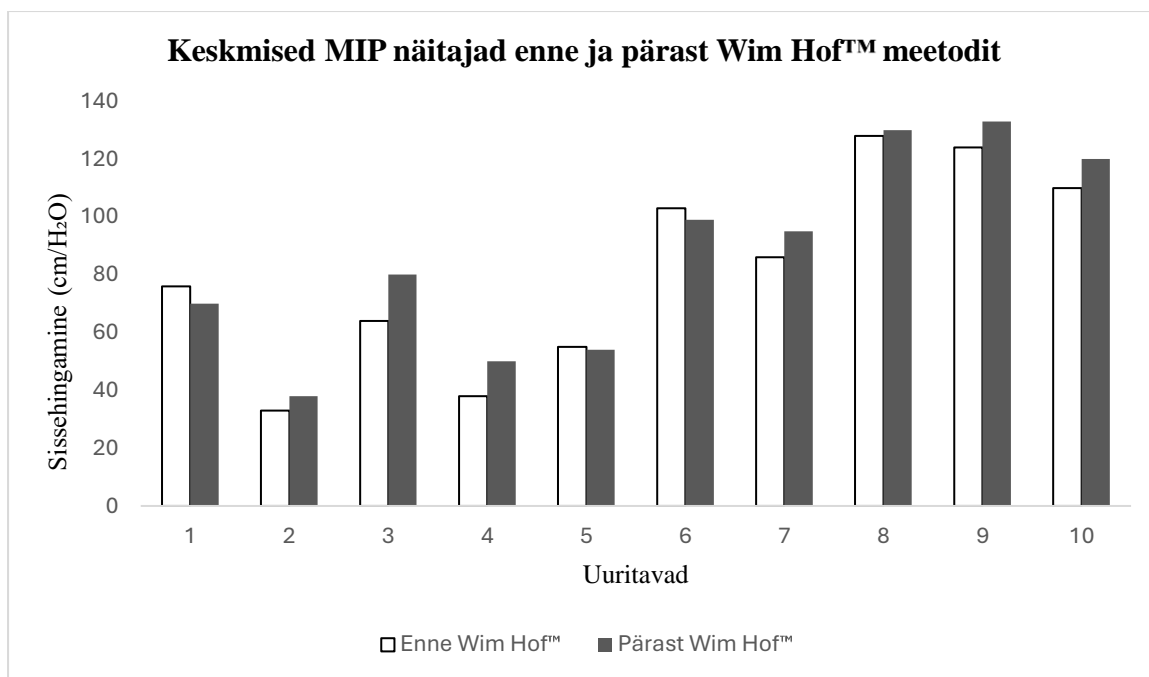
Tabel 1. Uuritavate pseudonüümsed koodid ning antropomeetrilised näitajad

Uuritava kood	Sugu	Vanus	Pikkus (cm)	Kehamass (kg)	KMI (kg/m ²)
K24042r	N	24	165	55,1	20,2
M24053s	N	24	164	62,2	23,3
M24084t	M	24	179	82,8	25,8
S24095v	M	24	179	73,7	23,0
S25126d	N	25	176	70,1	22,6
J24157n	M	24	180	83,5	25,8
M25061v	M	25	171	64,6	22,1
H231110u	M	23	182	76,0	22,9
K25228s	N	25	171	62,7	21,4
K200709s	N	20	165	73,2	26,9
Keskmine (± SD)		23,8 (±1,50)	173 (±10)	70,38 (±9,30)	23,4 (±2,10)

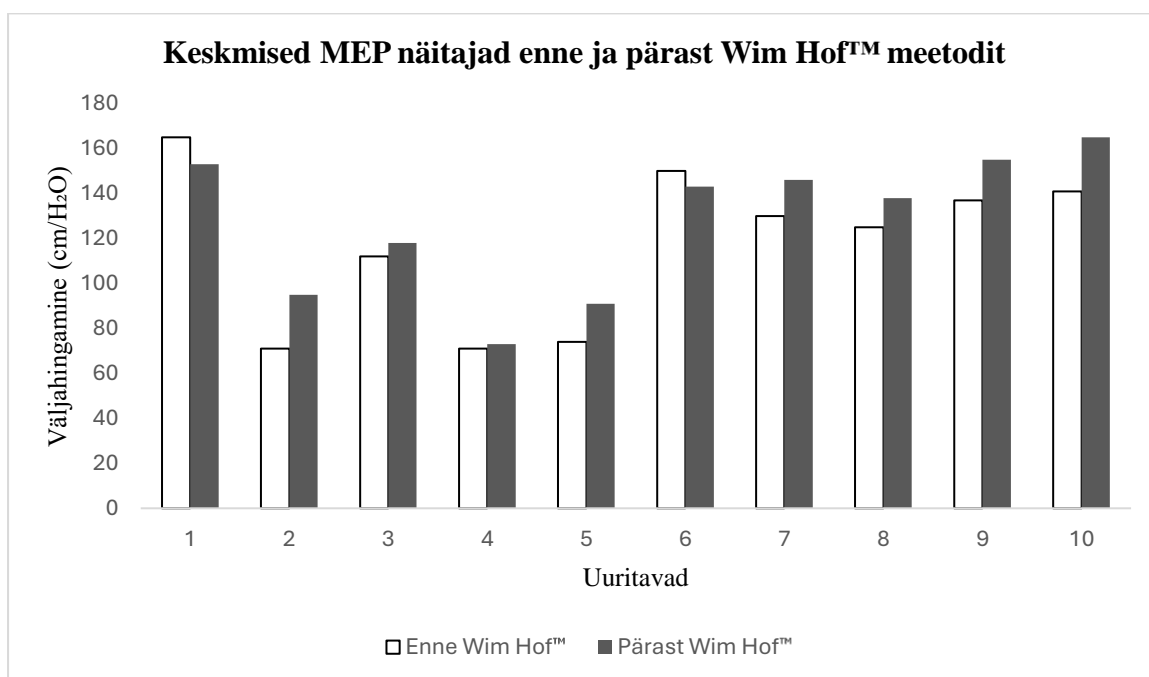
N – naine, M – mees, KMI – kehamassiindeks

4.2 Wim Hof eelsed ning järgsed sisse- ja väljahingamise näitajad

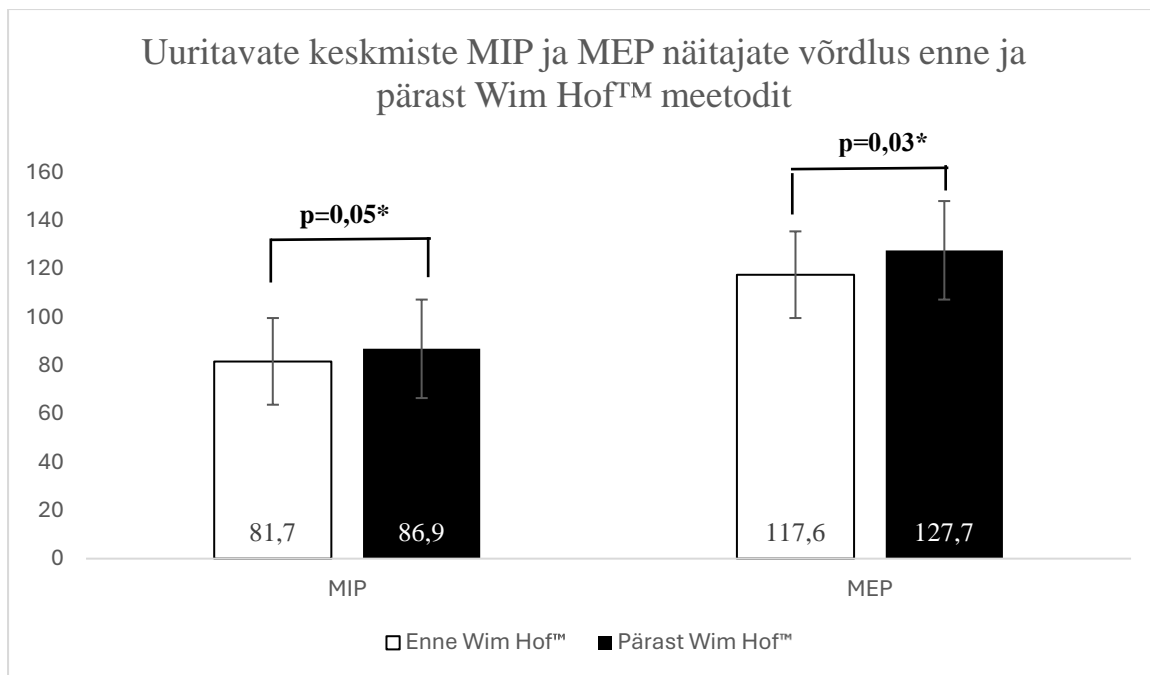
Antropomeetriliste näitajate mõõtmise järgselt teostati sisse- ning väljahingamislihaste jõu näitajate hindamist, mille tulemused on nähtavad alljärgnevatel joonistel (Joonis 6, Joonis 7). Kõik katsealused suutsid täita Wim Hof™ meetodi 3 seeriat. Laias laastuses nii sisse- kui väljahingamise keskmised näitajad paranesid, vastavalt 5 ± 7 ning 10 ± 13 cm/H₂O võrra. Wim Hof™ järgsed näitajad võrreldi selle meetodi eelsete näitajatega ning leiti statistiliselt olulist seost nii sisse- kui väljahingamise puhul (MIP ja MEP), vastavalt $p=0,05$ ja $p=0,03$, mis oli oluline nivool $p<0,05$ (Joonis 8). Järgmine joonis (Joonis 9) näitab meeste ja naiste saadud tulemuste erinevust, kus naiste tulemuste muutus oli kaks korda suurem sissehingamise puhul (7 vs $3,4$ cm/H₂O; $p=0,04$) ning neli korda suurem väljahingamise korral ($16,6$ vs $3,6$ cm/H₂O; $p=0,01$) meestega võrreldes, mis oli statistiliselt oluline ($p<0,05$). Meeste muutused aga ei olnud statistiliselt olulised.



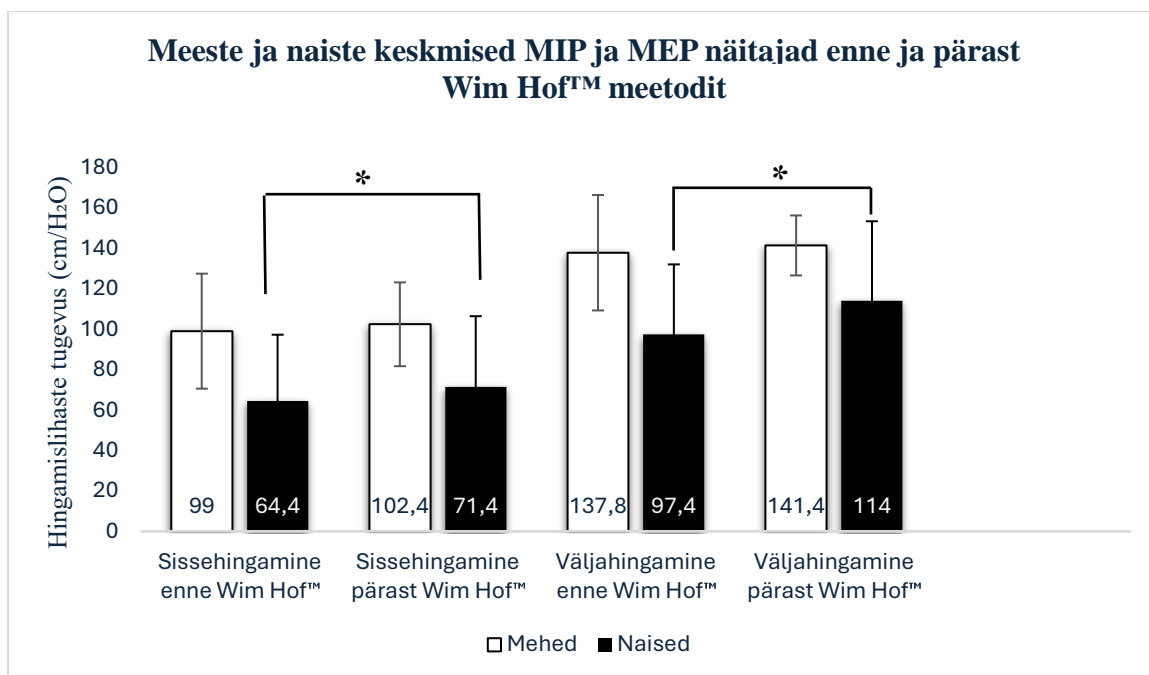
Joonis 6. Uuritavate keskmised sissehingamise jõunäitajad (MIP) enne ja pärast Wim Hof™ meetodit. MIP – *maximal inspiratory pressure*; maksimaalnesuuõõnerõhk sissehingamisel



Joonis 7. Uuritavate keskmised väljahingamise jõunäitajad (MEP) enne ja pärast Wim Hof™ meetodit. MEP -- *maximal expiratory pressure*, maksimaalnesuuõõnerõhk väljahingamisel



Joonis 8. Uuritavate keskmiste MIP ja MEP näitajate võrdlus enne ja pärast Wim Hof™ meetodit. MIP – *maximal inspiratory pressure*; maksimaalnesuuõõnerõhk sissehingamisel. MEP -- *maximal expiratory pressure*, maksimaalnesuuõõnerõhk väljahingamisel. * -- statistiliselt oluline muutus ($p < 0,05$)



Joonis 9. Meeste ja naiste sisse- ning väljahingamise näitajate erinevus enne ja pärast Wim Hof™ meetodit. * -- statistiliselt oluline muutus ($p < 0,05$)

4.3 Korrelatiivsed seosed sisse- ja väljahingamise testide ning antropomeetriliste näitajate vahel

Korrelatiivseid seoseid leiti Wim Hof™ meetodi eelsete ja järgsete MIP ning MEP ja antropomeetriliste näitajate (kehamass, kehapikkus) vahel (Tabel 2).

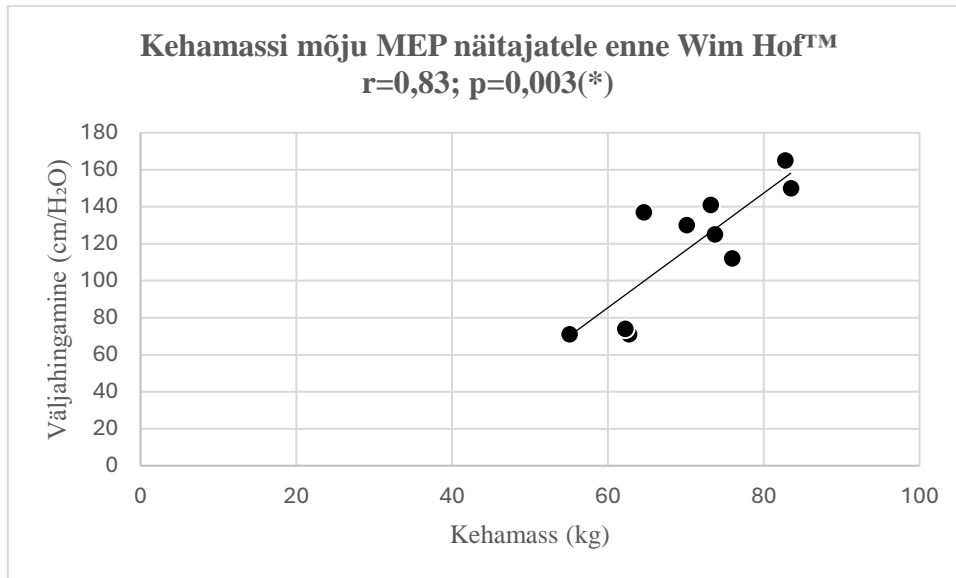
Tabel 2. Korrelatiivsed seosed hingamisliahaste näitajate ning kehamassi ja -pikkuse vahel enne ja pärast Wim Hof™ hingamismeetodit

		MIP (cm/H ₂ O)		MEP (cm/H ₂ O)	
		Enne Wim Hof™	Peale Wim Hof™	Enne Wim Hof™	Peale Wim Hof™
Kehapikkus (cm)	r	0,29	0,25	0,55	0,39
	p	0,41	0,48	0,1	0,26
Kehamass (kg)	r	0,48	0,38	0,83	0,70
	p	0,16	0,27	0,003(*)	0,03(*)

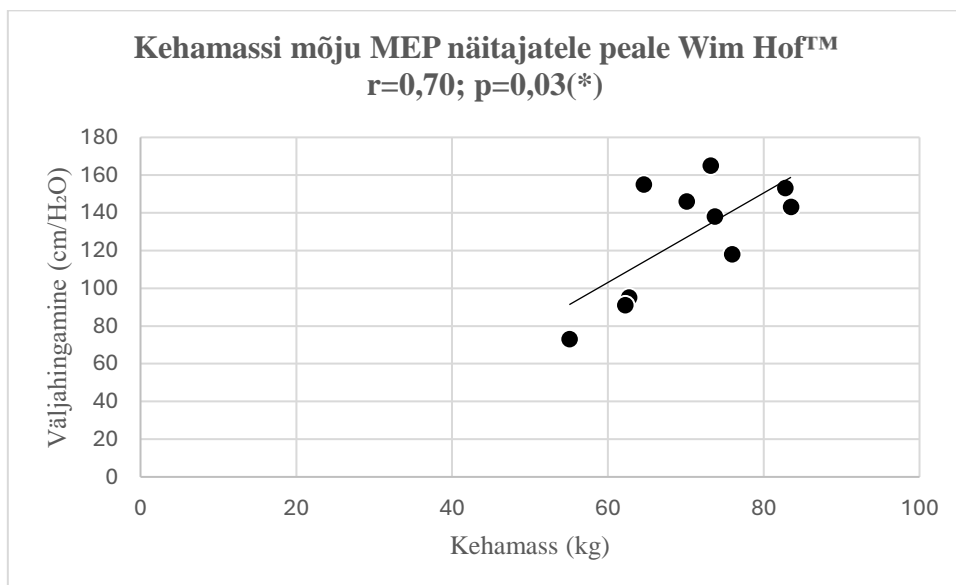
(*) – statistiliselt oluline ($p < 0,05$)

Sisse- ja väljahingamisliahaste näitajad korreleerusid kehamassi ja -pikkuse näitajatega vahemikus $r = 0,25$ kuni $r = 0,55$ (Tabel 2), mille vahel statistilist olulisust ei leitud ($p > 0,05$). Ainus erand on kehamassi ja väljahingamise näitajad, mille nii Wim Hof™ eelsete kui järgsete

näitajate vahel oli leitud tugev statistiliselt oluline seos, vastavalt $r=0,83$; $p=0,003$ (Joonis 10) ning $r=0,70$; $p=0,03$ (Joonis 11).



Joonis 10. Kehamassi ning Wim Hof™ eelsete väljahingamislihaste näitajate korreleerumine.
 (*) – statistiliselt oluline ($p<0,05$)



Joonis 11. Kehamassi ning Wim Hof™ järgsete väljahingamislihaste näitajate korreleerumine.
 (*) – statistiliselt oluline ($p<0,05$)

5. ARUTELU

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada Wim Hof™ meetodi ühekordse sessiooni efektiivsuse mõju hingamislihaste jõunäitajatele tavalise aktiivsusega inimeste seas, kes ei tegele spordiga võistleva tasemel.

5.1 MIP ja MEP näitajate võrdlus referentsväärtustega

Käesoleva uuringu käigus hingamislihaste testimisel enne Wim Hof™ hingamismeetodi saadi $81,7 \pm 34,2$ cm/H₂O (MIP) ja $117,6 \pm 34,5$ cm/H₂O (MEP). Peale Wim Hof™ meetodit nii MIP kui ka MEP näitajad paranesid statistiliselt oluliselt ($p < 0,05$) vastavalt $86,9 \pm 34,1$ cm/H₂O (+5,2 cm/H₂O; 8,7%) ning $127,7 \pm 31,5$ cm/H₂O (+10,1 cm/H₂O; 10,6%).

Võrreldes käesolevas magistritöös saadud näitajaid Lista-Paz *et al.* (2023) andmetega (Lista-Paz *et al.*, 2023) selgus, et sissehingamise näitajad olid “normidest” kõrgemad enne Wim Hof™ 1,4 cm/H₂O võrra (1,7%) ning pärast Wim Hof™ 6,6 cm/H₂O võrra (8,2%). Väljahingamise keskmised näitajad olid samuti “normist” kõrgemad, olles enne Wim Hof™ 11,4 cm/H₂O võrra (10,7%) ning pärast Wim Hof™ 21,5 cm/H₂O võrra (20,2%) suuremad.

Hinnates eraldi meeste ja naiste MIP ja MEP näitajaid selgus, et naiste sissehingamisaäitaja enne Wim Hof™ meetodi oli madalam umbes 1 cm/H₂O võrra (64,4 vs 65,6 cm/H₂O), kuid hingamismeetodi järgselt suurenes 71,4 cm/H₂O (+7 cm/H₂O; 11%). Väljahingamise näitaja suurenes 97,4-st 114 cm/H₂O-ni (+16,6 cm/H₂O; 17%). Mõlema paranemine oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$).

Meeste näitajad olid samuti “normist” kõrgemad, kuid nende näitajate paranemine Wim Hof™ meetodi järgselt oli palju tagasihoidlikum, olles sissehingamise puhul 99-st 102,4 cm/H₂O-ni (+3,4 cm/H₂O; 3,4%) ja väljahingamise korral 137,8-st 141,4 cm/H₂O-ni (+3,6 cm/H₂O; 2,6%), mis ei olnud statistiliselt oluline ($p > 0,05$). Meeste ja naiste vahelist erinevust võib seletada 2 meessoost uuritava haigusejärgse seisundiga (ca nädal aega enne uuringut), mis võis mõjutada nii alg- kui lõpphingamise tulemust. Samuti mõned nii mees- kui naissoost uuritavad kurtsid kergelt valuaistingut kukla piirkonnas, eriti väljahingamisel, mis samuti võis mängida rolli hingamislihaste testimisel.

Seega võib öelda, et antud magistri töös ei täheldatud ei sisse- ega väljahingamislihaste nõrkust ei enne ega pärast Wim Hof™ hingamismeetodit, v.a. naiste sissehingamisaäitaja enne Wim Hof™ hingamismeetodit, mis oli 1,2 cm/H₂O võrra väiksem võrreldes Lista-Paz *et al.*

(2023) uuringus saadud minimaalse näitajaga (64,4 võrreldes 65,6 cm/H₂O) (Lista-Paz *et al.*, 2023).

5.2 Korrelatiivsed seosed antropomeetriliste näitajatega

Gil Obando *et al.* (2012) uuringus nii MIP kui MEP näitajad korreleerusid kehamassiga nõrgas seoses, olles viimase puhul suuremad ($r=0,40$ võrreldes $r=0,46$). Kehapikkuse korreleerumine oli veelgi suurem, olles nii MIP kui MEP puhul vastavalt $r=0,44$ ja $r=0,52$ (Gil Obando *et al.*, 2012). Sriboonreung *et al.* (2021) uuringus leiti samuti nõrga seose, kus MIP korreleerumine oli suurem nii kehamassi kui -pikkuse suhtes ($r=0,44$ ja $r=0,35$) võrreldes MEP näitajatega ($r=0,38$ ja $r=0,28$). Nii kehamassi kui -pikkuse näitajad korreleerusid MIP ja MEP näitajatega statistiliselt oluliselt ($p<0,05$) (Sriboonreung *et al.*, 2021).

Lähtuvalt Sriboonreung *et al.* (2021) korrelatiivsete andmete hindamise skaalast selgus, et käesoleva uuringu kehapikkuse ja MIP näitajate vahel leiti nõrga seose enne ($r=0,29$) ja pärast ($r=0,25$) Wim Hof™ meetodit. Kehapikkuse ja MEP näitajate korreleerumine oli keskmises ja nõrgas seoses vastavalt algnäitajate ($r=0,55$) ja lõppnäitajate ($r=0,39$) puhul. Kehapikkuse ning MIP ja MEP näitajate vahel ei leitud statistiliselt olulist seost ($p>0,05$), kuid algnäitajatel oli täheldatud tendents statistilise olulisuse poole ($p=0,1$). Kehamassi ja MIP näitajad korreleerusid samamoodi nagu kehapikkuse ja MIP näitajad, mille vahel leiti nõrga tugevusega seos, vastavalt enne ($r=0,48$) ja pärast ($r=0,38$), mis ei olnud statistiliselt oluline ($p>0,05$). Kehamassi ja MEP näitajate korreleerumine oli aga kõige tugevam, mille vahel leiti tugeva statistiliselt olulise seose enne ($r=0,83$, $p<0,01$) ja pärast ($r=0,70$, $p<0,05$) Wim Hof™ meetodit (Sriboonreung *et al.*, 2021).

Gil Obando *et al.* (2012) uuringus selgus, et kehamassi ja -pikkuse näitajad korreleerusid hingamissüsteemi võimekusega. Mida kõrgemad olid kehamassi ja pikkuse või vähemalt üks nendest näitajatest, seda suurem oli nii MEP kui MIP näitaja, mida seostati suurenenud lihasmassi ja pikemate luudega (Wang & Poh, 1986). Viimasega kaasneb suurenenud lihaspikkus, millega on võimalik genereerida rohkem lihasjõudu (Wellens *et al.*, 1996).

Nii Gil Obando *et al.* (2012) kui Sriboonreung *et al.* (2021) uuringutest võib järeldada, et mida pikemad ja suurema kehamassiga uuritavad on, seda kõrgem on uuritavate tendents suuremateks MIP ja MEP näitajateks. Käesoleva uuringu puhul antud tendents leidis osaliselt kinnitust, kuna kehamassi ja MEP näitajate vahel tuvastati statistilist olulist seost ($p<0,05$). Seega, käesoleva uuringu puhul MIP näitajad ei sõltunud ei kehapikkusest ega -massist, MEP

aga sõltus ainult kehamassist. Antud tulemuste erinevus võib seisneda selles, et nii Gil Obando *et al.* (2012) kui Sriboonreung *et al.* (2021) uuringutes olid üsna suured valimid, vastavalt 300 ja 200 uuritavat, mis võib anda täpsema tulemuse võrreldes 10 uuritavaga käesolevas uuringus (Gil Obando *et al.*, 2012; Sriboonreung *et al.*, 2021).

5.3 MIP ja MEP võrdlus teiste uuringutega

Käesoleva uuringu käigus saadud MIP näitajad erinesid Arend *et al.* (2016) uuringust, kus viimane kasutas *PowerBreathe* (Southam, UK) vahendit sissehingamislihaste treeninguks, 15% kontroll ning 40% takistusest eksperimentaalgruppi puhul. Keskmised MIP näitajad enne uuringut 116,25 ning 126,25 cm/H₂O vastavalt kontroll- ja eksperimentaal grupi puhul. Peale uuringut MIP näitaja paranes kontroll grupil 8 cm/H₂O võrra (124,75 cm/H₂O) ning eksperimentaal grupil 6 cm/H₂O võrra (132,13 cm/H₂O). Samuti erinesid ka antropomeetrilised näitajad, olles Arend *et al.* (2016) puhul 3±1,5 a. võrra vanemad, kaalusid ca 12±2 kg rohkem ning olid pikemad 13±5 cm võrra. Käesoleva magistritöö uuringu MIP näitajad nii enne kui pärast Wim Hof™ meetodit olid märksa tagasihoidlikumad, vastavalt 81,7 ja 86,9 cm/H₂O; ehk 34,55 ja 37,85 cm/H₂O väiksemad võrreldes kontroll grupiga ning 44,55 ja 45,23 cm/H₂O võrreldes eksperimentaal grupiga (Arend *et al.*, 2016). Antud hingamislihaste jõudluse erinevus võib seisneda selles, et Arend *et al.* (2016) uuringus osalesid ainult meessoost uuritavad, kes olid pikemad ja kaalusid rohkem võrreldes käesoleva uuringuga, mis on seotud MIP ja MEP suuremate näitajatega. Tavaliselt meeste sisse- ja väljahingamise näitajad on suuremad võrreldes naistega, mis võib seisneda paremas androgeensete hormoonide funktsioonis ning lihasvalkude sünteesis, mille tõttu meeste lihasjõudlus on suurem. Samuti ei olnud täpsustatud uuritavate füüsilise aktiivsuse taset, mis oleks võinud mängida rolli saadud tulemustes (Gil Obando *et al.*, 2012, Sriboonreung *et al.*, 2021).

Mackala *et al.* (2020) uurisid sissehingamislihaste treeningu spetsiaalse vahendiga (Threshold IMT, Murrysville, PA, USA) 2 korda päevas, 5 korda nädalas, 8 nädala jooksul progresseeruva koormusega, alustades 40% takistusest esimesel nädalal ja suurendades selle 5% võrra igal nädalal. Uuritavateks olid jalgpallurid, kes olid võrreldes käesoleva uuringuga nooremad (17,63 ± 0,48 a.), pikemad (182 ± 0,05 cm) ning praktiliselt sama kehamassiga (68,88 ± 4,48 kg). Nende MIP näitajad suurenesid 69,87 ± 3,98-st 113,73 ± 10,91-ni (61%) ja MEP näitajad 41,01 ± 25,70-st 82,01 ± 23,05-ni cm/H₂O (51%), mõlemad statistiliselt oluliselt (p<0,05). Huvitav oli see, et MIP näitajate paranemine oli ca 20 cm/H₂O suurem võrreldes MEP-iga, mis on täiesti vastupidine võrreldes käesoleva uuringuga (Mackala *et al.*, 2020).

Samas Cavalcante Silva *et al.* (2019) rakendasid lühemat sissehingamislihaste treeningut (2 nädalat) progresseeruva vastupidavusliku iseloomuga (1x15 kordust 1 nädalal ning 1x30 kordust 2 nädalal 50% takistusega) noortel jalgpalluritel ning said samasuguse MIP paranemise, 20 cm/H₂O (130-st 150-ni cm/H₂O) (Cavalcante Silva *et al.*, 2019). Bailey *et al.* (2010) ning Downey *et al.* (2007) järgi võib olla tegemist diafragma lihase hüpertrofeerumisega, mille tõttu MIP näitajad oleks võinud nii ulatuslikult suureneda sissehingamise treeningu järgselt (Bailey *et al.*, 2010; Downey *et al.*, 2007).

Rožek-Piechura *et al.* (2020) uurisid sissehingamislihaste treeningut pikamaajooksjatel, mille treeningulaan võrdub Mackała *et al.* (2020) uuringuga, kasutades *PowerBreathe* seadet (POWERbreathe KH1; POWERbreathe International Ltd., England). Nende uuritavad olid sama vanad ($23,73 \pm 2,1$ a.), pikemad (176 ± 7 cm) ning mõnevõrra kergemad ($65,27 \pm 7,24$ kg) võrreldes käesoleva uuringuga. MIP näitajad paranesid $99,7 \pm 18,6$ -st $125,7 \pm 22$ -ni ning MEP näitajad $97,6 \pm 21,1$ -st $123,8 \pm 28,7$ -ni cm/H₂O. Selle uuringu puhul nii MIP kui MEP näitajate paranemine oli üsna sarnane, $26 \pm 4,4$ cm/H₂O, mis oli statistiliselt oluline ($p < 0,05$) mõlema puhul (Mackała *et al.*, 2020; Rožek-Piechura *et al.*, 2020). HajGhanbari *et al.* (2013) rõhutavad seda, et erinevate spordialade esindajatel MIP ja MEP tulemused võivadki paraneda erinevalt, mis sõltub spordiala spetsiifisusest ja treeningu režiimist, kui ka individuaalsetest faktoritest (HajGhanbari *et al.*, 2013).

Sügava hingamise puhul mängib rolli sissehingamise tüüp ehk kas hingatakse nina või suu kaudu. Sissehingamine nina kaudu rekruteerib rohkem diafragma, kusjuures suukaudsel hingamisel aktiveeruvad teised kõhulihased ning diafragma aktiivsus väheneb, mis oli seotud väiksema MIP tulemusega (Trevisan *et al.*, 2015). Antud asjaolu oleks võinud mängida rolli Wim Hof™ meetodi rakendamisel teistes uuringutes, kus nii kopsu ventilatsiooni kui spordispetsiifiliste testide näitajad oluliselt ei paranenud (Citherlet *et al.*, 2021; Marko *et al.*, 2022).

5.4 Hingamislihaste treeningu mõju sportlikule sooritusele

Spetsiaalsete vahendite (*PowerBreathe* jne) ning Wim Hof™ hingamisharjutuste rakendamine sportlaste seas ei avaldanud mõju sportlikule sooritusele (Arend *et al.*, 2021; Citherlet *et al.*, 2021; Forbes *et al.*, 2011), kuid Archiza *et al.* (2018) ei ole eelnevate autoritega nõus. Viimased väidavad, et progresseeruv hingamislihaste treenimine *PowerBreathe* seadmega (PowerBreathe, K5, Southam, UK) suurendas oluliselt jalgpallurite vastupidavust

Repeated Sprint Ability testis 6% ning jooksmis näitajat jooksulindil (*time to exhaustion*) 42,1% võrra (Archiza *et al.*, 2018), 800m jooksu aega $6,2 \pm 4$ sek võrra (Chang *et al.*, 2021), Cooper Test 150m (Mackala *et al.*, 2020), kiirust 1km/h võrra (Cavalcante Silva *et al.*, 2019). Hingamislihaste treening võib kõrge intensiivsusega treeningu puhul parandada perifeersete lihaste verevarustust ning hapnikuga varustamist, suurendades hingamislihaste jõudu, harjutuste taluvust ja taastumist füüsilise koormuse järgselt (Archiza *et al.*, 2018). Seda võimaldab veressoonte ahenemisega kaasnev südame väljundi ümbersuunamine lokomotoorsetest lihastest ventilatsioonipumba suurenenud energiavajaduse rahuldamiseks (St Croix *et al.*, 2000). Bailey *et al.* (2010) ning Downey *et al.* (2007) pakuvad, et sissehingamislihaste treening kutsub esile lihaste hüpertrofeerumise ning kopsude täismahtuvuse suurenemise, hoides kokku ventileerimise jaoks vajaliku hapniku ja verevoolu näitajad samal tasemel. Seega paraneb hapniku transportimine ja kudede varustamine, mis soodustab sportliku soorituse ja vähendab *metaboreflex*'i (Bailey *et al.*, 2010; Downey *et al.*, 2007) ning parandab lihasjõudu tänu aktiini ja müosiini filamentide kasvule, mis soodustab lihaste kontraktiilsete omaudste suurenemist (Fernández-Pardo *et al.*, 2023).

Wim Hof meetodiga sarnane treening, mis hõlmas sügavat hingamist, näitas suurenenud kõhulihaste aktiivsust ja hingamismahtu (VT, *tidal volume*) ning vähenenud kaela-õlavöötme lihaste aktiivsust ja hingamissagedust (BF) sama minuti ventilatsiooni mahu juures. Kõik see näitab suuremat hingamise efektiivsust ja suurenenud hapniku kättesaadavust. Madalam hingamissagedus aga vähenenud hingamislihaste tööd sama koormuse puhul, mis viitab hingamislihaste efektiivsemale kasutamisele (Bahensky *et al.*, 2021).

Hingamislihaste paranemine ei pruugi avalduda ühesuguselt erinevate spordialade puhul ning sportliku soorituse näitajate paranemine varieerub alates 5% tõusust ujumise puhul kuni 45% tõusuni kestvusraja spordialade puhul (*endurance track sports*) (HajGhanbari *et al.*, 2013).

Mõnedes uuringutes sissehingamise tüüp ei olnud täpsustatud (Bahensky *et al.*, 2020; Citherlet *et al.*, 2021; Marko *et al.*, 2022), mis võis mängida rolli sportliku soorituse ebaõnnestunud paranemises (Trevisan *et al.*, 2015; Uhlig *et al.*, 2015). Veel üheks mõjutavaks faktoriks oli Citherlet *et al.* (2021) uuringus kasutatud "audiogiid" ehk Wim Hofi poolt tehtud videoklipp, mida rakendati soodustamiseks hingamisharjutust. Selle video tempo oli üsna

intensiivne, nii et see pigem pärsis hingamist kui aitas ja juhendas uuritavaid, nii et see võiks olla ka üheks põhjuseks, miks sportliku soorituse näitaja ei paranenud (Citherlet *et al.*, 2021).

Lähtudes ülalpool toodud näitajatest hingamislihaste treeningu mõju sprotlikule sooritusele ei leidnud kirjanduses ühepoolset kinnitust ning Wim Hof™ meetodi mõju on vaieldav.

5.5 Sügava hingamise võimalik mõju organismile

Citherlet *et al.* (2021) uuringu osalejad tõid välja subjektiivselt paranenud hingamist, vähenenud väsimust ja suurenenud energia taset võrreldes teiste meetoditega (Citherlet *et al.*, 2021). Lisaks tuuakse välja sügava hingamisega kaasnevat parasümpaatilist aktiivsust, mille tõttu väheneb hingamissagedus ja energiakulu, millega edendatakse rahu ja heaolutunnet. Sügava hingamisega kaasneb elektroentsefalograafia aktiivsuse muutused, kus suureneb alfa lainete võimsus, mis on seotud aju lõdvestatud olekuga. Samas suureneb kortikaaslete struktuuride aktiivsus (taalamus, hüpotaalamus, ajusild...), mis reguleerivad keha sisemist tasakaalu. Mainitud muutuste teket seostatakse parasümpaatilise närvisüsteemi aktiveerumisega uitnärvide kaudu, millega saavutatakse organismi homöostaasi, üks olulisematest sügava hingamisega kaasnev muutus. Kõik see aitab parandada energeetilist taset, vähendada depressiooni, viha ja ärevust (Zaccaro *et al.*, 2018). Samas leiti, et paraneb harjutuste taluvusvõime, mida seostatakse vähenenud Borgi skaalal subjektiivse väsimuse näitajatega (Zhang *et al.*, 2021). Diafragmaalne hingamine aitab aktiveerida võimalikult palju kõhulihaseid, mil juhul diafragma asub liikumist soodustavas positsioonis, ning teised lihased aitavad optimeerida diafragma pikkuse ja pinge suhet. Seetõttu Wim Hof™ hingamismeetod soodustab sissehingamist ja kõhulihaste aktiveerimist, millega võidakse saavutada suuremaid MIP näitajaid (Fabero-Garrido *et al.*, 2022).

Joshi *et al.* (2016) selgitasid välja, et ühekordne 10-minutiline sügav hingamine aitab vähendada diastoolset ja süstoolset vererõhku vastavalt 8 ja 7 löögi võrra tudengite seas, mis aitab leevendada pingeid ja tulla stressiga toime (Joshi *et al.*, 2016). Sarnane uuring oli korraldatud Malaisia autotööstuses, kus kasutati kaks 10-minutilist sügavat hingamist päevas 9 kuu jooksul, millega suudeti statistiliselt oluliselt langetada töötajate depressiooni ja ärevust (Sundram *et al.*, 2014). Ma *et al.* (2017) aga jõudsid järelduseni, et istuva eluviisiga töötaja seas 20 sessiooni 30 minutilise hingamisega (15 min tavaliselt ja 15 min diafragmaga) 8 nädala jooksul aitas oluliselt vähendada sülje kortisooli taset 1,5 nmol/L ja parandada tähelepanu

spetsiifilise küsimustikuga 6p võrra (Ma *et al.*, 2017). Yamada *et al.* (2017) aga tegid kindlaks, et sügav hingamine sobib väga hästi paanikahoo leevendamiseks ning kõhulihaste lõdvestamiseks, mis aitab depresseerida rinnakorvi ja parandada hingamismustrit. Viimane aitab leevendada raskused rääkides valju häälega või võimetust lõpetada pikaid lauseid õhupuuduse tõttu kutsudes esile parasümaaptilise närvisüsteemi aktiivsuse suurenemise, mis vähendab kroonilist ärritust (Yamada *et al.*, 2017)

Käesolev magistritöö uuring on potentsiaalselt kasulik nii sportlaste kui tavainimestele. Sügav hingamine aitab tõhustada sportlaste ettevalmistust ja kardiorespiratoorse süsteemi valmidust teatud spordiala nii hooaja siseses kui välises perioodis. Kardiorespiratoorse süsteemi tõhustamine tugevdab südame- ja hingamislihaseid, mis võimaldab kiiremini ja suuremas ulatuses pumbata verd läbi organismi, et tagada lihastele elutalitluse jaoks vajalikke aineid. Hingamisharjutused põhjustavad lihaste sissehingamise rõhu suurenemist, mis omakorda vähendab vererõhku ning võimaldab paremat ja kiiremat mootorsete ühikute sünkroniseerimist ja vähenenud agonist-antagonist lihaste koaktivatsiooni. Kõik see võimaldab vähendada lihastes tekivate metaboliitide hulka, mille tulemusena aeglustub lihaste väsimuse teke. Selle tulemusel paraneb hingamislihaste vastupidavus ja suutlikkus sooritada teatud liigutust, mis omakorda parandab sportliku sooritust, võimaldab kiiremini omandada teatud liigutusvilumust ja seega tõhustab liigutusliku õppimise protsessi (Chan *et al.*, 2023). Selle meetodi efektiivsus tavainimestele seisneb tähelepanu paranemises, depressiooni ja ärevuse vähenemises, heaolu tunne ja energeetilise taseme suurenemises ning väsimuse pärssimises (Citherlet *et al.*, 2021; Ma *et al.*, 2017; Sundram *et al.*, 2014; Zaccaro *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2021).

5.6 Uuringu tugevused ja nõrkused

Töö tugevaks küljeks võib välja tuua teema uudsuse, kuna kirjanduse otsimisel PubMed Central otsingumootoris oli kajastatud seitse uuringut Wim Hof™ meetodist, mida on peamiselt uuritud sportlaste kontekstis ja sportliku sooritusvõime muutuse jälgimisel ning vähem uuringuid tavapopulatsioonil (PMC, 2023). See viitab selle meetodi uudsusele ja vajadusele välja selgitada võimalikud kasutegurid ka tavapopulatsiooni jaoks. Veel üheks tugevuseks võib lugeda nii meeste kui naiste kaasamist uuringusse, mis võimaldab võrrelda soolised erinevused MIP ja MEP hindamisel.

Nõrgaks küljeks võiks välja tuua väikse uuritavate valimi ning vanusevahelise erinevuse, mis piirdus noorema (20-25) kontingendiga.

6. JÄRELDUSED

Uuringu tulemuste põhjal olid tehtud järgmised järeldused:

1. Wim Hof™ hingamismeetodi järgselt paranes naistel nii sisse- kui väljahingamislihaste jõud statistiliselt oluliselt ($p < 0,05$), meestel aga mitte ($p > 0,05$).
2. Wim Hof™ hingamismeetodi järgselt uuritavate keskmine sisse- kui väljahingamislihaste jõud paranes statistiliselt oluliselt ($p < 0,05$).
3. Antud magistritöös osalenud uuritavate sisse- ja väljahingamislihaste nõrkust ei esine.
4. Kehamass mõjutab statistiliselt oluliselt ($p < 0,05$) väljahingamislihaste jõu näitajaid ehk suurema kehamassiga on võimalik produtseerida suuremaid MEP näitajaid.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Acosta C.M., Urbano M.S., Tusman G. “Sonographic study of the diaphragm. A new diagnostic tool for the anesthesiologist”; *Revista Chilena de Anestesia*. 2018; 47(2): 110-124. “Estudio sonográfico del diafragma. Una nueva herramienta diagnóstica para el anestesiólogo”. <https://doi.org/10.25237/revchilanestv47n02.08>
2. American Thoracic Society/European Respiratory Society. (2002). ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(4), 518–624. <https://doi.org/10.1164/rccm.166.4.518>
3. Archiza, B., Andaku, D. K., Caruso, F. C. R., Bonjorno, J. C., Oliveira, C. R. *et al.* (2018). Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: A randomized sham-controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, 36(7), 771–780. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1340659>
4. Arend, M., Kivastik, J., Mäestu, J. (2016). Maximal inspiratory pressure is influenced by intensity of the warm-up protocol. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 230, 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2016.05.002>
5. Arend, M., Kivastik, J., Talts, J., Mäestu, J. (2021). The Effect of Inspiratory Muscle Warm-Up on VO₂ Kinetics during Submaximal Rowing. *Sports*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/sports9030042>
6. Arend, M., Mäestu, J., Kivastik, J., Rämson, R., Jürimäe, J. (2015). Effect of inspiratory muscle warm-up on submaximal rowing performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 213-218. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000618>
7. Bahenský, P., Marko, D., Grosicki, G., Malátová, R. (2020). Warm-up breathing exercises accelerate VO₂ kinetics and reduce subjective strain during incremental

- cycling exercise in adolescents. *Journal of Physical Education and Sport*, 20, 3361–3367. <https://doi.org/10.7752/jpes.2020.06455>
8. Bahenský, P., Bunc, V., Malátová, R., Marko, D., Grosicki, G. J. *et al.* (2021). Impact of a Breathing Intervention on Engagement of Abdominal, Thoracic, and Subclavian Musculature during Exercise, a Randomized Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 10(16), 3514. <https://doi.org/10.3390/jcm10163514>
 9. Bailey, S. J., Romer, L. M., Kelly, J., Wilkerson, D. P., DiMenna, F. J. *et al.* (2010). Inspiratory muscle training enhances pulmonary O₂ uptake kinetics and high-intensity exercise tolerance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 109(2), 457–468. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00077.2010>
 10. Bernardi, E., Pomidori, L., Bassal, F., Contoli, M., & Cogo, A. (2015). Respiratory muscle training with normocapnic hyperpnea improves ventilatory pattern and thoracoabdominal coordination, and reduces oxygen desaturation during endurance exercise testing in COPD patients. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 10(1), 1899–1906. <https://doi.org/10.2147/COPD.S88609>
 11. Boushel, R. (2010). Muscle metaboreflex control of the circulation during exercise. *Acta Physiologica (Oxford, England)*, 199(4), 367–383. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.2010.02133.x>
 12. Cavalcante Silva, R. L., Hall, E., Maior, A. S. (2019). Inspiratory muscle training improves performance of a repeated sprints ability test in professional soccer players. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 23(3), 452–455. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.01.016>
 13. Chan, J. S., Mann, L. M., Doherty, C. J., Angus, S. A., Thompson, *et al.* (2023). The effect of inspiratory muscle training and detraining on the respiratory metaboreflex. *Experimental Physiology*, 108(4), 636–649. <https://doi.org/10.1113/EP090779>

14. Chang, Y.-C., Chang, H.-Y., Ho, C.-C., Lee, P.-F., Chou, Y.-C., *et al.* (2021). Effects of 4-Week Inspiratory Muscle Training on Sport Performance in College 800-Meter Track Runners. *Medicina*, 57(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/medicina57010072>
15. Citherlet, T., Crettaz von Roten, F., Kayser, B., Guex, K. (2021). Acute Effects of the Wim Hof Breathing Method on Repeated Sprint Ability: A Pilot Study. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 700757. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.700757>
16. Chuang, H.-Y., Chang, H.-Y., Fang, Y.-Y., & Guo, S.-E. (2017). The effects of threshold inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A randomised experimental study. *Journal of Clinical Nursing*, 26(23–24), 4830–4838. <https://doi.org/10.1111/jocn.13841>
17. De Troyer, A., Estenne, M., Ninane, V., Van Gansbeke, D., Gorini, M. (1990). Transversus abdominis muscle function in humans. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 68(3), 1010–1016. <https://doi.org/10.1152/jappl.1990.68.3.1010>
18. Downey, A. E., Chenoweth, L. M., Townsend, D. K., Ranum, J. D., Ferguson, C. S. *et al.* (2007). Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 156(2), 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2006.08.006>
19. Driller, M., & Paton, C. (2012). The effects of respiratory muscle training in highly-trained rowers. *Journal of Exercise Physiology Online*, 15, 93–102. <https://doi.org/10.100.100/565131>
20. Ermiş, E., Yılmaz, A., Mayda, H. (2019). *Analysis of Respiratory Functions and Respiratory Muscle Strength of Martial Arts Athletes*. 2322–3537. <https://doi.org/10.30472/ijaep.v8i1.328>
21. Fabero-Garrido, R., del Corral, T., Angulo-Díaz-Parreño, S., Plaza-Manzano, G., Martín-Casas, P. *et al.* (2022). Respiratory muscle training improves exercise tolerance

- and respiratory muscle function/structure post-stroke at short term: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 65(5), 101596. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2021.101596>
22. Fernández-Pardo, T. E., Furió-Valverde, M., García-Arrabé, M., Valcárcel-Linares, D., Mahillo-Fernández, I. *et al.* (2023). Effects of usual yoga practice on the diaphragmatic contractility: A cross-sectional controlled study. *Heliyon*, 9(10), e21103. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21103>
23. Finucane, K. E., Panizza, J. A., Singh, B. (2005). Efficiency of the normal human diaphragm with hyperinflation. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 99(4), 1402–1411. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01165.2004>
24. Forbes, S., Game, A., Syrotuik, D., Jones, R., Bell, G. J. (2011). The Effect of Inspiratory and Expiratory Respiratory Muscle Training in Rowers. *Research in Sports Medicine*, 19(4), 217–230. <https://doi.org/10.1080/15438627.2011.608033>
25. Gil Obando, L. M., López, A. Ávila, C. L. (2012). Normal values of the maximal respiratory pressures in healthy people older than 20 years old in the City of Manizales—Colombia. *Colombia Médica:CM*, 43(2), 119–125. <https://doi.org/10.25100/cm.v43i2.1141>
26. HajGhanbari, B., Yamabayashi, C., Buna, T. R., Coelho, J. D., Freedman, K. D. *et al.* (2013). Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: A systematic review with meta-analyses. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1643–1663. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318269f73f>
27. Hof W., Jong K.D., Brown A. *The Way of the Iceman: How the Wim Hof Method Creates Radiant, Longterm Health-Using the Science and Secrets of Breath Control, Cold-Training and Commitment.* Saint Paul, MN, USA: Dragon Door Publications; 2017. 46-49

28. Joshi, A., Kiran, R., Singla, H. K., Sah, A. N. (2016). Stress management through regulation of blood pressure among college students. *Work (Reading, Mass.)*, 54(3), 745–752. <https://doi.org/10.3233/WOR-162308>
29. Lista-Paz, A., Langer, D., Barral-Fernández, M., Quintela-del-Río, A., Gimeno-Santos, E. *et al.* (2023). Maximal Respiratory Pressure Reference Equations in Healthy Adults and Cut-off Points for Defining Respiratory Muscle Weakness. *Archivos de Bronconeumología*, 59(12), 813–820. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2023.08.016>
30. Ma, X., Yue, Z.-Q., Gong, Z.-Q., Zhang, H., Duan, N.-Y *et al.* (2017). The Effect of Diaphragmatic Breathing on Attention, Negative Affect and Stress in Healthy Adults. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00874>
31. Mackała, K., Kurzaj, M., Okrzyńska, P., Stodółka, J., Coh, M. *et al.* (2020). The Effect of Respiratory Muscle Training on the Pulmonary Function, Lung Ventilation, and Endurance Performance of Young Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 234. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010234>
32. Maestroni, G. J. M. (2006). Sympathetic nervous system influence on the innate immune response. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1069, 195–207. <https://doi.org/10.1196/annals.1351.017>
33. Marko, D., Bahenský, P., Bunc, V., Grosicki, G. J., Vondrasek, J. D. (2022). Does Wim Hof Method Improve Breathing Economy during Exercise? *Journal of Clinical Medicine*, 11(8), 2218. <https://doi.org/10.3390/jcm11082218>
34. NCBI (National Center for Biotechnology Information). PubMed Central® (PMC), <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=%22wim+hof%22>, 28.10.23
35. Paiva, D. N., Assmann, L. B., Bordin, D. F., Gass, R., Jost, R. T., Bernardo-Filho, M., França, R. A., & Cardoso, D. M. (2015). Inspiratory muscle training with threshold or

- incentive spirometry: Which is the most effective? *Revista Portuguesa De Pneumologia*, 21(2), 76–81. <https://doi.org/10.1016/j.rppnen.2014.05.005>
36. Pilarski, J. Q., Leiter, J. C., Fregosi, R. F. (2019). Muscles of Breathing: Development, Function, and Patterns of Activation. *Comprehensive Physiology*, 9(3), 1025–1080. <https://doi.org/10.1002/cphy.c180008>
37. Romer, L. M., McConnell, A. K., Jones, D. A. (2002). Effects of Inspiratory Muscle Training Upon Recovery Time During High Intensity, Repetitive Sprint Activity. *International Journal of Sports Medicine*, 23(05), 353–360. <https://doi.org/10.1055/s-2002-33143>
38. Rożek-Piechura, K., Kurzaj, M., Okrzymowska, P., Kucharski, W., Stodółka, J. *et al.* (2020). Influence of Inspiratory Muscle Training of Various Intensities on the Physical Performance of Long-Distance Runners. *Journal of Human Kinetics*, 75, 127–137. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0031>
39. Saklayen, M. G. (2018). The Global Epidemic of the Metabolic Syndrome. *Current Hypertension Reports*, 20(2), 12. <https://doi.org/10.1007/s11906-018-0812-z>
40. Schepens, T., Fard, S., Goligher, E. C. (2020). Assessing Diaphragmatic Function. *Respiratory Care*, 65(6), 807–819. <https://doi.org/10.4187/respcare.07410>
41. Sinoway, L., Shenberger, J., Leaman, G., Zelis, R., Gray, K. *et al.* (1996). Forearm training attenuates sympathetic responses to prolonged rhythmic forearm exercise. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 81(4), 1778–1784. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.4.1778>
42. Sriboonreung, T., Leelarungrayub, J., Yankai, A., Puntumetakul, R. (2021). Correlation and Predicted Equations of MIP/MEP from the Pulmonary Function, Demographics and Anthropometrics in Healthy Thai Participants aged 19 to 50 Years. *Clinical*

- Medicine Insights. Circulatory, Respiratory and Pulmonary Medicine*, 15, 11795484211004494. <https://doi.org/10.1177/gil/11795484211004494>
43. St Croix, C. M., Morgan, B. J., Wetter, T. J., Dempsey, J. A. (2000). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. *The Journal of Physiology*, 529(Pt 2), 493–504. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.00493.x>
44. Sundram, B. M., Dahlui, M., Chinna, K. (2014). “Taking My Breath Away by Keeping Stress at Bay”—An Employee Assistance Program in the Automotive Assembly Plant. *Iranian Journal of Public Health*, 43(3), 263–272.
45. Trevisan, M. E., Boufleur, J., Soares, J. C., Haygert, C. J. P., Ries, L. G. K. *et al.* (2015). Diaphragmatic amplitude and accessory inspiratory muscle activity in nasal and mouth-breathing adults: A cross-sectional study. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 25(3), 463–468. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2015.03.006>
46. Uhlig, S. E., Marchesi, L. M., Duarte, H., Araújo, M. T. M. (2015). Association between respiratory and postural adaptations and self-perception of school-aged children with mouth breathing in relation to their quality of life. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19(3), 201–210. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0087>
47. Upadhyay Dhungel, K., Malhotra, V., Sarkar, D., Prajapati, R. (2008). Effect of alternate nostril breathing exercise on cardiorespiratory functions. *Nepal Medical College Journal: NM CJ*, 10(1), 25–27.
48. Verges, S., Renggli, A. S., Notter, D. A., & Spengler, C. M. (2009). Effects of different respiratory muscle training regimes on fatigue-related variables during volitional hyperpnoea. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 169(3), 282–290. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2009.09.005>

49. Walker, D. J., Ertl, T., Walterspacher, S., Schlager, D., Roecker, K., Windisch, W., & Kabitz, H.-J. (2013). Respiratory muscle function during a six-week period of normocapnic hyperpnoea training. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, *188*(2), 208–213. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2013.05.005>
50. Walters, S., Hoffman, B., MacAskill, W., Johnson, M. A., Sharpe, G. R. *et al.* (2021). The control of respiratory pressures and neuromuscular activation to increase force production in trained martial arts practitioners. *European Journal of Applied Physiology*, *121*(12), 3333–3347. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04800-7>
51. Wang, Y. T., & Poh, S. C. (1986). Lung function and respiratory muscle strength after propranolol in thyrotoxicosis. *Australian and New Zealand Journal of Medicine*, *16*(4), 496–500. <https://doi.org/10.1111/j.1445-5994.1986.tb02020.x>
52. Wellens, R. I., Roche, A. F., Khamis, H. J., Jackson, A. S., Pollock, M. L. *et al.* (1996). Relationships between the Body Mass Index and body composition. *Obesity Research*, *4*(1), 35–44. <https://doi.org/10.1002/j.1550-8528.1996.tb00510.x>
53. Wirth, B., Ferreira, T. D., Mittelholzer, M., Humphreys, B. K., & Boutellier, U. (2016). Respiratory muscle endurance training reduces chronic neck pain: A pilot study. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, *29*(4), 825–834. <https://doi.org/10.3233/BMR-160695>
54. Yamada, T., Inoue, A., Mafune, K., Hiro, H., Nagata, S. (2017). Recovery of Percent Vital Capacity by Breathing Training in Patients With Panic Disorder and Impaired Diaphragmatic Breathing. *Behavior Modification*, *41*(5), 665–682. <https://doi.org/10.1177/0145445517711436>
55. Zaccaro, A., Piarulli, A., Laurino, M., Garbella, E., Menicucci, D. *et al.* (2018). How Breath-Control Can Change Your Life: A Systematic Review on Psycho-Physiological

Correlates of Slow Breathing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 353.

<https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00353>

56. Zhang, F., Zhong, Y., Qin, Z., Li, X., Wang, W. (2021). Effect of muscle training on dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Medicine*, 100(9), e24930. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000024930>

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Roman Malõšev (sünnikuupäev: 10.12.1998), annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose “Wim Hof hingamise meetodi mõju hingmaissüsteemi võimekusele”, mille juhendaja on Mati Arend,

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

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

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

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

29.08.2024