

Ühe aeroobikastiili spordimeditiiniline ja psühho-füsioloogiline analüüs
Toomas Karu¹, Ants Nurmekivi², Inge Neissaar², Eve Pihl³, Georgi Slavin⁵, Merike Kippasto⁴, Toivo Jürimäe² – ¹TÜ spordimeditiini ja taastusravi kliinik, ²TÜ spordipedagoogika ja treeningõpetuse instituut, ³TÜ spordibioloogia ja füsioteraapia instituut, ⁴TÜ avatud ülikool, ⁵Asper Biotech Ltd

aeroobika, pulsisagedus, laktaat, anaeroobne lävi, subjektiivne hinnang

Analüüsis hinnati 21 naisel aeroobikatunni erinevate osade ajal ja selle järel pulsisagedust ja vere laktaadisaldust ning küsiti subjektiivset hinnangut rakendatud koormusele. Saadud 65 näitajat analüüsiti spetsiaalse arvutiprogrammi abil. Ilmnes, et horisontaalasendis tehtud harjutuste korral madala pulsisageduse juures ületasid laktaadiväärtused veres anaeroobse läve.

Üheks laialt levinud tervistava kehalise koormuse liigiks on saanud aeroobika. Mõiste aeroobika võttis kasutusele 1960. aastate lõpul üks populaarsemaid ja tunnustatumaid tervisespordi spetsialiste Kenneth Cooper, kes pani oma uurimusi ning kogemusi kokkuvõtva raamatu pealkirjaks “Aeroobika”. Ta lähtus oma töös lihtsast põhimõttest: kõige tõhusamad harjutused on need, mis haaravad suuri lihasgruppe, kestvad kaua ja põhinevad aeroobsetel energiatootmise protsessidel.

Praegusel ajal mõistetakse aeroobika all muusika saatel pausideta tehtavaid kehalisi harjutusi, kusjuures tund toimub rühmameetodil treeneri juhtimisel. Tunni kestus on tavaliselt 45–55 minutit. Tund on liigendatud 10–15 minuti pikkusteks osadeks erineva tempo ja rütmiga muusika ning harjutusvaraga. Ülekaalukalt on harrastajaks naised vanuses 20–50 aastat. Olenevalt harjutusvarast on hakatud eristama aeroobika alaliike, näiteks *body-aeroobika* (üldarendav), *step-aeroobika*, *Hi-lo*, *kickboxing*, *combo*, *latino* jne.

Oluline on märkida, et aeroobikatunnis osavõtja ei liigu saalis ringi, vaid sooritab harjutused *ca* 3–4 m² suurusel alal. Seda tingib ka suhteliselt suur osavõtjate arv ühes tunnis (30–40 isikut). Tempo on küllaltki kiire, muusika suhteliselt vali, kuid sellest kostavad üle instruktori juhised. Samas on tegevus emotsionaalne ning nõuab head koordinatsiooni, rütmitunnet, treeneri ja kaaslaste tegevuse jälgimist.

Aeroobika eesmärk on anda mõõdukalt koormust järk-järgult kõikidele lihasgruppidele, elavdada neis eelkõige aeroobset ainevahetust, mõjutada südame-vereringe- ning närvisüsteemi. Aeroobikatund mõjub üldarendavalt, tekitades teatud väsimuse, selle möödudes suureneb töövõime, erksus ja initsiatiiv (1–3). Kahtlemata

hoiab süstemaatiline aeroobikatreening kehakuju vormis ning parandab koordinatsiooni, kuna kasutatakse palju vastupidavust nõudvaid harjutusi erinevatele lihasgruppidele ja erinevates lähteasendites (4).

Lähtudes asjaolust, et aeroobikatreening on intensiivne treeningumeetod, oli uurimistöö eesmärgiks selgitada 1) kuidas jagunevad aeroobikatunnis kasutatavad koormused organismi anaeroobse läve suhtes; 2) kuidas mõjustavad aeroobikatunnis liigutuste struktuurilt erinevad tunniosad organismi põhilisi funktsionaalseid näitajaid.

Uuritavad isikud

Uuriti 25 naissoost aeroobikaharrastajat vanuses 18–50 aastat ($32,0 \pm 10,4$ a), pikkusega 160,0–180,0 cm ($168,0 \pm 4,9$ cm) ja kehakaaluga 45,0–79,0 kg ($59,4 \pm 7,04$ kg). Aeroobikaga tegelemise staaz oli vahemikus 1–25 aastat, keskmiselt 8,5 aastat. Kõikidelt uuritavatelt oli võetud kirjalik informeeritud nõusolek, eelnevalt oli selgitatud uuringu tingimusi, meetodikat ja ohutusmeetmeid vastavalt Tartu Ülikooli eetikakomisjoni nõuetele.

Uuringu meetodika

Uuringu aluseks oli *body*-aeroobika tund vilunud treeneri (I. Neissaar) juhendamisel, kes alati ise rühma ees harjutused kaasa tegi. Kogu tund toimus peegelseina ees, kus igaüks võis näha nii treenerit kui ka iseennast peegelpildis. Tunni kestus oli alati 55 minutit, muusika tempo 130 lööki minutis. Treener kasutas iga kord ühtesid ja samu harjutusi väikeste variatsioonidega. Seetõttu oli ka tunni intensiivsus ja selle dünaamika alati sama.

Tunni ülesehituses olid järgmised osad (vt jn 1):

1. Eelsoojenduslik osa. Tegevus ilma vaheaegadeta, tempo keskmine, liigutuste amplituud mõõdukalt ulatuslik.
2. Dünaamiline põhiosa. See sarnanes eelmisega, kuid liigutuste amplituud oli suurem, koordinatsioon keerukam, kasutati jõuelemente.
3. Ülakeha jõudu arendav osa hantlitega. Kasutati 1 kg raskusi hantleid kummaski käes. Harjutusi tehti õlavöötme ja käte lihastele, rakendades nii dünaamilisi kui staatilisi elemente. Kolm esimest osa sooritati püstiasendis.
4. Harjutused kerelihastele, põhiliselt lamades, õhukesel poroloonist võimlemismatil. Palju sooritati venitusharjutusi ja staatilisi jõuhoideid. Tempo oli aeglane.

5. Taastav osa. Muusika valiti meloodiline ja rahustav. Tehti mitmesuguseid lõdvestusharjutusi aeglases tempos.
6. Passiivne taastumine istudes või lamades *stretching* (staatilise venituse) meetodil.

Kõigi osade pikkus oli 10 minutit, välja arvatud viimane passiivne osa, mis kestis 5 minutit. *Body*-aeroobika metoodiline omapära on jooksu, hüplemist ja hüpete puudumine.

Mõõdetavad näitajad

Kogu treeningtunni vältel mõõdeti pidevalt pulsisagedust sport-testriga, talletades saadud väärtused testri mällu (Polar Vantage NV, Polar Electro, Kempele, Soome). Salvestatud pulsisageduse väärtused, arvestades keskmised 5 sekundi kaupa, kanti personaalarvutisse. Arvutis töödeldi neid andmeid Karu-Slavini programmidega ATLEET ja LAKTAAT. Programm ATLEET võimaldab hinnata iga uuritava koormuse intensiivsust, hinnates pulsisagedust. Programm LAKTAAT lubab analüüsida eraldi iga koormuse osa intensiivsust nii pulsisageduse kui ka vere laktaadisalduse pideva kõvera alusel, sealjuures muuta viit erinevat koefitsienti laktaadikõvera matemaatilisel mudelil (anaeroobne lävi, võimendus, püruvaat, inerts, impulss). Vere laktaadisaldus määrati mikromeetodil sõrmeotsa verest (5 ul) Jaapani firma Arcray ekspress-analüsaatoril (Lactate Pro, Kyoto, Jaapan). Vereproovid võeti iga tunni osa järel, igalt uuritavalt kokku 5 proovi. Proovi võtmine ei kestinud üle 30 sekundi, analüüsi tulemus saadi 60 sekundiga kohapeal. Vereproovi võtmise aeg fikseeriti testritl 5sekundilise täpsusega.

Vereprooviga ühel ajal paluti uuritavatel hinnata talle näidataval skaalal Borgi indeksi alusel (10 palli süsteemis, milles 10 oli väga-väga raske, 1 väga-väga kerge) tunni eelnenud osa summaarset raskusastet (5). Subjektiiivset valmisolekut tunni jätkamiseks hinnati Karu jt meetodil (6) 5 palli süsteemis (5 – täiesti valmis jätkama, 4 – osaliselt valmis, 3 – peab veel mõne minuti ootama, 2 – ei ole valmis, 1 – ei taha kuuldagi jätkamisest).

Kokku saadi kõigi nimetatud meetoditega igal uuritaval analüüsiks 65 näitajat. Neid analüüsiti Statistica for Windows programmiga, leides iga näitaja standardsed statistikud (\bar{X} , SD, Me, x_{\min} , x_{\max} , valimi ulatus, variatsiooni koefitsient), ja teostati korrelatsioonanalüüs kõigi näitajate vahel. Igas tunnis uuriti paralleelselt kaht, nädala jooksul nelja isikut.

Töö tulemused

Esmalt trükiti välja iga uuritava isiku pulsisageduse ja vere laktaadisisalduse näitajad programmi LAKTAAT abil. Kuna kõik uuritavad tegid kaasa kõik harjutused ühe ja sama muusikalise saate ning harjutusvara põhjal, olid pulsisageduse kõverad suhteliselt sarnased. Ka varasemal uuringul saadi pulsisageduse analoogne dünaamika (7). Programmi LAKTAAT tüüpiline väljatrükk on esitatud joonisel 2 ning põhilised funktsionaalsed näitajad on toodud tabelis 1.

Joonis 2.

Tabel 1. Põhilised funktsionaalsed näitajad aeroobikatunni vältel

Nr	Näitaja nimetus	Keskmine	SD	X _{min}	X _{max}	Ühik
1	Vanus	32,0	10,4	18	50	a
2	Pikkus	168,0	4,9	160	180	cm
3	Kaal	59,4	7,04	45	79	kg
4	Aeroobikastaaž	8,5	7,36	1	25	a
5	Pulsisagedus 1. osa lõpul	153,4	20,2	115	182	lööki/min
6	Anaeroobne lävi 1. osas	162,2	14,0	124	184	
7	Laktaat 1. osa lõpul	2,77	1,76	1,0	7,8	mmol/l
8	Pulsisagedus 2. osa lõpul	159,8	18,5	119	196	lööki/min
9	Anaeroobne lävi 2. osas	166,4	14,2	140	190	
10	Laktaat 2. osa lõpul	3,05	1,86	1,0	8,1	mmol/l
11	Pulsisagedus 3. osa lõpul	147,7	17,1	116	181	lööki/min
12	Anaeroobne lävi 3. osas	153,4	14,8	128	183	
13	Laktaat 3. osa lõpul	5,04	2,72	1,4	12,2	mmol/l
14	Pulsisagedus 4. osa lõpul	128,4	18,6	95	158	lööki/min
15	Anaeroobne lävi 4. osas	120,7	14,1	90	147	
16	Laktaat 4. osa lõpul	6,04	2,2	3,2	12,3	mmol/l
17	Pulsisagedus 5. osa lõpul	109,6	15,4	72	137	lööki/min
18	Anaeroobne lävi 5. osas	111,3	10,5	90	128	
19	Laktaat 5. osa lõpus	4,91	2,1	1,8	10,0	mmol/l
20	Keskmine pidev laktaat kogu tunni vältel	4,32	1,6	2,0	8,6	mmol/l

Olulisemad tulemused esitatud tabelis on vere laktaadisisalduse ja pulsisageduse väärtused tunni üksikute osade lõpus. Laktaadisisalduse väärtused kasvavad pidevalt, ulatudes alates kolmandast osast üle klassikaliseks peetava (4 mmol/l) anaeroobse läve väärtuse. Samas on täheldatav pulsisageduse statistiliselt oluline vähenemine kolmes viimases tunniosas (II/III p <0,01; III/IV p <0,01; IV/V p <0,01).

Kui mõõta anaeroobset läve sama meetodikaga kui kahes esimeses tunnis, näeme anaeroobse läve olulist langust kolmandas, neljandas ja viiendas tunnis, võrreldes kahe esimesega (AnT III/IV $p < 0,01$; AnT IV/V $p < 0,01$).

Küllalt kõrgeks osutus ka tunni pidev keskmine laktaadiväärus kõigi uuritavate isikute korral (4,32 mmol/l). See viitab anaeroobsete protsesside tuntavale mobilisatsioonile sellise struktuuriga treeningtunnis ja vajadusele mõnevõrra vähendada tunni keskmist intensiivsust, soovitatavalt esimese osa, soojenduse arvelt.

Arutelu

Saadud andmed ja kasutatud tarkvara annavad võimaluse pulsageduse kõvera ning vere laktaadisisalduse analüüside alusel modelleerida pidev laktaadikõver kogu treeningtunni või selle osade jaoks. Selleks tuleb, kasutades viit koefitsienti, leida laktaadikõverale selline kuju, et ta läbiks parimal viisil otseselt määratud laktaadiväärustele vastavad punktid joonisel 2. Joonisel 2 on vere laktaadisisalduse kujutamiseks horisontaalsete joontega markeeritud foon. Jooned vastavad alt üles vere laktaadisisaldusele 1, 2, 3...10 mmol/l. See foon on koostatud pulsageduse ja vere laktaadisisalduse vahelise mittelineaarse regressiooni meetodil (8). Programm LAKTAAT küsib esmalt anaeroobse läve väärtust, mille saame, viies kohakuti koormuse lõpu pulsageduse väärtuse ja sellele vastava laktaadiväärtuse. Näites vastab siis anaeroobne lävi 159 pulsilöögile minutis kahe esimese tunnisaja jaoks. Järgmiste osade puhul tekib aga terav lahknevus pulsageduse ja laktaadisisalduse vahel. See tähendab, et kahe eelmise osa anaeroobse läve väärtused ei sobi viimasele kolmele osale. Kuna programm LAKTAAT annab võimaluse analüüsida mis tahes treeninguosa eraldi, siis analüüsisimegi kõigi aeroobikatundide iga osa eraldi.

Ülal toodud printsiibi alusel leidsime, et antud juhul sobib 3. osa anaeroobse läve väärtuseks kõige paremini pulsagedus 138 lööki minutis, 4. osa puhul 110 ja 5. osa puhul 104 lööki minutis. Sellised faktid räägivad vastu aga peaaegu kõigile seni kasutusel olevatele kriteeriumidele anaeroobse läve olemuse, väärtuste ja stabiilsuse kohta. Aga kuidas siis teisiti seletada nähtust, et pulsagedus 4. osas on 110, aga vere laktaat 4,9 mmol/l?

Üks võimalik hüpotees on, et selle isiku anaeroobne lävi mõõdetuna pulsageduse ühikutes on treeningu lõpuni muutumatu ning suured laktaadiväärtused kajastavad vaid selle näitaja halba taastumist. Kui see oleks nii, siis oleks uuritud indiviidide seas alati mõni, kellel oleks hea taastumine, kuivõrd nii selle kui ka

järgmise osa kestus on küllalt pikk (2 x 10 minutit). Seda aga ei esinenud. Eranditult kõigi uuritavate isikute reaktsioon tunnis kasutatud metoodika alusel oli analoogne. Järelikult pidi sellise pulsisageduse ja vere laktaadisisalduse lahknemise põhjuseks olema tunniosades kasutatava treeningmetoodika otsene mõju.

Selleks et seda hüpoteesi kontrollida, viisime 2 uuritavaga läbi sama muusikalise saate, sama instruktori ja samade harjutuskombinatsioonidega tunni, kus eelmise tunni 4. osa oli toodud kõige ette. Saime selle tulemuseks jälle madala pulsisageduse ja anaeroobse läve juures kõrged laktaadiväärtused (keskmine pulsisagedus 120, anaeroobse läve pulss 136, laktaat ühel uuritaval 7,8; teisel 10,7 mmol/l, subjektiivse valmisoleku hinne mõlemal 5 palli). Järelikult sellised näitajad vastavadki rakendatud koormusele.

Kuidas seda seletada? Tõenäoliselt on põhiliseks teguriks sellise pulsisageduse ja vere laktaadisisalduse kombinatsiooni tekkel esiteks kehaasend. Nimelt sooritati 4. ja 5. osas kõik harjutused kas selili- või kõhulilamangus, vahel ka neljakäpukil olles. Teiseks kasutati neis osades aeglases tempos kas dünaamilisi või staatilisi jõuharjutusi. Mõlemad aga põhjustavad kontraheeruvates lihastes verevoolu lakkamise (8). Selline olukord viib lihase ainevahetuse anaeroobseks, eriti kiirete lihaskiudude osas ja tulemuseks ongi väga intensiivne laktaadi teke madala pulsi foonil.

Täielikult ei saa siiski välistada ka kirjeldatud nähtuse puhul ühe komponendina laktaadisisalduse püsimise suurt inertsi, kuna laktaadi elimineerimine südamelihase (kui ühe suurema laktaadi tarbija) poolt oli vähene (seda näitab madal pulsisagedus) (4). Nii või teisiti, tulemuseks on suur laktaadisisaldus veres suhteliselt pika aja (üle 30 minuti) vältel, mis enamikul uuritavatest oli kaugelt üle 4 mmol/l, mida enamik autoritest peab klassikaliseks anaeroobse läve laktaadisisalduse etaloniks veres (4).

Tekib küsimus, kuidas uuritavad isikud talusid sellist kõrget atsidoosi nii pika aja vältel? Sellele saime vastuse kahe küsitlusmeetodi rakendamisel. Esiteks palusime alati hinnata pärast iga tunniosa selle raskust Borgi meetodil (5). Tüüpiline Borgi indeks oli 3 palli, mis vastab mõõdukale koormusele. Veelgi üllatavamaid tulemusi andis meie poolt kasutusele võetud tunnetatud valmisoleku hindamine pärast iga tunniosa (6). Eranditult kõik uuritavad ja eranditult kõigi tunniosade järel hindasid oma valmisolekut sama koormusega jätkamiseks 5 palliga, s.t nad olid kohe valmis ilma erilist väsimust tundmata samal koormusel jätkama. Meie varasemad uuringud hästi treenitud suusatajate, kergejõustiklaste ja jalgpalluritega andsid selliste

laktaadiväärtuste juures alati esimesel koormusejärgsel minutil hindeks 2–3 palli, mis näitas mõneminutilise puhkuse vajadust koormuse jätkamiseks.

Seega võime uuringu põhjal konstateerida olulisi uusi fakte, mida peab arvestama aeroobikatreeningutel ja mis esinevad harva teiste kehaliste koormuste juures. Samas püstitavad saadud tulemused vajaduse põhjalikumalt uurida füsioloogilisi mehhanisme, mis analoogilistel koormustel toimivad. Kuna aeroobikatreeningutel on koormuse intensiivsuse mõõtmisel üheks põhiliseks indikaatoriks pulsisagedus, võib aeroobikatreeneritel jääda mulje, et sellise struktuuriga tunni teine pool on liiga nõrk ja selle intensiivsust tuleb oluliselt suurendada. See aga võib põhjustada ülekoormust ja ebaadekvaatseteid nihkeid aeroobses töövõimes.

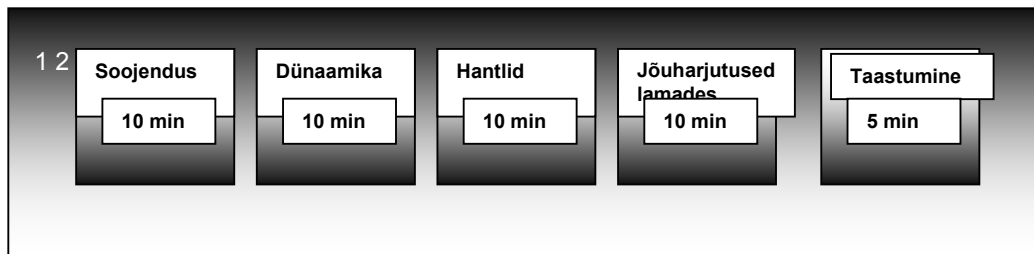
Analoogseid fakte me aeroobikaalases kirjanduses (1, 2) ei leidnud, kuigi need pole tundmatud füsioloogidele (8). Seda seletab ilmselt asjaolu, et sellises lähteasendis ja sellise koormuse struktuuriga harjutusi, nagu kasutati aeroobikatunni 4. ja 5. osas, ei tehta teistel spordialadel.

Kirjeldatud seaduspärasusi võimaldas hästi nähtavale tuua meie poolt kasutusele võetud originaalne arvutiprogramm LAKTAAT ja treeninguks subjektiivse valmisoleku hindamise meetoodika (6).

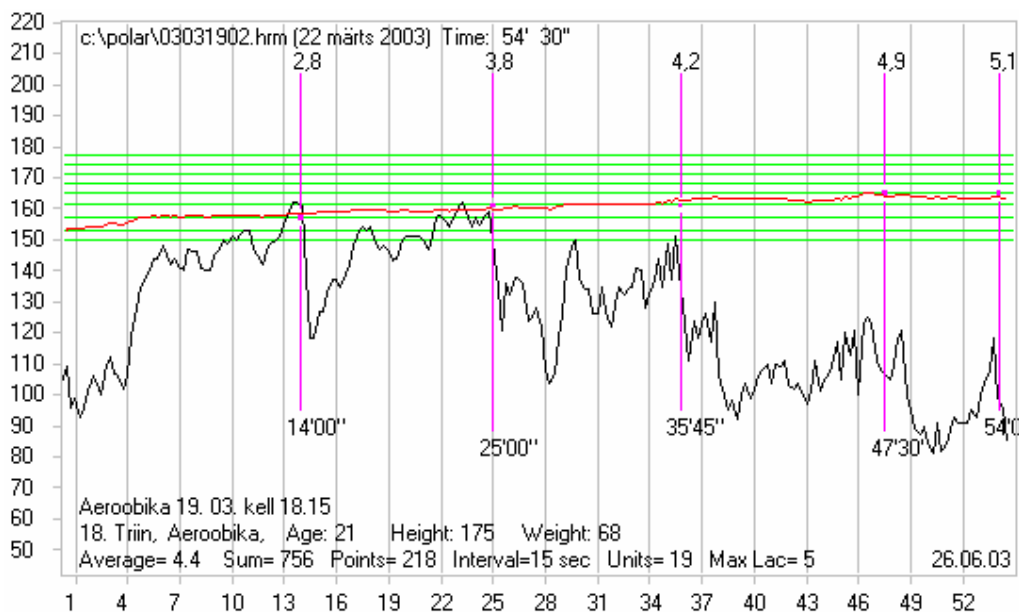
Järeldused

1. Püstitasendis sooritatavad aeroobikaharjutused on oma füsioloogiliselt mõjult analoogsed vastupidavusalade treeningus kasutatavate koormustega.
2. Horisontaalasendis tehtavate aeroobikaharjutuste korral on iseloomulik madal pulsisagedus koos suurte vere laktaadinäitajatega. Ainult pulsisagedust hinnates võib jääda mulje liiga väiksest kehalisest koormusest selliste harjutuste puhul.
3. Vaatamata kehvalt kõrgetele, üle anaeroobse läve olevatele laktaadiväärtustele olid selliste harjutuste puhul subjektiivsed koormustaluvuse näitajad väga head.
4. Optimaalse koormusega aeroobikatunni ajal hindavad osavõtjad koormust mõõdukaks kõigi tunniosade järel (Borgi indeks 3–4) vaatamata suurele pulsisagedusele või vere laktaadisisaldusele.
5. Aeroobikatreenerid peaks tunni keskel ja pärast selle lõppu küsima tunnist osavõtjatelt hinnangut rakendatud koormuste kohta.
6. Programmi LAKTAAT abil on võimalik mõõta anaeroobse läve muutlikkust treeningtunni vältel.

Uurimistööd on toetanud Eesti Teadusfond (grant nr 4358, 4585).



Joonis 1. Aeroobikatunni skeem.



Joonis 2. Tüüpiline pulsageduse (must) ja vere laktaadisalduse (punane) kõver meie uuringutes. Laktaadikõver on genereeritud programmi LAKTAAT abil pulsageduse ja otseste vereanalüüside alusel. Tunni esimeses osas puls kiirenes nagu ikka dünaamilistel koormustel. Vastupidavuslikele koormustele iseloomulikku ühtlast püsiseisundit siin ei kujune, sest umbes iga minuti järel muutub harjutuste struktuur. Verevõtmiseks tehtud 30sekundilised pausid toovad pulsageduse kohe alla. Teise osa pulsikõver on samuti tüüpiline dünaamilisele koormusele. Kahe esimese osa pulsagedus ja vere laktaadisaldus on adekvaatses vahekorras. Kolmandas ja neljandas osas on näha aga oluline pulsageduse vähenemine, samas aga laktaadisaldus ei kahane, vaid isegi suureneb ja seda sageli kuni tunni lõpuni.

toomas.karu@neti.ee

Kirjandus

1. Haas U, Suomi T, Laukkanen R. Precision aerobics. Polar Electro OY Kempele: Finland; 1996.
2. Lin Y. Precision Sport aerobics. Polar Electro OY Kempele: Finland; 1996.
3. Neissaar I, Kikas M, Järvekülg A, Viru M, Viru A. Acute anxiolytic and mood balancing effects of aerobic gymnastics: relationship to age, personal traits and initial anxiety levels. *Kinesiology* 2002;34:86–93.
4. Wilmore J H, Costill D.L. Physiology of Sport and Exercise. In: Human kinetics. Champaign; 1994.
5. Borg G, Hassmen P, Lagerström M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol* 1987;65:679–85.
6. Karu T, Nurmekivi A, Lemberg H, Pihl E, Jürimäe T. Relationship between perceived rediness to run and physiological variables during repeated 2000 m bouts in middle – distance runners. *Scand J Med Sci Sports* 2000;10:33–6.
7. Liivak E. Erineva treenitus- ja vanuseastmega naiste füsioloogilised näitajad body-aerobika tunnis. Tartu Ülikool, Spordipedagoogika instituut. Diplomitöö spordijuhtimise ja treeningõpetuse erialal. Tartu; 2003.
8. Cerny F J, Burton H W. Exercise physiology for health care professionals. In: Human kinetics; 2001; p.141–3.

Summary

Psycho-physiological analysis of training session in aerobics

The aim of this investigation was to evaluate the intensity of the training session in aerobics. A total of 21 female persons aged 18-50 ($x = 32.0$ years) took part in the investigation. The training session in body –aerobics style that lasted for 55 min consisted of five different parts: a warming- up, main part, power exercises in the upright position, power exercises in the recumbent position and cooling–down. During the training session heart rate was continuously recorded (Polar sport-tester, Finland); after each part of the session, blood lactate was measured (Arcray Pro analyser, Japan). On the basis of these data, a continuous lactate curve for the whole training session was simulated with the Karu-Slavin software LACTATE.

Surprisingly, a significant discrepancy was found between the relatively low heart rate and the high values of lactate during the recumbent part of the exercises. This fact should be taken into consideration in determining the dosage of exercise intensity in aerobics.