

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE
CILVĒKA UN DZĪVNIEKU FIZIOLOĢIJAS KATEDRA

Mērenas, nemainīgas intensitātes slodzes un augstas intensitātes intervālslodzes ietekme uz vielmaiņas rādītājiem pēcslodzes periodā personām ar mazkustīgu dzīvesveidu

Bakalaura darbs

Autors: Paula Gurejeva
Studenta apliecības numurs: pg17009
Darba vadītājs: M.Sc.biol., lekt. Elīza Švampe

RĪGA 2020

KOPSAVILKUMS

Darba mērķis bija izstrādāt augstas intensitātes intervālslodzes (HIIT) protokolu, kas piemērots personām ar mazkustīgu dzīvesveidu, un salīdzinoši pārbaudīt tā efektu uz vielmaiņas intensitāti (MR) pēcslodzes periodā.

Tika izmantoti divi slodžu protokoli: HIIT un mērenas, nemainīgas intensitātes slodze (MICT). HIIT protokols sastāvēja no divdesmit 30 sekunžu augstas intensitātes (85% no maksimālās jaudas (P_{max})) periodiem, kurus cikliski nomaina 60 sekunžu zemas intensitātes (50% no P_{max}) periodi. MICT protokols tika veikts ar nemainīgu intensitāti – 60% no P_{max} . Vielmaiņas intensitāte tika noteikta, izmantojot netiešo kalorimetriju.

Izstrādātie HIIT un MICT protokoli tika pārbaudīti uz divām personām (21 un 20 gadi). Rezultāti rāda, ka abu slodžu testi līdzīgi ietekmē MR pēcslodzes periodā, taču HIIT slodze bija aizraujošāka. Izstrādātais HIIT protokols ir izmantojams personām ar mazkustīgu dzīvesveidu, taču tā ietekme uz MR būtu jātestē tālāk, palielinot dalībnieku skaitu.

Atslēgvārdi: netiešā kalorimetrija, augstas intensitātes intervālslodze, mērenās nemainīgas intensitātes slodze, mazkustīgs dzīvesveids

SUMMARY

Acute effects of moderate continuous exercise and high intensity interval exercise on post exercise metabolic rate and related parameters in sedentary persons

The aim of this study was to develop a high-intensity interval training (HIIT) protocol suitable for sedentary people and to comparatively test its effect on metabolic rate (MR) in the post-exercise period. Two exercise protocols were used: HIIT and moderate, continuous intensity training (MICT). HIIT consisted of twenty 30-second bouts at 85% P_{max} interspersed with 60-second active recovery periods with 50% of P_{max} . MICT was a single continuous bout at 65% P_{max} . MR was determined using indirect calorimetry.

HIIT and MICT protocols were tested on two subjects (21 and 20 years). The results show that both tests have a similar effect on MR in the post-exercise period, but the HIIT was more exciting. The developed HIIT protocol is suitable for sedentary persons, but its impact on MR should be further tested by increasing the number of participants.

Key words: indirect calorimetry, high intensity interval training, moderate intensity continuous training, sedentary lifestyle.

SATURS

SAĪSINĀJUMI	5
IEVADS	6
1. LITERATŪRAS APSKATS	8
1.1. Mazkustīgs dzīvesveids.....	8
1.2. Mērena, nemainīgas intensitātes slodze	9
1.3. Augstas intensitātes intervālslodze.....	9
1.4. Pēcslodzes skābekļa patēriņš un pēcslodzes substrātu oksidācija	16
2. MATERIĀLI UN METODES	19
2.1. Pētījumā iesaistītās personas	19
2.2. Antropometriskie mērījumi	19
2.3. Kardiovaskulārie rādītāji.....	20
2.4. Pētījuma dizains.....	20
2.5. Datu statistiskā apstrāde	24
3. REZULTĀTI.....	26
3.1. Pētījuma dalībnieku raksturojums	26
3.2. Mērenas, nemainīgas intensitātes slodzes testa rezultāti.....	26
3.3. Augstas intensitātes intevālslodze.....	29
4. DISKUSIJA.....	33
SECINĀJUMI	37
PATEICĪBAS	38
LITERATŪRAS SARAKSTS	39

SAĪSINĀJUMI

- AMPK (AMP-activated kinase) - AMP-aktivēta kināze;
- BDNF (brain-derived neurotrophic factor) - ar smadzenēm saistītais neirotrofais faktors.
- BMI (body mass index) - ķermeņa masas indekss;
- CRF (cardiorespiratory fitness) - kardiorespiratorais fitness;
- eNOS aktivitāti (endothelial nitric oxide synthase)- endotēlija slāpekļa oksīda sintāze;
- EPOC (excess post-exercise oxygen consumption) - pārmerīgs pēcslodzes skābekļa patēriņš;
- HbA1c (glycated hemoglobin type A1C) - glikolēts A1C tipa hemoglobīns;
- HIIT (high intensity interval training) – augstas intensitātes intervālslodze;
- HR(heart rate) - sirdsdarbības frekvence;
- MAPK (mitogen-activated protein kinase)- mitogēn-aktivēta kināze;
- MET (metabolic equivalent)- metaboliskais ekvivalents;
- MICT(moderate intensity continuous training) - mērenas, nemainīgas intensitātes slodze;
- MR (metabolic rate) - vielmaiņas intensitāte
- PGC-1 α (peroxisome-proliferator activated receptor) - receptors, aktivēts ar peroksisomas proliferatoru;
- P_{max}(maximal power) - maksimālā jauda;
- RPE (raiting of perceived exertion)- apzināts piepūles novērtējums;
- RQ (respiratory quotient) – elpošanas koeficients;
- SMIT (supra maximal interval training)- supramaksimālā intervālslodze;
- VO_{2max} (maximal oxygen consumption) - maksimālais skābekļa patēriņš;

IEVADS

Cilvēka ķermenis ir domāts kustībām. Cilvēka dzīves režīms un paradumi 21.gadsimtā ir būtiski mainījušies, salīdzinot ar mūsu priekštečiem – no fiziska darba cilvēks ir pārgājis uz prāta darbu, būtiski palielinājies profesiju klāsts darbā ar datoriem vai automatizētām iekārtām, rezultātā - sabiedrības dzīvesveids kļūst aizvien sēdošāks un mazkustīgāks (Ford et al, 2012). Kā galvenie faktori, kā dēļ cilvēki nenodarbojas ar fiziskām aktivitātēm brīvajā laikā, tiek minēti laika un motivācijas trūkums (Reichert et al, 2007). Mazkustīguma un citu faktoru dēļ turpina pieaugt cilvēku skaits, kuriem ir aptaukošanās, kuru pavada dažādas kardio-metabolas saslimšanas (del Mar Bibiloni et al, 2012). Lai risinātu problēmu ir nepieciešams samazināt enerģijas uzņemšanu ar uzturu un palielināt enerģijas patēriņu, nodarbojoties ar fizisko slodzi (Saris et al, 2004)

Pēdējos gados it īpaši populāras kļuvušas augstas intensitātes intervālslodzes (HIIT), kurās augstas intensitātes slodzi cikliski nomaina zemākas intensitātes atjaunošanās periodi. Tā ir laika efektīvāka trenēšanās metode, jo katra treniņa sesija var ilgt tikai 15 minūtes un pētījumi rāda, ka šāda aktivitāte labvēlīgi ietekmē organisma funkcijas (Gibala et al, 2008). Kā arī, cilvēki atzīst, ka HIIT ir aizraujošāki un motivējošāki, salīdzinot ar mērenas un nemainīgas intensitātes treniņiem (Bartlett et al, 2011).

Zinātniskajā literatūrā ir daudz pētījumu, kuros tiek salīdzinātas intervālslodžu un nemainīgas intensitātes slodžu efekti uz dažādiem fizioloģiskajiem parametriem, tomēr lielākā daļa šādu pētījumu ir veikti uz atlētiskām personām. Nav viennozīmīgu datu par šo minēto slodžu ietekmi uz personām ar mazkustīgu dzīvesveidu. Tāpat viedokļi dalās, vai ir droši izmantot HIIT slodzi mazkustīgām un sēdošām personām zema kardio-respiratorā fitnesa dēļ (Francois et al, 2015; Hardcastle et al, 2014; Guiraud et al, 2009). Tāpēc **pētījuma mērķis ir** izstrādāt augstas intensitātes intervālslodzes testa protokolu un salīdzinoši izvērtēt tā akūto ietekmi uz vielmaiņas intensitāti pēcslodzes periodā personām ar mazkustīgu dzīvesveidu. Lai sasniegtu mērķi, pētījumam tiek izvirzīti sekojoši **darba uzdevumi**:

1. Izpētīt zinātniskajā literatūrā pieejamo augstas intensitātes intervālslodžu protokolu daudzveidību.
2. Izstrādāt vienāda padarītā darba augstas intensitātes intervālslodzes un mērenas, nemainīgas intensitātes slodzes testu protokolus.
3. Noteikt pētījuma dalībnieku maksimālo slodzes jaudu pēc skābekļa patēriņa izmaiņām veloergometriskā slodzes testā.

4. Pielietojot izstrādātos slodžu protokolus, reģistrēt pētījuma dalībnieku vielmaiņas intensitāti slodzes laikā un pēcslodzes periodā.
5. Salīdzinoši izvērtēt vielmaiņas intensitātes izmaiņas abu testu pēcslodzes periodā.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Mazkustīgs dzīvesveids

Pēc WHO (World Health Organisation) datiem, 60-80 % cilvēkiem pasaulē attīstītajās valstīs ir mazkustīgs dzīvesveids, kas veido vienu no visnopietnākām mūsdienas sabiedrības veselības problēmām. Cilvēki mūsdienās patērē vairāk laika vidē, kurā ir ne tikai samazināta fiziskā aktivitāte, bet arī pieprasa ilgstošo sēdēšanu - darbā, mājās, transportlīdzekļos. Darba vietas, skolas, mājas un publiskas vietas bija un arī turpina rekonstruēties tāda veidā, lai mazinātu cilvēku kustību un muskuļu aktivitāti.

Termins *mazkustīga fiziskā aktivitāte* nozīmē aktivitātes līmeni, kurā ir nepieciešama maza enerģijas izmantošana, diapazonā no 1,0 līdz 1,5 metaboliska ekvivalenta (MET) vienībām, piemēram, tādas aktivitātes kā sēdēšana vai gulēšana. Viena jeb MET vienība atbilst tādām enerģijas patēriņam, kas tiek tērēts, personai atrodoties miera stāvoklī. Skābekļa patēriņš šādā stāvoklī ir 3,5 ml O₂ /kg/ min. Fiziskās aktivitātes enerģijas patēriņš var tikt aprēķināts relatīvo fiziskās aktivitātes skābekļa patēriņu (ml O₂ / kg/ min)*3,5 (Jette et al, 1990). Tabula ar dažādu fizisko aktivitāšu enerģijas patēriņu MET vienībās ir atrodama darba *1.pielikumā*.

No bioķīmiskā viedokļa, sēdēšana ir vieglāks un vairāk stabils ķermeņa stāvoklis ar zemu enerģijas patēriņu, zemu masas centru un lielāku ķermeņa atbalsta punktu. Galvenas sekas no ilgstošas sēdēšanas ir paaugstināta slodze uz mugurkaulu diskiem, novājinātas muguras jostas struktūras un samazināta metaboliska apmaiņa. Tas viss ir riska faktors lumbago attīstībai (Chen et al, 2009). Lumbago ir definēts kā sāpes un muskuļu sasprindzinājums vai stīvums, kas ir lokalizēts jostas daļā, ar vai bez kāju sāpēm (Koes et al, 2006).

Lai mazinātu mazkustīgumu ikdienā, WHO rekomendē sekojošas darbības: vidēju fizisko aktivitāšu laiku ne mazāk par 30 minūtēm dienā, smēķēšanas pārtraukšana un veselīgs uzturs. Vēl daži ieteikumi, kas palīdz paaugstināt dienas aktivitāti: stāvēt, nevis sēdēt sabiedriskajā transportā, uz darbu pārvietoties ar kājām, pastaigāties pusdienas un kafijas pārtraukumā, uzlikt atgadinājumu katras 30 minūtes, lai piecēltos un pastaigātos, strādājot pie galda, izmantot kāpnes lifta/eskalatora vietā, brīvajā laikā izvēlēties būt aktīvam, nevis pavadīt laiku, skatoties televizoru vai spēlējot videospēles, sarunājoties pa telefonu, var vienlaicīgi pastaigāties (Suzanne Falck, 2018).

1.2. Mērenas, nemainīgas intensitātes slodze

Visvairāk izplatītie slodzes modeļi ir aerobās izturības un spēka treniņi. Aeroba slodze ir arī zināmā kā MICT (moderate intensity continuous training) un bieži ilgst vairāk par 30 minūtēm vidējā intensitātē (slodzes intensitātes piemēri ir aktīva pastaiga, velobraukšana, skriešana un peldēšana).

Ir autori, kuri uzskata, ka vidējas intensitātes slodzēm ir jābūt vismaz 30 minūtem ilgām un jāveic 5 reizes nedēļā (Fisher et al, 2015). Citi pētnieki min, ka vidējās intensitātes slodzēm ir jābūt apmērām 45-60 minūtem garam, vēlams katru dienu, lai novērstu aptaukošanos (Saris et al, 2004).

Tipisks MICT slodzes protokols ir nemainīgas intensitātes slodze pie 60-70% no HRR_{max} (Zhang et al, 2015). Cits MICT slodzes protokols ir pastaiga/skriešana 40 minūtes pie 55-75% no HRR_{max} , iekļaujot iesildīšanos un atsildīšanos (Coswig et al, 2020).

Tika pierādīts, ka ilgstošas mērenās intensitātes slodze paaugstina miera vielmaiņas intensitāti (RMR), bet tas ir galvenokārt pateicoties tam, ka pieaug beztauku ķermeņa masa (Saris et al, 2014). MICT slodze ir pierādīta kā efektīva stratēģija, lai samazinātu vēdera un viscerālo tauku masu (Zhang et al, 2015).

Cilvēki kopumā nevēlas nodarboties ar ilgstošām MICT slodzēm, un kā galvenie iemesli tiek minēti laika trūkums un slodzes vienveidība, pat ja ir zināms, ka šo slodžu pozitīva ietekmē ir ļoti labi izpētīta (Zhang et al, 2015). Ir izpētīts, ka mērenās intensitātes slodze pozitīvi ietekmē miegu gados vecākiem cilvēkiem (King et al, 1997). MICT slodze ievērojami pazemina sistolisko asinsspiedienu (Arboleda-Serna et al, 2019).

1.3. Augstas intensitātes intervālslodze

1.3.1 Augstas intensitātes intervālslodzes definīcija un veidi

Augstas intensitātes intervālslodze (HIIT) definējas kā īsi augstas intensitātes aktivitātes periodi, kuri cikliski mainās ar zemas intensitātes atjaunošanās periodiem (Feito et al, 2018).

Augstas intensitātes intervālslodzes piemērs ir stundas garš treniņš, kurā ir 10 cikli, katrā 4 minūšu augstās intensitātes intervāls (~90% no VO_{2max}), kuriem seko 2 minūtes atpūta (Perry et al, 2008). Cits HIIT piemērs ir 4 minūšu intervāls ar 90%-95% no maksimāla HRR. Katrs intervāls ir atdalīts ar 3 minūšu aktīvo atpūtu, staigājot ar 50%-70% no maksimālas HRR (Wisloff et al, 2007). Vēl viens HIIT piemērs ir 2-5 minūšu garš augstas intensitātes intervāls pie 80%-95% no VO_{2max} , kas ir atdalīts ar vidējas intensitātes atjaunošanas periodiem (50%-70% no VO_{2max}) (Freyssin et al, 2012). Citā avotā kā HIIT treniņu definēja šādu - 3 minūšu augstas intensitātes

slodze (80% no VO_{2max} , kas ir $\sim 80\%$ HRR), kura ir atdalīta ar 3 minūšu slodzi pie 40% no VO_{2max} ($\sim 40\%$ HRR) (Fu et al, 2013). Darba autors secina, ka HIIT slodzes var būt ļoti dažādas pēc ciklu ilguma, slodzes un atjaunošanas perioda attiecības, tomēr pamatideja visiem HIIT slodzēm ir vienāda.

Tabulā 1.1. ir apkopoti dažādu pētījumu HIIT slodzes protokolu veidi. Lielākoties, protokoli ir balstīti uz tā, ka HIIT slodzes atkārtajos ciklos augstas intensitātes posmi ir īsāki nekā zemas intensitātes posmi. Parasti slodzes zemas intensitātes slodzes lielums ir stingri definēts, bet ir arī tādi, kuros ir aktīva atpūta, toties daļbnieks pats izvēlas intensitāti, galvenais neapstāties. Atlētiskās personas var izmantot arī HIIT slodzes protokolus, kur augstas intensitātes posmi ir garāki par zemas intensitātes posmiem (atjaunošanās periodi).

1.1. tabula. Pētījumos biežāk izmantotie HIIT veloergometrisku slodžu protokoli (modificēts pēc Maillard et al, 2017).

1.1. table. The most frequently HIIT bicycle ergometric protocols used in research (modified from Maillard et al, 2017).

N.p.k.	Slodzes intensitāte, % no P_{max}	Augstas: zemas intensitātes periodu proporcija	Atkārtojumu /ciklu skaits	Kopējais treniņa sesijas ilgums, minūtes
1	90% (pēc VO_{2max})	1:2	8	24
2	75-90% un 50% (pēc HR_{max})	4:3	4	28
3	80-90% un 50-60% (pēc VO_{2max})	4:3	3	25
4	90% un 70% (pēc HR_{max})	4:3	4	28
5	60-70% un 80-90% (pēc HR_{max})	1:3	8	32
6	80-90% (pēc HR_{peak})	2:3	60	20
7	80-90% un 55-65% (pēc HR_{max})	4:3	4	28
8	90-95% un 70% (pēc HR_{peak})	4:3	4	28
9	100% un 20% (pēc VO_{2peak})	1:3	8-15	30-60

Sabiedrībā un arī zinātniskajā vidē pastāv pārpratums HIIT definīcijā - nereti par HIIT slodzēm uzskata arī tādus treniņu veidus, kas ietver supramaksimālas intensitātes periodus jeb SMIT (supra maximal interval training). SMIT iekļauj sevī slodzi ar intensitāti, kurā VO_{2max} sasniedz pat vairāk nekā 100%, slodzes un atjaunošanas periodu attiecība variē no 1:3 līdz 1:9

(Cicioni-Kolsky et al, 2013). Savukārt HIIT slodzes laikā slodzes un atjaunošanas laika optimāla attiecība ir 1:3 (Herodek et al, 2014).

Ir apkopots vairākos pētījumos, kā HIIT skriešana ir efektīvāka par HIIT velobraukšanu, lai samazinātu ķermeņa kopējo un arī viscerālo tauku masu, bet velobraukšana ir vairāk efektīva kopējo abdominālo taukaudu samazināšanā. Skriešana veicina lielāku muskuļu masas pieaugumu, kā arī muskuļu saraušanās slodzes laikā sekmē lielāku tauku oksidāciju, nekā velobraukšana pat pie līdzīgas slodzes intensitātes. Kā arī, EPOC (post-exercise oxygen consumption - pārmērīgs pēcslodzes skābekļa patēriņš) ir lielāks pēc skriešanas sesijām nekā pēc velobraukšanas sesijām uz 37%. Plazmas laktāta koncentrācija ir augstāka pēc velobraukšanas, kas norāda uz to, ka patērējas un utilizējas vairāk glikozes nekā tauku. Tas viss rezultējas tajā, ka lielākais efekts tauku masas zaudēšanā ir HIIT skriešanā (Maillard et al, 2018).

1.3.2 Substrātu oksidācija augstas intensitātes slodzē

Paaugstināts oksidatīva metabolisma ieguldījums HIIT atkārtotās augstas intensitātes ciklos ir izskaidrojams gan pateicoties paaugstinātam skābekļa transporta ātrumam un utilizācijai, gan samazinātai spējai stimulēt substrāti fosforilāciju fosfokreatīna hidrolīzes un glikolīzes ceļā. HIIT slodze ir unikāla ar to, ka šūnu enerģija akūtu slodzes vai visa treniņu laikā var tikt iegūta oksidatīvajā un neoksidatīvajā metabolismā (Gibala, 2015).

Augstas intensitātes slodzes laikā taukskābju oksidācija strauji samazinās un ogļhidrātu utilizācija nodrošina apmēram divas trešdaļas no nepieciešamas enerģijas (Mul et al, 2015). Kad slodze paaugstinās līdz 65% - 80% no maksimālās jaudas, mazāk adipocītu taukskābju ir izdalītas plazmā, kas izraisa samazinātu taukskābju koncentrāciju plazmā. Šī samazināšanos ir novērojama, neskatoties uz to, ka lipolīze adipocītos turpinās. Samazinoties apmaiņai starp plazmas taukskābēm un adipocītu taukskābēm augstas intensitātes slodzē, pieved pie nepietiekamas asins plūsmas un albumīna taukskābju transportēšanu no adipocītiem uz cirkulatoro sistēmu. Tā, kā gliceroli vienalga ir izdalīti no adipocītiem, taukskābēm ir jābūt satvērtiem un akumulētiem adipocītos, kad notiek augstas intensitātes treniņi (Gropper et al, 2013). Ogļhidrātu metabolisms ir vēlamais enerģijas avots šajos apstākļos, jo ATP veidošanas ātrums ir divu reižu lielāks nekā taukskābju (Mul et al, 2015). Pie slodzes, kas paaugstinās līdz pat 85% no maksimuma, ogļhidrāti, kuri ir plazmas glikozes formā (iegūtie glikogenolīzes ceļā no aknu glikogēna uzkrājumiem, kā arī muskuļu glikogēna rezervēm) ir galvenie enerģijas avoti.

Gan muskuļu glikogēna rezerves, gan arī asins glikozes koncentrācija progresīvi samazinās augstas intensitātes slodzes laikā. Šī samazināšanās ir novērojama tāpēc, ka muskuļu

nepieciešamība pēc enerģijas var paaugstināties 20 reizes, salīdzinot ar miera apstākļiem. Tomēr hipoglikēmija ir reti novērojama pie slodzes intensitātes, kas ir augstāka par 70% no maksimuma. Hipoglikēmija, kas seko aknu glikogēna izsīkšanai, var tikt apturēta, kavējot glikozes izmantošanu šūnās un paaugstinot glikoneoģenēzi aknās, izmantojot glicerolu, kas tika ražots lipolīzes procesā, laktātu un piruvātu (kurš ir transportēts uz aknām kā alanīns), kuri tika ražoti glikolīzes procesā aktīvajos skeleta muskuļos.

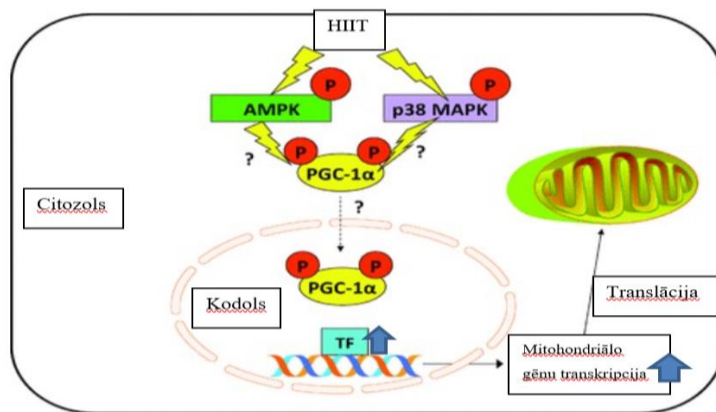
Intensīva ogļhidrātu katabolisma rezultātā, paaugstinās laktāta ražošana, kas akumulējas muskuļaudos un asinīs. Šis laktāta paaugstinājums ir īpaši redzams situācijās, kad organismam nepietiek skābekļa, tad piruvāts reducējas par laktātu, nevis līdz CO₂ un H₂O, kā tas notiktu, ja skābekļa nepietrūktu (Gropper et al, 2013).

1.3.3. Augstas intensitātes intervālslodzes efektu potenciālie molekulārie mehānismi

HIIT slodzes ietekmē paaugstinās mRNA daudzums, kas veicina dažādu transkripcijas faktoru pieaugumā, un rezultātā paaugstinās mitohondriālo enzīmu aktivitāte un proteīnu saturs (Gibala 2015).

Ņemot vērā HIIT slodzes oksidatīvo fenotipu, ir ļoti iespējami, ka metaboliskas adaptācijas šī tipa slodzē varētu būt saistītas ar signālceļiem, kuri parasti ir saistīti ar izturības slodzēm. Muskuļšūnu kontrakciju laikā aktivējas dažādas kināzes un fosfatāzes, kuras ir iesaistītas signālu pārnēsē, ieskaitot AMPK (AMP-activated kinase) un MAPK (mitogen-activated protein kinase) kaskādes. Šiem signālceļiem ir svarīga loma specifisko koaktivatoru stimulēšanā, kas piedalās mitohondriju metabolismā un bioģenezē, ieskaitot PGC-1 α (peroxisome-proliferator activated receptor) aktivāciju, kuru uzskata par mitohondrijas bioģenēzes “regulācijas meistar” (*1.1. attēls*) (Gibala, 2015).

Skeleta muskuļos PGC-1 α ir galvenais mitohondriju bioģenēzes veicinātājs, kas veido atbildi uz neiromuskulāro slodzi un kontrakcijas aktivitāti. Vienreizēja izturības slodze izraisa strauju un ilgstošu PGC-1 α gēna un proteīnu paaugstināšanos skeleta muskuļos. Muskuļu specifiskas PGC-1 α pārmērīgas ekspresijas rezultātā paaugstinās funkcionālu mitohondriju daudzums, uzlabojas kopējā ķermeņa VO_{2max}, šūnu enerģētiskais metabolisms nosliecas no CHO uz tauku oksidāciju un uzlabojas muskuļu slodzes izturība (Lee et al., 2018). HIIT slodze ietekmē AMPK un p38 MAPK aktivāciju; tās ir divas svarīgas signālu kaskādes, kuras regulē PGC-1 α (Lee et al, 2018).



1.1. attēls. HIIT aktivētie intracelulārie mehānismi, kas stimulē mitohondriju biogēnēzi (Gibala et al, 2012).

Figure 1.1. HIIT induced intracellular signalling mechanisms that stimulate mitochondria biogenesis (Gibala et al, 2012).

P38 α ir svarīga loma skeleta muskuļu augšanā un reģenerācijā. p38 MAPK parādīja reģeneratīvo kapacitāti cilvēku muskuļu satelītu šūnās (huSCs). Autori atklāja, ka p38 tika aktivēts muskuļu satelītšūnās, salīdzinot ar klusejošām satelīta šūnām. Papildus tam, atgriezeniskā inhibēšana kultivētās satelītšūnās novērš diferenciāciju un veicināja satelītšūnu izplatīšanos. Šī izplatīšanos dēļ satelītšūnas parādīja paaugstinātu pašatjaunošanās un transplantācijas potenciālu, salīdzinot ar tikko izolētām satelītšūnām un šūnām, kas tika kultivētas bez p38 inhibitoriem (Segales et al, 2016). Darba autore secina, ka p38 MAPK aktivitātei ir svarīga loma skeleta muskuļu ātrākai reģenerācijai pēc HIIT slodzes, kas rezultātā palīdz organismam atjaunoties ātrāk.

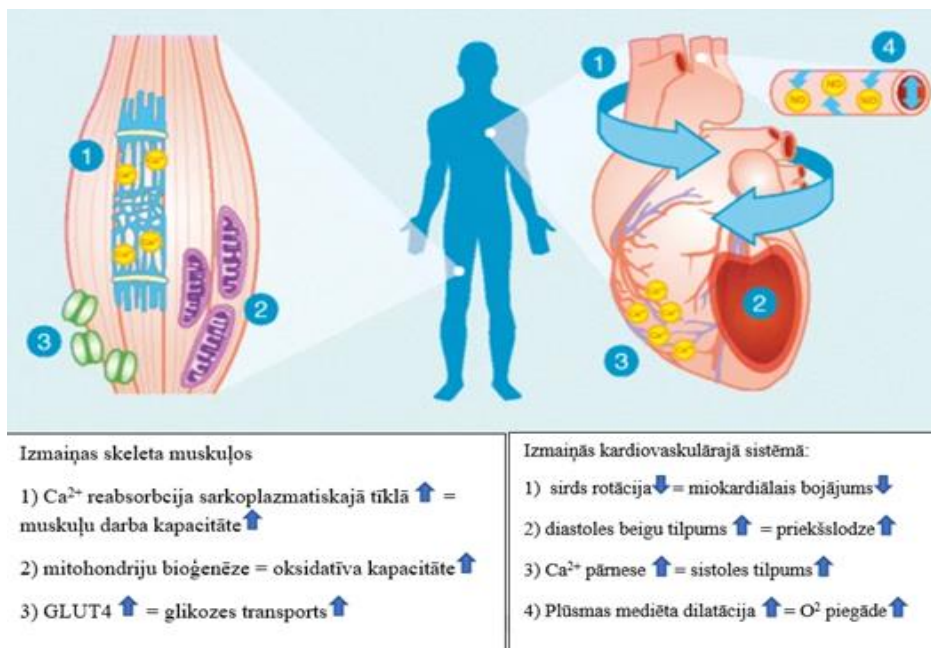
PGC-1 α ir transkripcijas koaktivators, kurš saista muskuļu aktivitāti, enerģētisko metabolismu un šķiedru izmēru kontroli. PGC-1 α ekspresijas muskuļos pieaugums ir novērots gan kā akūts, gan hronisks fiziskās slodzes efekts. Savukārt, pārāk augsta tā ekspresija rezultējas mitohondriju skaita pieaugumā un rezistancē pret nogurumu. Proteīnu degradācija ievērojami paaugstinās jebkuras muskuļu atrofijas laikā, bet PGC-1 α paaugstināta ekspresija aizkavē muskuļu atrofiju, iespējams, kavējot proteīnu degradāciju (Brault et al, 2010). PGC-1 α ietekmē paaugstinās arī taukskābju β -oksidācija, uzlabojas glikozes transports šūnās un palielinās oksidatīvo muskuļšķiedru fenotipa skaits. PGC-1 α stimulē arī β -aminoizosviestskābes sekrēciju aktīvajos muskuļos. Baltajos adipocītos β -aminoizosviestskābe inducē brūniem taukaudiem līdzīgo fenotipu cilvēkiem, caur PPAR α mehānismu, tas paaugstina kopējo metabolismu, kā arī samazina metabolā sindroma risku (Roberts et al, 2010).

HIIT slodze uzlabo skeleta muskuļu buferu kapacitāti atlētiem, kā arī literatūrā tika ierosināts, ka slodzes ietekmē izmainās Na^+/K^+ sūkņu aktivitāte; tas spēj saglabāt šūnu uzbudināmību un paaugstināt kontrakciju spēku, tādējādi samazināt noguruma sajūtu augstas intensitātes slodzes laikā (Gibala et al, 2013).

1.3.4. Augstas intensitātes intervālslodzes ietekme uz organismu

Vairākos pētījumos kardiorespiratorais fitness pēc vairāku nedēļu HIIT bija labāks nekā pēc MICT treniņu metodes (Tjønnā et al. 2008; Wisløff et al. 2007) arī uzlabojas endotēlija funkcija. Citā pētījumā dokumentēja būtiskas izmaiņas miera stāvokļa asinsspiedienā un labā priekškambarā uzbūvē (*1.2.attēls*). Tika dokumentētas ievērojamas izmaiņas dažādos miera asinsspiediena komponentos and kreisa kambara morfoloģijā. Šī tipa kardiāla remodelēšana pieprasa garāka ilguma slodzi un lielākas slodzes tilpumu, neka slodze, kura ietekmē kardiorespiratoro fitnesu un vaskulāro struktūru un funkcijas. Varētu būt, ka īsi HIIT slodzes intensīvi aktivitātes posmi, kuri mainās ar zemas intensitātes posmiem, inducē lielas magnitūdas paaugstinājumus šūnu un perifērālā vaskulārajā stresā, savukārt norobežo pašu sirdi no šī stresa, pateicoties tam, ka šie augstas intensitātes posmi ir īsi. Šīs centrālais norobežojums ļauj indivīdiem trenēties pie daudz intensīvākās slodzes, ka arī rezultējas efektīvajos slodzes stimulus starp kardiovaskulāriem centrāliem un perifērāliem komponentiem (Gibala et al, 2012).

Slodze tieši iedarbojas uz asinsvadu, pateicoties atkārtotai hemodinamisko stimulu iedarbībai, piemēram, shear stress un transmūrālajam spiedienam. Slodze transducē funkcionālas un strukturālas asinsvada sieniņās adoptāciju (Green et al, 2017).

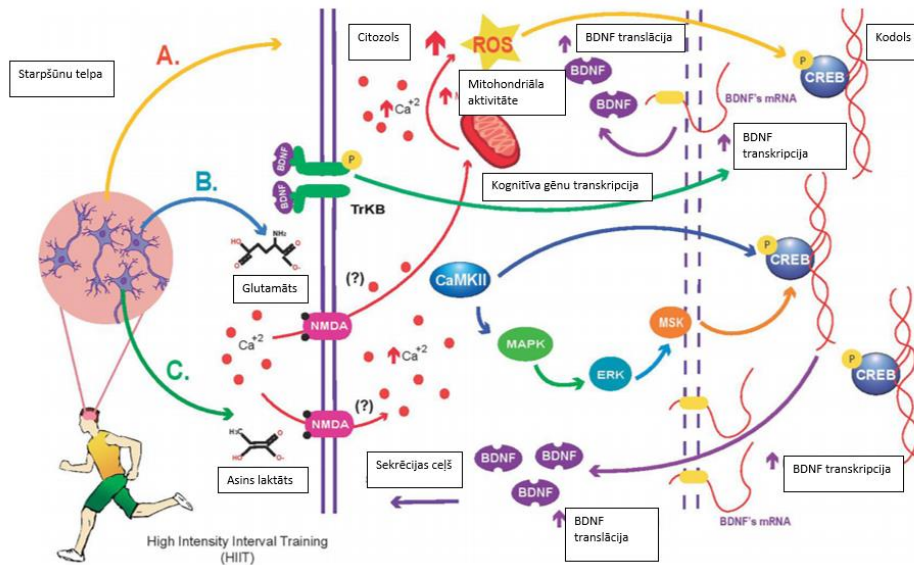


1.2. attēls. HIIT slodžu izraisītie efekti skeleta muskuļos un kardiovaskulārajā sistēmā (Cassidy et al, 2017).

Figure 1.2. HIIT induced changes in skeletal muscles and cardiovascular system (Cassidy et al, 2017).

Tika novērots, ka HIIT slodze uzlabo vaskulārās funkcijas, jo veicina spēcīgāku asins plūsmu caur asinsvadiem, bagatīnot strādājošos muskuļus ar vairāk skābekļa, kas sekmē endotēlija cirpes spēku atkarīgo NO (nitrogen oxid - slāpekļa monoksīds) biopieejamību (Ramos et al, 2015). Varētu spekulēt, ka hroniska cirpes spēku iedarbība uz endotēliju, kas HIIT slodzē tiek īpaši stimulēta, var ietekmēt izmaiņas molekulārā līmenī tādā veidā, ka endotēlija šūnu kālija kanāli paliks jutīgāki pret asins plūsmas mehānisko ietekmi uz endoteliocītiem, veicinot augstāku eNOS aktivitāti (endothelial nitric oxide synthase). Šie mehāniskie spēki aktivē kālija kanālus, ietekmējot un atvieglojot kalcija ieplūdi endotēlija šūnās. Palielinātais kalcija daudzums šūnās aktivē eNOS, sekmējot NO sintēzi, rezultāta notiek asinsvadu vazodilatācija (Ramos et al, 2015).

Pagaidām nav zināms precīzs mehānisms, kā HIIT slodze ietekmē smadzeņu funkcijas, tomēr potenciālais mehānisms ir paaugstināta asins plūsma uz smadzenēm. Tomēr slodzes laikā paaugstināta asins plūsma ir uz strādājošiem muskuļiem, bet uz smadzenēm plūsmas paaugstinājums ir pavisam neliels. Asins plūsmas pieaugums uz smadzenēm plato fāzi sasniedz pie apmēram 60% no VO_{2max} . Cits mehānisms varētu būt augšanas faktoru pieaugums, piemēram, BDNF (brain-derived neurotrophic factor). HIIT slodzes laikā tiek producēts vairāk BDNF nekā MICT laikā, tāpēc var uzskatīt, ka HIIT ir vairāk piemērota slodze smadzeņu funkcijas veicināšanai. BDNF ir obligāti nepieciešama smadzeņu šūnu augšanai, funkcionēšanai un izdzīvošanai it īpaši hipokampā, frontālajā un motorajā garozā un svītrainā ķermenī. Šajos apgabalos, BDNF paaugstina starpšūnu komunikāciju. BDNF arī veicina jaunu smadzeņu šūnu augšanu hipokampā (1.3.attēls) (Jimenez-Maldonado et al, 2018).



1.3. attēls. Augstas intensitātes intervālslozdes ietekme uz BDNF sintēzi smadzenēs.

1.3.Figure. High intensity intervaltraining influence on BDNF synthesis in brain (Jimenez-Maldonado et al, 2018).

Tika pierādīts, ka cilvēki, kuriem ir jānācas jaunā motora kustība vai no jauna jānācas motora kustības, piemēram, pēc neuroloģiskas traumas vai slimības, spēj to vieglāk paveikt, ja tas mācīšanās ir apvienotas kopā ar HIIT slodzēm. Labāki rezultāti ir novērojami, ja slodzei ir augstāka intensitāte. Divi svarīgie reģioni, kurus ietekmē HIIT slodze un ir tieši saistīti ar kognitīvām funkcijām ir hipokams, kas atbild par atmiņu un mācībām, un priekšēja garoza, kas atbild par pašregulāciju un uzmanības fokusēšanu (Gibala et al, 2018).

Vienā pētījumā tika noteikts, ka 20% cilvēku ar lieko svaru pat pēc 12 mēnešiem no kontrolēta pētījuma, nodarbojas ar HIIT slodzi paši savā ikdienā, jo tas ir vairāk aizraujošs un laika mazietilpīgs (Roy et al, 2018).

HIIT slodze ir efektīva stratēģija, lai novērstu riska faktorus, kas ir saistīti ar 2.tipa diabētu un ir vairāk efektīva slimniekiem ar 2.tipa diabētu nekā MICT slodze, uzlabojot VO_{2max} un samazina HbA1c (glycated hemoglobin type A1C) (Stoa et al, 2017).

1.4. Pēcslodzes skābekļa patēriņš un pēcslodzes substrātu oksidācija

Pārmerīgs pēcslodzes skābekļa patēriņš (EPOC) ir skābekļa daudzums, kuru patērē ķermenis pēc slodzes periodā un ir augstāks nekā pirmsslodzes skābekļa patēriņš (1.4. attēls). Tā, kā

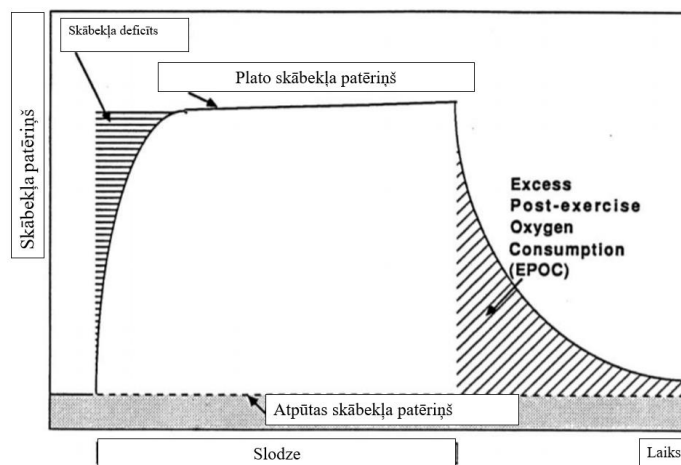
ķermenis pēc slodzes izmanto vairāk skābekļa nekā pirms slodzes, atjaunošanas laikā patērējas vairāk kaloriju nekā pirmslodes (Emily Sopo).

Pēc slodzes, ķermenis atgriežas homeostāzes stāvoklī (Emily Sopo), EPOC varētu būt dažādu enerģijas procesu rezultāts, kā skābekļu krājumu papildināšana muskuļos un asinīs, ATP un kreatīnosfāta krājumu papildināšana, paaugstināta ventilācija, paaugstināta sirdsdarbība un ķermeņa temperatūra, paaugstināta triglicerīdu un taukskābju cirkulācija, substrātu utilizācijas nobīde no ogļhidrātiem uz taukiem, glikogēna resintēze un paaugstināta simpatoadrenāla aktivitāte (Abboud et al, 2012).

EPOC sastāda dažādi komponenti. “Ātri komponenti” apzīmē komponentu summu, kas notiek apmēram stundas laikā pēc slodzes, tomēr “pagarināti komponenti” nozīme komponentus, kuri ilgst vairākas stundas (Borsheim et al, 2003).

EPOC efekta ilgums ir atkarīgs no slodzes intensitātes un ilguma, parasti tas ilgst no 15 minūtēm līdz 48 stundām, lai ķermenis pilnībā atgūtu savu homeostāzi. Citi faktori kā dzimums un trenētība arī ietekmē EPOC (Vella et al, 2004).

EPOC un slodzes intensitātei ir lineāra sakarība, slodzei sākot no $\geq 50\%$ VO_{2max} (Mann et al, 2014). EPOC vairāk tomēr ietekmē intensitāte, nevis slodzes garums. Augstas intensitātes slodzes laikā ķermenis iegūst ATP anaerobā ceļā. EPOC laikā, ķermenis izmanto skābekli, lai atjaunotu muskuļu glikogēnu un arī, lai atjaunotu slodzes laikā bojātus muskuļu proteīnu. Kad HIIT slodze ir beigusies, ķermenis turpina izmantot aerobo ceļu enerģijas atjaunošanai, lai aizvietotu slodzes laikā patērēto ATP, kas ievērojami paaugstina EPOC efektu (Pete McCall, 2014).



1.4. attēls. Pēcslodzes skābekļa patēriņš pēc submaksimālas slodzes (LaForfia et al, 2006).

Figure 1.4. Excess post-exercise oxygen consumption following submaximal exercise (LaForfia et al, 2016).

Pēc slodzes tauku metabolisms indivīdiem korelē ar slodzes intensitāti, lielāka pēcslodzes tauku utilizācija atbildē uz augstāko slodzes intensitāti daļēji ir sasitīta ar augšanas hormona izdalīšanos, kas spēlē dažādas lomas metabolisma regulēšanā un ķermeņa kompozīcijā. Klīniskos akromegālijas gadījumos, pacientiem, kuriem bija paaugstināts augšanas hormona un insulīnlīdzīga augšanas faktora 1 saturs un tiem bija samazināts viscerālo un zemādas tauku saturs (Zhang et al, 2015).

Slodzes laikā neesterificētu taukskābju mobilizācija no adipocītiem, kā arī šo taukskābju ekstrakcija no strādošiem muskuļiem ir apgrūtināta un tas varētu būt par limitējošo faktoru, lai oksidētu lipīdus kā enerģijas avotu slodzes laikā, it īpaši augstas intensitātes slodzē, rezultātā tas nekādi neietekmē lipīdu krājumus taukaudos. Savukārt tika ierosināts kā neesterificētu taukskābju un triacilglicerolu pārstrādei adipocītos un aknās ir liela loma paaugstinātam pēcslodzes skābekļa patēriņam. Kā arī ir būtiska lipolītiskā aktivitāte un taukskābju mobilizācija no zemādas taukaudiem, kas sākas stundu pēc slodzes un turpinās līdz pat vairāk nekā 3 stundām (Malatesta et al, 2009).

Tika izpētīts, ka fosfogēna atjaunošana un laktāta metabolisms kopā ar paaugstinātu ķermeņa temperatūru sastāda apmēram 30-50% no 1 stundas EPOC pēc submaksimālas un supramaksimālas slodzes. EPOC pēc 1 stundas galvenokārt ir asociēts ar triacilglicerola/taukskābju cirkulāciju, kas ir daļēji stimulēts ar paaugstinātu kateholamīna koncentrācijām un iespējamu slodzes-ietekmētu paaugstinājumu lipolītiskajā adipocītu atbildē uz kateholamīniem (Laforgia et al, 2016).

Vairāku pētījumu rezultāti norāda lielāku ieguldījumu no tauku oksidācijas pēcslodzes atjaunošanas periodā, kad ir muskuļu glikogēna krājumu izsīkums. Tas ir attaisnojums tam, ka metaboliska prioritāte ir glikogēna krājumu resintēzei, tāpēc rodas relatīva nobīde no CHO uz tauku oksidāciju. Šo apstiprina arī tas, ka cilvēkam pēc slodzes ir aktivēta glikogēna sintāze, kas arī piedalās glikogēna resintēzē (Kimber et al, 2003).

2. MATERIĀLI UN METODES

2.1. Pētījumā iesaistītās personas

Pētījumā plānots piedalīties 20 mazkustīgas personas, vecumā no 20 līdz 24 gadiem. Personu mazkustība tiek novērtēta pēc mazkustības anketas, kas tika izveidota, pamatojoties uz International Physical Activity Questionnaire (5. pielikums), kuru dalībniekiem aizsūta elektroniski. Anketa ļauj pētījuma organizētājam novērtēt mazkustību. Ja interesents atbilst kritērijiem, tad viņu aicina uz pirmo apmeklējuma reizi. Pētījumā dalībnieki tiek iepazīstināti ar tālāku pētījuma gaitu un uz brīvprātības pamata paraksta piekrišanas anketu (4.pielikums).

2.2. Antropometriskie mērījumi

Katrai pētāmajai personai pirmajā apmeklējuma reizē tika veikti daži antropometriskie mērījumi – svars, augums, vidukļa un gurnu apkārtmērs.

Svars tiek noteikts, izmantojot portatīvus elektroniskus svarus ($\pm 0,1$ kg), pētāmajai personai atrodoties pēc iespējas vieglākā apģērbā.

Lai noteiktu auguma garumu, tika izmantots antropometrs un mērījums tika veikts ar precizitāti līdz 0,1 cm. Izmeklējamā persona tika mērīta, stāvot uz horizontālas pamatnes, bez apaviem, papēžiem, sēžamvietai, muguras augšpusei un pakausim pieskaroties pie statņa. Papēži bija salikti kopā. Bīdot antropometra slīdlineālu uz leju līdz tas saskārās ar izmeklējamās personas galvu, mērījums tika nofiksēts, izmeklējamā persona atbrīvota no antropometra un mērījums nolasīts.

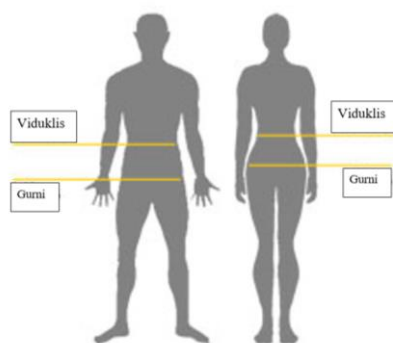
Vidukļa un gurnu apkārtmēri tiek noteikti, izmantojot mērlenti ($\pm 1,0$ cm), pētāmajai personai taisni stāvot, rokas gar sāniem, kājas plecu platumā. Vidukļa apkārtmēru mēra visšaurākajā vietā, parasti nabas rajonā, pārliecinoties, ka visā perimetrā mērlente atrodas vienā līmenī paralēli grīdai. Gurnu apkārtmēru nomēra visplatākajā sēžas vietā, kā atskaites punktu, pieņemot gurnu kaulu, arī pārliecinoties, ka mērlente atrodas vienā līmenī (Samantha Clayton). 2.1. attēlā ir parādīts vidukļa un gurnu apkārtmēru mērījuma vietas. Rezultātus fiksē dalībnieka anketā.

Pētījuma dalībnieku ķermeņa audu proporciju netiešai novērtēšanai izmanto BMI (body mass index) un vidukļa-gurnu apkārtmēru proporciju. BMI aprēķina pēc šādas formulas - ķermeņa masa (kilogramos), kas ir dalīta ar auguma garumu (metros), kas kāpināts kvadrātā:

$$\text{BMI} = \text{masa}[\text{kg}] / (\text{augums}[\text{m}])^2$$

Par normu uzskata vērtības diapazonu no 18,5 līdz 25 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Risks saslimt ar kardiovaskulāriem un metaboliskiem traucējumiem paaugstinās līdz ar ķermeņa masas

paaugstināšanos, it īpaši, ja tas ir androīdais taukaidu izvietojuma tips, kuru var raksturot ar vidukļa-gurnu apkārtmēru proporciju. Normāli vīriešiem tā ir 0,85 līdz 0,95, bet sievietēm - 0,7 līdz 0,8 (Zariņš u.c., 2009).



2.1. attēls. Vidukļa un gurnu apkārtmēru noteikšanas vietas.

Figure 2.1. Waist and hip circumference measurement sites.

2.3. Kardiovaskulārie rādītāji

Lai pētījuma slodžu testos sekotu līdzī pētījuma dalībnieku kardiovaskulārās sistēmas darbībai, ik pēc piecām minūtēm tika mērīts asinsspiediens. Tika sekots līdzī arī sirdsdarbības frekvences vērtībām, izmantojot Polar Flow sirdsdarbības frekvences monitoru, kas sastāv no krūšu jostiņas ar raidītāju un pulksteņa. Krūšu jostiņā ir iebūvēti divi elektrodi, kas nolasa sirds kontrakcijā radīto elektrisko lauku, un sirdsdarbības frekvence tiek aprēķināta, izmantojot R-R intervālu. Precizitāte ir līdz pat 99%.

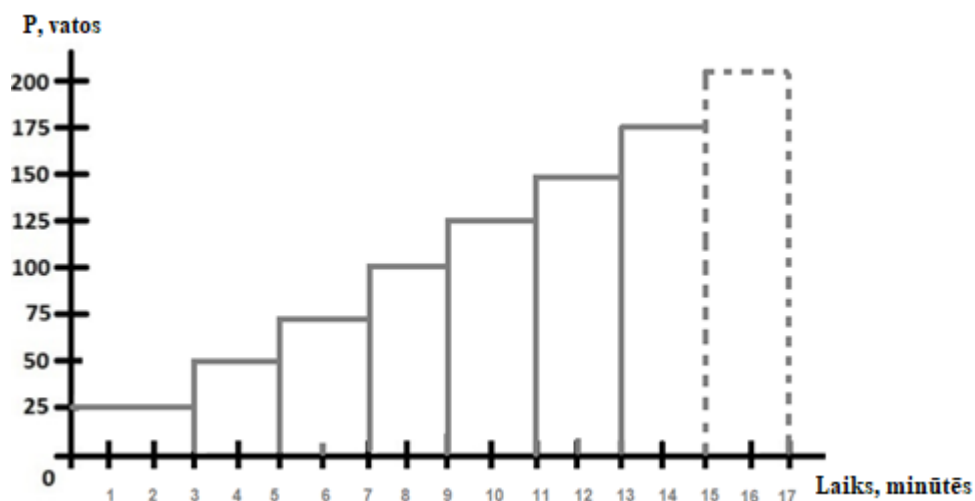
2.4. Pētījuma dizains

Pētījums tika sadalīts četrās atsevišķās apmeklējuma reizēs. Pirmajā dienā pētāmo personu iepazīstina ar laboratoriju, lai novērstu iespējamu stresa ietekmi nākošajos mērījumos. Tiek detalizēti izskaidrots pētījuma protokols, pēc kura dalībnieki var parakstīt piekrišanu par dalību pētījumā. Pirmajā apmeklējuma reizē tiek noteikti arī antropometriskie rādītāji pētāmo personu grupas raksturošanai. Dalībniekus aicina ievērot atsevišķus norādījumus sekojošajām pētījuma apmeklējuma reizēm: nelietot kafiju un citus kofeīnu saturošus dzērienus (vismaz 8 stundas), nelietot alkoholu (vismaz 24 stundas), izvairīties no paaugstinātas intensitātes fiziskām aktivitātēm (vismaz 48 stundas pirms apmeklējuma), pēdējo ēdienreizi ieturēt vismaz 2 stundas pirms apmeklējuma, izvairīties no trekniem vai ar vienkāršajiem ogļhidrātiem bagātiem produktiem. Otrajā apmeklējuma reizē tiek veikts maksimālas slodzes jaudas tests, savukārt, trešajā un ceturtajā reizē randomizētā kārtībā dalībnieks veic vai mērenās, nemainīgas intensitātes slodzes, vai augstas

intensitātes intervālslozdes testu. Pēc katra slodžu testa izpildes, pētījuma dalībnieks novērtē, cik grūta bija slodze (RPE - rating of perceived exertion), skalā no 1 līdz 10 (skatīt 3. pielikumu).

2.4.1. Maksimālās slodzes jaudas noteikšana

Otrajā apmeklējuma reizē tika noteikta maksimālās dalībnieka darba spējas, izmantojot veloergometru MONARK Ergomedic 838E. Pētāmā persona tika nosēdināta uz veloergometra, kuram tika noregulēts augstums atbilstoši pētāmās personas auguma parametriem. Ap krūškurvi tika aplikta Polar sirdsdarbības monitora jostīņa, lai varētu sekot līdzi sirdsdarbības frekvences izmaiņām. Uz pētāmās personas sejas uzvelk masku ar elpošanas trubiņu, kas savienota ar gāzu analizatoru, kas mērīs patērētā skābekļa un saražotās ogļskābās gāzes daudzumu, kā arī elpošanas frekvenci un tilpumus. Maksimālās jaudas noteikšanas protokols ir grafiski atspoguļots 2.2. attēlā. Pirmās trīs minūtes dalībnieks veica 50W lielu slodzi, pedalējot ar 50 apgriezieniem minūtē. Tad katras divas minūtes slodzes jauda tiek kāpināta par 25W. Jaudu turpina palielināt, līdz dalībnieks vairs nevar turpināt uzturēt nepieciešamo slodzes intensitāti un brīvprātīgi pārtrauc slodzes testu, pat arī tad, ja skābekļa patēriņš nav sasniedzis savu plato fāzi, tātad, persona nav sasniegusi savu maksimālā skābekļa patēriņa vērtību, ko sporta zinātnē apzīmē kā VO_{2max} . Maksimālais personas sasniegtais skābekļa patēriņš, kas tika reģistrēts, tiek nosaukts par VO_{2peak} . Visa slodzes testa laikā tiek sekots līdzi dalībnieka sirdsdarbības frekvences vērtībām, vai tas nepārsniedz 180-190 reizes/minūtē. Pēc slodzes turpināšanas atteices, dalībnieks pāris minūtes atsildās, samazinot jaudu, turpina pedalēt. (Maksimālas slodzes protokols tika sastādīts, izmantojot rakstu (Deuster et al, 2008), bet papildināts un pārveidots, atbilstoši mūsu dotajiem apstākļiem).



2.2. attēls. Maksimālās jaudas (P_{max}) noteikšanas protokols.

Figure 2.2. Test protocol of determination of maximal power (P_{max}).

2.4.2. Augstas intensitātes intervāslodzes tests

Izpētot zinātniskajā literatūrā biežāk izmantotos HIIT protokolu veidus gan atlētiskām personām, gan mazkustīgām personām, šajā pētījumā tika izveidots optimāls HIIT slodzes protokols, kuru spētu izpildīt arī mazkustīgas personas. Izvēlētās slodzes jaudas bija sekojošas: augstas intensitātes periodiem tā bija 85% no P_{max} , kas noteikts otrajā apmeklējuma reizē, bet zemas intensitātes periodiem - 50% no P_{max} . Augstas-zemas intensitātes periodu proporcija bija 1:2 jeb 30 sekundes 85% no P_{max} un 60 sekundes 50% no P_{max} . Kopējais HIIT slodzes testa ilgums ir 30 minūtes, kurā persona veic 20 augstas-zemas intensitātes ciklus. Savukārt, kopējais treniņa sesijas ilgums, ieskaitot iesildīšanās un atslodzes periodus, ir 36 minūtes. HIIT testa shematisku reprezentāciju var apskatīt 2.3. attēlā.

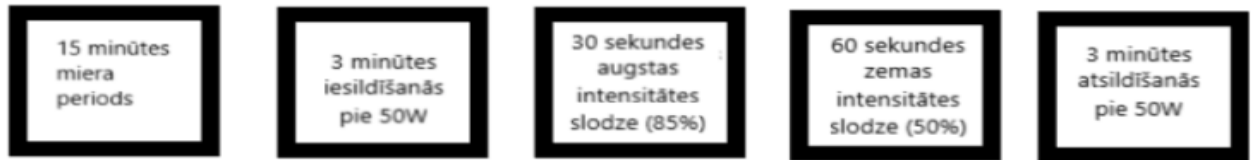
Pētāmā persona uz pētījumu ierodas atpūtusies, ievērojusi visus iepriekš minētos norādījumus. Pētījumā izmantotās iekārtas tiek sagatavotas pēc tāda paša parauga, kā tas ir aprakstīts maksimālās jaudas noteikšanas testā.

Tā kā šajā pētījuma posmā ir nepieciešams mērīt dalībnieka miera vielmaiņas intensitāti, uz sejas fiksējamajai gumijas maskai tiek pievienota elpošanas trubiņa ar mazāko diametru, lai reģistrētu vielmaiņas parametrus miera apstākļos. Miera vielmaiņa tika mērīta 15 minūtes, pētāmajai personai atrodoties guļus pozīcijā uz kušetes. Pēc miera vielmaiņas reģistrēšanas, sejas maskai tika nomainīta elpošanas trubiņa ar lielāko diametru, lai varētu optimāli reģistrēt gāzu maiņu slodzes testa laikā.

Pirmās trīs minūtes pētāmā persona iesildījās, pedalējot ar 50W lielu jaudu. Tālāk sekoja pati 30 minūšu intrvāslodze, no kurām 30 sekundes ir augstas intensitātes slodze (85% no P_{max}) un 60 sekundes ir zemas intensitātes slodze (50% no P_{max}). Pēc 20 šādu ciklu izpildes, pētāmā persona atslodzējās 3 minūtes pie 50W lielas slodzes.

Kad slodzes tests pabeigts, pētāmā persona, nenoņemot masku ar gāzu sensoriem, nokāpj no veloergometra un apguļās uz kušetes, vielmaiņas intensitāti (MR) pieraksta 15 minūtes.

Lai varētu novērtēt vielmaiņas intensitātes dinamiku pēcslodzes periodā, pētāmā persona laboratorijā pavada vēl 2 h pēc slodzes testa beigām. Pirmās un otrās stundas pirmajās 15 minūtēs tiek mērīta MR, gāzu maiņas reģistrēšanai izmantojot elpošanas trubiņu ar mazāko diametru. Šajā pēcslodzes periodā dalībniekam ir atļauts izmantot vannas istabu, dzert ūdeni, veikt darbu pie datora, vai, piemēram, lasīt grāmatu.



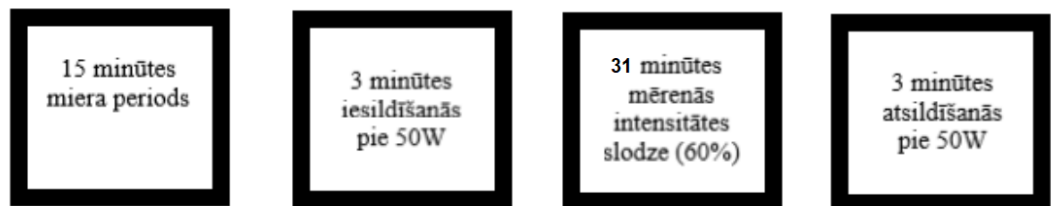
2.3. attēls. Augstas intensitātes intervālslodzes protokols.

Figure 2.3. High intensity interval training protocol.

2.4.3. Mērenas, nemainīgas intensitātes slodzes tests

Pētāmā persona uz pētījumu ierodas atpūtusies, ievērojusi visus iepriekš minētos norādījumus. Pētījumā izmantotās iekārtas tiek sagatavotas pēc tāda paša parauga, kā tas ir aprakstīts iepriekš.

MICT slodze tika veikta, izmantojot slodzes intensitāti, kas atbilda 60% no P_{max} . Slodzes shematisku reprezentāciju var aplūkot 2.4. attēlā. Kopējais MICT slodzes testa ilgums ir 31 minūte, kurā persona veic nepārtrauktu slodzi ar nemainīgu intensitāti. Savukārt, kopējais treniņa sesijas ilgums, ieskaitot iesildīšanās un atsildīšanās periodus, ir 37 minūtes.



2.4. attēls. Mērenas, nemainīgas intensitātes slodzes protokols.

Figure 2.4. Moderate intensity continuous training protocol.

2.4.4. Slodzes testu protokolu saskaņošana atbilstoši padarītajam darbam

Lai spētu novērtēt HIIT treniņa efektu uz MR, galvenokārt, pēcslodzes periodā, viens no pētījumam izvirzītajiem uzdevumiem bija izveidot tādus divu dažādu slodžu testu protokolus, kas ir savstarpēji saskaņoti padarītā darba (A, džoulos) apjoma ziņā.

Lai parādītu aprēķinu gaitu, piemērā tiks izmantota individuāli noteiktā kādas pētāmās personas maksimālā slodzes jauda - 200W.

60% no P_{max} ir 120 W (mērenas intensitātes slodzei), 85% no P_{max} ir 170W un 50% no P_{max} ir 100W (intervālslozdei).

$A=P*t$, kur A – darbs (J), P – jauda (W) un t – laiks (s).

1) tiek aprēķināts vienā intervālslozdes ciklā izpildītais darbs:

$$A = (170W * 30sek) + (100W * 60sek) = 11100 \text{ (J)}$$

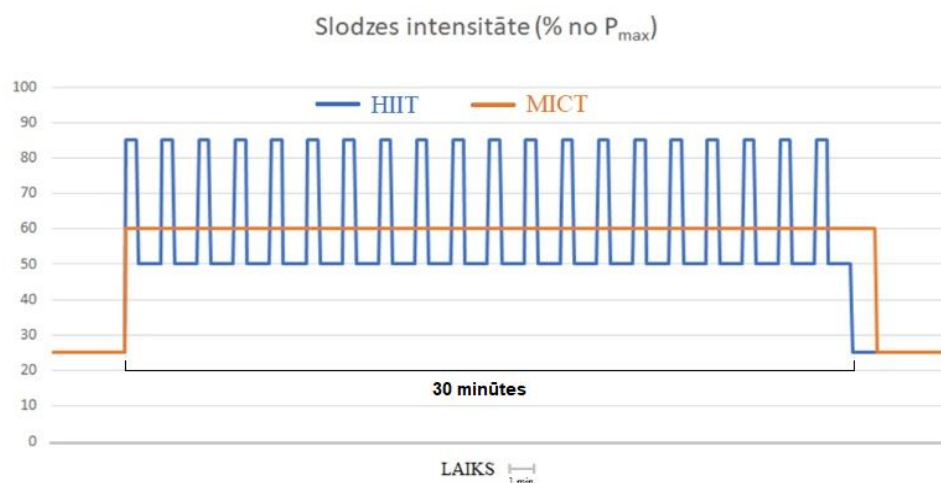
2) tiek aprēķināts kopējais intervālslozdzē izpildītais darbs:

$$A = 11100 \text{ J} * 20 \text{ (ciklu skaits)} = 222000 \text{ (J)}$$

3) tiek aprēķināts, cik ilgā laikā 222 000J lielu darbu var izpildīt mērenas intensitātes slodzē, kuru veic ar 120W lielu jaudu:

$$\text{Laiks} = 222000J : 120W : 60sek = 31 \text{ (minūte)}$$

Līdz ar to HIIT treniņa ilgums ir 30 minūtes, savukārt atbilstoša padarītā darba MICT treniņa ilgums ir 31 minūte. Grafisku abu slodžu testu protokolus var apskatīt 2.5. attēlā.



2.5.attēls. HIIT un MICT slodžu testu salīdzinošs attēlojums.

Figure 2.5. Comparison of HIIT and MICT exercise protocols.

2.5 Datu statistiskā apstrāde

Netiešās kalorimetrijas dati tika iegūti, izmantojot *Breeze* programmatūru un apstrādāti ar *MS Excel* programmatūru (vidējas vērtības un standartnovirzes, ka arī grafiku izveide).

Kaut arī miera MR tika mērīta 15 minūtes pirms slodzes, datu analīzei tika rēķināta vidējā vērtība pēdējo piecu minūšu periodā, kad MR stabilizējusies un vairs nesamazinās. MICT slodzē tika aprēķinātas vidējas vērtības visas slodzes laikā (neieskaitot iesildīšanās un atsildīšanās

periodus). HIIT slodzē tika aprēķinātas vidējas vērtības atsevišķi augstas un zemas intensitātes periodos. Pēcslodzes MR raksturošanai tika izmantotas vidējās MR vērtības, kas reģistrētas 15 minūtes dažādos iepriekš aprakstītajos pēcslodzes periodos. Visi rezultāti atspoguļoti kā vidējā vērtība dotajā datu kopā un to standartnovirze.

Tā kā tika izpētītas tikai divas personas, netika pielietotas metodes, kas pārbauda statistisko ticamību. Rezultāti tika raksturoti, izmantojot relatīvu parametru izmaiņu salīdzināšanu.

3. REZULTĀTI

Sakarā ar Latvijā izsludināto ārkārtas situāciju, līdz 14. martam tika paspēts ievākt datus no trim personām, tomēr viena persona nespēja pabeigt HIIT slodzes testu līdz galam, tāpēc rezultātos tika iztirzāti dati no divām pētāmajām personām.

Tā kā aktuālajā pētījumā tika izmantotas iekārtas elpošanas parametru reģistrēšanai, tika pieņemts lēmums tālāku pētījuma slodžu testa protokola aprobāciju uz citām personām neveikt drošības apsvērumu dēļ.

Rezultātu analīze nebūs pilnvērtīga sakarā ar mazo dalībnieku skaitu, tāpēc izvirzītie skaidrojumi parāda tikai reģistrēto parametru dinamikas tendences.

3.1. Pētījuma dalībnieku raksturojums

Pētījumā piedalījās divi dalībnieki - sieviete (persona A) un vīrietis (persona B), kuru vecums attiecīgi bija 21 un 22 gadi. Iegūtos antropometriskos parametrus var apskatīt 3.1. tabulā. Redzams, ka personai A ķermeņa masas indekss tuvojās liekā svara kategorijas robežai, savukārt, personai B BMI atbilst liekā svara kategorijai. Vidukļa-gurnu apkārtmēru proporcija, kas abām personām sava dzimuma ietvaros atbilst normām, norāda uz metaboli veselīgāku taukaudu izvietojuma veidu.

3.1. tabula. Pētamo personu antropometriskie rādītāji.

Table 3.1. Anthropometric parameters of investigated persons.

	Vecums, gados	Svars, kg	Auguma garums, m	BMI, kg*m ²	Vidukļa apkārtmērs, cm	Gurnu apkārtmērs, cm	Vidukļa - gurnu apkārtmēru proporcija
Persona A	21	71	1.7	24.6	82	107	0.77
Persona B	22	90	1.85	26.3	87	101	0.86

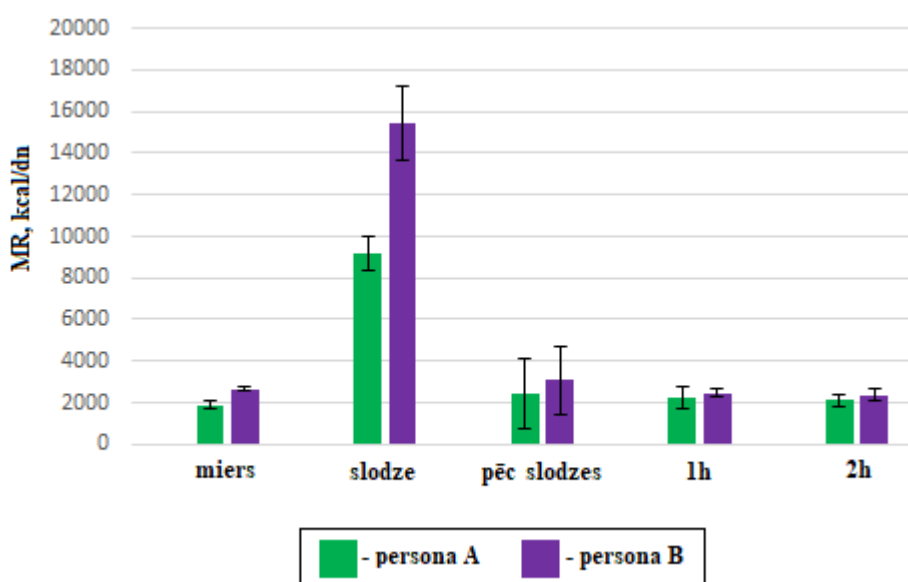
3.2. Mērenas, nemainīgas intensitātes slodzes testa rezultāti

3.2.1. Vielmaiņas intensitāte

Vielmaiņas intensitāte tika mērīta gan pirms slodzes, gan slodzes laikā, gan 2 stundas pēcslodzes periodā. 3.1. attēlā var redzēt MR rādītājus miera periodā, slodzes laikā, uzreiz pēc slodzes, vienu un divas stundas pēc slodzes beigām.

Personai A MR slodzes periodā paaugstinājas uz 4,8 reizēm salīdzinot ar miera periodu. Beidzoties 31 minūšu MICT slodzei, pirmajā pēclodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) MR nokrita uz 3,7 reizēm, tomēr tā ir uz 29% augstāka nekā miera periodā, pagājot vienai stundai tā nokrita uz 9%, bet divas stundas pēc slodzes, MR samazinājas vēl par 7%, tomēr nav sasniegusi miera perioda vielmāiņas intensitāti.

Personai B vielmāiņas intensitāte slodzes periodā paaugstinājas uz 5,9 reizēm salīdzinot ar miera periodu. Beidzoties 31 minūšu MICT slodzei, pirmajā pēclodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) MR samazinājās 5,0 reizes, tomēr tā ir uz 16% augstāka nekā miera periodā. Vienu stundu pēc slodzes MR samazinājās vēl par 19%, bet, kad pagājušas divas stundas pēc slodzes, tā samazinājas par 4%, atgriežoties un esot jau mazākai nekā miera periodā.



3.1. attēls. Vielmaiņas intensitātes izmaiņas MICT slodzes testā un pēclodzes periodā.

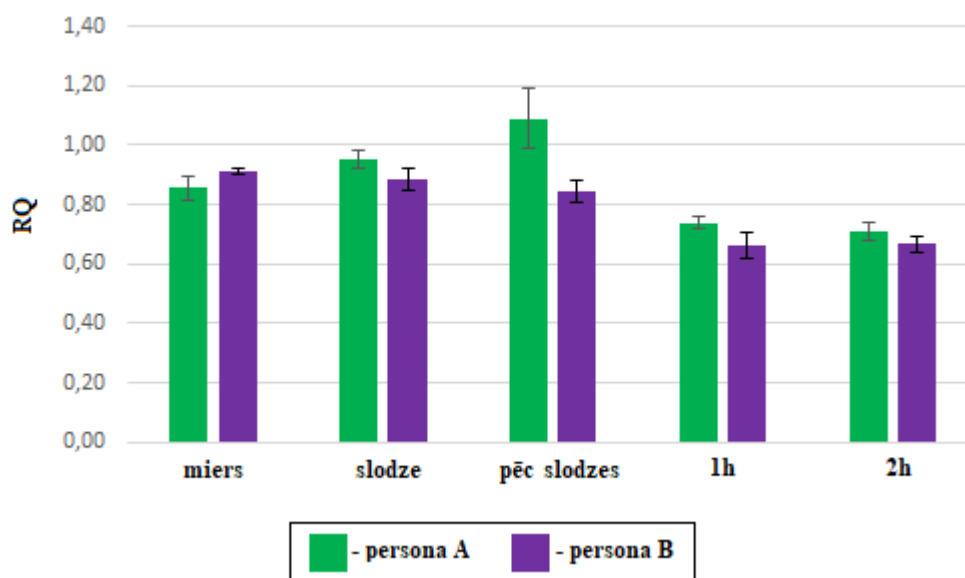
Figure 3.1. Metabolic rate dynamics during and after MICT exercise.

3.2.2. Elpošanas koeficients

Personai A RQ vērtība slodzes periodā paaugstinājās uz 11% salīdzinot ar miera periodu. Beidzoties 31 minūšu MICT slodzei, pirmajā pēclodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) RQ vērtība paaugstinās uz 15%, pagājot vienai stundai RQ vērtība stipri nokrita uz 32% salīdzinot ar 1 pēclodzes periodu, bet pagājot divām stundām pēc slodzes RQ vērtība pazeminājas par %, kopumā RQ vērtība trešajā pēclodzē ir par 1,2 reizēm mazāka nekā miera periodā.

Personai B RQ vērtība slodzes periodā samazinājas uz 3% salīdzinot ar miera periodu. Beidzoties 31 minūšu MICT slodzei, pirmajā pēclodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) RQ

vērtība nokrita uz 4,5%, pagājot vienai stundai RQ vērtība nokrita vēl uz 21%, bet pagājot divām stundām pēc slodzes RQ vērtība paaugstinājas par 1%, kopumā RQ vērtība trešajā pēcslodzē ir par 1,36 reizēm mazāka nekā miera periodā. 3.2. attēlā var redzēt RQ vērtības miera periodā, slodzes laikā, uzreiz pēc slodzes, vienu un divas stundas pēc slodzes beigām.



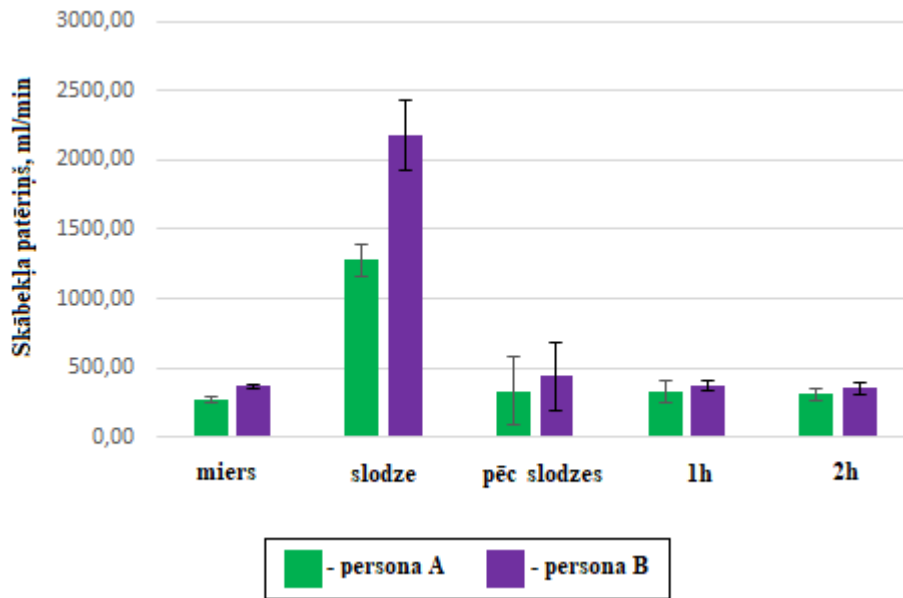
3.2. attēls. Elpošanas koeficienta izmaiņas MICT slodzes testā un pēcslodzes periodā.

Figure 3.2. Respiratory quotient dynamics during and after MICT exercise.

3.2.3. Skābekļa patēriņš

Personai A skābekļa patēriņš slodzes periodā paaugstinājas uz 4,8 reizēm salīdzinot ar miera periodu. Beidzoties 31 minūšu MICT slodzei, pirmajā pēcslodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) skābekļa patēriņš nokrita uz 3,8 reizēm, tomēr tas ir uz 24% augstāka nekā miera periodā, pagājot vienai stundai skābekļa patēriņš nokrita uz 2%, bet pagājot divām stundām pēc slodzes, skābekļa patēriņš samazinājas vēl par 6%, paliekot augstākam nekā miera periodā.

Personai B skābekļa patēriņš slodzes periodā paaugstinājas par 6 reizēm, salīdzinot ar miera periodu. Beidzoties 31 minūšu MICT slodzei, pirmajā pēcslodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) skābekļa patēriņš samazinājās 5,0 reizes, tomēr tas ir par 18% augstāks nekā miera periodā. Vienu stundu pēc slodzes skābekļa patēriņš nokrita uz 16%, bet divas stundas pēc slodzes skābekļa patēriņš samazinājas vēl par 4%, atgriežoties un esot jau mazākam nekā miera periodā pirms slodzes uzsākšanas. 3.3. attēlā var redzēt skābekļa patēriņa rādītājus miera periodā, slodzes laikā, uzreiz pēc slodzes, vienu un divas stundas pēc slodzes beigām.



3.3.attēls. Skābekļa patēriņa izmaiņas MICT slodzes testā un pēcslodzes periodā.

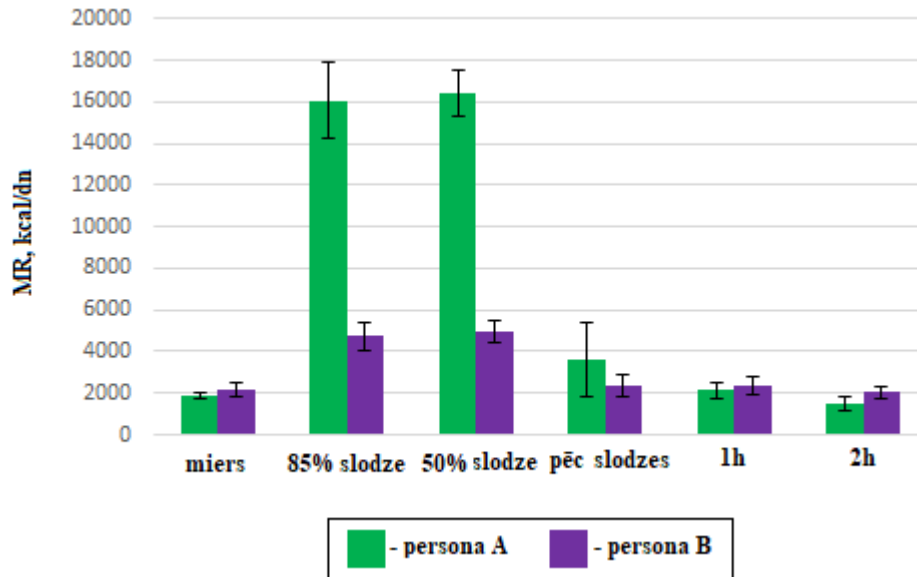
Figure 3.3. Oxygen consumption dynamics during and after MICT exercise.

3.3. Augstas intensitātes intervālslodze

3.3.1. Vielmaiņas intensitāte

Personai A vielmaiņas intensitāte (MR) slodzes periodā paaugstinājas uz 8,5 reizēm salīdzinot ar miera periodu. HIIT slodzes augstas intensitātes ciklos MR ir zemāka par 3 % nekā HIIT slodzes zemas intensitātes ciklos. Beidzoties 30 minūšu HIIT slodzei, pirmajā pēcslodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) MR samazinājās 4,6 reizes, tomēr tā ir uz 89% augstāka nekā miera periodā, paejot vienai stundai MR samazinājās par 41%, bet, paejot divām stundām pēc slodzes, MR samazinājas vēl par 29%.

Personai B vielmaiņas intensitāte slodzes periodā paaugstinājas uz 2 reizēm salīdzinot ar miera periodu. HIIT slodzes augstas intensitātes ciklos vielmaiņas intensitāte ir zemāka par 4 % nekā HIIT slodzes zemas intensitātes ciklos. Beidzoties 30 minūšu HIIT slodzei, pirmajā pēcslodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) vielmaiņas intensitāte nokrita uz 2,1 reizēm, tomēr tā ir uz 7% augstāka nekā miera periodā, pagājot vienai stundai vielmaiņas intensitāte paaugstinājas uz 2%, bet pagājot divām stundām pēc slodzes, vielmaiņas intensitāte samazinājas par 14%. 3.4. attēlā var redzēt MR rādītājus miera periodā, slodzes laikā, uzreiz pēc slodzes, vienu un divas stundas pēc slodzes beigām.



3.4. attēls. Vielmaiņas intensitāte HIIT slodzē.

Figure 3.4. Metabolic rate during HIIT exercise.

3.3.2. Elpošanas koeficients

Personai A RQ vērtība slodzes periodā paaugstinājas uz 5% salīdzinot ar miera periodu. HIIT slodzes augstas intensitātes ciklos RQ vērtība ir zemāka par 2 % nekā HIIT slodzes zemas intensitātes ciklos. Beidzoties 30 minūšu HIIT slodzei, pirmajā pēclodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) RQ vērtība paaugstinājas uz 4 %, tomēr tā ir uz 7% augstāka nekā miera periodā, pagājot vienai stundai RQ vērtība pazeminājas par 27%, bet pagājot divām stundām pēc slodzes, RQ vērtība paaugstinājas par 2%.

Personai B RQ vērtība slodzes periodā paaugstinājas uz 4% salīdzinot ar miera periodu. HIIT slodzes augstas intensitātes ciklos RQ vērtība ir augstāka par 1 % nekā HIIT slodzes zemas intensitātes ciklos. Beidzoties 30 minūšu HIIT slodzei, pirmajā pēclodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) RQ vērtība samazinājas uz 9 %, tā ir uz 5% zemāka nekā miera periodā, pagājot vienai stundai RQ vērtība pazeminājas par 11%, bet pagājot divām stundām pēc slodzes, RQ vērtība paaugstinājas par 3 %. 3.5. attēlā var redzēt RQ vērtības miera periodā, slodzes laikā, uzreiz pēc slodzes, vienu un divas stundas pēc slodzes beigām.



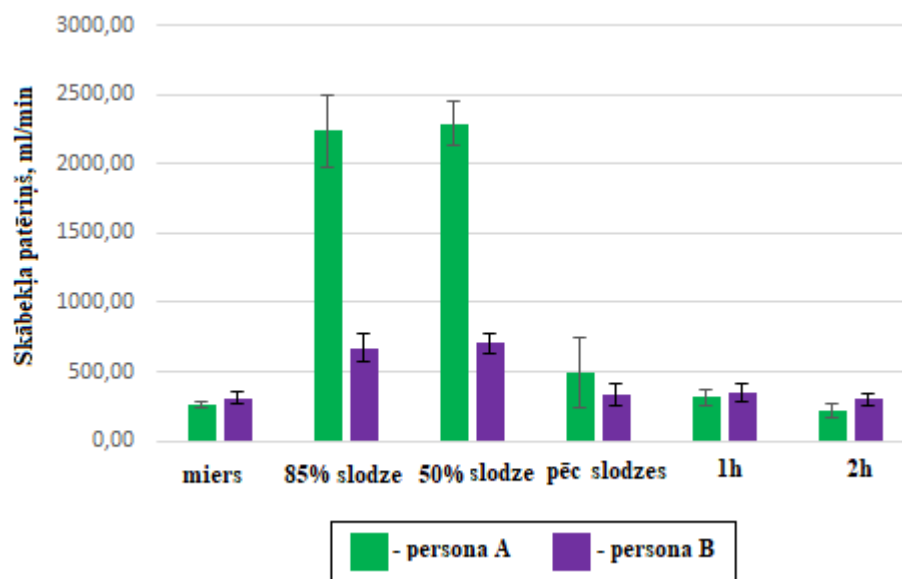
3.5. attēls. Elpošanas koeficients HIIT slodzē.

Figure 3.5. Respiratory quotient during HIIT.

3.3.3. Skābekļa patēriņš

Personai A skābekļa patēriņš slodzes periodā paaugstinājās uz 8,5 reizēm salīdzinot ar miera periodu. HIIT slodzes augstas intensitātes ciklos skābekļa patēriņš ir zemāks par 2 % nekā HIIT slodzes zemas intensitātes ciklos. Beidzoties 30 minūšu HIIT slodzei, pirmajā pēclodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) skābekļa patēriņš nokrita uz 4,6 reizēm, tomēr tas ir uz 89% augstāks nekā miera periodā, pagājot vienai stundai skābekļa patēriņš nokrita uz 37%, bet pagājot divām stundām pēc slodzes, skābekļa patēriņš samazinājās vēl par 29%.

Personai B skābekļa patēriņš slodzes periodā paaugstinājās uz 2,2 reizēm salīdzinot ar miera periodu. HIIT slodzes augstas intensitātes ciklos skābekļa patēriņš ir zemāks par 4 % nekā HIIT slodzes zemas intensitātes ciklos. Beidzoties 30 minūšu HIIT slodzei, pirmajā pēclodzes periodā (15 minūtes pēc slodzes) skābekļa patēriņš nokrita uz 2,1 reizēm, tomēr tā ir uz 7% augstāks nekā miera periodā, pagājot vienai stundai skābekļa patēriņš paaugstinājās uz 5 %, bet pagājot divām stundām pēc slodzes, skābekļa patēriņš samazinājās par 14%. 3.6. attēlā var redzēt MR rādītājus miera periodā, slodzes laikā, uzreiz pēc slodzes, vienu un divas stundas pēc slodzes beigām.



3.6.attēls Skābekļa patēriņš HIIT slodzē.

Figure 3.6. Oxygen consumption during HIIT.

4.DISKUSIJA

Analizējot personas A un B RQ vērtības MICT un HIIT slodzēs, var secināt, kādus substrātus organisms oksidē noteiktos slodzes periodos (6. *Pielikums*). Persona A miera periodā patērē jauktu substrātu (50/50 tauki un ogļhidrāti), abās slodzēs tiek patērēti gandrīz tikai ogļhidrāti, pirmajā pēcslodzē ir novērojams ļoti izteikts ogļhidrātu patēriņš, bet otrajā un trešajā pēcslodzē organismā notiek nobīde uz tauku metabolismu pēc abām slodzēm divu stundu garumā. Persona B miera periodā pirms HIIT slodzes patērēja miksēto substrātu proporcijā (30/70 ogļhidrāti/tauki), HIIT slodzē arī patērēja jauktu substrātu, tomēr ar ogļhidrātu pārākumu, MICT slodzē tika patērēti ogļhidrāti, bet abu slodžu otrajā un trešajā pēcslodzes periodā arī ka peronai A ir novērojama nobīde uz tauku metabolismu. Tika vairākkārt izpētīts, ka EPOC laikā dažādu pēcslodzes mehānismu ietekmē, notiek nobīde no ogļhidrātu uz tauku metabolismu un taukiem kā substrātu avotu. Arī ir zināms, ka paaugstinās triglicerīdu/tauskābju attiecība ciklā pēc ilgstošas slodzes. Triglicerīdu/tauskābju ciklā, taukskābes ir izdalītas lipolīzē un reesterificējas par triacilgliceroliem nevis oksidējas. ATP ir nepieciešama, lai reesterificētu to adipocītā (intracelulāra resintēze) vai aknās (ekstracelulāra resintēze). Triacilglicerolu/tauskābju cikls ir gan zem hormonāla, gan substrātu kontroles. Pēcslodzes paaugstināts enerģijas patēriņa vienu no svarīgākajām sastāvdaļām ir tieši šī cikla paaugstināto cirkulāciju (Borsheim et al, 2003). Citā avotā arī tika pierādīts, ka gan mērenās intensitātes laikā, gan augstas intensitātes intervālslodzes laikā, pašā slodzē kā substrāts izmantojas ogļhidrāti, bet EPOC laikā organisms pāriet uz tauku metabolismu abos gadījumos (Kuo et al, 2005).

Kopumā ir redzams, ka abās slodzes EPOC periodā sadedzinas tauki, tad ir jāpievērš uzmanība, kuri akumulēti tauki patērējas. Pētījumā tika pierādīts, ka 12 nedēļu garā pētījumā laikā pēc HIIT skriešanas ievērojami samazinājas viscerālie tauki (uz 19,5%), bet pēc MICT skriešanas tikai uz 11,1%. Tā, kā ir zināms, kā viscerālie tauki ievērojami ietekmē veselību nekā paaugstināta kopējo tauku akumulācija, ka arī viscerālo tauku akumulācija ir saistīta ar hipertensiju un insulīna rezistenci (Wewege et al, 2017), ir efektīvāk nodarboties ar HIIT slodzi.

Abām personām pēc gan HIIT, gan MICT slodzes, skābekļa patēriņš ievērojami nokrita, tomēr RQ vērtība paliek gandrīz nemainīga pirmajā pēcslodzes periodā, kas ir 15 minūtes pēc slodzes. Kuo ar kolēģiem savā pētījumā ieguva līdzīgus secinājumus (Kuo et al, 2005).

Analizējot vielmaiņas intensitāti personām A un B ir redzams, ka abu slodžu veidu laikā vielmaiņas intensitāte paaugstinās 4-5 reizēs salīdzinot ar miera periodu, bet jau pirmajā pēcslodzē

vielmiņas intensitāte krietni nokrīt, otrajā pēcslodzē un trešajā, kad jau beidzas EPOC “tūlītējie” komponenti un pāriet jau uz “ilgstošiem”, vielmiņas intensitāte pakāpeniski samazinās. Svarīgi piebilst to, ka pēc MICT slodzes vielmiņas intensitātes samazinājas ātrāk, nekā pēc HIIT slodzes, kurā vielmiņas intensitāte divu stundu laikā bija augstāka. Thornton ar kolēģiem savā pētījumā salīdzināja EPOC efektu pēc zemas intensitātes izturības slodzes vai (45% no VO_{2max}) un augstas intensitātes izturības slodzes (85% no VO_{2max}), kad tiem ir vienādi padarītais darbs. Ir noskaidrots, ka EPOC efekts ir augstāks pēc augstas intensitātes slodzes nekā pēc zemas intensitātes, kad abi ir pielīdzināti pēc vienāda padarīta darba. EPOC bija augstāks, neskatoties uz to, ka slodzes laikā VO_2 patēriņš bija diezgan līdzīgs abas intensitātes slodzēs. Paaugstināts EPOC pēc augstas intensitātes slodzes ir iespējams pateicoties tam, ka augsta intensitāte izraisa lielākus metaboliskus traucējumus slodzes laikā tāpēc pēcslodzē enerģijas patēriņš ir augstāks, lai notiktu dažādi fizioloģiski procesi, kas palīdz organismam atgriezties līdzsvara stāvoklī (Thornton et al, 2002). Viņu rezultāti ir ļoti līdzīgi tam, kas tika novērots šajā darbā.

Nav iespējams precīzi noteikt, vai vielmiņas intensitāte pēc divām stundām ir atgriezusies sākumstāvoklī vai nē, jo gāzu analizatoram ir ļoti liela neprecizitāte, neprecizitāte ir arī tam, ka miera periodu mēra 20 minūtes pirms slodzes, kad pētāmā persona ir atnākusi, paveicot kādu distanci ejot un kāpjot pa kāpnēm, bet pēcslodzes mieru mēra, kad cilvēks jau divas stundas mierīgi guļ vai sēž. Tika pierādīts, ka EPOC efekts ilgst līdz pat 24 stundām gan pēc MICT, gan pēc HIIT slodzes, toties HIIT slodze ir laika efektīvākā (Skelly et al, 2014). Tāpēc mērīt EPOC tikai divas stundas ir neefektīvi, jo tas turpinās arī daudz ilgāku laiku.

Ir pierādīts, ka HIIT slodzēm ir izteiktāks efekts uz kardiorespiratoru fitnesu (CRF) nekā MICT slodzēm. Tas varētu būt izskaidrots ar to, ka paaugstinās mitohondriju skaits, HIIT-ietekmētā citrāta sintāzes aktivitāte, II tipa šķiedru aktivācija, ATP aktivēta proteīnkināzes aktivitāte. Iepriekšējie pētījumi parādīja, ka HIIT slodze ir vairāk efektīva uz centrālo adaptāciju, kā sistolas tilpums, kardiāla jauda un asins tilpums, kuri ir svarīgi CRF komponenti (Cao et al, 2019).

Šajā pētījumā HIIT slodzes ciklos augstas intensitātes: zemas intensitātes attiecība ir 1:2 (30 sekundes pret 60 sekundēm). Vienā pētījumā noteica, ka vislābāka ietekme uz uzlabošanas aerobajā un anaerobajā kapacitātē, kā arī maksimālās slodzes uzlabojums 6 mēnešu laikā ir pēc HIIT slodzes, kurā augstas intensitātes: zemas intensitātes attiecība ir 1:4 (Seo et al, 2019). Varētu pieļaut, ka palielinot aktīvas atpūtas laiku jeb zemas intensitātes slodzes laiku HIIT slodzes ciklos, būs vieglāk mazkustīgam personām, lai pabeigtu slodzi. Martinezs ar kolēģiem savā pētījumā, kurā

piegalīgas personas ar aptaukošanos, noskaidroja, ka cilvēkiem, kuri maz vai vispār nenodarbojas ar fizisko slodzi, HIIT slodzes ciklos augstai intensitātei nav jābūt garākai par 60 sekundēm, jo to ir iespējams tiem paveikt un tā ir patīkama (Martinez et al, 2015).

Ja pievērsties pie tā, ka HIIT slodzi parasti novērtē kā vairāk patīkamu un aizraujošāku nekā mērenās intensitātes ilgstošo slodzi, pētījuma dalībnieki tam pilnībā piekrita, it īpaši izceļot, ka, pateicoties mainīgajai slodzes intensitātei, slodze šķiet interesantāka un vieglāk sevi motivēt, salīdzinot ar MICT slodzi (Barlett et al, 2011).

Katrs dalībnieks arī atzīmēja katras slodzes RPE pēc tabulas, kas atrodas 3. pielikumā, abi dalībnieki, kuri ilgstoši nodarbojas ar sportu, novērtēja HIIT slodzi ar vērtējumu 7-8, bet MICT slodzi ar vērtējumu 6, no tā izriet secinājums, ka varētu būt kā īsti mazkustīgiem HIIT slodze, kurā ciklos augstas intensitātes slodze ir 85% no VO₂ max būtu pārāk augsta, ka tie nevarēs paveikt visu treniņu. Ierosinājums būtu samazināt šo augstas intensitātes slodzi līdz 70-75% no VO_{2max}.

Ja nākotnē šī pētījuma ideja tiks realizēta un paplašināta, tad ir domāts, ka, ja vienalga vairāk pievērs uzmanību tieši lielmaiņas intensitātei EPOC laikā, tad izmantot netiešo kalorimetriju tikai miera perioda un pēcslodzes miera periodā, tādējādi novēršot vislielāko ierobežojumu - slodzes veikšana ar uzvilktu masku, kas ļoti ievērojami samazina organisma iespējas slodzes laikā gaisa nepietiekamības dēļ. Iespējams, sejas elpošanas maskas lietošanai ir gan fizioloģiski, gan psiholoģiski faktori, kas traucētu personas darbaspējām slodzes laikā. Jo viena no sākotnēji pētījumā iesaistītajām personām atteicās turpināt HIIT slodzi, jo nebija pietiekama skābekļa nodrošinājuma. Šī persona atzina, ka slodzes pārtraukšanas iemesls nebija ne motivācijas trūkums, ne sāpes skeleta muskuļos, ne arī sirdsdarbības rādījumu tuvošanās individuāli maksimālajām vērtībām, bet limitējošais faktors bija nespēja caur dotā diametra elpošanas caurlulīti ieelpot pietiekami daudz gaisa katrā elpošanas ciklā.

HIIT slodzei reizē ar vairākām veselības priekšrocībām ir arī vairāki trūkumi un riski, it īpaši mazkustīgām personām un gados vecākiem cilvēkiem, kuriem ikdienā ir maz vai nav fiziskas slodzes. Potenciāli riski ir:

- augsts traumēšanas risks (Shiraev et al, 2012), kā kaulu lūzumi, saistaudu plīsumi;
- ņemot vērā, ka HIIT slodzē ir augstas intensitātes cikli, tas varētu būt ļoti izaicinošs, it īpaši ja kardiovaskulāra sistēma nav iepriekš trenēta, kas var pievest pie nespēka turpināt slodzi (Jeremy Chin, 2015) vai pat līdz ģībonim.

Dažu veselības problēmu dēļ ir aizliegts vai ar ļoti lielu piesardzību drīks iekļaut savā ikdienā HIIT treniņus; daži no tiem ir stenokardija, kardiomiopātija, nesens miokarda infarkts, cukura

diabēts, smaga neiropātija, hipertoniya (Аня Чернышева, 2019). Tāpēc ir svarīgi slodzi veikt atbilstoši personas sagatavotībai, kā arī precīzi un uzmanīgi sekot līdzi kardiovaskulārās sistēmas parametriem un kopējam dalībnieka stāvoklim.

Gan HIIT, gan MICT apmēram vienādi ietekmē gan ķermeņa masu kilogramos, gan vidukļa apkārtmēru, tomēr HIIT slodze aizņem par 40% mazāk laika un tāpēc var tikt uzskatīta par laika efektīvu un ilgspējīgu pieeju, lai uzlabotu ķermeņa kompozīciju (Wewege et al, 2017).

Izvērtējot šajā pētījumā izstrādāto un izmantoto HIIT slodzes protokolu, var secināt, ka šāds fizisko aktivitāšu veids varētu būt piemērojams personām ar mazkustīgu dzīvesveidu. Abu slodžu testu (gan HIIT, gan MICT) gadījumā tika novēroti līdzīgi efekti uz vielmaiņas intensitāti pēcslodzes periodā. HIIT priekšrocība pār MICT izpaužas tajā, ka šāds treniņu veids ir aizraujošāks un motivējošāks, kā to atzina arī pētījumā iesaistītās personas, tādējādi palielinot varbūtību, ka cilvēki izvēlēšies veikt regulāras fiziskās aktivitātes.

Izpētot zinātnisko literatūru, tiek secināts, ka regulāri HIIT treniņi uzlabo kardiometabolo slimību profilu, bet tie ir mazāk lietderīgi (salīdzinot ar MICT) kopējās taukaudu masas samazināšanā (Cassidy et al., 2017; Maillard et al., 2018).

Esošā pētījuma dizainu un HIIT protokola aprobāciju būtu jāturpina, ieviešot sekojošas izmaiņas: vielmaiņas intensitāti mērīt tikai pirms slodzes un pēc slodzes periodos, bet ne slodzes laikā; modificēt izstrādāto protokolu vai nu samazinot slodzes intensitāti augstas-intensitātes periodos, vai nu samazinot slodzes intensitāti t.s. atjaunošanās periodos.

SECINĀJUMI

1. Zinātniskajos pētījumos izmantotie augstas intensitātes intervālslodžu protokoli variē slodzes intensitātē, augstas-zemas intensitātes periodu ilgumā un to savstarpējā proporcijā, un konkrēta protokola izvēli ietekmē potenciālo dalībnieku fiziskā sagatavotība.

2. Personām ar mazkustīgu dzīvesveidu optimālā intervālslodžu protokolā augstas-zemas intensitātes proporcija ir 1:2 vai 1:3, turklāt zemas intensitātes periodiem nevajadzētu pārsniegt 60 sekundes.

3. Abu pētījumā izmantoto slodžu testu efekti uz vielmaiņas intensitāti pēcslodzes periodā bija līdzīgi, bet ar tendenci būt mazākai nekā pirmslodzes periodā.

4. Šī pētījuma laikā izstrādātais intervālslodzes protokols ir izmantojams personām ar mazkustīgu dzīvesveidu, taču turpmākajos pētījumos būtu jāuzlabo pētījuma dizains, izmainot vielmaiņas intensitātes mērīšanas gaitu.

PATEICĪBAS

Izsaku vislielāku pateicību mana bakalaura darba vadītājai M.Sc.biol., lekt. Elīzai Švampei par manu darbu vadību.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Abboud, G. J., Greer, B. K., Campbell, S. C., & Panton, L. B. (2013). Effects of load-volume on EPOC after acute bouts of resistance training in resistance-trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(7), 1936-1941.
2. Ahrens T., Rutherford Basham K. A., Rutherford K. (1993). *Essentials of Oxygenation: Implication for Clinical Practice.*- Jones & Bartlett Learning, 79-81.
3. Arboleda-Serna, V. H., Feito, Y., Patiño-Villada, F. A., Vargas-Romero, A. V., & Arango-Vélez, E. F. (2019). Effects of high-intensity interval training compared to moderate-intensity continuous training on maximal oxygen consumption and blood pressure in healthy men: A randomized controlled trial. *Biomédica*, 39(3), 524-536.
4. Bartlett, J. D., Close, G. L., MacLaren, D. P., Gregson, W., Drust, B., & Morton, J. P. (2011). High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *Journal of sports sciences*, 29(6), 547-553.
5. Børsheim, E., & Bahr, R. (2003). Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. *Sports medicine*, 33(14), 1037-1060.
6. Brault, J. J., Jespersen, J. G., & Goldberg, A. L. (2010). Peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator 1 α or 1 β overexpression inhibits muscle protein degradation, induction of ubiquitin ligases, and disuse atrophy. *Journal of Biological Chemistry*, 285(25), 19460-19471.
7. Cao, M., Quan, M., & Zhuang, J. (2019). Effect of High-Intensity Interval Training versus Moderate-Intensity Continuous Training on Cardiorespiratory Fitness in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 16(9), 1533.
8. Cassidy S., Thoma C., Houghton D., & Trenell M. I. (2017). High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia*, 60(1), 7-23.
9. Chen, S. M., Liu, M. F., Cook, J., Bass, S., & Lo, S. K. (2009). Sedentary lifestyle as a risk factor for low back pain: a systematic review. *International archives of occupational and environmental health*, 82(7), 797-806.

10. Cicioni-Kolsky, D., Lorenzen, C., Williams, M. D., & Kemp, J. G. (2013). Endurance and sprint benefits of high-intensity and supramaximal interval training. *European journal of sport science*, 13(3), 304-311.
11. Coswig, V. S., Barbalho, M., Raiol, R., Del Vecchio, F. B., Ramirez-Campillo, R., & Gentil, P. (2020). Effects of high vs moderate-intensity intermittent training on functionality, resting heart rate and blood pressure of elderly women. *Journal of translational medicine*, 18(1), 1-11.
12. del Mar Bibiloni, M., Pich, J., Córdova, A., Pons, A., & Tur, J. A. (2012). Association between sedentary behaviour and socioeconomic factors, diet and lifestyle among the Balearic Islands adolescents. *BMC public health*, 12(1), 718.
13. Deuster, P. A., & Heled, Y. (2008). Testing for Maximal Aerobic Power. *The Sports Medicine Resource Manual*, 520–528.
14. Feito, Y., Heinrich, K., Butcher, S., & Poston, W. (2018). High-intensity functional training (hift): Definition and research implications for improved fitness. *Sports*, 6(3), 76.
15. Fisher, G., Brown, A. W., Brown, M. M. B., Alcorn, A., Noles, C., Winwood, L., ... & Allison, D. B. (2015). High intensity interval-vs moderate intensity-training for improving cardiometabolic health in overweight or obese males: a randomized controlled trial. *PloS one*, 10(10).
16. Ford, E. S., & Caspersen, C. J. (2012). Sedentary behaviour and cardiovascular disease: a review of prospective studies. *International journal of epidemiology*, 41(5), 1338-1353.
17. Francois, M. E., & Little, J. P. (2015). Effectiveness and safety of high-intensity interval training in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Spectrum*, 28(1), 39-44.
18. Freyssin, C., Verkindt, C., Prieur, F., Benaich, P., Maunier, S., & Blanc, P. (2012). Cardiac rehabilitation in chronic heart failure: effect of an 8-week, high-intensity interval training versus continuous training. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 93(8), 1359-1364.
19. Fu, T. C., Wang, C. H., Lin, P. S., Hsu, C. C., Cherng, W. J., Huang, S. C., ... & Wang, J. S. (2013). Aerobic interval training improves oxygen uptake efficiency by enhancing cerebral and muscular hemodynamics in patients with heart failure. *International journal of cardiology*, 167(1), 41-50.
20. Gibala, M. J. (2015). Physiological adaptations to low-volume high-intensity interval training. *Sports Science Exchange*, 28(139), 1-6.

21. Gibala, M. J., Heisz, J. J., & Nelson, A. J. (2018). Interval training for cardiometabolic and brain health. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 22(6), 30-34.
22. Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of physiology*, 590(5), 1077-1084.
23. Gibala, M. J., & Jones, A. M. (2013). Physiological and performance adaptations to high-intensity interval training. In *Limits of Human Endurance* (Vol. 76, pp. 51-60). Karger Publishers.
24. Gibala, M. J., & McGee, S. L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?. *Exercise and sport sciences reviews*, 36(2), 58-63.
25. Green, D. J., Hopman, M. T., Padilla, J., Laughlin, M. H., & Thijssen, D. H. (2017). Vascular adaptation to exercise in humans: role of hemodynamic stimuli. *Physiological reviews*, 97(2), 495-528.
26. GROPPER, S. S., & SMITH, J. L. (2013). *Advanced nutrition and human metabolism*. 2013. Wadsworth Cengage Learning.
27. Guiraud, T., Juneau, M., Nigam, A., Gayda, M., Meyer, P., Mekary, S., ... & Bosquet, L. (2010). Optimization of high intensity interval exercise in coronary heart disease. *European journal of applied physiology*, 108(4), 733-740.
28. Gupta, R. D., Haugen, H. A., Chan, L. N., & Li, F. (2007). Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutrition in Clinical Practice*, 22(4), 377-388.
29. Hardcastle, S. J., Ray, H., Beale, L., & Hagger, M. S. (2014). Why sprint interval training is inappropriate for a largely sedentary population. *Frontiers in psychology*, 5, 1505.
30. Herodek, K., Simonović, C., Pavlović, V., & Stanković, R. (2014). High intensity interval training. *Activities in Physical Education and Sport*, 4(2), 205-207.
31. Jette, M., Sidney, K., & Blümchen, G. (1990). Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clinical cardiology*, 13(8), 555-565.
32. Jiménez-Maldonado, A., Rentería, I., García-Suárez, P. C., Moncada-Jiménez, J., & Freire-Royes, L. F. (2018). The impact of high-intensity interval training on brain derived neurotrophic factor in brain: a mini-review. *Frontiers in neuroscience*, 12, 839.

33. Kimber, N. E., Heigenhauser, G. J., Spriet, L. L., & Dyck, D. J. (2003). Skeletal muscle fat and carbohydrate metabolism during recovery from glycogen-depleting exercise in humans. *The Journal of physiology*, 548(3), 919-927.
34. King, A. C., Oman, R. F., Brassington, G. S., Bliwise, D. L., & Haskell, W. L. (1997). Moderate-intensity exercise and self-rated quality of sleep in older adults: a randomized controlled trial. *Jama*, 277(1), 32-37.
35. Koes, B. W., Van Tulder, M., & Thomas, S. (2006). Diagnosis and treatment of low back pain. *Bmj*, 332(7555), 1430-1434.
36. Kuo, C. C., Fattor, J. A., Henderson, G. C., & Brooks, G. A. (2005). Lipid oxidation in fit young adults during postexercise recovery. *Journal of Applied Physiology*, 99(1), 349-356.
37. Laforgia, J., Withers, R. T., & Gore, C. J. (2006). Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. *Journal of sports sciences*, 24(12), 1247-1264.
38. Lee, M. C., Lee, S. K., Jung, S. Y., & Moon, H. H. (2018). New insight of high-intensity interval training on physiological adaptation with brain functions. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, 22(3), 1.
39. Maillard, F., Pereira, B., & Boisseau, N. (2018). Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(2), 269-288.
40. Malatesta, D., Werlen, C., Bulfaro, S., Cheneviere, X., & Borrani, F. (2009). Effect of high-intensity interval exercise on lipid oxidation during postexercise recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(2), 364-374.
41. Mann, T. N., Webster, C., Lamberts, R. P., & Lambert, M. I. (2014). Effect of exercise intensity on post-exercise oxygen consumption and heart rate recovery. *European journal of applied physiology*, 114(9), 1809-1820.
42. Martinez, N., Kilpatrick, M. W., Salomon, K., Jung, M. E., & Little, J. P. (2015). Affective and enjoyment responses to high-intensity interval training in overweight-to-obese and insufficiently active adults. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 37(2), 138-149.
43. Mul, J. D., Stanford, K. I., Hirshman, M. F., & Goodyear, L. J. (2015). Exercise and regulation of carbohydrate metabolism. In *Progress in molecular biology and translational science* (Vol. 135, pp. 17-37). Academic Press.
44. Peronnet, F., & Massicotte, D. (1991). Table of nonprotein respiratory quotient: an update. *Can J Sport Sci*, 16(1), 23-29.

45. Perry, C. G., Heigenhauser, G. J., Bonen, A., & Spriet, L. L. (2008). High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1112-1123.
46. Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2015). The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 45(5), 679-692.
47. Reichert, F. F., Barros, A. J., Domingues, M. R., & Hallal, P. C. (2007). The role of perceived personal barriers to engagement in leisure-time physical activity. *American journal of public health*, 97(3), 515-519.
48. Roberts, L. D., Boström, P., O'Sullivan, J. F., Schinzel, R. T., Lewis, G. D., Dejam, A., ... & Chen, M. H. (2014). β -Aminoisobutyric acid induces browning of white fat and hepatic β -oxidation and is inversely correlated with cardiometabolic risk factors. *Cell metabolism*, 19(1), 96-108.
49. Roy, M., Williams, S. M., Brown, R. C., Meredith-Jones, K. A., Osborne, H., Jospe, M., & Taylor, R. W. (2018). High-Intensity Interval Training in the Real World: Outcomes from a 12-Month Intervention in Overweight Adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(9), 1818-1826.
50. Saris, W. H. M., & Schrauwen, P. (2004). Substrate oxidation differences between high-and low-intensity exercise are compensated over 24 hours in obese men. *International journal of obesity*, 28(6), 759-765.
51. Segalés, J., Perdiguero, E., & Muñoz-Cánoves, P. (2016). Regulation of muscle stem cell functions: a focus on the p38 MAPK signaling pathway. *Frontiers in cell and developmental biology*, 4, 91.
52. Seo, M. W., Lee, J. M., Jung, H. C., Jung, S. W., & Song, J. K. (2019). Effects of Various Work-to-rest Ratios during High-intensity Interval Training on Athletic Performance in Adolescents. *International journal of sports medicine*, 40(08), 503-510.
53. Shiraev, T., & Barclay, G. (2012). Evidence based exercise: Clinical benefits of high intensity interval training. *Australian family physician*, 41(12), 960.
54. Skelly, L. E., Andrews, P. C., Gillen, J. B., Martin, B. J., Percival, M. E., & Gibala, M. J. (2014). High-intensity interval exercise induces 24-h energy expenditure similar to traditional endurance exercise despite reduced time commitment. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 39(7), 845-848.

55. Støa, E. M., Meling, S., Nyhus, L. K., Strømstad, G., Mangerud, K. M., Helgerud, J., ... & Støren, Ø. (2017). High-intensity aerobic interval training improves aerobic fitness and HbA1c among persons diagnosed with type 2 diabetes. *European journal of applied physiology*, 117(3), 455-467.
56. Thornton, M. K., & POTTEIGER, J. A. (2002). Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4), 715-722.
57. Tjønnå AE, Lee SJ, Rognmo Ø, Stølen TO, Bye A, Haram PM, Loennechen JP, Al-Share QY, Skogvoll E, Slørdahl SA, Kemi OJ, Najjar SM, Wisløff U. (2008) Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*, 118:346–534.
58. Vella, C. A., & Kravitz, L. (2004). Exercise after-burn: A research update. *IDEA Fitness Journal*, 1(5), 42-47.
59. Wewege, M., Van Den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 18(6), 635-646.
60. Wisloff, U., Stoylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Haram, P. M., Tjønnå, A. E., ... & Bye, A. (2007). Superior Cardiovascular Effect Of Aerobic Interval-training Versus Moderate Continuous Training In Elderly Heart Failure Patients: 651May 31 8: 15 AM-8: 30 AM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(5), S32.
61. Zariņš, Z., Neimane, L. 2007. *Uztura mācība*. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 464 lpp.
62. Zhang, H., K Tong, T., Qiu, W., Wang, J., Nie, J., & He, Y. (2015). Effect of high-intensity interval training protocol on abdominal fat reduction in overweight Chinese women: a randomized controlled trial. *Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology*, 47(1), 57-66.
63. Anonymous. Rate Of Perceived Exertion Scale-RPE. <https://www.britishcycling.org.uk/knowledge/article/izn20151119-Training-Plans-Supporting-Documents-Related-Rate-of-Perceived-Exertion-Scale---RPE-0>
64. Emily Sopo. Excess Post-Exercise Oxygen Consumption (EPOC) explained. <https://member.afsfitness.com/content/excess-post-exercise-oxygen-consumption-epoc-explained>

65. Jeremy Chin 2015. The drawbacks of High Intensity Interval Training Emily Sopo. Excess Post-Exercise Oxygen Consumption (EPOC) explained. <https://member.afsfitness.com/content/excess-post-exercise-oxygen-consumption-epoc-explained>
66. Pete McCall 2014. 7 Things to Know About Excess Post-exercise Oxygen Consumption (EPOC). <https://www.acefitness.org/education-and-resources/professional/expert-articles/5008/7-things-to-know-about-excess-post-exercise-oxygen-consumption-epoc/>
67. Samantha Clayton. How to Accurately Measure Your Body to Track Results. <https://discovergoodnutrition.com/2015/03/measure-your-body/>
68. Suzanne Falck 2018. What are the consequences of a sedentary lifestyle? <https://www.medicalnewstoday.com/articles/322910#solutions>
69. Аня Чернышева 2019. Чем полезны интервальные тренировки? Они действительно помогают похудеть? <https://nogibogi.com/intervalnye-trenirovki-pohudenyie-polza/>

PIELIKUMI

Dažādu slodžu MET vērtības

Activity	METS ^a	Watts ^b	Light		Moderate		Heavy	
			METS	W	METS	W	METS	W
Horseback riding			3	53	5	88	7	123
Walk	3.2	56						
Trot	6.9	121						
Gallop	8.6	151						
Horseshoes	2-3	35-53	2	35	2.5	44	3	53
Hunting	3-7	53-123	3	53	5	88	7	123
Ice hockey	12.9	226	6	105	8	140	10	175
Jogging (level) (km/h)			7	123	10	175	12	210
9	8.8	154						
11	11.2	196						
Judo	10.5	184	6	105	8	140	12	210
Karate	8-12	140-210	5	88	8	140	12	210
Kayaking (km/h)			6	105	8	140	11	193
12.5	7.8	137						
15.0	11.0	193						
Lacrosse (forward)	12.6	221	6	105	8	140	10	175
Modern dancing	4.8	84	5	88	6	105	8	140
Motorcycling	2.2	39	2.5	44	4	70	7	123
Mountaineering	7-8	123-140	7	123	8	140	10	175
Orienteering			8	140	10	175	12	210
Racquetball	8-12	140-210	6	105	9	158	12	210
Ringette (forward)	12.6	221	5	88	7	123	9	158
Rollerskating (km/h)			5	88	6.5	114	8	140
12.9	5.7	100						
13.9	7.6	133						
16.1	9.5	166						
17.7	10.5	184						
Rope skipping (/min)			7	123	10	175	12	210
66	9.8	172						
84	10.5	184						
100	11.0	193						
120	11.4	200						
125	11.7	205						
130	11.8	207						
135	12.0	210						
145	12.1	212						
Rowing (km/h)			7	123	10	175	13	228
4	5.5	96						
8	10.3	180						
12	13.5	236						
16	16.4	287						
20	19.1	334						
Rugby	12.6	221	6	105	8	140	11	193
Running (level) (km/h)			12	210	14	245	16	280
13	12.9	226						
15	14.6	256						
Sailing (small boat)	3-4	53-70	3	53	4	70	6	105
Scuba diving	11	193	4	70	5	88	6	105
Sculling	4-10	70-175	4	70	6	105	10	175
Skateboarding			5	88	6.5	114	8	140

(Jette et al.1990)

Maksimālo slodžu aizpildāmais protokols

Laiks	Slodzes jauda (P), W		MR, kcal/dn	VO ₂ , ml/min	HR, bpm
	KP	Pedalē šanas ātrums rpm			
3min	50				
	1	50			
2min	75				
	1	75			
2min	100				
	1,5	65			
2min	125				
	1,5	80			
2min	150				
	2	75			
2min	175				
	2,5	70			
2min	200				
	3	65			

3. pielikums
RPE līmeņa novērtējums velobraukšanā

Score	Description/Feeling
1	Sitting on a sofa doing nothing.
2	Getting up to make a cup of tea.
3	Easy paced recreational riding, slight feeling of exertion.
4	All-day paced riding, not easy but definitely sustainable. Able to maintain a full uninterrupted conversation.
5	Riding consciously quicker but still able to talk easily.
6	Upping the effort, only able to talk in short sentences.
7	Building on Level 6, you could probably just about respond "I'm fine!" if someone asked you how you felt.
8	Riding hard, you can only sustain this for a couple of minutes and only communicate with single word answers.
9	Almost as hard as you can possibly push your pedals
10	100% sprint for the line.

(Anonymous, Rate Of Perceived Exertion Scale- RPE)

INFORMĀCIJA PĒTĪJUMA DALĪBNIKAM;
PĒTĪJUMA DALĪBNIKA PIEKRIŠANA

dalībai pētījumā „Mērenas, nemainīgas intensitātes slodzes un augstas intensitātes intervālslodzes ietekme uz vielmaiņas rādītājiem pēcslodzes periodā personām ar mazkustīgu dzīvesveidu”.

Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes Cilvēka un dzīvnieku fizioloģijas katedrā tiek veikts pētījums, kura mērķis ir salīdzinoši izvērtēt mērenas, nemainīgas intensitātes slodzes un augstas intensitātes intervālslodzes akūto ietekmi uz vielmaiņas intensitāti slodzes laikā un pēcslodzes periodā personām ar mazkustīgu dzīvesveidu. Tā kā pasaulē 21.gadsimtā būtiski izmainījās cilvēku režīms, cilvēku dzīvesveids kļūst sēdošāks un mazkustīgāks, kas negatīvi ietekmē kardiovaskulāro, nervu un balsta sistēmu, kā arī pieved pie lieka svara un aptaukošanos. Tāpēc ir svarīgi iepazīstināt jauniešus ar iespējamiem slodzes veidiem, ko tie varētu ievest savā ikdienā, lai tiem būtu gan aizraujoši, gan vērtīgi veselības ziņā.

Pētījuma laikā tiks veikti antropometriski mērījumi un netiešas kalorimetrijas mērījumi.

Ar netiešas kalorimetrijas metodi un gāzu analizatoru tiks novērtēta vielmaiņas intensitāte mērenas nemainīgas intensitātes slodzes laikā, augstas intensitātes intervālslodzes laikā un pēcslodzes periodā.

Pētījuma laikā dalībniekam tiek noteiktā maksimāla jaudas un VO₂ vertība. Tad dalībnieks atsevišķās dienās veic augstas intensitātes intervālslodzi (85% no VO₂ max slodzes periodā un 50% no VO₂ max atjaunošanās periodā) un mērenas nemainīgas intensitātes slodzi (60% no VO₂ max).

Pētījumā ietvaros tiks garantēta pētījuma dalībnieka anonimitāte un rezultāti tiks analizēti tikai apkopotā veidā.

Pētījuma dalībniekam ir tiesības jebkurā laikā atteikties no turpmākās piedalīšanās pētījumā.

Ja Jūs piekrītat piedalīties pētījumā, lūdzu, aplieciniet to ar savu parakstu!

Paldies par atsaucību!

Piekrītu/nepiekrītu, _____ piedalīties pētījumā.

(vārds, uzvārds)

Paraksts: _____ .2020.g.

Starptautiskā fiziskas aktivitātes anketa

Mēs esam ieinteresēti uzzināt ar kādu fizisko aktivitāti nodarbojas cilvēki savā ikdienā. Jautājumi būs par to, cik laika Jūs pavadījāt fiziski aktīvi pēdējās **7 dienās**. Lūgums atbildēt uz jautājumiem pat ja neattiecat sevi kā aktīvo personu. Padomājiet par aktivitāti, ko darat darbā, mājās vai darzā, pārvietojoties no vietas uz vietu un aktivitāti brīvajā laikā.

Padomājiet par visām augstas un vidējās intensitātes aktivitātēm, ko Jūs darījāt pēdējās **7 dienās**. **Augsta intensitāte** attiecas pie aktivitātes, kurai nepieciešama augsta fiziska piepūle un elpošana ir ļoti apgrūtināta. **Vidēja intensitāte** attiecas pie aktivitātes, kas pieprasa vidējo fizisko piepūli un elpošana ir nedaudz apgrūtināta nekā parasti.

1 NODAĻA: AR DARBU SAISTĪTA AKTIVITĀTE

Pirma nodaļa ir par Jūsu darbu. Tas iekļauj sevī apmaksāmo darbu, lauksaimniecību, brīvprātīgs darbs, prakse, ka arī jebkurš cits neapmaksāts darbs ārpus mājas. Neiekļaut šajā nodaļā darbu, kas tiek padarīts apkārt mājas, kā mājas darbi, darbs dārzā, ģimenes apkopošans. Par to tiks jautāts 3.nodaļā.

1. Vai Jūs strādājat vai ir kāds neapmaksātais darbs ārpus mājas?

- Jā
- Nē (izlaiž visus jautājumus līdz 2.NODAĻAI: PĀRVIETOŠANOS)

Nākošie jautājumi ir par fizisko aktivitāti, pēdējās **7 dienās**, ka daļa no Jūsu darba. Tas neiekļauj sevī pārvietošanos uz un no darba.

2. **7 dienu** laikā cik dienas Jūs pavadījāt, darot **augstas intensitātes fizisko slodzi** kā svaru celšana, rakšana, būvēšana, iešana pa trepēm kā **daļa no Jūsu darba**? Padomājiet par fizisko slodzi, kas Jums bija ne mazāk par 10 minūtem vienā piegājienā.

___ **dienas nedēļas laikā**

- Nav augstas intensitātes slodzes darba laikā (jāiet uz 4.jautājumu)

3. Cik daudz laika Jūs parasti pavadat ar darbu saistīto **augstas intensitātes slodzē** šajās dienās?

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

4. Iedomājieties, **7 dienu laikā** cik dienas Jūs pavadījāt, darot **mērenās intensitātes fizisko slodzi** kā, piemēram, vieglo svaru celšana kā **daļa no Jūsu darba**? Neiekļaut pastaigas.

___ **dienas nedēļā**

○ Nav mērenās intensitātes slodzes darba laikā (jāiet uz 6.jautājumu)

5. Cik daudz laika Jūs parasti pavadat ar darbu saistīto **mērenās intensitātes slodzē** šajās dienās?

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

6. **7 dienu laikā** cik dienas Jūs **pastaigājaties** vismaz 10 minūtes kā **daļa no Jūsu darba**? Neskaitiet pastaigas laiku pārvietojoties no un uz darbu.

___ **dienas nedēļā**

○ Nav ar darbu saistītas pastaigas (jāiet uz 2.NODAĻU: PĀRVIETOŠANĀS)

7. Cik daudz laika Jūs parasti pavadat ar darbu saistītā **pastaigā** šajās dienās?

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

2.NODAĻĀ: PĀRVIETOŠANĀS FIZISKĀ AKTIVITĀTE

Šie jautājumi ir par pārvietošanos no vietas uz vietu, ieskaitot no vietām uz darbu, veikaliem, teātriem.

8. **Pēdējās 7 dienās** cik daudz dienas Jūs **pārvietojaties ar transportu**, kā vilciens, autobuss, mašīna, tramvajs?

___ **dienas nedēļā**

○ Nebija pārvietošanās ar transportu (jāiet uz 10.jautājumu)

9. Cik daudz laika Jūs pavadat šajās dienās **pārvietojoties ar transportu**?

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

Tagad padomājiet par **velobraukšanu un pastaigu** kā viedu pārvietoties no un uz darbu, darot uzdevumus, pārvietojoties no vietas uz vietu.

10. **Pēdējo 7 dienu laikā**, cik dienas Jūs **pārvietojaties ar velosipēdu** vismaz 10 minūtes?

___ **dienas nedēļā**

○ Velosipēds netika izmantots kā pārvietošanas transports (jāiet uz 12. jautājumu)

11. Cik daudz laika Jūs parasti pavadat pārvietojoties no vietas uz vietu **ar velosipēdu**?

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

12. Pēdējo **7 dienu laikā**, cik dienas Jūs **pārvietojaties pastaigājoties** vismaz 10 minūtes?

___ **dienas nedēļā**

○ Nepastaigājas, lai pārvietotos (jāiet uz 3.NODAĻA: MĀJASDARBI, UZKOPŠANA UN ĢIMENES APRŪPE)

13. Cik daudz laika Jūs parasti pavadat pārvietojoties no vietas uz vietu **pastaigājoties**?

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

3.NODAĻA: MĀJASDARBI, UZKOPŠANA UN ĢIMENES APRŪPE

Šī nodaļa ir par dažām aktivitātēm, ko Jūs varējat darīt **7 dienu laikā** apkārt mājai, kā mājasdarbi, darbs dārzā un pagalmā, uzkopšana un ģimenes aprūpe.

14. Iedomājieties tikai tas fiziskas aktivitātes, ko Jūs darījat vismaz 10 minūtes. **Pēdējo 7 dienu laikā**, cik dienas Jūs darījat **augstas intensitātes fizisko slodzi**, kā svaru celšana, malkas ciršana, sniega tīrīšana, rakšana **darzā vai pagalmā**?

___ **dienas nedēļā**

○ Nav augstas intensitātes aktivitātes darzā vai pagalma (jāiet uz 16.jautājumu)

15. Cik daudz laika Jūs parasti pavadat dienā darot **augstas intensitātes slodzi dārzā vai pagalmā**?

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

16. Iedomājieties tikai tas fiziskas aktivitātes, ko Jūs darījat vismaz 10 minūtes. **Pēdējo 7 dienu laikā**, cik dienas Jūs darījat **mērenās intensitātes fizisko slodzi**, kā vieglo svaru celšana, slaucīšana, lapu grābšana **darzā vai pagalmā**?

___ **dienas nedēļā**

○ Nav mērenās intensitātes aktivitātes darzā vai pagalma (jāiet uz 18.jautājumu)

17. Cik daudz laika Jūs parasti pavadat dienā darot **mērenās intensitātes slodzi dārzā vai pagalmā**?

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

18. Iedomājieties tikai tas fiziskas aktivitātes, ko Jūs darījat vismaz 10 minūtes. Pēdējo **7 dienu** laikā, cik dienas Jūs darījāt **mērenās intensitātes fizisko slodzi**, kā vieglo svaru celšana, grīdu slaucīšana **mājās**?

___ **dienas nedēļā**

○ Nav mērenās intensitātes aktivitātes mājās (jāiet uz 4 NODAĻU: ATPŪTA, SPORTS UN BRĪVA LAIKA FIZISKA AKTIVITĀTE)

19. Cik daudz laika Jūs parasti pavadat dienā darot **mērenās intensitātes slodzi mājās**?

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

4 NODAĻA: ATPŪTA, SPORTS UN BRĪVA LAIKA FIZISKA AKTIVITĀTE

Šī nodaļa ir par dažām aktivitātēm, ko Jūs varējat darīt **7 dienu** laikā atpūšoties, brīvajā laikā, sportojot. Neiekļaut iepriekšminētas aktivitātes.

20. Neieskaitot jau iepriekšminētas pastaigas pēdējo **7 dienu** laikā, cik daudz dienas jūs pastaigājat vismaz 10 minūtes **brīvajā laikā**?

___ **dienas nedēļā**

○ Nav pastaigas brīvajā laikā (jāiet uz 22. jautājumu)

21. Cik daudz laika Jūs parasti pavadat dienā pastaigājoties **brīvajā laikā**?

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

22. Iedomājieties tikai tas fiziskas aktivitātes, ko Jūs darījat vismaz 10 minūtes. Pēdējo **7 dienu** laikā, cik dienas Jūs darījāt **augstas intensitātes fizisko slodzi**, kā aerobika, skriešana, ātra velobraukšana, ātra peldēšana **brīvajā laikā**?

___ **dienas nedēļā**

○ Nav augstas intensitātes slodzes brīvajā laikā (jāiet uz 24. jautājumu)

23. Cik daudz laika Jūs parasti pavadat dienā darot **augstas intensitātes slodzi brīvajā laikā**?

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

24. Iedomājieties tikai tas fiziskas aktivitātes, ko Jūs darījat vismaz 10 minūtes. Pēdējo **7 dienu** laikā, cik dienas Jūs darījāt **mērenās intensitātes fizisko slodzi**, kā velobraukšana, mērenā peldēšana **brīvajā laikā**?

___ **dienas nedēļā**

○ Nav mērenās intensitātes slodzes brīvajā laikā (jāiet uz 5.NODAĻU: LAIKS SĒŽOT)

25. Cik daudz laika Jūs parasti pavadat dienā darot **mērenās intensitātes slodzi brīvajā laikā?**

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

5. NODAĻA: LAIKS SĒŽOT

Pēdējie jautājumi ir par laiku Jūs pavadījāt sēžot darbā, mājās, praksē vai brīvajā laikā. Tas iekļauj sevī sēdēšanu pie galda, ciemojoties pie draugiem, lasot vai guļot pie televīzora. Neiekļaut laiku, kad sēdējat transportā.

26. Pēdējo **7 dienu** laikā, cik daudz Jūs pavadījāt **sēžot darba dienā?**

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

27. Pēdējo **7 dienu** laikā, cik daudz Jūs pavadījāt **sēžot brīvdienās?**

___ **stundas dienā**

___ **minūtes dienā**

Paldies par piedalīšanos!

Analysis of the Oxidation of Mixtures of Carbohydrate and Fat						
R.Q.	Percentage of total oxygen consumed by:		Percentage of total heat produced by:		Calories per liter O ₂ .	
	Carbo- hydrate (1)	Fat (2)	Carbo- hydrate (3)	Fat (4)	Number (5)	Logarithm. (6)
0.707	0	100.0	0	100.0	4.686	0.67080
0.71	1.02	99.0	1.10	98.9	4.690	0.67114
0.72	4.44	95.6	4.76	95.2	4.702	0.67228
0.73	7.85	92.2	8.40	91.6	4.714	0.67342
0.74	11.3	88.7	12.0	88.0	4.727	0.67456
0.75	14.7	85.3	15.6	84.4	4.739	0.67569
0.76	18.1	81.9	19.2	80.8	4.751	0.67682
0.77	21.5	78.5	22.8	77.2	4.764	0.67794
0.78	24.9	75.1	26.3	73.7	4.776	0.67906
0.79	28.3	71.7	29.9	70.1	4.788	0.68018
0.80	31.7	68.3	33.4	66.6	4.801	0.68129
0.81	35.2	64.8	36.9	63.1	4.813	0.68241
0.82	38.6	61.4	40.3	59.7	4.825	0.68352
0.83	42.0	58.0	43.8	56.2	4.838	0.68463
0.84	45.4	54.6	47.2	52.8	4.850	0.68573
0.85	48.8	51.2	50.7	49.3	4.862	0.68683
0.86	52.2	47.8	54.1	45.9	4.875	0.68793
0.87	55.6	44.4	57.5	42.5	4.887	0.68903
0.88	59.0	41.0	60.8	39.2	4.899	0.69012
0.89	62.5	37.5	64.2	35.8	4.911	0.69121
0.90	65.9	34.1	67.5	32.5	4.924	0.69230
0.91	69.3	30.7	70.8	29.2	4.936	0.69339
0.92	72.7	27.3	74.1	25.9	4.948	0.69447
0.93	76.1	23.9	77.4	22.6	4.961	0.69555
0.94	79.5	20.5	80.7	19.3	4.973	0.69663
0.95	82.9	17.1	84.0	16.0	4.985	0.69770
0.96	86.3	13.7	87.2	12.8	4.998	0.69877
0.97	89.8	10.2	90.4	9.58	5.010	0.69984
0.98	93.2	6.83	93.6	6.37	5.022	0.70091
0.99	96.6	3.41	96.8	3.18	5.035	0.70197
1.00	100.0	0	100.0	0	5.047	0.70303

Figure 1 The original table developed by Lusk (1924, 1928).

(Peronnet et al. 1991)

Bakalaura darbs “Mērenas, nemainīgas intensitātes slodzes un augstas intensitātes intervālslodzes ietekme uz vielmaiņas intensitātes rādītājiem slodzes laikā un pēcslodzes periodā personām ar mazkustīgu dzīvesveidu” izstrādāts LU Bioloģijas fakultātē.

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

Autors: Paula Gurejeva *paraksts* 04.06.2020.

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: Maģ.biol. Elīze Švampe *paraksts* 04.06.2020.

Recenzents: *paraksts* Maģ. biol. Zane Lukstiņa

Darbs iesniegts LU Bioloģijas fakultātē 04.06.2020.

Lietvede: *paraksts*

Darbs aizstāvēts Bioloģijas bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

prot. Nr. , vērtējums

Komisijas sekretārs/e: