

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE  
CILVĒKA UN DZĪVNIEKU FIZIOLOĢIJAS KATEDRA

SKĀBEKĻA PATĒRIŅA UN SIRDSDARBĪBAS  
FREKVENCES SALĪDZINOŠS NOVĒRTĒJUMS  
JAUNĀM, FIZISKI NETRENĒTĀM SIEVIETĒM  
VIENĀDAS FIZISKĀS JAUDAS TESTOS UZ  
SLĪDCELIŅA UN VELOERGOMETRA

Bakalaura darbs

Autors: Krista Muižniece

Stud.apl.nr.: km15020

Darba vadītājs: Asoc. prof., Dr. biol. Līga Ozoliņa – Molla

Darba recenzents: Mg. biol. Zane Lukstiņa

RĪGA 2018

## KOPSAVILKUMS

Cilvēka fizisko darbaspēju novērtēšanai šobrīd ir pieejams visai plašs standartizētu slodzes testu klāsts. Testa izvēle ir atkarīga no testēšanas mērķa, tomēr nav viennozīmīgu kritēriju, kas ļautu izvēlēties labāko testu fizisko darbaspēju novērtēšanai. Savukārt, visbiežāk izmantojamie parametri fiziskās sagatavotības novērtēšanai funkcionālo testu laikā ir sirdsdarbības frekvence un skābekļa patēriņš.

Darba mērķis bija salīdzinoši izvērtēt skābekļa patēriņa un sirdsdarbības frekvences izmaiņu dinamiku vienādas jaudas slodzē, slodzi veicot uz veloergometra un slīdceļa.

Pētījumā piedalījās 10 jaunas, fiziski netrenētas sievietes, kuras veica standartizētu 3-pakāpju slodzi un veloergometra un slīdceļa. Slodzes jaudas attiecīgi bija 50, 100 un 150 vati. Slodzes laikā tika reģistrēta sirdsdarbības frekvence, arteriālais asinsspiediens un skābekļa patēriņš ar netiešās kalorimetrijas metodi.

Pētījuma rezultāti rāda, ka, veicot vienādas jaudas fizisku slodzi uz veloergometra un slīdceļa, sirdsdarbības parametri un skābekļa patēriņš neuzrāda statistiski būtisku atšķirību, bet statistiski būtiski atšķiras enerģētisko substrātu – ogļhidrātu un lipīdu, oksidācijas intensitāte un elpošanas koeficients.

**Atslēgas vārdi:** submaksimālas slodzes tests, veloergometrs, slīdceļi, sirdsdarbības frekvence, skābekļa patēriņš.

## SUMMARY

**Title:** Comparison of oxygen consumption and heart rate of young, physically untrained women during treadmill and cycle ergometry tests

Currently, a wide range of standardized work capacity tests are available to assess human physical work capacity. The choice of test depends on the purpose of the testing, but there is no uniform criterion for choosing the best physical work capacity test. In turn, the most commonly used parameters for evaluating physical fitness during functional testing are heart rate and oxygen consumption.

The aim of the work was to evaluate the dynamics of changes in oxygen consumption and heart rate under the same physical power conditions during cycle ergometry and treadmill tests.

In the study participated 10 young, physically untrained women that took the standardized 3-step load test on the cycle ergometer and treadmill. The physical power during testing was 50, 100 and 150 W, respectively. During the tests, the heart rate, arterial blood pressure and oxygen consumption with indirect calorimetry was recorded.

The results of the study show that during the some physical power tests on cycle ergometer and treadmill the heart rate and oxygen consumption don't show statistically significant differences, but statistically significant difference is observed between the oxidation rate of energy substrates - carbohydrates and lipids, as well respiration coefficient.

**Key words:** submaximal test, cycle ergometer, treadmill, heart rate, oxygen consumption.

# SATURS

IEVADS.....	5
1. LITERATŪRAS APSKATS.....	6
1.1. Slodzes testi fiziskās aerobās trenētības noteikšanai.....	6
1.1.1. Testi uz slīdceļa.....	7
1.1.2. Veloergometriski testi.....	8
1.1.3. Stepa testi .....	10
1.1.4. Citi testi .....	12
1.2. Organisma funkcionālās atšķirības, kas nodrošina veloergometrisku un slīdceļa slodzi.....	14
1.2.1. Slodzes nodrošināšanas ietekmējošie faktori .....	14
1.2.2. Organisma funkcionālās atšķirības veloergometriskā un slīdceļa slodzē .....	16
2. METODES.....	19
2.1. Materiāli.....	19
2.2. Metodes.....	19
3. REZULTĀTI.....	24
3.1. Personu raksturojošie dati .....	24
3.2. Veloergometriskās slodzes rezultāti.....	24
3.3. Slīdceļa slodzes rezultāti .....	26
3.4. Fizioloģisko parametru salīdzinošs izvērtējums veloergometriskā un slīdceļa slodzē.....	28
4. DISKUSIJA.....	31
5. SECINĀJUMI .....	33
6. PATEICĪBAS .....	34
7. LITERATŪRAS SARAKSTS .....	35

## IEVADS

Slodzes testa izvēlei, lai uzlabotu fizisko sagatavotību, testētu fiziskās darbaspējas vai novērtētu veselības statusu, īpaši, kardio-respiratorās spējas, ir izšķiroša nozīme uzstādītā mērķa sasniegšanai. Medicīnas diagnostikā izmantojamie testi visbiežāk ir standartizēti, atbilstoši tam, kura funkcionālā sistēma tiek novērtēta. Savukārt, pētniecībā, vielmaiņas un slodžu fizioloģijā, fizisko darbaspēju novērtēšanai pieejamo standartizētas slodzes testu klāsts ir visai plašs un testa izvēle ir saistīta ar pieejamā materiāli-tehniskā nodrošinājuma kapacitāti, pētījumā iesaistīto personu vecumu un fizisko statusu. Fizisko darbaspēju novērtēšanai visbiežāk izmantotie monitorējamie parametri ir skābekļa patēriņa un sirdsdarbības frekvences dinamika slodzes testa laikā, un šo abu parametru izmaiņu dinamika uzrāda ciešu korelāciju (Keytel et al. 2005; Futge et al. 2007). Tomēr zinātniskajā literatūrā ir pretrunīgi dati par to, kādus testus būtu vislabāk izmantot, lai objektīvi novērtētu personu fiziskās darbaspējas (Meyer et al. 2005; Aagaard et al. 2011; Pollentier et al. 2010). Testu veikšana, izmantojot dažādu tehnisko nodrošinājumu - slīdceļu, veloergometru vai stepa soliņu, prasa no testa veicēja atšķirīgu skeleta muskuļu grupu un muskuļu masas iesaisti, kas rada atšķirīgu „servisa” funkciju (sirds-asinsrites, elpošanas u.c.) darba intensificēšanos. Tādējādi bakalaura darba pētījumā tika uzstādīts **mērķis**: salīdzinoši izvērtēt skābekļa patēriņa un sirdsdarbības frekvences izmaiņu dinamiku vienādas jaudas apstākļos, veicot fizisko slodzi uz veloergometra un slīdceļa.

Darba mērķa sasniegšanai tika izvirzīti šādi **darba uzdevumi**:

- 1) reģistrēt un izvērtēt sirdsdarbības frekvences un arteriālā spiediena izmaiņas standartizētā augošas slodzes testā pie vienādām jaudām uz slīdceļa un veloergometra;
- 2) reģistrēt un izvērtēt skābekļa patēriņa un elpošanas koeficienta izmaiņas standartizētā augošas slodzes testā pie vienādām jaudām uz slīdceļa un veloergometra;
- 3) analizēt organisma fizisko trenētību raksturojošo parametru iespējamās atšķirības vienādas slodzes testos uz veloergometra un slīdceļa

# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Slodzes testi fiziskās aerobās trenētības noteikšanai

Mūsdienās liela uzmanība tiek pievērsta sabiedrības veselībai. Cilvēki interesējas par sportu savas veselības uzlabošanai, brīvā laika pavadīšanai, kā arī profesionālai karjerai. Katram cilvēkam fiziskā trenētība atšķiras. To var uzlabot, vairāk nodarbojoties ar fiziskām aktivitātēm. Sporta aktivitāšu veidi ir ļoti daudzveidīgi, iesaistot atšķirīgas skeleta muskuļu grupas, atšķirīgi izmainot elpošanas, sirds un asinsvadu sistēmas un citus fizioloģiskos rādītājus. Fiziskās slodzes testi un tajos nosakāmie rādītāji ļauj noteikt fizisko aerobo trenētību, kā arī dažādus saslimšanu riskus.

Fiziskās aerobās trenētības noteikšanai izmanto vairākus testus, kuros galvenie rādītāji ir sirdsdarbības frekvence (HR – no angļu val. *heart rate*), ieelpotais skābekļa daudzums ( $VO_2$  – no angļu val. *volume oxygen*) un izelpotais oglekļa dioksīda daudzums ( $VCO_2$  – no angļu val. *volume carbon dioxide*), maksimālais skābekļa patēriņš ( $VO_{2max}$  – no angļu val. *volume maximal oxygen*), elpošanas koeficients RQ (no angļu val. – *respiratory quotient*) – attiecība starp  $VCO_2$  un  $VO_2$  tilpumiem. Ja RQ vērtība ir ap 0,70, tad enerģijas resintēzei pamatā tiek oksidēti tauki. Ja RQ rādītājs ir 0,8, tad tiek oksidēti gan tauki, gan ogļhidrāti līdzīgās attiecībās. Ja RQ vērtība ir viens, tad dominē ogļhidrātu oksidācija (Perronnet and Massicotte 1991).

Ļoti bieži sastopami ir submaksimālie un maksimālie slodžu testi. Maksimālajos slodžu testos visbiežāk tiek noskaidrots  $VO_{2max}$ , kas tiek izmantots kā organisma maksimālās slodzes jaudas rādītājs. Tas parāda maksimālo skābekļa uzņemšanas un transportēšanas ātrumu maksimālas fiziskas slodzes apstākļos (Astrand 1960 pēc Siconolfi et al. 1985). Šis rādītājs ir svarīgs, lai noteiktu iespējamās saslimšanas riskus, it īpaši koronāro sirds slimību riskus (Blair et al. 1989), jo tas ir kardiovaskulārās sistēmas darbības novērtēšanas rādītājs (Astrand 1960 pēc Siconolfi et al. 1985).  $VO_{2max}$  bieži izmanto testos gan uz slīdceļa, gan uz veloergometra, tā nosakot sirds un asinsvadu sistēmas sagatavotības līmeni fiziskai slodzei (Beekley et al. 2004). Lai paredzētu  $VO_{2max}$ , bieži izmanto jau standartizētus testus, piemēram, Jauno Vīriešu Kristiešu Asociācijas (YMCA – no angļu val. *Young Men's Christian Association*) testu (Golding et al. 1989), kas nosaka maksimālo sirdsdarbības frekvenci ( $HR_{max}$  – no angļu val. *maximal heart rate*), izmantojot pētāmās personas vecumu (220-vecums gados). Tā tiek paredzēta maksimālā fiziskā slodze, pēc kuras paredzamais  $VO_{2max}$  (Beekley et al. 2004). Savukārt, piemēram, Strong (2017) aprakstītajā pētījumā, lai noskaidrotu pētāmās personas aptuveno  $HR_{max}$ , vīriešiem izmanto formulu: 220- vecums, bet sievietēm: 206- (vecums \* 0.88).

Praksē  $VO_{2max}$  tiek sasniegts, kad  $VO_2$  paliek nemainīgi augsts, bet slodze vēl joprojām pieaug (Anonymous 2018b).

Cilvēkiem, kuriem ir kādas veselības problēmas ar elpošanas vai sirds un asinsvadu sistēmu, maksimālie testi var būt veselībai bīstami. Šiem cilvēkiem vairāk piemēroti ir submaksimālie testi, kuros secīgi palielinās slodze, bet nekad nepārsniedz 85% no  $HR_{max}$ , tā paredzot maksimālo slodzi (Strong 2017). Kad tiek sasniegti 85% no  $HR_{max}$  vai pētāmā persona jūt, ka nevar turpināt testu, tad tests tiek pārtraukts (Strong 2017). Lai noteiktu  $VO_{2max}$  pēc submaksimālos testos iegūtās HR, visbiežāk izmanto Astranda-Riminga (Astrand – Ryming) nomogramas (skatīt 2. pielikumu) (Astrand and Ryming 1954).

HR ir ļoti nozīmīgs rādītājs, lai novērtētu cilvēka fizisko sagatavotību, tāpēc bieži vien testos tiek monitorēts tieši HR. Šis rādītājs netieši ļauj spriest par enerģijas patēriņu, izpildot garo muskuļu dinamiskos uzdevumus (Golsmith et al. 1967).

Veicot fiziskās sagatavotības testus, svars, auguma garums, arteriālais asinsspiediens un HR tiek noteikti ar mērierīcēm, bet  $HR_{max}$  aprēķināta (Strong 2017).

### 1.1.1. Testi uz slīdceļa

Šajā apakšnodaļā tiek apskatīti zinātniskā literatūrā biežāk aprakstītie slīdceļa slodzes testi.

#### **Maksimālas augošanas slodzes tests (GXT - no angļu val. *Maximal graded exercise test*) pēc George et al (2000)**

Slodzes testa protokols ir šāds: pirmās trīs minūtes pētāmā persona iet uz slīdceļa paša izvēlētā ātrumā (4.3-7.5 jūdzes stundā) (George et al. 1993). Tad, ātrumam paliekot nemainīgam, slīdceļa pacēlums tiek mainīts katru minūti pa 2,5%, līdz tiek sasniegts nogurums un nespēja tālāk turpināt uzdevumu (George et al. 2000). Tiek analizēts testa beigu perioda (pēdējās minūtes)  $VO_{2max}$  un  $HR_{max}$ . Maksimālos rādītājus nosaka, ja  $RQ >$  vai vienāds ar 1.1,  $HR_{max}$  ir par 15 sitieniem minūtē mazāks nekā vecumam pieļautais ( $HR = 220$ -vecums gados) vai notiek  $VO_2$  samazināšanās, neskatoties uz darba pieaugumu (Kline et al. 1987).

#### **Maksimālās slīdceļa slodzes Brūsa tests (Bruce et al. 1973)**

Šo testu izmanto, lai noteiktu  $VO_{2max}$ , kā arī bieži vien to izmanto kardio-vaskulāro saslimšanu diagnosticēšanai. Šis tests sastāv no četrām fāzēm, katra ilgst trīs minūtes un tiek mainīts slīdceļa ātrums un pacēlums:

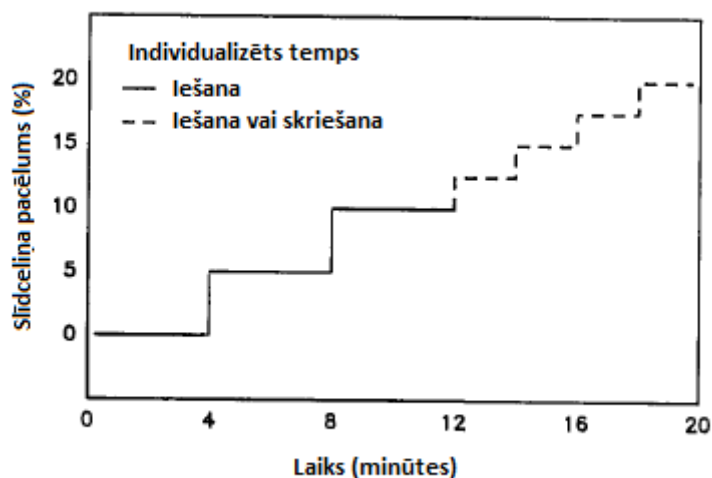
1. 1,7 jūdzes stundā un 10%;

2. 2,5 jūdzes stundā un 12%;
3. 3,4 jūdzes stundā un 14%;
4. 4,2 jūdzes stundā un 15% (Bruce et al. 1973).

Testa laikā tiek reģistrēta HR, arteriālais spiediens un  $VO_2$ . Pēc pēdējo minūšu augstākajiem  $VO_2$  rādītājiem katrā slodzes fāzē tiek noteikts  $VO_{2max}$  (Bruce et al. 1973). Brūsa testam gan ir daudzas variācijas, kas tiek adaptētas personām atkarībā no fiziskās sagatavotības un testa veikšanas mērķa.

### Submaksimāls slīdceļņa iešanas tests pēc Ebbeling et al (1991)

Šis tests sastāv no divām fāzēm. Pirmās fāzes, kad pētāmā persona iet nemainīgā ātrumā (2,0; 3,0; 4,0 vai 4,5 jūdzes stundā) ar pacēlumu 0%, 5% un 10 %, katru slodzes etapu veicot četras minūtes. Pēc tam pētāmā persona izvēlas turpināt iet vai skriet nemainīgā ātrumā, bet pacēlums tiek mainīts katras divas minūtes pa 2,5%, līdz pētāmā persona vairs nav spējīga turpināt slodzi (1.attēls). Tiek reģistrēts HR, gāzu apmaiņa un pēc  $VO_2$  maksimumiem noteikts  $VO_{2max}$  (Ebbeling et al. 1991).



1. attēls. Slīdceļņa testa protokols (Ebbeling et al. 1991).

Figure 1. Treadmill test protocol (Ebbeling et al 1991).

### 1.1.2. Veloergometriski testi

Šajā apakšnodaļā tiek apskatīti zinātniskā literatūrā biežāk aprakstītie veloergometriskās slodzes testi.

## **Submaksimāls veloergometra tests (Submaximal cycle ergometer test) pēc Amerikas Sporta medicīnas koledžas (American College of Sports Medicine 1995)**

Šī testa standartizētā slodze tiek iestatīta, mainot pedalēšanas ātrumu, jaudu un HR. Jauda tiek aprēķināta: kilopondi uz metru/minūte = (pedalēšanas ātrums (apgriezieni minūtē) \* (veloergometra pretestība (kilopondi)) \* (6 m/apgriezieni) un tad konvertēti uz vatiem (1W = 6.12 kilopondi uz metru/minūte). Pētāmajai personai ļauj iesildīties divas minūtes ar pedalēšanas ātrumu 70 apgriezieni minūtē un pretestību viens kiloponds. Ja HR ir 120-175 sitieni minūtē, tad turpina ar tādu pašu veloergometra pretestību trīs minūtes (George et al. 2000). Process turpinās līdz ir stabils HR starp 120 – 175 sitieniem minūtē (stabils HR nozīmē, ja tas starp otro un trešo minūti neatšķiras vairāk par sešiem sitieniem minūtē (ACSM, 1995)). Ja HR ir zemāks par 120 sitieniem minūtē, tad veloergometra pretestība tiek palielināta par vienu kiloponu vīriešiem un 0.5 kiloponu sievietēm. Ja HR vēl joprojām ir zemāks par 120 sitieniem minūtē, tad visiem dalībniekiem tiek palielināta ergometra pretestība par 0.5 kiloponu. Process turpinās līdz tiek sasniegts stabils HR starp 120 – 175 sitieniem minūtē. Tiek piefiksēts stabils HR, pedalēšanas frekvence un uztveres intensitātes vērtējums. Pēc tam seko 3-5 minūšu atjaunošanās (George et al. 2000).

## **Fizisko darbību kapacitātes tests 170 (PWC 170 – no angļu val. *Physical work capacity 170*)**

Šajā testā tiek noteikts, pie kādas jaudas sirdsdarbības frekvence ir 170 sitieni minūtē. Tests sākas ar 10 minūšu iesildīšanos, kam seko pirmā fāze: testa devējs noregulē veloergometra jaudu tā, lai pētāmās personas HR būtu starp 120-140 sitieniem minūtē. Tad jauda tiek atjaunota līdz 0 un ieslēgts hronometrs. Pēc sešu minūšu pedalēšanas tiek reģistrēta pirmā jauda (P1) un HR (H1). Pēc tam seko 10 minūšu atpūta un tad sākas otrā fāze – testa devējs noregulē veloergometra jaudu tā, lai pētāmās personas HR būtu starp 150-170 sitieniem minūtē. Tad jauda atkal tiek atjaunota līdz 0 un ieslēgts hronometrs. Pēc sešu minūšu pedalēšanas tiek reģistrēta jauda (P2) un HR (H2) (Mackenzie 2002).

Lai aprēķinātu jaudu pie sirdsdarbības frekvences 170, izmanto formulu:

Jauda (vati) = (((P1 × H2) - (P2 × H1)) ÷ (H2 - H1)) + (170 × ((P1 - P2) ÷ (H1 - H2))) (Mackenzie 2002).

### **Fiziskās darbības kapacitātes tests 75% HR<sub>max</sub> (PWC75%HR<sub>max</sub> – no angļu val. *Physical work capacity 75% HR<sub>max</sub>*)**

Šis tests ir paredzēts pusmūža cilvēkiem, gados vecākiem cilvēkiem un cilvēkiem ar sirds – asinsvadu saslimšanām, jo šajā submaksimālajā testā tiek sasniegti 75% no HR<sub>max</sub> (Miyashita 1985).

Sākumā pētāmā persona trīs minūtes pedalē ar jaudu 25 vati (0.5 kilpondi un 50 apgriezieni minūtē). Tad jauda tiek palielināta vēl divas reizes pa trim minūtēm par 25 vatiem, ja pirmajā slodzē HR ir lielāka par 100 sitieniem minūtē, vai 50 vatiem, ja HR mazāka par 100 sitieniem minūtē, līdz sasniegts 60-70 % no HR<sub>max</sub>. 75% no HR<sub>max</sub> tiek aprēķināti pēc regresijas vienādojuma no trīs slodžu rezultātiem, HR ņemot no pēdējās slodzes minūtes. HR<sub>max</sub> aprēķina pēc formulas vīriešiem:  $Y = 209 - 0,69X$ , un sievietēm:  $Y = 205 - 0,75X$ , kur Y ir HR<sub>max</sub> un X ir vecums (Miyashita 1985).

#### **1.1.3. Stepa testi**

Šajā apakšnodaļā tiek apskatīti zinātniskā literatūrā biežāk aprakstītie slīdceļa stepa testi.

#### **Kanādiešu mājas fitnessa tests (CHFT – no angļu val. *Canadian Home Fitness Test*) pēc Shephard et al (1976)**

Šo testu var veikt mājas apstākļos katrs pats. Tiek veikti soļi un mūzika kontrolē ritmu, atkarībā no cilvēka vecuma un dzimuma. Uzreiz pēc aktivitātes, tiek noteikts pulss (Shephard et al 1976). Šādi katrs pats mājās var noteikt savu fizisko stāvokli. Šis tests ir submaksimāls tests un tiek veikts uz divām 20 cm kāpnēm. Septiņos posmos vīriešiem un sešos posmos sievietēm pakāpeniski tiek palielināts mūzikas ritms. Atkarībā no vecuma tiek noteikts arī uzdevuma līmenis (Jette et al. 1976). Pēc pulsa rādītājiem, cilvēks var noteikt, kādam fiziskās sagatavotības līmenim atbilst (1. tabula).

Table 1  
Physical fitness evaluation chart for the CHFT (Shephard et al. 1976).

Vecums (gadi)	10 sekunžu pulss	
	Pēc pirmajām 3 testa minūtēm	Pēc otrajām 3 testa minūtēm
15-19	Ja 30 un vairāk pārtraukumi. Jums ir nepiemērots personīgais fitnesa līmenis.	Ja 27 vai vairāk, jums ir minimālais personīgais fitnesa līmenis. Ja 26 un mazāk, jums ir rekomendējamais personīgais fitnesa līmenis.
20-29	Ja 29 un vairāk pārtraukumi. Jums ir nepiemērots personīgais fitnesa līmenis.	Ja 26 vai vairāk, jums ir minimālais personīgais fitnesa līmenis. Ja 25 un mazāk, jums ir rekomendējamais personīgais fitnesa līmenis.
30-39	Ja 28 un vairāk pārtraukumi. Jums ir nepiemērots personīgais fitnesa līmenis.	Ja 25 vai vairāk, jums ir minimālais personīgais fitnesa līmenis. Ja 24 un mazāk, jums ir rekomendējamais personīgais fitnesa līmenis.
40-49	Ja 26 un vairāk pārtraukumi. Jums ir nepiemērots personīgais fitnesa līmenis.	Ja 24 vai vairāk, jums ir minimālais personīgais fitnesa līmenis. Ja 23 un mazāk, jums ir rekomendējamais personīgais fitnesa līmenis.
50-59	Ja 25 un vairāk pārtraukumi. Jums ir nepiemērots personīgais fitnesa līmenis.	Ja 23 vai vairāk, jums ir minimālais personīgais fitnesa līmenis. Ja 22 un mazāk, jums ir rekomendējamais personīgais fitnesa līmenis.
60-69	Ja 24 un vairāk pārtraukumi. Jums ir nepiemērots personīgais fitnesa līmenis.	Ja 23 vai vairāk, jums ir minimālais personīgais fitnesa līmenis. Ja 22 un mazāk, jums ir rekomendējamais personīgais fitnesa līmenis.

### Stepa tests pēc Siconolfi et al. (1985)

Šajā testā aerobās trenētības rādītājs ir  $VO_{2max}$ , taču, tā kā šis ir submaksimāls tests, tad par pamatu tiek ņemts veloergometra maksimālais tests ar tādu pašu modalitāti un tad validēts ar stepa testu (Siconolfi et al. 1985).

Testa protokols:

1. Submaksimālais tests pēc Siconolfi et al. (1982), kur sasniedz 70% no  $HR_{max}$ .
2. Pēc 10 minūšu pauzes - maksimālais tests.
3. Pēc vismaz 24h – stepa tests. Stepa tests sastāv no trīs fāzēm, kurās jāsoļo uz 25,4 cm augstas pamatnes ar ātrumu attiecīgi 17, 26 un 34 soļi minūtē.  $VO_{2max}$  tiek noteikts pēc HR un Astranda – Rimatinga (Astrand-Rhyming) nomogramas (Siconolfi et al. 1985).

### 1.1.4. Citi testi

#### Daudzpakāpju 20 metru atspoles skriešanas tests pēc Leger et al. (1988)

Šis tests paredzēts gan skolniekiem, gan pieaugušajiem, gan arī sportistiem, lai novērtētu maksimālās aerobās darbaspējas (Leger et al. 1988). Šajā testā pētāmajai personai ir jāpārvieta priekšmeti no vienas līnijas līdz otrai. Attālums starp līnijām ir 20 m, un laiku, kā mainīt ātrumu, nosaka skaņas signāli. Sākuma ātrums ir 8,5 km/h un tas pieaug ik pa 0,5 km/h, tā paātrinot tempu. Tests beidzas līdz pētāmā persona vairs nespēj turpināt pārbaudījumu vai arī visi priekšmeti ir pārvietoti. Lai aprēķinātu  $VO_{2max}$  tiek izmantoti pēdējā posma rezultāti (2. tabula) (Leger et al. 1998). Šim testam mūsdienās ir vairākas variācijas, piemēram, standarta tests (Eurofit), kur sākuma ātrums ir astoņi km/h, otrajā posmā tas pieaug par vienu km/h, bet katrā nākamajā posmā par 0,5 km/h (Anonymous, 2013b).

2. tabula

20 m atspoles skrējiena tests:  $VO_{2max}$  novērtēšana atkarībā no skriešanas ātruma un vecuma (Leger et al. 1988).

Table 2

The 20 m shuttle run test: prediction of  $VO_{2max}$  from maximal shuttle run speed and age (Leger et al. 1988).

Posms (min)	Max.ātrums (km h <sup>-1</sup> )													
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	≥ 18
1	8.5	46.9 <sup>a</sup>	45.0 <sup>a</sup>	43.0 <sup>a</sup>	41.1 <sup>a</sup>	39.1 <sup>a</sup>	37.2 <sup>a</sup>	35.2 <sup>a</sup>	33.3 <sup>a</sup>	31.4 <sup>a</sup>	29.4 <sup>a</sup>	27.5 <sup>a</sup>	25.5 <sup>a</sup>	23.6 <sup>a</sup>
2	9.0	49.0	47.1	45.2	43.4	41.5 <sup>a</sup>	39.6 <sup>a</sup>	37.8 <sup>a</sup>	35.9 <sup>a</sup>	34.1 <sup>a</sup>	32.2 <sup>a</sup>	30.3 <sup>a</sup>	28.5 <sup>a</sup>	26.6 <sup>a</sup>
3	9.5	51.1	49.3	47.5	45.7	43.9	42.1	40.3 <sup>a</sup>	38.5 <sup>a</sup>	36.7 <sup>a</sup>	35.0 <sup>a</sup>	33.2 <sup>a</sup>	31.4	29.6
4	10.0	53.1	51.4	49.7	48.0	46.3	44.6	42.9	41.2	39.4 <sup>a</sup>	37.7 <sup>a</sup>	36.0	34.3	32.6
5	10.5	55.2	53.6	51.9	50.3	48.7	47.0	45.4	43.8	42.1	40.5	38.9	37.2	35.6
6	11.0	57.3	55.7	54.2	52.6	51.1	49.5	47.9	46.4	44.8	43.3	41.7	40.2	38.6
7	11.5	59.4	57.9	56.4	54.9	53.4	52.0	50.5	49.0	47.5	46.0	44.6	43.1	41.6
8	12.0	61.5	60.1	58.6	57.2	55.8	54.4	53.0	51.6	50.2	48.8	47.4	46.0	44.6
9	12.5	63.5	62.2	60.9	59.6	58.2	56.9	55.6	54.2	52.9	51.6	50.3	48.9	47.6
10	13.0	65.6 <sup>a</sup>	64.4 <sup>a</sup>	63.1 <sup>a</sup>	61.9 <sup>a</sup>	60.6 <sup>a</sup>	59.4 <sup>a</sup>	58.1	56.9	55.6	54.4	53.1	51.9	50.6
11	13.5	67.7 <sup>a</sup>	66.5 <sup>a</sup>	65.3 <sup>a</sup>	64.2 <sup>a</sup>	63.0 <sup>a</sup>	61.8 <sup>a</sup>	60.6 <sup>a</sup>	59.5 <sup>a</sup>	58.3	57.1	56.0	54.8	53.6
12	14.0	69.8 <sup>a</sup>	68.7 <sup>a</sup>	67.6 <sup>a</sup>	66.5 <sup>a</sup>	65.4 <sup>a</sup>	64.3 <sup>a</sup>	63.2 <sup>a</sup>	62.1 <sup>a</sup>	61.0	59.9	58.8	57.7	56.6
13	14.5	71.9 <sup>a</sup>	70.8 <sup>a</sup>	69.8 <sup>a</sup>	68.8 <sup>a</sup>	67.8 <sup>a</sup>	66.8 <sup>a</sup>	65.7 <sup>a</sup>	64.7 <sup>a</sup>	63.7 <sup>a</sup>	62.7 <sup>a</sup>	61.6	60.6	59.6
14	15.0	73.9 <sup>a</sup>	73.0 <sup>a</sup>	72.0 <sup>a</sup>	71.1 <sup>a</sup>	70.2 <sup>a</sup>	69.2 <sup>a</sup>	68.3 <sup>a</sup>	67.3 <sup>a</sup>	66.4 <sup>a</sup>	65.4 <sup>a</sup>	64.5	63.6	62.6 <sup>a</sup>
15	15.5	76.0 <sup>a</sup>	75.1 <sup>a</sup>	74.3 <sup>a</sup>	73.4 <sup>a</sup>	72.5 <sup>a</sup>	71.7 <sup>a</sup>	70.8 <sup>a</sup>	69.9 <sup>a</sup>	69.1 <sup>a</sup>	68.2 <sup>a</sup>	67.3 <sup>a</sup>	66.5 <sup>a</sup>	65.6 <sup>a</sup>
16	16.0	78.1 <sup>a</sup>	77.3 <sup>a</sup>	76.5 <sup>a</sup>	75.7 <sup>a</sup>	74.9 <sup>a</sup>	74.1 <sup>a</sup>	73.4 <sup>a</sup>	72.6 <sup>a</sup>	71.8 <sup>a</sup>	71.0 <sup>a</sup>	70.2 <sup>a</sup>	69.4 <sup>a</sup>	68.6 <sup>a</sup>
17	16.5	80.2 <sup>a</sup>	79.5 <sup>a</sup>	78.7 <sup>a</sup>	78.0 <sup>a</sup>	77.3 <sup>a</sup>	76.6 <sup>a</sup>	75.9 <sup>a</sup>	75.2 <sup>a</sup>	74.5 <sup>a</sup>	73.8 <sup>a</sup>	73.0 <sup>a</sup>	72.3 <sup>a</sup>	71.6 <sup>a</sup>
18	17.0	82.3 <sup>a</sup>	81.6 <sup>a</sup>	81.0 <sup>a</sup>	80.3 <sup>a</sup>	79.7 <sup>a</sup>	79.1 <sup>a</sup>	78.4 <sup>a</sup>	77.8 <sup>a</sup>	77.2 <sup>a</sup>	76.5 <sup>a</sup>	75.9 <sup>a</sup>	75.3 <sup>a</sup>	74.6 <sup>a</sup>
19	17.5	84.3 <sup>a</sup>	83.8 <sup>a</sup>	83.2 <sup>a</sup>	82.7 <sup>a</sup>	82.1 <sup>a</sup>	81.5 <sup>a</sup>	81.0 <sup>a</sup>	80.4 <sup>a</sup>	79.9 <sup>a</sup>	79.3 <sup>a</sup>	78.7 <sup>a</sup>	78.2 <sup>a</sup>	77.6 <sup>a</sup>
20	18.0	86.4 <sup>a</sup>	85.9 <sup>a</sup>	85.4 <sup>a</sup>	85.0 <sup>a</sup>	84.5 <sup>a</sup>	84.0 <sup>a</sup>	83.5 <sup>a</sup>	83.0 <sup>a</sup>	82.5 <sup>a</sup>	82.1 <sup>a</sup>	81.6 <sup>a</sup>	81.1 <sup>a</sup>	80.6 <sup>a</sup>

**Atspoles iešanas tests (SWT- no angļu val. *Shuttle Walking Test* ) pēc Wise and Brown (2005)**

Iešanas testi ir ļoti piemēroti cilvēkiem ar kardiovaskulārās sistēmas slimībām (Wise and Brown 2005). Pētāmā persona iet no viena punkta līdz otram 10 metru atstatumā, iešanas ātrumu diktē ieraksts. Ātrums pieaug katru minūti par 0,17 m/sek, maksimums 12 reizes (Singh et al., 1992). Atspoļu skaits pieaug katru minūti, līdz brīdim, kad pētāma persona vairs nespēj turpināt. Kopējo distanci aprēķina pēc atspoļu skaita. Eksperimenta laikā tiek mērīts HR un  $VO_2$ . Pēc tam noteikts  $VO_{2max}$  pēc maksimālās izpildes kapacitātes (Wise and Brown 2005).

## 1.2. Organisma funkcionālās atšķirības, kas nodrošina veloergometrisku un slīdceļa slodzi

### 1.2.1. Slodzes nodrošināšanas ietekmējošie faktori

Gan cilvēka veselība, gan fiziskās slodzes veikšana ir atkarīga no orgānu sistēmu darbības. Fiziskās slodzes veikšanu visvairāk ierobežo sirds un asinsvadu sistēma, elpošanas sistēma, kā arī muskuļu darbs (saistībā ar enerģijas rezervēm un enzīmu darbību). (Sporta Laboratorija 2008).

**Muskuļu** kontrakcijas ir tās, kuras nodrošina kustību. To darbību ietekmē vairāki faktori:

- muskuļu skaits, kas tiek iesaistīts darbā, kā arī muskuļu šķērsriezuma laukums (Anonymous 2015);
- slodzes veids: dinamisks (kustība) vai statisks (fiksēta poza) muskuļu darbs (Aberberga-Augškalne 2002);
- enerģijas patēriņš un fizioloģiskās iedarbības lielums (Aberberga-Augškalne 2002);
- aerobs vai anaerobs muskuļu darbības enerģētiskais nodrošinājums (Aberberga-Augškalne 2002).

**Enerģijas patēriņš**, pateicoties fiziskai slodzei, pieaug, tā nodrošinot muskuļu darbību un homeostāzi. Enerģijas patēriņš var būt aerobs (oksidācijas process), anaerobs (glikolīzes process) un jaukts. Slodzes laikā notiek arī hormonālas pārmaiņas un vielmaiņa - glikozes produkcija, glikoneoģenēze aknās vai lipīdu mobilizācija. Slodzes laikā pazeminās insulīna līmenis, kas pēc slodzes atkal paaugstinās, tā nodrošinot glikogēna veidošanos (Aberberga-Augškalne 2002). Muskuļa darbībai nepieciešams makroerģiskais savienojums adenozintrifosfāts (ATF). Šķeļoties līdz adenozīndifosfātam (ADF), tiek atbrīvota enerģija. Taču ar ATF, kas uzkrājies muskulī, nepietiek. Tad enerģiju nepieciešams pievadīt papildus, ko nodrošina kreatīnfosfokināzes, glikolīzes un oksidācijas reakcijas (Guyton and Hall 2016).

Līdz muskulim barības vielas nonāk caur asinsvadiem. Vielmaiņa muskulī notiek caur tā kapilāra sienīņu un muskuļu šķiedru. Muskulī notiek divejāds darbs – caur arteriālo kapilāru tiek atdots skābeklis un barības vielas, taču caur venozo kapilāru tiek savākta ogļskābā gāze un barības vielu metabolīti (Guyton and Hall 2016).

**Ir trīs fāzes muskuļu darbam:**

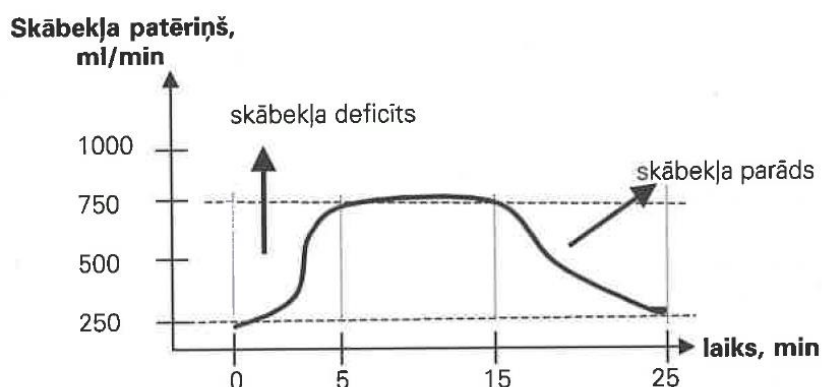
1. Iesildīšanās, kad pieaug muskuļu darba spējas (Aberberga-Augškalne 2002);
2. Stabils stāvoklis, kad tiek sasniegtas augstākās muskuļa darba spējas (Aberberga-Augškalne 2002);

### 3. Samazinās darba spējas un iestājas nogurums (Aberberga-Augškalne 2002).

Nogurums - tā ir darba spēju vājināšanās, kas izpaužas kā noguruma sajūta. Tas pasargā no pārslodzes un darbojās kā aizsargmehānisms. Tā laikā tiek aktivizētas organisma rezerves un atjaunošanās procesi (Aberberga-Augškalne 2002).

#### **Piemērs skābekļa patēriņam submaksimālās intensitātes slodzē**

Sākuma stāvoklī -dažu minūšu laikā palielinās  $VO_2$  un sasniedz stabilu stāvokli, taču sirds un asinsvadu un elpošanas sistēmas procesā iesaistās tikai pēc 1,5-3 minūtēm, tādēļ izveidojas skābekļa deficīts. Stabīlajā fāzē –  $VO_2$  ir pietiekams, plaušu ventilācija un HR nemainās. Pēc slodzes – lai atjaunotos sākotnējais  $VO_2$  (pamatmaiņa, kas ir vidēji 250 ml/min), tiek patērēts skābeklis virs pamatmaiņas, kas veido skābekļa parādu (Aberberga-Augškalne 2002).



2. attēls. Skābekļa deficīta rašanās fiziska darba sākumā un tā novēršana pēc mērenas intensitātes ilgstoša darba (Aberberga-Augškalne 2002).

Figure 2. Oxygen deficit at the beginning of physical activity and its elimination after a moderate intensity of long-term exercise

#### **Fiziskās slodzes izsuktās sirdsdarbības frekvences, sistoles un minūtes tilpuma izmaiņas**

*Pie mazas slodzes* – vienlaicīgi pieaug HR un sirds sistoles tilpums, kas nodrošina sirds minūtes tilpuma palielināšanos. Sirds minūtes tilpums ir tieši proporcionāls  $VO_2$ .

- Sistoles tilpums ir vienas sistoles laikā katra kambara izgrūstais asiņu daudzums. Vidēji miera stāvoklī tas ir 50-80 ml. Intensīvas slodzes laikā var pieaugt līdz pat 160 ml, jo mainās sirds saraušanās spēks (vairāk asiņu pieplūst sirdij un mainās vielmaiņas intensitāte miokardā) (Guyton and Hall 2016).

- Minūtes tilpums ir asiņu daudzums (l), ko sirds izgrūž aortā vai plaušu stumbrā vienas minūtes laikā. Miera stāvoklī vidēji četri līdz pieci l, bet netrenētam cilvēkam fiziskas slodzes laikā pat 25 l. Minūtes tilpumu ietekmē sistoles tilpums un sirdsdarbības ātrums (Guyton and Hall 2016).
- Sirds diastole ir pauze pēc kambaru sistoles (Guyton and Hall 2016).

Pie submaksimālas slodzes – tiek sasniegts sirds sistoles maksimums, pie HR 110-120 sitieni minūtē. Ja pieaug slodzes jauda, tad palielinās sirds minūtes tilpums (ja palielinās HR).

Pie intensīvas slodzes – sirds minūtes tilpums pieaug 5-6 reizes, bet  $VO_2$  pat 20 reizes no sākuma stāvokļa (Aberberga-Augškalne 2002).

### 1.2.2. Organisma funkcionālās atšķirības veloergometriskā un slīdceļņa slodzē

Pēc savas uzbūves un funkcionālajām atšķirībām veloergometrs un slīdceļņš ir atšķirīgi, taču, lai salīdzinātu rezultātus uz šiem abiem trenāžieriem un no tiem iegūtos fizioloģiskos rādītājus, nepieciešams nodrošināt nemainīgus testa nosacījumus (kāda veida slodze tiek izmantota testā un kā tiek izpildīts tests) (Sporta Laboratorija 2008).

Kaut arī slīdceļņa slodze – iešana un skriešana, ir visdabiskākā un pierastākā no slodzēm, tomēr daudzos rehabilitācijas centros testus uz slīdceļņa neizmanto, jo cilvēki ar stāvēšanas un iešanas grūtībām, nevar izmantot šo trenāžieri (Smoldlaka 1982). Slīdceļņa rezultātus var ietekmēt arī noteiktais ātrums, jo psiholoģiski var rasties bailes, ka cilvēks nebūs spējīgs iekļauties noteiktajā ātrumā (Sporta Laboratorija 2008). Slīdceļņa jauda tiek aprēķināta pēc ātruma un pacēluma, jo to uzreiz nevar izteikt kilopondos uz metru vai vatos, kā arī aprēķinos jāņem vērā cilvēka svars (Smoldlaka 1982). Veloergometra slodze cilvēkiem, kuri ikdienā regulāri nebrauc ar riteni, nav tik dabiska un pierasta, līdz ar to, tas ietekmē fizioloģiskos rādītājus (Smoldlaka 1982).

Visbiežāk slīdceļņa testos tiek palielināts slīdceļņa pacēlums, bet veloergometra testos palielināta pretestība, ātrumam paliekot nemainīgam visu testa gaitu (Strong 2017).

Aprēķinot slodzi, kā arī analizējot cilvēka fizioloģiskos rādītājus, ir jāņem vērā svara ietekme slodzes laikā. Tā kā trenāžieru (veloergometra un slīdceļņa) uzbūve atšķiras, tad arī svara ietekme ir atšķirīga. Aprēķinot slodzi, kādu izmantot testā, jāņem vērā, ka uz veloergometra ir jāsēž, tas nozīmē, ka svars atbalstās (Howley and Thompson 2017). Uz slīdceļņa cilvēks iet vai skrien, tas nozīmē, ka svars neatbalstās jeb cilvēkam tas ir “jānes”. Tātad, aprēķinot testa slodzi, svars ir jāņem vērā. Absolūtais  $VO_2$  ( $l \cdot \text{min}^{-1}$ ) nav atkarīgs no svara. Relatīvo  $VO_2$  ( $ml \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) pētāmās personas svars ietekmē, jo enerģijas patēriņš ir proporcionāls svaram (vieglākiem/mazākiem cilvēkiem relatīvais  $VO_2$  būs augstāks). Tādēļ

gāzu analīzatorā programmā gan testos uz slīdceļiņa, gan uz veloergometra ir jāievada cilvēka svars.

HR uz veloergometra ir lielāks, salīdzinoši ar HR uz slīdceļiņa (Smodlaka 1982). Šo atšķirību nosaka:

- iesaistīto muskuļu skaits un izmērs;
- gravitācijas spēks uz arteriālo un venozo asiņu cirkulāciju;
- dažāda sirds „sūkņa” darbība uz venozo asiņu atgriešanos starp slīdceļiņa slodzi un veloergometra slodzi. Kontrakciju laiks kāju muskuļiem ir īsāks uz slīdceļiņa, jo parasti pētāmā persona noiet 190 līdz 200 soļus minūtē uz slīdceļiņa, kamēr uz veloergometra nomināls tikai 50 līdz 60 apgriezienu minūtē (Smodlaka 1982).

Uzdevumos uz slīdceļiņa un uz veloergometra iesaistīto muskuļu skaits atšķiras. Veloergometra slodzē visvairāk tiek nodarbināts augšstilba četrgalvainais muskulis, augšstilba aizmugurējās daļas muskuļi (hamstringa muskuļi), apakšstilba aizmugurējie muskuļi (liela trīsgalvu muskuļi), no kuriem lielākie ir irku muskulis un plekstveida muskulis (Harris 2017). Slīdceļiņa slodzē arī kustību nodrošina augšstilba četrgalvainais muskulis, augšstilba aizmugurējās daļas muskuļi, apakšstilba aizmugurējie muskuļi, kā arī apakšstilba priekšējie muskuļi. Slīdceļiņa slodzē piedalās arī lielais gūžas muskulis un vidējais gūžas muskulis (Matte 2017). Ja iešana / skriešana notiek ar pacēlumu, tad tas visvairāk attīsta augšstilba četrgalvaino muskuļu, apakšstilba aizmugurējo muskuļu un gūžas muskuļu spēku, kā arī mazina triecienu papēdim (Anonymous 2018a).

Veloergometra testos viens no limitējošiem faktoriem ir muskuļu izturība, it īpaši augšstilba četrgalvainā muskuļa izturība, nevis sirds un asinsvadu, un elpošanas sistēma (McKay and Banister 1976). Tāpēc pedāļu pretestību palielina pakāpeniski, tā noslogojot kardiovaskulāro sistēmu (Howley and Thompson 2017). Testos uz slīdceļiņa limitējošais faktors ir lielāks iesaistīto muskuļu skaits un kardiovaskulārā sistēma, jo tā saņem lielu slodzi (Howley and Thompson 2017).

$VO_{2max}$  uz slīdceļiņa (ar pacēlumu) ir lielāks nekā uz veloergometra (Smodlaka 1982). To nosaka tas, ka ejot vai skrienot uz slīdceļiņa, it īpaši, ar pacēlumu, tiek iesaistītas lielākas muskuļu masas. Minoties ar veloergometru, tiek iesaistītas mazākas muskuļu masas, tās nogurst ātrāk un neļauj sasniegt augstāku  $VO_{2max}$  (Smodlaka 1982). Shephard et al. (1968) veica eksperimentu, kurā salīdzināja  $VO_{2max}$ , testā uz slīdceļiņa ar pacēlumu (kalnā), veloergometra un stepa testā. Eksperimenta rezultāti parādīja, ka vislielākais  $VO_{2max}$  tika uzrādīts uz slīdceļiņa, par 3,4% mazāks  $VO_{2max}$  bija stepa testā un par 6,6% veloergometra testā. Niederberger et al.

(1974) savos pētījumos noskaidroja, ka, ja salīdzināšana tiek veikta uz slīdceļņa un veloergometra pie vienādiem  $VO_{2max}$  procentiem, tad augstāks arteriālais vidējais spiediens, spiediena līmenis, perifēro asinsvadu pretestība, plaušu ventilācija un HR ir uz veloergometra (Niederberger et al. 1974).

Testi uz slīdceļņa ir ieteicami cilvēkiem, kuri spēj staigāt vai skriet, lai pārbaudītu  $VO_{2max}$  klīniski veseliem cilvēkiem un rehabilitācijas pacientiem. Taču tie, kam ir grūtības ar pārvietošanos vai stāvēšanu, ieteicamāki ir testi uz veloergometra (Smodlaka 1982).

## 2. METODEDES

### 2.1. Materiāli

#### Iekārtas

- Veloergometrs – Monark Ergomedic 828 E, Zviedrija
- Slīdceļiņš – SportsArt 6300, Amerika
- Digitāls asinsspiediena mērītājs – A&D Medical UA-767 Plus, Japāna
- Sirdsdarbības reģistrators – Polar V800, Amerika
- Gāzu analizators – MedGraphics VO2000, Anglija.
- Mehāniskie svāri – RTZ-125B.
- Stadiometrs - KaWe, Anglija.

#### Izmantotās datorprogrammas

- Microsoft Office Word 2016
- Microsoft Office Excel 2016
- Microsoft Paint (Version 1709)
- Kardiorespiratorās diagnostikas programma BreezeSuite 6.3
- Statistikas programma SigmaPlot 12.3

#### Laboratorijas piederumi

- Elpošanas caurulīte
- Sejas maska
- Vate
- Stāvkolba ar spirtu

### 2.2. Metodes

#### Pētāmās personas

Pētījumā piedalījās 10 sievietes vecumā no 20-26 gadiem, kurām ikdienā nebija papildus sporta aktivitātes/nodarbības. Pētījums tika veikts LU Bioloģijas fakultātes Cilvēka un dzīvnieku fizioloģijas katedrā, laika posmā no 2018.gada janvāra līdz aprīlim. Pētījuma praktiskā daļa – slodzes testi, visām pētījuma dalībniecēm notika vienā diennakts laikā (pēcpusdienā, ~ plkst. 17.00 – 19.30).

## Slodzes testu un mērījumu norise

Pētījuma veikšanai tika izvēlētas trīs jaudas pakāpes uz veloergometra – 50 vati, 100 vati un 150 vati. Jauda tika panākta, mainot pedalēšanas pretestību, pie 50 apgriezieniem minūtē (kas ir pietiekama slodze cilvēkiem, kas ikdienā nenodarbojas ar sportu (Howley and Thompson 2017)).

3. tabula  
Slodzes jaudas aprēķins veloergometriskai slodzei.

Table 3  
Load power calculation for cycling exercise.

Slodzes nr.p.k.	Slodzes jauda
1	1 kiloponds * 50 apgr. min = 50 vati
2	2 kilopondi * 50 apgr. min = 100 vati
3	3 kilopondi * 50apgr. min = 150 vati

Lai varētu salīdzināt pētītos fizioloģiskos parametrus, kas iegūti uz veloergometra un slīdceļa, bija jāizvēlas tādas pašas jaudas arī uz slīdceļa – 50 vati, 100 vati un 150 vati. Atbilstošo jaudu uz slīdceļa aprēķināja pēc formulas:

Ātrums (jūdzes/stundā) = jauda (vati) / (slīdceļa pacēlums (%) \* svars (kg))\*  
0.03728227153424 (Anonymous 2013a).

Lai iegūtu slīdceļa ātruma skalai atbilstošās vienības (jūdzes/stundā), pēc augstāk minētās formulas ātrums tika pareizināts ar koeficientu 0.03728227153424.

Ātrums tika aprēķināts, augstāk minētajā formulā ievietojot vajadzīgo jaudu (attiecīgi 50 vati, 100 vati vai 150 vati) un pētāmās personas svaru (kilogramos).

Slīdceļa pacēlums visām personām tika uzstādīts 2%.

Starp abiem eksperimentiem tika ieturēta pauze 60 minūtes, lai pētāmā persona varētu atpūsties un pirmais slodzes tests neietekmētu sekojošā otrā slodzes testa rezultātu. Otrais slodzes tests tika uzsāks, kad pētījumā reģistrējamie parametri (HR, arteriālais asinsspiediens, VO<sub>2</sub>) bija atjaunojušies miera stāvoklim atbilstoši kā pirms pirmā slodzes testa.

## Sagatavošanās slodzes testu veikšanai

Pētāmajām personām tika lūgts neēst vismaz 1 stundu pirms slodzes testa norises.

Pirms slodzes testa sākuma pētāmajām personām bija jāizpilda pētījuma dalībnieka anketa, kurā tika iekļauti jautājumi par dotā brīža pašsajūtu, dzīves laikā pārciestajām slimībām,

smēķēšanu un fiziskajām aktivitātēm, kā arī katrs dalībnieks parakstījās par iepazīšanos ar pētījuma gaitu un brīvprātīgu piedalīšanos pētījumā (anketas paraugu skat. 1.pielikumā). Personām tika noteikts auguma garums un svars, kas bija nepieciešams slīdceļa slodzes aprēķināšanai.

### **Sirdsdarbības frekvences noteikšana**

Uz krūšu kurvja tika uzlikta HR sensora josta, kura iepriekš tika dezinficēta ar spirtu, tā, lai tā cieši piegultu krūškurvim, bet HR uztvērējs – pulkstenis, tika novietots ~ 0,5 metru attālumā no pētāmās personas tā, lai eksperimenta vadītājs varētu kontrolēt testa veicēja HR.

### **Arteriālā asinsspiediena mērīšana**

Uz kaila kreisā augšdelma tika aplikta elektroniskā asinsspiediena mērītāja manšete tā, lai cieši apņemtū augšdelmu, bet to nesaspiestu. No elektroniskā mērītāja ekrāna tika nolasīts sistoliskais un diastoliskais arteriālais asinsspiediens (mmHg). Pēc iegūtajām sistoliskā un diastoliskā spiediena vērtībām tika aprēķināts pulsa spiediens pēc formulas: sistoliskais spiediens (mmHg) – diastoliskais spiediens (mmHg).

### **Netiešā kalorimetrija**

Datorprogrammā *BreezeSuite*, kas reģistrēja datus no gāzu analizatora, tika ievadīti dati par pētāmo personu (vārds un uzvārds, dzimums, dzimšanas datums, svars, auguma garums un slodzes veids). Pirms katra mērījuma, gāzu analizators tika nokalibrēts. Pētījuma dalībniekam uz sejas tika uzlikta iepriekš dezinficēta gāzu analizatora maska tā, lai cieši piekļautos sejas ādai. Maska ar caurulīšu sistēmu tika savienota ar gāzu analizatoru, un gāzu analizatora programmā *BreezeSuite* tika reģistrēti gāzu maiņas dati.

### **Lipīdu un ogļhidrātu oksidācijas intensitātes aprēķināšana**

Lai aprēķinātu enerģētisko pamatsubstrātu (ogļhidrātu un lipīdu) oksidācijas intensitāti, tika izmantotas šādas formulas (Perronnet un Massicotte, 1991):

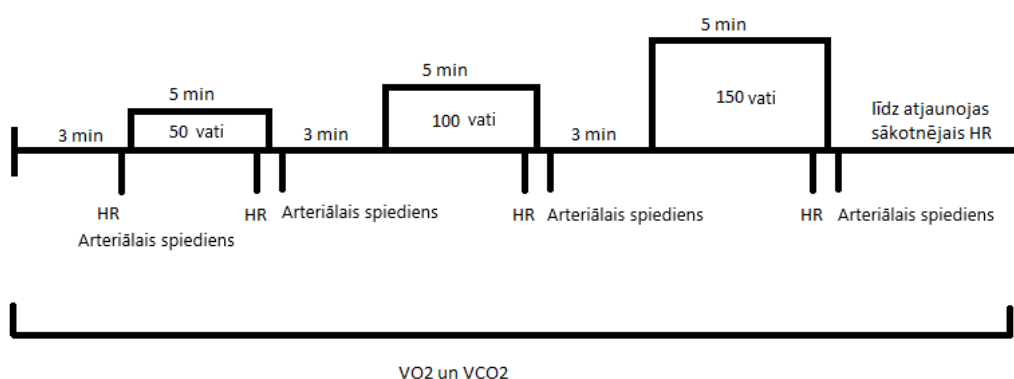
$$\text{Absolūtā lipīdu oksidācijas intensitāte (mg/min)} = -1,7012 * \text{VCO}_2 + 1,6946 * \text{VO}_2;$$

$$\text{Absolūtā ogļhidrātu oksidācijas intensitāte (mg/min)} = 4,585 * \text{VCO}_2 - 3,2255 * \text{VO}_2.$$

VCO<sub>2</sub> un VO<sub>2</sub> vērtības tika iegūtas netiešā kalorimētrijā. Lai varētu aprēķināt īpatnējo lipīdu un ogļhidrātu oksidācijas intensitāti, iegūtie lipīdu un ogļhidrātu oksidācijas rezultāti jādalā ar personas svaru. Tā tiek iegūta oksidācijas intensitāte uz ķermeņa svara kilogramu.

### Slodzes testa gaita uz veloergometra un slīdceļiņa

Pirmās trīs minūtes pētījuma dalībniekam tika ļauts mierīgi sēdēt vai stāvēt laboratorijas miera apstākļos. Pirms pirmās slodzes tika reģistrēta HR no sirdsdarbības monitora un arteriālais asinsspiediens. Pirmās slodzes jauda tiek uzstādīta 50 vati. Pirmās slodzes ilgums bija piecas minūtes. Slodzes pēdējā minūtē no sirdsdarbības monitora tika nolasīta HR un tieši pēc slodzes izmērīts asinsspiediens. Tad sekoja trīs minūtes pasīva atpūta. Otrā slodze tika uzstādīta 100 vati un tās ilgums bija piecas minūtes. Atkal slodzes pēdējā minūtē no sirdsdarbības monitora tika nolasīta HR un tieši pēc slodzes izmērīts asinsspiediens. Sekoja atkal trīs minūšu pauze. Pēdējā slodze tika uzstādīta 150 vati, ilgums piecas minūtes. Slodzes pēdējā minūtē no sirdsdarbības monitora tika nolasīta HR un tieši pēc slodzes izmērīts asinsspiediens. Testu beidza, kad pētāmajam dalībniekam bija atjaunojusies sākotnējā HR (attēls).



3. attēls. Slodzes testa modelis uz veloergometra un slīdceļiņa.

Figure 3. Exercise test model for veloergometer and treadmill.

### Datu statistiskā apstrāde

Datu statistiskā apstrāde tika veikta programmās *Microsoft Excel* un *SigmaPlot*.

Programmā *Microsoft Excel* dati tika apkopoti tabulās, kur uzskaitīts katras pētāmās personas augums, svars, relatīvais un absolūtais  $VO_2$ , absolūtais  $VCO_2$ , RQ, HR, sistoliskais un diastoliskais spiediens, kā arī aprēķināts  $\dot{V}MI$ , relatīvais  $VCO_2$  un pulsa spiediens, lipīdu un ogļhidrātu oksidācijas intensitātes. Dati tika sagrupēti pa slodzēm un pēc testa veida. Katram rādītājam aprēķināta vidējā vērtība (Vid) un standartnovirze (SD).

Statistiski dati tika analizēti programmā *SigmaPlot*, vispirms katrai rādītāja kopai pārbaudot normalitāti ar Kolmogorova-Smirnova testu. Tā tika iegūtas parametriskas un neparametriskas datu kopas.

Lai pārbaudītu atšķirību būtiskumu starp parametru grupām, tika veikts t-tests (ja dati atbilda normālam sadalījumam) un *Rank Sum* tests (ja dati neatbilda normālam sadalījumam). Ja  $p < 0.05$ , tad atšķirība starp parametru grupām tika uzskatīta par būtiskām.

### 3. REZULTĀTI

#### 3.1. Personu raksturojošie dati

Pētījumā piedalījās 10 sievietes, visas bija klīniski veselas, ar ikdienas fiziskās aktivitātes līmeni. Pēc pētījuma dalībnieču ķermeņa svara un auguma vērtībām, tika aprēķinātas ĶMI vērtības. Deviņām pētījumā iesaistītajām personām bija ĶMI vērtība, kas raksturo normālu ķermeņa svaru, proti ĶMI vērtība bija robežās starp 18.5 – 25.0 kg/m<sup>2</sup>, bet vienai personai ĶMI vērtība bija 31.24 kg/m<sup>2</sup>, un tā raksturo nelielu aptaukošanos. ĶMI vērtību izvērtēšanai tika izmantota Pasaules Veselības organizācijas kritēriju skala (World Health Organization 2018).

Fizisko aktivitāšu novērtēšanai tika veikta aptauja (skat. 1. pielikumu). Pēc aptaujas datiem divas no personām ikdienā vispār nenodarbojas ar papildus fiziskās aktivitātēm, divas – tikai reizi mēnesī, četras no pētījuma dalībniecēm – tad, kad ir brīvais laiks, bet divas strādā smagu fizisku darbu un ar papildus fiziskām aktivitātēm nenodarbojas. Neviena no pētījuma dalībniecēm nesmēķē.

#### 3.2. Veloergometriskās slodzes rezultāti

Pētījuma pirmajā daļā personas veica veloergometrisko slodzi ar trīs dažādām jaudām. Tika reģistrēti vairāki fizioloģiskie parametri, un šo parametru vidējās vērtības veloergometriskajā slodzē ir attēlotas 4. tabulā.

4. tabula  
Veloergometriskās slodzes rezultāti.

Table 4  
Cycling test results.

	Laboratorijas miers (Vid. ± SD)	1. slodzes jauda (Vid. ± SD)	2. slodzes jauda (Vid. ± SD)	3. slodzes jauda (Vid. ± SD)
<b>HR (sitieni min)</b>	91,56 ± 18,69	112,53 ± 28,17	114,94 ± 32,19	116,84 ± 30,58
<b>VO2 (mL/kg/min)</b>	4,53 ± 0,87	14,07 ± 7,90	14,83 ± 7,83	14,59 ± 7,93
<b>RQ</b>	1,15 ± 0,13	0,93 ± 0,12	0,97 ± 0,09	1,02 ± 0,05
<b>Lipīdu oksidācijas intensitāte (mg/min/kg)</b>	0,02 ± 0,03	1,11 ± 1,66	0,85 ± 1,44	0,23 ± 0,36
<b>Ogļhidrātu oksidācijas intensitāte (mg/min/kg)</b>	9,01 ± 2,48	17,53 ± 15,96	19,78 ± 14,86	22,40 ± 15,43
<b>Sistoliskais spiediens (mm Hg)</b>	112,75 ± 11,78	123,13 ± 5,38	128,25 ± 13,02	126,38 ± 16,12
<b>Diastoliskais spiediens (mm Hg)</b>	79,00 ± 5,15	79,13 ± 8,08	83,00 ± 6,70	79,75 ± 9,13
<b>Pulsa spiediens (mm Hg)</b>	33,75 ± 10,87	44,00 ± 6,05	45,25 ± 12,53	46,63 ± 10,04

No tabulā atspoguļotajiem rezultātiem redzams, ka vidējais HR bija  $91,56 \pm 18,69$  sitieni minūtē, un šāds HR kopā ar standartnovirzi raksturo paaugstinātu frekvenci miera apstākļos (American Heart Association 2018a). Ņemot vērā, ka tie bija laboratorijas miera apstākļi un veloergometriskā slodze bija pirmā, paaugstināta frekvence varēja būt no satraukuma par gaidāmo eksperimentu, kā arī no visiem mērījumu aparātiem, kas tika uzlikti uz ķermeņa. Gāzu analizators radīja dūcošu, mainīgu skaņu, kas arī varēja sākotnēji radīt stresu organismam. Pirmajā jaudā HR vidēji pieauga līdz  $112,53 \pm 28,17$  sitieniem minūtē, taču nākamajās divās slodzes jaudās pieaugums bija vērojams krietni mazāks, attiecīgi  $114,94 \pm 32,19$  sitieni minūtē un  $116,84 \pm 30,58$  bpm.

Līdzīgs pieauguma temps bija vērojams arī  $VO_2$ . No sākotnējiem  $4,53 \pm 0,87$  (mL/kg/min) laboratorijas miera apstākļos, rezultāts pieauga līdz  $14,07 \pm 7,90$  (mL/kg/min) pirmajā jaudā. Otrajā un trešajā jaudā rezultāts palielinājās tikai nedaudz, proti tas bija  $14,83 \pm 7,83$  (mL/kg/min) un  $14,59 \pm 7,93$  (mL/kg/min).

RQ ir elpošanas koeficients, kas veidojas dalot  $VCO_2$  ar  $VO_2$ . Tas norāda kādus enerģētiskos substrātus organisms oksidē – ogļhidrātus vai/un taukus. Pēc iegūtajiem

rezultātiem laboratorijas mierā, otrajā un trešajā jaudā dominēja ogļhidrātu oksidācija, taču pirmajā jaudā dominēja jaukta un ogļhidrātu substrāta oksidācija.

Laboratorijas miera apstākļos bija ļoti augsta ogļhidrātu oksidācijas intensitāte, uz ko norāda arī augstais RQ koeficients. Tas varētu būt skaidrojams ar lielu pirms pētījuma stresu organismam. Pieaugot jaudai, nedaudz palielinājās arī lipīdu oksidācija, kā arī ogļhidrātu oksidācija, kas trešajā jaudā pieauga līdz  $22,40 \pm 15,43$  mg/min/kg. Visām enerģētiskā substrāta oksidācijas intensitātēm ir liela standartnovirze, kas nozīmē, ka rādītājs bija ļoti variabls un atšķīrās starp pētāmajām personām, kā arī dažām no pētāmajām personām lipīdu oksidācija vairs nenotika.

Sistoliskais asinsspiediens laboratorijas miera apstākļos bija  $112,75 \pm 11,78$  mmHg. Pēc Amerikas Sirds asociācijas datiem (American Heart Association 2018b), normālam sistoliskajam spiedienam miera apstākļos atbilst zemāks par 120 mmHg. Tikai divām meitenēm bija nedaudz virs 120 mmHg, proti  $123 \pm 3$  mmHg un  $125 \pm$  mmHg. Slodzes jaudas palielinājuma laikā sistoliskais spiediens paaugstinājās līdz  $126,38 \pm 16,12$  mmHg, kas ir normāli, jo, pieaugot slodzei, paaugstinās sistoliskais spiediens, tā apgādājot sirdājošos muskuļus ar asinīm un skābekli.

Diastoliskā spiediena vidējie rādītāji bija līdzvērtīgi gan laboratorijas miera stāvoklī, gan visās trīs jaudās – no 79,00 līdz 83,00 mmHg, taču, ņemot vērā standartnovirzi, rādītājs bija nedaudz variablāks.

Pulsa spiediens tika aprēķināts no sistoliskā spiediena atņemot diastoliskā spiediena vērtību. Pēc tabulas datiem var redzēt, ka zemākais pulsa spiediens bija laboratorijas miera stāvoklī –  $33,75 \pm 10,87$  mmHg, un ar katru jaudu tas pieauga, kas norāda uz to, ka, palielinoties jaudai, palielinās sirds minūtes tilpums, un šis palielinājums tiek panākts gan uz HR pieauguma rēķina, gan sirds sistoles palielināšanās dēļ.

### **3.3. Slīdceļņa slodzes rezultāti**

Pētījuma otrajā daļā tika veikta individuāli noteikta slodze ar trīs dažādām jaudām, un reģistrēti vairāki fizioloģiskie parametri, un šo parametru vidējās vērtības slīdceļņa slodzē ir attēlotas 5. tabulā.

Table 5  
Treadmill test results.

	Laboratorijas miers (Vid. ± SD)	1. slodzes jauda (Vid. ± SD)	2. slodzes jauda (Vid. ± SD)	3. slodzes jauda (Vid. ± SD)
<b>HR (sitieni min)</b>	97,13 ± 15,35	98,56 ± 12,25	103,88 ± 11,49	111,97 ± 11,15
<b>VO<sub>2</sub> (mL/kg/min)</b>	3,23 ± 0,67	7,67 ± 1,79	10,49 ± 1,68	12,92 ± 2,71
<b>RQ</b>	0,93 ± 0,16	0,76 ± 0,05	0,81 ± 0,06	0,85 ± 0,04
<b>Lipīdu oksidācijas intensitāte (mg/min/kg)</b>	0,45 ± 0,48	3,09 ± 1,12	3,20 ± 1,53	3,12 ± 1,14
<b>Ogļhidrātu oksidācijas intensitāte (mg/min/kg)</b>	4,00 ± 3,26	1,98 ± 1,95	5,20 ± 3,05	8,27 ± 2,72
<b>Sistoliskais spiediens (mm Hg)</b>	113,20 ± 10,28	115,20 ± 8,97	118,30 ± 13,67	126,50 ± 11,90
<b>Diastoliskais spiediens (mm Hg)</b>	82,20 ± 5,35	82,30 ± 8,14	83,20 ± 9,85	86,10 ± 9,69
<b>Pulsa spiediens (mm Hg)</b>	31,00 ± 9,94	32,90 ± 7,48	35,10 ± 10,84	40,40 ± 10,05

No tabulas datiem ir redzams, ka HR laboratorijas miera apstākļos bija  $97,13 \pm 15,35$  sitieni minūtē, kas ir vēl augstāks rādītājs nekā laboratorijas miera apstākļos veloergometriskajā slodzē. Tas varētu būt skaidrojams ar to, ka slīdceļiņš atradās citā telpā, un atkal no jauna bija jāpielāgojas jauniem ārējiem apstākļiem. Pirmās jaudas HR, kas bija  $98,56 \pm 12,25$  sitieni minūtē, tikai nedaudz pārsniedza laboratorijas miera HR rezultātu, jo pirmā jauda līdzinājās mierīgai pastaigai. Visu trīs slīdceļiņa jaudu vidējie HR rezultāti bija zemāki salīdzinājumā ar veloergometriskās slodzes vidējiem HR rezultātiem, kā arī standartnovirze bija mazāka, kas norāda, ka, salīdzinājumā ar veloergometru, slīdceļiņa slodze ir pierastāka un ietilpst parastajās ikdienas aktivitātēs.

Arī VO<sub>2</sub> vidējie rezultāti, līdzīgi kā HR rezultāti visās trīs veloergometriskajās jaudās, bija zemāki nekā trīs slīdceļiņa jaudās, kā arī standartnovirze slīdceļiņa slodzē bija zemāka nekā veloergometriskajā slodzē. Organismam šī slodze ir pierastāka, tas nesagādā tik lielu papildus piepūli.

RQ rādītāji norāda, ka laboratorijas miera apstākļos tas bija vislielākais, proti 0,93, taču arī standartnovirze bija vislielākā, kas ir 0,16. Tas norāda ka pētījuma grupā rezultāti svārstījās starp ogļhidrātu un jauktu enerģētiskā substrāta oksidāciju. Augstie RQ rādītāji laboratorijas mierā varētu būt skaidrojami ar organisma stresu par gaidāmo testu, kā arī ar telpas maiņu. Uz

to norāda arī augstie laboratorijas miera HR rezultāti. Pirmajā jaudā dominēja gan tauku, gan jaukta substrāta oksidācija starp pētījuma dalībniecēm ( $0,76 \pm 0,05$ ), taču otrajā un trešajā jaudā jaukta substrāta oksidācija (attiecīgi  $0,81 \pm 0,06$  un  $0,85 \pm 0,04$ ).

Arī šī parametra rezultāti rāda par lielu stresu organismam, uz ko norāda salīdzinoši augstā ogļhidrātu intensitāte ( $4,00 \pm 3,26$  mg/min/kg). Pirmajā jaudā augstāks rādītājs bija lipīdu oksidācijas intensitātei, kā arī turpmākajās jaudās, salīdzinājumā ar veloergometrisko slodzi, rādītājs saglabājas augsts, ogļhidrātu oksidācijas intensitātei paaugstinoties tikai līdz  $8,27 \pm 2,72$  mg/min/kg.

Sistoliskais spiediens laboratorijas miera apstākļos astoņām no 10 dalībniecēm atbilda normālam spiedienam miera apstākļos, kas ir zem 120 mmHg (American Heart Association 2018b), taču divām dalībniecēm sistoliskais spiediens bija  $126 \pm 3$  mmHg un  $130 \pm 3$  mmHg. Šīm divām pētāmajām personām arī slodzes jaudu laikā bija visaugstākie rādītāji un trešajā jaudā sasniedzot pat  $135 \pm 3$  mmHg un  $144 \pm$  mmHg. Vidēji pētāmo dalībnieču grupā sistoliskais spiediens trešajā jaudā tika sasniegts  $126,50 \pm 11,90$  mmHg, kas ir normāls rādītājs, jo lielākas slodzes laikā sirds izgrūž vairāk asiņu, lai varētu apgādāt muskuļus ar asinīm un skābekli.

Diastoliskais spiediens bija līdzvērtīgs laboratorijas mierā un visās slodzes jaudās, vienīgi trešajā jaudā tas pakāpās līdz  $86,10 \pm 9,69$  mmHg. Tā kā sistoliskais spiediens jaudas pieauguma laikā auga, tad pulsa spiediens arī paaugstinās ar katru jaudu. Laboratorijas miera apstākļos pulsa spiediens bija  $31,00 \pm 9,94$  mmHg, taču trešajā jaudā jau  $40,40 \pm 10,05$  mmHg.

### **3.4. Fizioloģisko parametru salīdzinošs izvērtējums veloergometriskā un slīdceļņa slodzē**

Fizioloģisko parametru vērtības –  $VO_2$ , RQ, īpatnējā lipīdu oksidācijas intensitāte, īpatnējā ogļhidrātu oksidācijas intensitāte, HR, sistoliskais spiediens, diastoliskais spiediens un pulsa spiediens, kas tika iegūtas slīdceļņa un veloergometriskajā slodzē, tika savstarpēji salīdzinātas, lai novērtētu, vai fizioloģisko parametru vērtības dažādās slodzēs savstarpēji atšķirās. Veicot datu statistisku salīdzināšanu ar t-testu un *Rank Sum* testu programmā *SigmaPlot*, tika iegūtas p vērtības. P vērtību rezultāti tika apkopoti divās tabulās (6. tabula un 7. tabula). Par statistiski būtiskām atšķirībām starp parametru grupām tika pieņemtas, ja p vērtība  $< 0,05$  (6. tabulā un 7. tabulā iezīmētas sarkanā krāsā).

6. tabula

Slodzi raksturojošo vielmaiņas parametru statistisks salīdzinājums veloergometriskas un slīdzceliņa slodzes testos.

Table 6

Statistical comparison of metabolic parameters in cycling and treadmill exercise tests.

<b>Parametrs</b>	<b>p vērtība</b>
VO2 (mL/kg/min), laboratorijas miers	0.00621
VO2 (mL/kg/min), 1.slodzes jauda	0.00423
VO2 (mL/kg/min), 2.slodzes jauda	0.134
VO2 (mL/kg/min), 3.slodzes jauda	0.482
RQ, laboratorijas miers	0.0223
RQ, 1.slodzes jauda	0.00244
RQ, 2.slodzes jauda	0.00145
RQ, 3.slodzes jauda	0.00000781
Lipīdu oksidācijas intensitāte (mg/min/kg), laboratorijas miers	0.028
Lipīdu oksidācijas intensitāte (mg/min/kg), 1.slodzes jauda	0.028
Lipīdu oksidācijas intensitāte(mg/min/kg), 2.slodzes jauda	0.00679
Lipīdu oksidācijas intensitāte (mg/min/kg), 3.slodzes jauda	0.00000821
Ogļhidrātu oksidācijas intensitāte (mg/min/kg), laboratorijas miers	0.00368
Ogļhidrātu oksidācijas intensitāte (mg/min/kg), 1.slodzes jauda	0.0161
Ogļhidrātu oksidācijas intensitāte (mg/min/kg), 2.slodzes jauda	0.0166
Ogļhidrātu oksidācijas intensitāte (mg/min/kg), 3.slodzes jauda	0.0231

7. tabula  
Slodzi raksturojošo sirdsdarbības parametru statistisks salīdzinājums  
veloergometriskas un slīdceļņa slodzes testos.

Table 7  
Statistical comparison of heart rate in cycling and treadmill exercise tests.

Parametrs	p vērtība
HR (reizes/min), Laboratorijas miers	0.721
HR (reizes/min), 1.slodzes jauda	0.154
HR (reizes/min), 2.slodzes jauda	0.265
HR (reizes/min), 3.slodzes jauda	0.561
Sistoliskais spiediens (mmHg), Laboratorijas miers	0.966
Sistoliskais spiediens (mmHg), 1.slodzes jauda	0.136
Sistoliskais spiediens (mmHg), 2.slodzes jauda	0.308
Sistoliskais spiediens (mmHg), 3.slodzes jauda	0.782
Diastoliskais spiediens (mmHg), laboratorijas miers	0.194
Diastoliskais spiediens (mmHg), 1.slodzes jauda	0.446
Diastoliskais spiediens (mmHg), 2.slodzes jauda	0.784
Diastoliskais spiediens (mmHg), 3.slodzes jauda	0.114
Pulsa spiediens (mmHg), laboratorijas miers	0.456
Pulsa spiediens (mmHg), 1.slodzes jauda	0.0144
Pulsa spiediens (mmHg), 2.slodzes jauda	0.189
Pulsa spiediens (mmHg), 3.slodzes jauda	0.28

Pēc rezultātu tabulām var redzēt, ka vienādas slodzes gadījumos uz veloergometra un slīdceļņa nebija būtiskas atšķirības sirdsdarbības parametros (izņēmums bija pulsa spiediena vērtībā pirmajā slodzes jaudā, kurai, domājams, ir gadījuma raksturs), taču būtiska atšķirība bija vielmaiņas parametru rādītājos.

Statistiski būtiskas atšķirības starp parametru grupām veloergometriskas un slīdceļņa slodzes testos parādījās  $VO_2$  laboratorijas miera apstākļos un pirmajā jaudā, RQ laboratorijas miera apstākļos un visās trīs jaudās, lipīdu oksidācijas intensitātes un ogļhidrātu oksidācijas intensitātes laboratorijas miera apstākļos un visās trīs jaudās.

RQ vērtība, kas norāda uz dominējošu enerģētisko substrātu oksidāciju slodzes laikā, liecina, ka veloergometriska slodze ir organismam intensīvāka slodze, jo RQ vērtība visos slodzes posmos bija augstāka. Tas nozīmē, ka veloergometriska slodze pašam organismam ir intensīvāka, nekā slīdceļņa slodze, lai gan slodzes jaudas uz abiem trenāžieriem neatšķirās. Tas ļauj domāt, ka svara samazināšanai un sekmīgākai lipīdu izmantošanai ieteicamāka būtu slīdceļņa slodze.

## 4. DISKUSIJA

Pie vienādas jaudas veloergometriskās un slīdceļa slodzes rezultātiem jaunām netrenētām sievietēm vidējais HR slodzes laikā bija lielāks veloergometriskajā slodzē. Pēc statistiskajiem datiem starp HR vērtībām abās slodzēs nepastāv būtiska atšķirība. Līdzīgus rezultātus uzrādīja Niederberger et al. (1974) savos pētījumos, kur HR rādītājs slodžu laikā augstāks bija veloergometriskajā slodzē. Līdzīgi kā šajā pētījumā, arī Niederberger et al. (1974) pētījumā veloergometriskā slodze bija pirmā, ko izmeklējamā persona veica. Tas varētu būt skaidrojams ar to, ka abās slodzēs ir atšķirīgas iesaistīto muskuļu masas, gravitācijas ietekme uz venozo un arteriālo cirkulāciju, kā arī muskuļu kontrakcijas laiks ir ilgāks veloergometriskajā slodzē (Smodlaka 1982).

Pēc pētījuma rezultātiem augstāks  $VO_2$  bija veloergometriskajā slodzē. Pēc statistiskās pārbaudes otrajā un trešajā jaudā nepastāv būtiska atšķirība  $VO_2$  vērtībā veloergometriskā un slīdceļa slodzē. Vairākos apskatītajos pētījumos augstāku  $VO_2$  uzrādīja slīdceļa slodze. Šajos pētījumos atšķirās pētījuma dalībnieku grupas – Turley et al. (1995) pētījumā tie bija bērni, Niederberger et al. (1974), McArdle and Magel (1970) pētījumos tie bija vīrieši, McKay et al. (1976) tie bija trenēti vīrieši. Lafortuna et al. (2008) un Miles et al. (1980) pētījuma dalībnieces bija sievietes, turklāt Miles et al. (1980) tās bija netrenētas sievietes, tāpat kā šajā pētījumā. Šo atšķirību varēja radīt testā uzstādītās jaudas, kas iespējams radīja atšķirīgu slodzi. Slīdceļa slodzē tiek iesaistītas lielākas muskuļu masas, un līdz ar to būtu jāsasniedz augstāks  $VO_2$ , bet tās nodrošina ikdienas ierasto slodzi (piemēram, staigājot), taču veloergometriskajā slodzē iesaistās mazāka muskuļu masa, kas netrenētiem cilvēkiem rada lokālu slodzi un lokāla noguruma iestāšanos (Niederberger et al. 1974).

Kad organisms saņem papildus slodzi, tad nepieciešama papildus enerģija, ko nodrošina aeroabi un/vai anaerobi. No fiziskās slodzes intensitātes un ilguma ir atkarīgs, kāds enerģētiskais process – aerobs vai anaerobs, nodrošinās enerģijas atjaunošanu. Jo intensīvāka slodze, jo vairāk iesaistīsies anaerobā enerģijas ieguve (Melzer 2011). Ogļhidrāti ir vienīgais enerģētiskais substrāts, kuri enerģiju var atjaunot aerobos un anaerobos apstākļos (McArdle and Katch 2000). Zemas intensitātes slodzē (25% no  $VO_{2max}$ ) pietiek ar taukiem kā enerģētisko substrātu (van Baak 1999), vidējas intensitātes slodzē (65% no  $VO_{2max}$ ) enerģētiskajam substrātam pievienojas arī ogļhidrāti (Romijn et al. 1993), taču augstākas intensitātes slodzē (85% no  $VO_{2max}$ ) ogļhidrāti ir 2/3 no enerģētiskā substrāta (McArdle and Katch 2000).

Līdzīgi kā iepriekšminētie parametri, arī RQ augstāks rādītājs bija veloergometriskajā slodzē, turklāt starp šo parametru grupām pastāv būtiska atšķirība visās slodzes jaudās. Līdzīgs

rezultāts bija arī McArdle and Magel (1970) pētījumā ar vīriešiem. Tā kā veloergometriskajā slodzē enerģētiskais substrāts pārsvarā bija ogļhidrāti, bet slīdceļņa slodzē tauku un jaukts enerģētiskais substrāts, tad var secināt, ka veloergometriskā slodze ir intensīvāka organismam.

RQ rādītāju ietekmē ne tikai fiziskā slodze, bet arī citi fizioloģiski parametri, kā piemēram, vecums. Cilvēkam kļūstot vecākam, RQ koeficients samazinās, jo samazinās muskuļu masa (St-Onge and Gallagher 2010). Vēl viens svarīgs ietekmējošs faktors ir dzimums – augstāks RQ rādītājs pie vienādām slodzēm ir vīriešiem (Arciero et al. 1993). Kā arī katra individuālais fizioloģiskais stress uz ārējiem apstākļiem (Stipanuk 2000). McArdle and Magel (1970) kā pētāmās personas savā pētījumā bija izvēlējušies jaunus, sportiskus vīriešus un PWC<sub>170</sub> testā uz ergometra RQ rādītājs bija  $1,14 \pm 0,09$  veloergometriskā slodzē, taču slīdceļņa slodzē tikai  $1,06 \pm 0,08$ . Šajā pašā pētījumā, tikai ar testu PWC<sub>150</sub> (kad jauda tiek noteikta vairs tikai pie HR 150 sitieniem minūtē) RQ rādītājs bija  $1,04 \pm 0,06$  veloergometriskā slodzē, bet  $0,96 \pm 0,05$  slīdceļņa slodzē. No tā izriet, ka enerģētiskais substrāts abos testos bija ogļhidrāti, un testu slodze organismam bija liela. Savukārt, Lafortuna et al. (2006) savos pētījumos bija izvēlējušies sievietes, kā pētījuma grupu, lai noteiktu fizioloģiskos parametrus veloergometriskā slodzē. Tika izvēlētas vairākas jaudas uz velergometra. Pie 40 vatu jaudas RQ rādītājs bija  $0,84 \pm 0,03$ , 80 vatu jaudas –  $0,95 \pm 0,02$ , 100 vatu jaudas -  $1,02 \pm 0,03$ . No tā var secināt, ka pie mazākās (40 vatu) jaudas enerģētiskais substrāts bija jaukts, taču pie lielākām jaudām (80 un 100 vati) notika ogļhidrātu oksidācija.

Niederberger et al. (1974) pētījumos augstāks sistoliskais spiediens bija veloergometriskajā slodzē, jo tas rada lielu stresu kardiovaskulārajai sistēmai. Arī šajā aprakstītajā pētījumā augstāku sistolisko spiedienu uzrādīja veloergometriskā slodze.

Ļoti svarīgs rādītājs aerobās trenētības noteikšanai ir  $VO_{2max}$ , kas parāda trenētības līmeni un muskuļu darba kapacitāti. Jo augstāks  $VO_{2max}$ , jo augstāka ir cilvēka trenētība (McArdle and Magel 1970). Tādēļ arī daudzos pētījumos tieši  $VO_{2max}$  ir pētāmais aerobās trenētības, kā arī veselības rādītājs, kā piemēram McArdle and Magel (1970), Turley et al. (1995), George et al. (2000) un McKay et al. (1976) pētījumos.

Šajā pētījumā kā parametrs netika izmantots  $VO_{2max}$ , lai novērtētu fiziskās darbaspējas uz veloergometra un slīdceļņa, bet gan HR,  $VO_2$  un no tiem atvasinātie parametri. No šiem atvasinātajiem parametriem (RQ, lipīdu un ogļhidrātu oksidācijas intensitāte) tika atrastas būtiskas atšķirības starp veloergometrisko un slīdceļņa slodzi.

## 5. SECINĀJUMI

1. Veicot vienādas jaudas slodzi uz veloergometra un slīdceļņa, sirdsdarbības parametri (sirdsdarbības frekvence, sistoliskais, diastoliskais un pulsa spiediens) neuzrāda statistiski būtisku atšķirību.

2. Skābekļa patēriņš, pie vienādas jaudas slodzes uz veloergometra un slīdceļņa, būtiski atšķīrās laboratorijas mierā un pirmajā slodzes jaudā, ko, domājams, ietekmē organisma adaptācija stresa apstākļiem slodzes testu sākumā.

3. Pie vienādām slodzes jaudām (uz veloergometra un slīdceļņa) statistiski nozīmīgi atšķīrās enerģētiskajā nodrošinājumā izmantotais enerģētiskais substrāts, proti, veloergometriskajā slodzē dominē ogļhidrātu oksidācija, bet slīdceļņa slodzē – tauku un jaukta substrāta oksidācija.

4. Veicot vienādas jaudas fizisku slodzi uz veloergometra un slīdceļņa, klasiskie organisma fizisko trenētību raksturojošie parametri – sirdsdarbības frekvence un skābekļa patēriņš, neuzrāda būtisku atšķirību, bet tā uzrādās ar organisma vielmaiņu saistītajos atvasinātos parametros, kas rada zinātnisko interesi turpmākajiem pētījumiem.

## 6. PATEICĪBAS

Izsaku pateicību Līgai Ozoliņai – Mollai par darba vadīšanu un Zanei Lukstiņai par darba recenzēšanu, kā arī pētījuma dalībniecēm, par veltīto laiku slodzes testu veikšanai.

## 7. LITERATŪRAS SARAKSTS

Aagaard P., Andersen J.L., Bennekou M., Larsson B., Olesen J.L., Crameri R., Magnusson S.P., Kjaer M. 2011. Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top – level cyclists, - Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 21(6):298-307.

Aberberga-Augškalne L. 2002. Fizioloģija rehabilitoģiem. Rīga: Nacionālais Medicīnas apgāds, 215 lpp.

American Heart Association. 2018a. All About Heart Rate (Pulse). [http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/HighBloodPressure/GettheFactsAboutHighBloodPressure/All-About-Heart-Rate-Pulse\\_UCM\\_438850\\_Article.jsp#.Wv3R2UiFNPY](http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/HighBloodPressure/GettheFactsAboutHighBloodPressure/All-About-Heart-Rate-Pulse_UCM_438850_Article.jsp#.Wv3R2UiFNPY)

American Heart Association. 2018b. Understanding Blood Pressure Readings. [http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/HighBloodPressure/KnowYourNumbers/Understanding-Blood-Pressure-Readings\\_UCM\\_301764\\_Article.jsp#.Wv28JEiFNPY](http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/HighBloodPressure/KnowYourNumbers/Understanding-Blood-Pressure-Readings_UCM_301764_Article.jsp#.Wv28JEiFNPY)

Anonymous. 2013a. How do you calculate work (KJ) and Power (W) when jogging on a treadmill? <https://math.stackexchange.com/questions/484582/how-do-you-calculate-work-kj-and-power-w-when-jogging-on-a-treadmill>

Anonymous. 2013b. Beep Fitness Test. <https://beepfitness.com/help.html>

Anonymous. 2015. Skeleta šķērsvītrotā muskulatūra. [https://lv.wikipedia.org/wiki/Skeleta\\_%C5%A1%C4%B7%C4%93rssv%C4%ABtrot%C4%81\\_muskulat%C5%ABra](https://lv.wikipedia.org/wiki/Skeleta_%C5%A1%C4%B7%C4%93rssv%C4%ABtrot%C4%81_muskulat%C5%ABra)

Anonymous. 2018a. Muscles Developed when Running on the Treadmill. <https://www.runreviews.com/treadmill-workouts/muscles-developed-when-running-on-the-treadmill>

Anonymous. 2018b. VO<sub>2max</sub>. [https://en.wikipedia.org/wiki/VO2\\_max](https://en.wikipedia.org/wiki/VO2_max)

American College of Sports Medicine. 1995. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (5th ed.). Baltimore: Williams & Wilkins.

Astrand P.O. and Ryhming I. 1954. A Nomogram for Calculation of Aerobic Capacity (Physical Fitness) From Pulse Rate During Submaximal Work. – Journal of Applied Physiology, 7(2):218-221.

Beekley M.D., Brechue W. F., deHoyos D. V., Garzarella L., Werber – Zion G., Pollock M. 2004. Cross-Validation of the YMCA Submaximal Cycle Ergometer Test to Predict VO<sub>2</sub> max. – Research Quarterly for Exercise and Sport, 75(3):337-342.

Blair S.N., Kohl H.W., Paffenbarger R.S. Jr., Clark D.G., Cooper K.H., Gibbons L.W. 1989. Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. – *Journal of the American Medical Association*, 22: 2395-2401.

Bruce R.A., Kusumi F., Hosmer D. 1973. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. - *American Heart Journal*, 85(4): 546-562.

Ebbeling C.B., Ward A., Puleo E.M., Widrick J., Rippe J.M. 1991. Development of a single-stage submaximal treadmill walking test. – *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 23(8): 966-973.

Fudge B.W., Wilson J., Easton C., Irwin L, Clark J., Haddow O., Kayser B., Pitsiladis Y.P. 2007. Estimation of Oxygen Uptake during Fast Running Using Accelerometry and Heart Rate, - *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(1):192-198.

George, J. D., Vehrs, P. R., Allsen, P. A., Fellingham, G. W., & Fisher, A. G. 1993. VO<sub>2</sub>max estimation from a submaximal 1-mile track jog for fit college-aged individuals. - *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25:401–406.

George J. D., Vehrs P. R., Babcock G. J., Etchie M. P., Chinevere T. D., Fellingham G. W. 2000. A Modified Submaximal Cycle Ergometer Test Designed to Predict Treadmill VO<sub>2</sub>max. - *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 4(4):229-243.

Golding L.A., Myers C. R., Sinning W. E. 1989. *Y's Way to Physical Fitness* (3rd. ed.). Human Kinetics Publishers, 177 pp.

Golsmith R., Miller D.S., Mumford P., Stock M.J. 1967. The use of long-term measurements of heart rate to assess energy expenditure, – *The Journal of Physiology*, 189.

Guyton A.C., Hall J. E. 2016. *Textbook of Medical Physiology*, - W.B.Saunders Company, 1145 pp.

Harris B. 2017. Is a Treadmill or a Stationary Bike Better to Lose Weight? <https://www.livestrong.com/article/213343-is-a-treadmill-or-a-stationary-bike-better-to-lose-weight/>

Howley E. T., Thompson D. 2017. *Fitness Professional's Handbook 7th Edition*. Cloth Pass/Kycd, 592 pp.

Jette M., Campbell J., Mongeon J., Routhier R. 1976. The Canadian Home Fitness Test as a predictor of aerobic capacity. - *Canadian Medical Association Journal*, 114: 680-682.

Keytel L.R., Goedecke J.H., Noakes T. D., Hiiloskorpi H., Laukkanen R., van der Merwe L., Lambert E.V. 2005. Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise, - *Journal of Sports Sciences*, 23(3):289-297.

Kline, G. M., Porcari, J. P., Hintermeister, R., Freedson, P. S., Ward, A., McCarron, R. F., Ross, J., & Rippe, J. M. 1987. Estimation of VO<sub>2</sub>max from a 1-mile track walk, gender, age, and body weight. - *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19: 253–259.

Lafortuna C.L., Agosti F., Galli R., Busti C., Lazzar S., Sartorio A. 2008. The energetic and cardiovascular response to treadmill walking and cycle ergometer exercise in obese women. - *European Journal of Applied Physiology*, 103:707-717.

Leger L. A., Mercier D., Gadoury C., Lambert J. 1988. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness, *Journal of Sports Sciences*, 6:2, 93-101.

Mackenzie B. 2002. PWC-170 Cycle Test. <https://www.brianmac.co.uk/pwc170.htm#ref>

Matte M. 2017. What Muscles Does a Treadmill Work Out? <https://www.livestrong.com/article/442953-how-do-i-put-down-the-bottom-of-a-treadmill/>

McArdle W.D., Magel J.R. 1970. Physical work capacity and maximum oxygen uptake in treadmill and bicycle exercise. – *Medicine and Science in Sports*, 2(3):118-123.

McKay G.A. and Banister E.W. 1976. A Comparison of Maximum Oxygen Uptake Determination by Bicycle Ergometry at Various Pedaling Frequencies and by Treadmill Running at Various Speeds. – *European Journal of Applied Physiology*, 35:191-200.

Meyer T., Lucia A., Earnest C.P., Kindermann W. 2005. A Conceptual Framework for Performance Diagnosis and Training Prescription from Submaximal Parameters – Theory and Application, - *International Journal of Sports Medicine*, 26:1-11.

Miles D.S., Critz J.B., Knowlton R.G. 1980. Cardiovascular, metabolic, and ventilatory responses of women to equivalent cycle ergometer and treadmill exercise. – *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(1):14-19.

Miyashita M., Mutoh Y., Yoshioka N., Sadamoto T. 1985. PWC<sub>75%HRmax</sub>: A Measure of Aerobic Work Capacity. – *Sports Medicine*, 2:159-164.

Niederberger M., Bruce R.A., Kusumi F., Whitkanack S. 1974. Disparities in ventilatory and circulatory responses to bicycle and treadmill exercise. – *British Heart Journal*, 36:377-382.

Pendergast D.R., Leddy J.J., Venkatraman J.T. 2000. A perspective on fat intake in athletes. - *Journal of the American College of Nutrition*, 19:345–50.

Peronnet F., Massicotte D. 1991. Table of nonprotein respiratory quotient: an update. – *Canadian journal of sport sciences*, 16(1):23-29.

Pollentier B., Irons S.L., Benedetto C.M., DiBenedetto A., Loton D., Seyler R.D., Tych M., Newton R. A. 2010. Examination of the Six Minute Walk Test to Determine Functional

Capacity in People with Chronic Heart Failure: A Systematic Review, - *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*, 21(1):13-21.

Shephard R.J., Allen C., Benade A.J.S., Davies C.T.M., di Prampero P.E., Hedman R., Merriman J. E., Myhre K., Simmons R. 1968. The Maximum Oxygen Intake. - *Bulletin of the World Health Organization*, 38:757-764.

Shephard R.J., Bailey D. A., Mirwald R. L. 1976. Development of the Canadian Home Fitness Test. - *Canadian Medical Association Journal*, 114:675-679.

Siconolfi S.F., Cullinane E.M., Carleton R.A., Thompson P.D. 1982. Assessing VO<sub>2</sub>max in epidemiologic studies: modification of the Astrand-Rhyming test. - *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14:335-338.

Siconolfi S. F., Garber C.E., Lasater T. M. Carleton R. A. 1985. A simple, valid step test for estimating maximal oxygen uptake in epidemiologic studies. – *American Journal of Epidemiology*, 121(3):382-390.

Singh S.J., Morgan M.D.L., Scott S., Walters D., Hardman A.E. 1992. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airways obstruction. – *Thorax*, 49:1-12.

Smodlaka V. N. 1982. Treadmills vs Bicycle Ergometers. – *The Physician and Sportmedicine*, 10(8):75-80.

Sporta Laboratorija. 2008. Funkcionālās diagnostiskās testi. <http://www.sportlab.lv/tests.html>

Strong P.V. 2017. What Is Submaximal Graded Exercise? <https://www.livestrong.com/article/534772-what-is-submaximal-graded-exercise/>

Turley K.R., Rogers D.M., Harper K.M., Kujawa K.I, Wilmore J.H. 1995. Maximal Treadmill Versus Cycle Ergometry Testing in Children: Differences, Reliability, and Variability of Responses. – *Pediatric Exercise Science*, 7:49-60.

Wise R.A. and Brown C. D. 2005. Minimal Clinically Important Differences in the Six-Minute Walk Test and the Incremental Shuttle Walking Test. - *Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 2:125-129.

World Health Organization. 2018. BMI classification. [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html)

# Pielikumi

1. Vārds, Uzvārds.....
2. Vecums.....
3. Augums.....cm
4. Svars.....kg
5. Kāda ir Jūsu pašreizējā pašsajūta:
  - laba,
  - apmierinoša,
  - slikta (kādas sūdzības.....).
6. Diennaktī miegam atvēlu apmēram.....stundas laika.
7. No rīta izpildu rīta rosmi un norūdīšanās procedūras:
  - jā,
  - nē.
8. Dzīves laikā pārciestās slimības:
  - sirds slimības,
  - aknu slimības,
  - nieru slimības,
  - kuņģa un zarnu trakta slimības,
  - elpošanas slimības.
- Sporta traumas:
  - lūzumi,
  - sastiepumi.
9. Vai Jums ir kādas iedzimtas vai hroniskas slimības (piem. astma, cukura diabēts), vai ir uzņēmība pret dažādām slimībām, kuras pārņemto nākošā paaudze?  
.....
10. Vai Jūs smēķējat?
  - Jā,
    - smēķēju kopš.....gadu vecuma,
    - dienā izsmēķēju apmēram.....cigarettes
  - nē.
11. Fiziskās aktivitātes skolas laikā:.....

12. Pašlaik ar sportu nodarbojos:

- nē,
- nē, bet strādāju fizisku darbu,
- neregulāri,
  - apmēram reizi mēnesī,
  - kad ir brīvais laiks,
- regulāri (.....reizes nedēļā).

13. Ar kādu sporta veidu nodarbojies? .....

14. Mana treniņu slodze ir:

- viegla,
- viduvēja,
- smaga.

15. Pēc treniņa vai fiziski smaga darba veikšanas parasti jūtos:

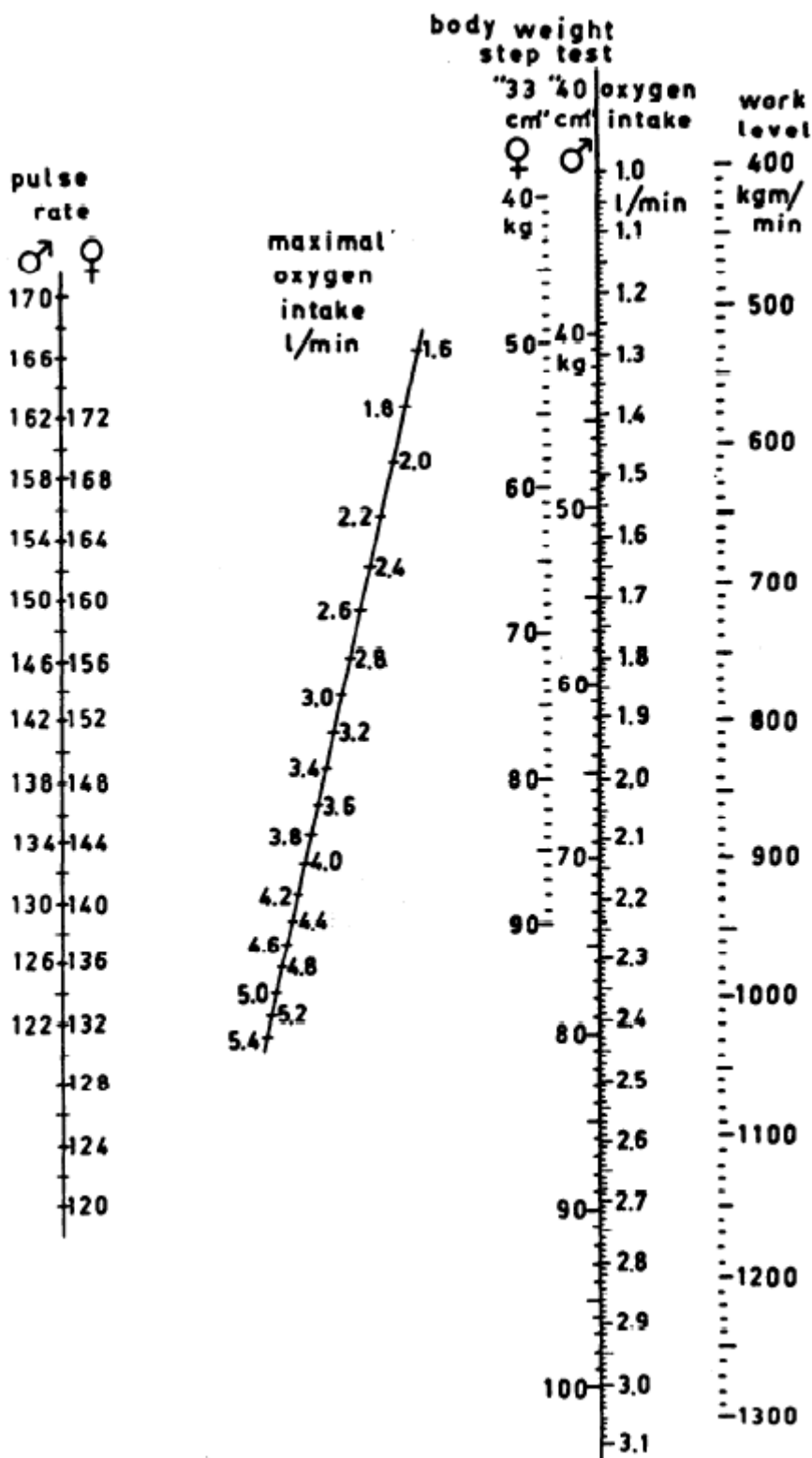
- uzmundrināts, pacilāts,
- ir viegls nogurums,
- iztukšots un novārdzis.

Ar pētījuma gaitu esmu iepazīstināts, piekrītu tajā piedalīties, to apliecinu ar parakstu

.....

Paldies!

Nomogramma skābekļa patēriņa maksimuma noteikšanai, izmantojot pulsa frekvenci un veloergometra jaudu (Astrand and Ryhming 1954).



## Dokumentārā lapa

Bakalaura darbs “Skābekļa patēriņa un sirdsdarbības frekvences salīdzinošs novērtējums jaunām, fiziski netrenētām sievietēm vienādas fiziskās jaudas testos uz slīdceļa un veloergometra” 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: Krista Muižniece \_\_\_\_\_

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: Asoc.prof., Dr. biol. Līga Ozoliņa – Molla \_\_\_\_\_

Recenzents: \_\_\_\_\_ Mg. biol. Zane Lukstiņa

Darbs iesniegts LU Bioloģijas fakultātē \_\_\_\_\_

Lietvede: \_\_\_\_\_

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

\_\_\_\_\_ prot. Nr. \_\_\_\_\_, vērtējums \_\_\_\_\_

Komisijas sekretārs: \_\_\_\_\_