



Hur utförs ett step-test i simning med hög reliabilitet?

– En kvantitativ studie som fördjupar sig i
Pansolds step-testprotokoll

Antonio Lutula & Kevin Thorvaldsson

GYMNASTIK- OCH IDROTTSHÖGSKOLAN
Självständigt arbete grundnivånivå 119:2016
Tränarprogrammet 2014-2017
Handledare: Marcus Moberg
Examinator: Pia Lundquist Wanneberg

Sammanfattning

Syfte och frågeställningar

Syftet var att undersöka reliabiliteten i Pansolds step-testprotokoll i simning. Följande frågeställningar har använts i denna uppsats:

- Håller Pansolds step-testprotokoll hög reliabilitet gällande erhållen laktattröskel?
- Håller Pansolds step-testprotokoll hög reliabilitet gällande uppmätt simtid?
- Skiljer sig den digitala- och analoga mätningen av hjärtfrekvensen?
- Hur väl kan simmare kontrollera sin hastighet utifrån uppsatta måltider?

Metod

Försökspersonerna var åtta till antalet, fyra män och fyra kvinnor i åldern $19,8 \pm 3,6$ år och innehavande av minst 650 FINA-poäng. Pansolds step-testprotokoll genomfördes i form av ett test-retest med 48 timmars mellanrum. Vid genomförandet av testet utfördes laktat- och hjärtfrekvensmätningar samt tidtagning av försökspersonerna. Variationen för laktattröskeln mellan de två testtillfällena analyserades för att undersöka testets reliabilitet.

Försökspersonernas förmåga att kontrollera sin hastighet utifrån uppsatta måltider granskades. Hjärtfrekvensen mättes digitalt med Freelap Pro Coach samt analogt under tio sekunder för att undersöka om de två mätmetoderna genererade olika resultat.

Resultat

Det är en relativt stor differens i antal hjärtslag/minut mellan en analog och digital mätning av hjärtfrekvens då differensen låg på 8.86 slag. Av de sex försökspersoner som genomförde hela studien förbättrade fem sin förmåga att kontrollera sin hastighet utifrån uppsatta måltider. Alla försökspersoner uppvisade en variation i uppmätt laktattröskel mellan de två testen, med en beräknad variationskoefficient på 14.7%. Försökspersonernas CV% för tiden och uppsatta måltider var 4.0% vid test 1 och 3.3% vid test 2.

Slutsats

Pansolds step-testprotokoll bör standardiseras ytterligare då en god standardisering ökar möjligheten för reliabla testresultat. Vid utförandet av step-tester rekommenderas en digital mätning av hjärtfrekvensen eftersom att denna tros vara mest tillförlitlig. Reliabla resultat kan erhållas vid genomförandet av Pansolds step-testprotokoll. Testet ställer dock stora krav på simmares förmåga att kontrollera sin hastighet då detta tycks spela en avgörande roll i hur vida en reliabel laktattröskel kan uppmätas.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund.....	1
1.1	Introduktion.....	1
1.2	Laktat	1
1.3	Step-test.....	3
2	Syfte och frågeställningar	6
3	Metod.....	7
3.1	Urval	7
3.2	Step-testprotokoll.....	8
3.3	Tillvägagångsätt.....	9
3.4	Statistiska uträkningar.....	11
4	Resultat	14
4.1	Protokoll.....	14
4.2	Mätning av hjärtfrekvens	15
4.3	Kontroll av hastighet.....	16
4.4	Laktatträskeln	19
4.5	Tid och laktatträskel	20
5	Diskussion.....	21
5.1	Protokoll.....	21
5.2	Mätning av hjärtfrekvens	24
5.3	Kontroll av hastighet.....	26
5.4	Laktatträskel och kontroll av hastighet.....	27
5.5	Kritiska värderingar och framtida forskning.....	29
5.6	Slutsatser och rekommendationer	31
	Käll- och litteraturförteckning	32

Bilaga 1 Käll- och litteratursökning

Bilaga 2 Resultat

Tabell- och figurförteckning

Tabell 1- visar försökspersonernas kön, ålder, längd, vikt och upplägg av testet	7
Tabell 2- visar Pansolds step-testprotokoll hämtat från Holfelder et al. (2013).....	8
Tabell 3- visar FP1 tider, laktat och hjärtfrekvens vid varje given intervall	15
Tabell 4- visar medeldifferensen för uppmätta tider och uppsatta måltider	17
Tabell 5- visar FP1 uppmätta tider och uppsatta måltider, samt CV% för test 1 & test 2.....	18
Tabell 6- visar laktatträskeln och hastighet vid laktatträskel	20
Tabell 7- visar CV% för uppmätta tider, laktatträskeln samt differensen av laktatträskeln....	20
Figur 1- visar FP5 laktatkurva	13
Figur 2- visar regressionskoefficienten för analog- och digital mätning av hjärtfrekvensen ..	16
Figur 3- visar CV% för uppmätt tid och uppsatt måltid för FP1-FP6 test 1 & test 2	17
Figur 4- regressionskoefficient för tid (sekunder) vid test 1 och test 2 för 100m	19
Figur 5-regressionskoefficient för tid (sekunder) vid test 1 och test 2 för 200m	19

1 Bakgrund

1.1 Introduktion

Tester används flitigt inom idrottsvärlden och kan vara ett sätt att undersöka fysiologiska parametrar, kroppssammansättning och utvärdera träningsprogram. I Sverige görs flertalet tester på den nationella simeliten två till tre gånger per år via Simförbundet men även på klubbblagsnivå. Ett välkänt test är det så kallade step-testet där simmarens aeroba uthållighet framför allt undersöks. Ett step-testprotokoll som kommer att användas från hösten 2016 på de svenska landslagssimmarna är Pansolds step-test. Det är ett test som undersöker simmares blodlaktatvärden vid olika hastigheter och ska ge svar på simmarens laktattröskel. Annan data som samlas in under Simförbundets step-tester är testpersonernas hjärtfrekvens under genomförandet, antal armtag och deras armtagsfrekvens vid varje längd. Många parametrar undersöks och betydelsen av att data som samlas in är reliabel är av betydelse. Denna studie kommer undersöka testets reliabilitet för att säkerställa att resultaten som utges är tillförlitliga.

1.2 Laktat

ATP-PCr (kreatinfosfat) är det energisystem som kan omvandla mest energi per tidsenhet. Detta energisystem används främst vid högintensiv träning som varar upp till 6 sekunder vid arbete med maximal intensitet (Michalsik & Bangsbo 2004, s.70). ATP-PCr systemet har dock en begränsad kapacitet eftersom att dessa lager töms efter endast ett par sekunder. En annan process som producerar ATP involverar frisättningen av energi genom nedbrytningen av glukos, detta kallas glykolys. Glykolys kan ske både aerobt och anaerobt. Vid anaerob glykolys bryts glukos ner och pyrodrusyra (pyruvat) produceras, därefter konverteras pyrodrusyran till laktat (Kenney, Wilmore & Costill 2012 s.56).

Laktat produceras vid glykolysen, det omsätts ständigt inom cellen och avlägsnas från cellen primärt genom oxidation. Även fast laktat generellt anses orsaka trötthet används det som energikälla vid träning. Som tidigare nämnts produceras laktat vid glykolysen intracellulärt i cytoplasman där det kan tas upp av mitokondrierna i samma muskelfiber och där genomgå oxidation. Denna process sker dock oftast hos muskelceller med stort antal mitokondrier, dvs. typ I fibrer. Då laktat primärt produceras av typ II muskelfibrer kan det transporteras till angränsande typ I fibrer genom diffusion och aktiv transport. I det avseendet så lämnar det mesta av producerat laktat aldrig muskulaturen. (Kenney, Wilmore & Costill 2012, s.66)

Många forskare anser att laktattröskeln är en bra indikator på en idrottares potential för uthållighetsträning. Laktattröskeln är en definierad punkt där blodlaktat börjar substantiellt ackumulera över vilokoncentrationen, vilket sker vid träning med ökande intensitet. Vid låga träningsbelastningar ligger blodlaktatnivåerna nära vilolaktat. Men vid ökad träningsintensitet överstiger också laktatnivåerna kraftigt laktattröskeln. Punkten där blodlaktatnivåerna först verkar öka oproportionerligt över vilolaktat kallas laktattröskeln (Kenney, Wilmore & Costill 2012, s.130). Vid förbättrad aerob kapacitet nås laktattröskeln vid en högre simhastighet. Detta innebär att om testet genomförs en första gång och laktattröskeln överstigs vid 1,5m/s, och man efter en viss träningsperiod, vid ett ytterligare test, når den vid en högre simhastighet (t.ex. 1,6m/s) bedöms den aeroba kapaciteten ha förbättrats hos simmaren.

Som nämnts tidigare anses ansamlingen av laktat och den åtföljande surheten (sänkt pH-värde) i muskulaturen generellt vara orsaken till trötthet vid högintensiv träning. Diverse studier föreslår dock att denna teori inte håller. Studier har indikerat på att trötthet vid intensivt arbete kan bero på ansamling av kalium i musklerna. Vid intensivt arbete frisätts kaliumjoner (K^+ -joner) i stora mängder ut från muskelcellerna. Samtidigt sänder musklerna impulser via små nervtrådar till ryggmärgen som hämmar en del av de nervfibrer som ger musklerna information att kontrahera sig. Till en början kan denna hämning övervinnas genom viljemässig aktivering av fler muskelfibrer. Men vid fortsatt arbete ökar mängden ansamlad kalium utanför muskelcellerna till den mängd att de hämmande impulserna från muskeln till ryggmärgen blir så starka att personen inte längre kan aktivera muskeln i tillräckligt hög grad. En ökning av kaliumjoner utanför muskelcellen tycks dock ske i samband med en intramuskulär laktatökning, då en laktatökning leder till ett minskat pH-värde som i sin tur leder till fler öppna kaliumkanaler som tillåter kaliumjoner att lämna muskelcellen. Det verkar alltså som att det inte finns en enskild faktor som direkt orsakar trötthet vid intensivt arbete. Trötthet vid intensivt arbete orsakas sannolikt av en kombination av flera faktorer. (Michalsik & Bangsbo 2004, s.99-102)

I en studie gjord av Pupišova et al. (2015) undersöker man hur maximal belastning vid simning påverkar laktatnivåerna och hemoglobinnivåerna i blodet. Enligt dem så kan det vara viktigt att vara medveten om förändringar i blodlaktatnivåerna eftersom att det kan indikera en simmares fysiska tillstånd. Kännedom om simmarens fysiska tillstånd är inte endast relevant vid tävling men också vid träningsplanering.

Mätning av laktatnivåerna i blodet är en bruklig metod för att indirekt evaluera träningsprocessens intensitet, regenerationstakt och typen av energiomvandling. Laktat är inte bara en restprodukt vid anaerob glykolysnedbrytning som orsakar trötthet, det är även en viktig komponent av energimetabolismen i hela kroppen. En hög laktatnivå har en negativ effekt på det centrala nervsystem och hindrar innervering av muskulatur som visar sig tydligt i en försämrad koordination vilket i sin tur leder till en minskad simhastighet (Pupišova et al. 2015).

1.3 Step-test

Ett step-test är ett test som utförs med stegrande ansträngning och intensitet. (Fernandes et al. 2011). Testet kan genomföras på flera olika sätt då det finns flertalet protokoll som har i syfte att mäta samma sak, laktattröskeln. Det finns tester som är uppbyggda på tidsintervaller (Krueger et al. 2011), samt de som är uppbyggda med utsatta distanser som 7x200m, 7x300m och 7x400m (Barbosa et al. 2015). Osäkerhetsfaktorer som skulle kunna uppstå vid step-testet är mätning av hjärtfrekvens, om simmarna tar den själva eller om utrustning används och om den då är tillförlitlig. Ytterligare en betydelsefull faktor är simmarens förmåga att lägga upp testet på rätt sätt och få stegringen som eftersträvas, samt förmågan att ha kontroll över sin simhastighet. Förmågan att kontrollera sin simhastighet kan även kallas för paceing. Vid step-tester utförs även laktatmätningar, som ska ge tränare respektive simmare en inblick i simmarens aeroba kapacitet.

Svenska Simförbundet har tidigare använt sig av step-testet 7x200m vilket antingen utfördes i simmarens specialgren eller i frisim. Detta test har inte tagit hänsyn till om simmarna är sprinters eller långdistansare, alla testpersoner genomförde samma protokoll vilket kan påverka testresultatens validitet.

Pansolds step-test är det protokoll det Svenska Simförbundet använder sig av från och med hösten 2016 och har därför valts att undersökas. Protokollet har använts i Tyskland sedan början på 90-talet. Testet genomförs i form av 100 m, 200 m och 400 m. 100 m och 200 m genomförs i form av fem steg medan 400 m genomförs i fyra steg. Belastningen bestäms utifrån procent av personligt rekord i form av tid och olika simsätt börjar på olika belastningar utefter simsättets fysiska krav. Vilan mellan repetitionerna och stegen är bestämd, distansen är konstant medan hastigheten för varje steg ska öka. (Holfelder, Brown & Bubeck 2013).

Maximal Lactate Steady State (MLSS) är det step-testprotokoll som anses vara golden-standard. MLSS testet utför genomförs genom n x 200m till utmattning med ökning av 0.05 m/s per steg och 30 sekunders vila mellan intervallerna. Testets syfte är att utvärdera simmarens individuella anaeroba tröskel och därför evaluera och föreskriva lämplig aerob träning. (Barbosa et al. 2015)

I en studie genomförd av Zinner et al. (2011) jämfördes tre olika step-testprotokoll. De två första protokollen (Pyne Australian Swimming Incorporate & Pansold German Swimming Federation) är bland de mest använda protokollen vid step-tester i simning. Författarna menar att även om dessa protokoll används flitigt så finns det brister i dem, där den största bristen med dessa protokoll är att det sker en minskning i tid av utfört arbete för varje steg. I och med sträckan är den samma vid varje intervall och att simhastigheten ökar för varje steg så leder det till att vissa intervallers duration blir <2min. Intervaller som varar <2min har visat sig vara för korta för att uppnå stabila laktatnivåer i blodet då ackumuleringen av laktat i blodet inte hinner ske. Intervaller av längre duration (3-7min) är att föredra eftersom att dessa har visat sig uppnå stadigare laktatnivåer i blodet vid samma belastningar. Enligt Zinner så är tredje protokollet som använder sig av fem intervaller som varar 3 min/intervall bättre för att uppnå stabila laktatnivåer i blodet vid varje enskild intervall. Trots dessa slutsatser av Zinner kommer Pansolds step-test att undersökas då det är det test som etablerats av simförbundet i Sverige just nu.

Barbosa et al. (2015) undersökte skillnader mellan testerna 7x200m, 7x300m samt 7x400m. Alla dessa test fungerar likadant, den enda skillnaden är distansen vilket gör att arbetstiden också skiljer sig åt. Intensiteten är densamma och i vissa länder används en visuell pacer i botten av bassängen (TAR 1.1, GBK-electronics, Aveiro, Portugal) som ger ifrån sig blinkande ljus för att göra det lättare för simmarna att pacea sig och hålla sig i rätt intensitetszon. Det är en dyr utrustning och har ännu inte tagits i bruk i Sverige. Resultaten från Barbosa et al. (2015) visade inte på några större variationer mellan de tre olika testen och rekommendationen utifrån resultaten var att 7x200m vore att föredra då den är mest tidseffektiv utav dem tre. Fernandes et al. (2011) undersöker samma tre tester och finner en skillnad i 200m och 300m varianterna jämfört med 400m vad gäller blodlaktatvärden. De som simmade 200m och 300m visade sig ha högre blodlaktatnivåer vid laktattröskeln jämfört med de som simmade 7x400m.

Alla tester har olika grader av validitet och reliabilitet, ju högre grad av dessa två komponenter testet har desto högre tillförlitlighet. Tre komponenter som kan påverka Pansolds step-testprotokoll enligt Holfelder et al. (2013) är simmarens kön, specialdistans samt simsätt under utförandet av testet. Det sistnämnda har undersökts i tidigare studier som testat energiförbrukningen vid olika hastigheter i de fyra simsätten. Barbosa et al. (2006) jämför energiförbrukningen mellan olika simsätt vid följande hastigheter 1.0 m/s, 1.2 m/s, 1.4 m/s samt vid 1.6 m/s. Frisim är det simsätt som har lägst energiförbrukning vid de bestämda hastigheterna följt av ryggsim, fjäril och till sist bröstsim med högst energiförbrukning. Capelli et al. (1998) undersökte energikostnaden och simekonomin hos varje simsätt och kom fram till liknande resultat som ovan, däremot visade den studien att fjärilsim vid låga hastigheter hade högst energikostnad av de fyra simsätten. Simekonomin förbättrades dock vid högre hastigheter. En sådan sak skulle kunna påverka simmarens förmåga att hålla rätt pace i genomförandet av Pansolds step-test.

Som nämnts tidigare har könet en påverkan på testens laktatvärden. Det har visat sig att kvinnliga simmare normalt sett inte uppnår lika höga maxlaktatvärden som män och inte heller lika höga anaeroba tröskelvärden som männen. Detta kan bero på att kvinnor i de flesta fall har mindre muskelmassa samt total kroppsmassa vilket ger kvinnor en positiv effekt vad gäller minskat motstånd i vatten. På grund av att manliga elitsimmare ofta har en större kroppsmassa samt lägre fettprocent än kvinnor är ofta mäns flytkraft sämre vilket påverkar energikostnaden i simningen (Caspersen et al. 2010).

Holfelder et al. (2013) antyder att distansen under testets utförande har en påverkan på simmarens laktatvärden i form av maxlaktat och den anaeroba tröskeln. Något som bestyrks av Chatard och Stewart (2011) som menar att med ökad distans ökar kraven på simmarens aeroba kapacitet. Skulle en och samma simmare genomföra step-testet på en distans det ena testtillfället och sedan byta specialdistans och genomföra testet på en annan distans nästa gång kommer detta då påverka laktatvärdena. Betydelsen av att standardisera testet vid varje testtillfälle är viktigt för att kunna jämföra data med hög reliabilitet.

Figueiredo et al. (2014) skriver att simningen är en cyklisk idrott vilket innebär att återkommande rörelser upprepas repetitivt. Detta leder till att biomekaniska och energirelaterade faktorer blir väldigt relevanta. Utveckling av dessa färdigheter tillåter

signifikanta förbättringar av prestationsförmågan. Simhastigheten är som högst när den framåt drivande effektiviteten och den metabola effekten är som högst och/eller när det hydrodynamiska motståndet är som lägst. Författaren anser således att dessa parametrar bör undersökas flitigt med syfte att förbättra träningsprocessen och i och med det förbättra prestationen. Vid step-tester undersöks just energirelaterade faktorer: Med datainsamling av antal armtag och frekvensmätning kan även biomekaniska analyser genomföras.

Det finns alltså ett flertal step-testprotokoll som används i simning för att undersöka simmares laktattröskel. Protokoll som använder sig av intervaller som simmas i det simsätt simmaren är specialiserad i anses vara fördelaktiga eftersom att simhastigheten vid laktattröskeln för just detta simsätt kan räknas ut. Detta ger tränare en inblick i laktattröskeln för det simsätt simmaren är specialiserad i vilket då kan appliceras vid simsättsspecifik träning. Då det är bra att träna grenspecifikt är det också en fördel att genomföra grenspecifika tester då dessa ger mer tillämpbara resultat jämfört med step-tester som endast simmas i frisim (Olbrecht 2000 s.101). Step-tester bör samtidigt bestå av intervaller med duration av 3-7min för att uppnå stabila laktatnivåer i blodet. Pansolds step-testprotokoll simmas grenspecifikt, däremot är intervalltiderna för korta (förutom 400m protokollet) för att stabila laktatnivåer i blodet ska uppnås. Då just Pansolds step-testprotokoll ska användas i Sverige från 2016 är det intressant att undersöka om detta protokoll håller hög reliabilitet trots tydliga brister då Zinner et al. (2011) rekommenderar längre arbetstid för intervaller än det som Pansolds step-test använder sig av. Vid genomförande av step-tester registreras även hjärtfrekvensen, detta sker oftast med digital mätutrustning. Däremot så användes ofta analog mätning av hjärtfrekvens vid träningen. Det är intressant att veta om det om den digitala mätningen av hjärtfrekvens skiljer sig något jämfört med den analoga, och i så fall hur mycket. Skulle det visa sig att det är väldigt lite skillnad eller ingen skillnad alls mellan de två metoderna skulle den digitala mätningen kunna uteslutas helt från testprotokollen då den analoga mätningen av hjärtfrekvens anses ha tillräckligt hög tillförlitlighet. Om det däremot skulle visa sig att den analoga mätningen skiljer sig markant från den digitala skulle detta cementera behovet av digital mätning av hjärtfrekvens.

2 Syfte och frågeställningar

Syftet var att undersöka reliabiliteten i Pansolds step-testprotokoll i simning. Följande frågeställningar har använts i denna uppsats:

- Håller Pansolds step-testprotokoll hög reliabilitet gällande erhållen laktattröskel?
- Håller Pansolds step-testprotokoll hög reliabilitet gällande uppmätt simtid?
- Skiljer sig den digitala- och analoga mätningen av hjärtfrekvensen?
- Hur väl kan simmare kontrollera sin hastighet utifrån uppsatta måltider?

3 Metod

3.1 Urval

Till denna studie rekryterades 8 försökspersoner, 4 män och 4 kvinnor i åldern $19,8 \pm 3,6$ år, längd $183,9 \text{ cm} \pm 6,5 \text{ cm}$, vikt $77,1 \text{ kg} \pm 9,5 \text{ kg}$. De två försökspersonerna FP7 samt FP8 påbörjade studien men kunde inte fullfölja den pga. sjukdom. Försökspersonerna valdes selektivt med hänsyn till geografiska aspekter och tävlingsnivå inom simning. Kravet för att delta i studien var att försökspersonerna skulle vara aktiva inom simning och träna minst sex pass i veckan. För att säkerställa att simmarna höll nationell elitnivå var kravet att FP uppnått 650 FINA-poäng. FINA-poäng används för att jämföra resultat mellan de olika grenarna inom simning. Varje gren har en bastid (B) som ger 1000 poäng, denna bastid bestäms två gånger per år till det då gällande världsrekordet. Formeln för att räkna ut FINA-poäng för en gjord tid (T) ser ut enligt följande, $(B/T)^3 * 1000$ (2012 FINA-kalkyl). Dessa relativt höga krav sattes för att kunna uppfylla studiens syfte då Svenska Simförbundet utför step-tester på simmare som tävlar på en hög nationell seniornivå. Beroende på de olika försökspersonernas specialdistans och simsätt genomfördes olika upplägg på testet, se tabell 1.

Tabell 1- visar försökspersonernas kön, ålder, längd, vikt och upplägg av testet

Försökspersoner	Kön	Ålder	Längd (cm)	Vikt (kg)	Distans & Simsätt
FP1	Kvinna	17 år	180 cm	63 kg	100 Frisim
FP2	Man	23 år	178 cm	83 kg	200 Bröstsims
FP3	Kvinna	21 år	178 cm	70 kg	100 Fjäril
FP4	Man	18 år	193 cm	84 kg	200 Bröstsims
FP5	Man	17 år	184cm	80 kg	200 Fjäril
FP6	Man	17 år	189,5 cm	83 kg	400 Frisim
FP7	Man	28 år	193 cm	90,5 kg	100 Frisim
FP8	Kvinna	18 år	176 cm	64 kg	100 Bröstsims

3.2 Step-testprotokoll

Tabell 2- visar Pansolds step-testprotokoll hämtat från Holfelder et al. (2013)

distance	number of steps	number of repetitions	stroke	recommended intensity for the first step in % of personal best time		break between repetitions	break between steps	lactate measurement
				men	women			
100 m	1	3	Bu	60-65	70-75	1 min	3 min	directly
	2	2	Ba	70-75	75-80	1 min	3 min	directly
	3	1	Br	70-75	80-85		5 min	after 1 min
	4	1	Fr	65-70	70-75		approx. 20 min	after 1-3 min
	5	1	increase of 3-4 s/per steplast step=maximum speed					
200 m	1	3	Bu	70-75	75-80	1 min	3 min	directly
	2	2	Ba	75-80	80-85	1 min	3 min	directly
	3	1	Br	75-80	83-87		5 min	after 1 min
	4	1	Fr	75-80	80-85		approx. 20 min	after 1-3. min
	5	1	increase of 5-8 s/step. last step=maximum speed					
400 m	1	1	Fr	80-85	85-90	3 min		after 1 min
	2	1	increase of 8-12 s/step. last step=maximum speed			5 min		after 3 min
	3	1				up to 30 min		after 3 min
	4	1						after 4, 7 and 10 min

Abbreviations: Ba=Backstroke, Br=Breaststroke, Bu=Butterfly, Fr=Freestyle.
doi:10.1371/journal.pone.0077185.t001

Testerna utfördes utefter Pansolds step-testprotokoll (Holfelder et al. 2013). Genomgång av testets upplägg gjordes innan båda testtillfällena. Protokollet är uppbyggt efter distans, steg, repetitioner, simsätt, startintensitet utefter kön, vila mellan repetitioner, vila mellan steg samt laktatmätning utförande.

Beroende på distans skiljer sig antal steg som utförs. De som simmar 100 m samt 200 m har ett protokoll som är uppbyggda på samma sätt. Fem olika steg utförs där antalet repetitioner skiljer sig beroende på steg. Steg ett består av tre repetitioner, steg två av två repetitioner medan resterande steg består av en repetition. De som simmar 400 m utför endast fyra steg med en repetition per steg.

Simsättet, distansen och testpersonens kön avgör vilken startintensitet de ska börja på. Startintensiteten beräknas utifrån procent av simmarens personliga rekord på distansen och simsättet som ska genomföras under testet. Det personliga rekordet är den absolut bästa tid simmaren uppnått och således inte säsongsbästa. Startintensiteten ska hållas under testets första steg, därefter ska en sänkning på 3-4s/steg göras för 100m simmare och 5-8s/steg för 200m simmare. De som utför 400m protokollet ska genomföra en sänkning på 8-12s/steg.

Vilan mellan repetitionerna ser likadan ut för 100m och 200m simmare. Under steg ett är vilan på en minut, likaså under steg två. Vilan mellan stegen är även den likadan för 100m och 200m simmarna. Efter steg ett är vilan tre minuter, efter steg två likaså. Efter steg tre är vilan fem minuter och inför det sista steget är vilan ungefär 20 minuter. För de som simmar 400m är vilan mellan stegen på först tre minuter, efter andra ligger vilan på fem minuter och inför sista är vilan upp mot 30 minuter.

Protokollet beskriver till sist när laktatmätning ska utföras. 100m och 200m simmarna har samma upplägg. Första laktatmätningen görs direkt efter första steget, den andra mätningen görs direkt efter steg två, den tredje en minut efter steg tre, den fjärde efter en till tre minuter efter steg fyra och efter det sista steget görs mätningar vid fyra, sju och tio minuter efter målgång. För 400 m simmarna görs laktatmätningarna först en minut efter steg ett, tre minuter efter steg två, tre minuter efter steg tre samt fyra, sju och tio minuter efter det sista steget.

3.3 Tillvägagångsätt

Ett schema skapades så att det som mest var två FP som genomförde testet samtidigt. Testerna utfördes under fyra morgnar med första start av test klockan 06:30 och sista 08:30. FP1, FP2, FP3 samt FP7 genomförde sitt första test med en heldags vila från dagen innan, resterande FP hade träning kvällen innan sitt första test. Detta anpassades efter deras träningstider då testerna utfördes under de tider som de i vanliga fall har träning. Inför test 2 hade alla FP en ”vilodag” då de hade en eftermiddagsträning, träningsvolymen för detta pass varierade mellan 5-7 km. Varje enskild FP genomförde test ett och test två vid samma tidpunkt vid de båda tillfällena. Tiden mellan de två testtillfällena var på 48 timmar. FP informerades innan testen om studiens syfte, metod och tillvägagångssätt. För att standardisera förutsättningarna inför de två testtillfällena ombads FP att äta samma eller liknande middag kvällen innan utförandet, även frukosten skulle vara samma eller så lik som möjligt inför de båda tillfällena.

Försökspersonerna meddelade testledarna om frukostens innehåll och tidpunkt vid förtäring muntligt vid respektive testtillfälle. Standardisering av uppvärmning gjordes genom att begränsa uppvärmningens längd till 1000m valfri simning, FP skulle genomföra samma uppvärmning vid de båda testtillfällena och även använda sig av samma utrusning.

Alla försökspersoner fick innan första testtillfälle veta om de etiska aspekter som följdes. Personliga uppgifter tillhandahölls av forskningsledarna och spreds ej vidare. Deltagarna informerades om undersökningens metod och syfte. Deltagarna var medvetna om möjligheten att när som helst kunna ställa frågor om undersökningen och få sina frågor sanningsenligt besvarade. Deltagarna var informerade om att de när som helst hade möjlighet att avbryta studien utan negativa följder. Deltagarna skulle kunna känna sig säkra på att deras anonymitet skyddades. Insamlad data behandlades med tystnadsplikt och deltagarna kom inte att kunna identifieras. Utifrån nyttjandekravet kom insamlad data endast till användning för studiens syfte.

Step-testen genomfördes i en 50 m bassäng på tomma banor. Innan varje test startade placerades en stativkamera (Nikon D5600, 50 Hz) på ett stativ (Manfrotto Compact Light) ut för att filma hela genomförandet, detta på grund av att kunna ta missade splittider, räkna armtag per längd samt ta ut frekvens per längd. För att besvara frågeställningen om en analog mätning av hjärtfrekvens skiljer sig från en digital fick försökspersonerna bära ett pulsband (Freelap Pro Coach 112 BLE timing system) under hela testet vilket gav den digitala mätningen av hjärtfrekvens. Hela Freelapssystemet bestod av pulsband, mottagardosa, sändardosa samt mottagardisplay. Vid analog mätning tog försökspersonerna hjärtfrekvensen under 10 sekunder direkt efter målgång under alla steg och repetitioner. Alla försökspersoner mätte hjärtfrekvensen på halsen. Siffran som erhöles ropades ut till testledaren som sedan multiplicerade fram hjärtfrekvens/minut. Allt dokumenterades på papper.

En testledare per försöksperson användes under testets utförande. Testledarens uppgift var att ta split- samt sluttider för varje repetition, till det användes tidtagarur (Tyr z-100 Lap). Efter varje genomförd repetition gav testledaren direkt feedback på simmarens sluttid för den givna intervallen. Testledaren skulle även hålla koll på vilan mellan repetitionen och stegen samt utföra laktatmätningarna. Under enskild försökspersons utförande av testet tog samma testledare alla sju laktatmätningar. Laktatmätningarna gjordes tidsmässigt utefter Pansolds step-testprotokoll. När proverna skulle tas användes latexhandskar av testledarna vid

laktatmätningarna för att säkerställa god hygien och minimera risken för blodöverförbara sjukdomar vid testerna. Direkt efter avslutad intervall uppmätte försökspersonen sin analoga hjärtfrekvens med hjälp av sekundvisare som fanns i simhallen. Simmarna fick direkt feedback på den tid de simmade på. Därefter steg försökspersonerna upp ur bassängen och satte sig på en stol som var placerad ungefär 3m från bassängkanten. När försökspersonen satt sig på stolen torkade de av sina händer med papper, därefter använde testledaren en sprittuss och sedan papperstuss på det finger där sticket skulle utföras. Stickor användes för stick i utsidan av fingret, första bloddroppen torkades bort med papperstuss medan den andra användes för laktatmätning. Kapillärrör användes för att ta blod från fingret. Kapillärrören hölls med hjälp av kapillärrörshållare. När kapillärröret fylldes med blod placerades de i ett provrör. Provröret placerades i en frigolitlåda (30x15x20cm) med en kylklamp i för att hålla nere temperaturen av teströret för att minimera mängden kemiska processer i blodet som skulle kunna påverka laktatmängden i provröret. Vid varje laktatmätningstillfälle upprepades denna procedur. Nya papper, sprittussar, papperstussar, stick, kapillärrör och provrör användes vid varje ny mätning. Vid steg 4 skall laktatmätning göras efter 1-3min enligt protokollet, vid denna studie gjordes alla mätningar vid detta steg efter 2min för att skapa en standardisering. FP hade inte möjlighet till aktiv återhämtning mellan stegen förens inför det sista steget då full återhämtning skulle uppnås. Samma aktiva återhämtning som genomfördes under teststillfälle ett skulle genomföras under teststillfälle två. Efter laktatmätningen vid steg 4 flyttades provrören från frigolitlådan med kylklamp till en frys med en temperatur av cirka -5 C°.

När dagens sista FP genomfört sitt test togs den fyllda och kylda frigolitlådan direkt med till Gymnastik- och idrottshögskolans (Stockholm) klimatrum där proverna lades fram för att tina under 15 minuter för att sedan analyseras i klimatrummets bios C-line Clinic (EKF-Diagnostics). Alla data förvarades både i pappersform och i excelark.

3.4 Statistiska uträkningar

För att beräkna signifikansen (P-värde) mellan analog och digital hjärtfrekvens användes statistikprogrammet SPSS Statistics 24th edition. Totalt skulle 120 stycken intervaller ha genomförts mellan de olika försökspersonerna. Då två av dem insjuknade efter teststillfälle 1 utfördes endast 104 intervaller. Alla värden som hade både en analog och digital mätning användes, vilket resulterade i 73 värden. För att räkna ut P-värdet användes ett paired sample

T-test. Differensen mellan de två mätmetoderna gjordes genom att ställa upp en rad med varje försökspersons analoga värden mot en rad med alla digitala värden. Om differensen gav en negativ eller positiv siffra togs inte till hänsyn, endast antalet skillnad i hjärtslag var av intresse. För att sedan få fram en regressionskoefficient användes Excel för att skapa en plottad figur med alla värden av hjärtfrekvens, i denna läggs en linjär regressionslinje in vilket visualiserar variationen i hjärtfrekvensdata.

Försökspersonernas förmåga att kontrollera sin hastighet vid testet har räknats fram genom variationskoefficienten (CV%) mellan den uppmätta tiden vid varje given intervall och tiden försökspersonerna skulle simma på, som kallas "target-time" (TT). CV% för varje individ beräknades som Std/medel*100, medan CV% för gruppen användes följande formel:

$$CV\% = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \text{ where } S = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

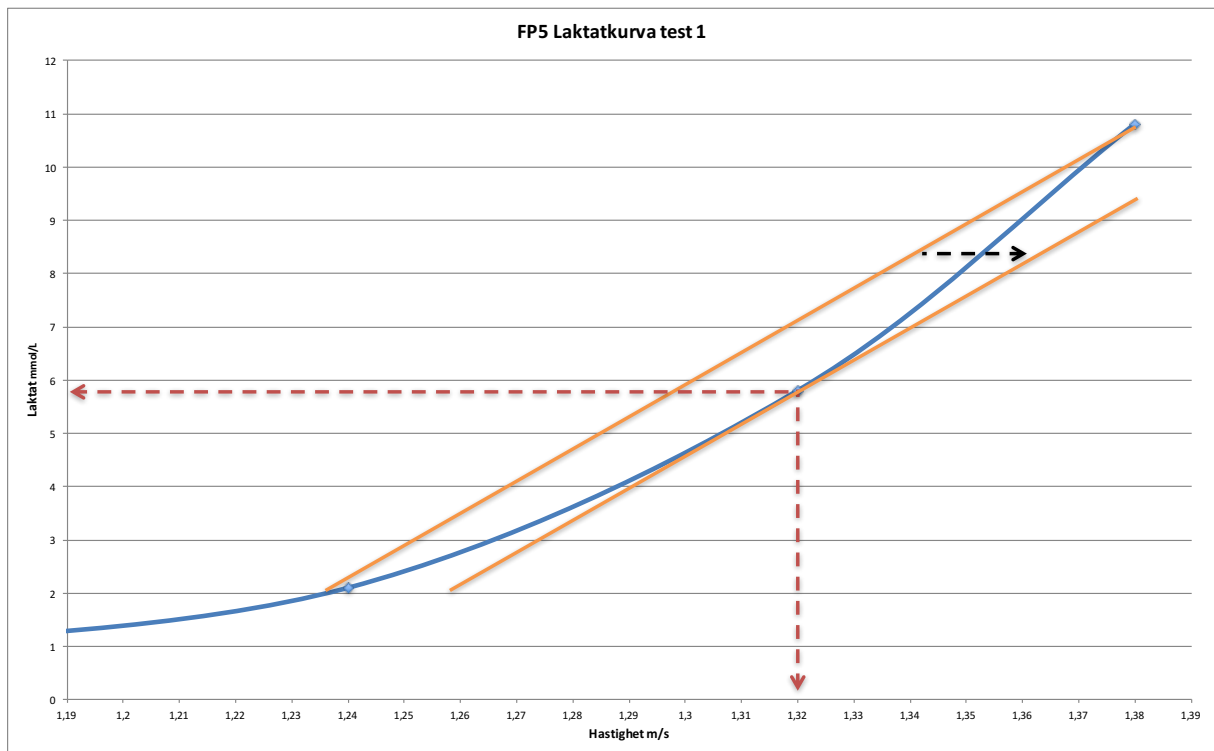
CV% för de uppmätta tiderna mellan test 1 och 2 som visas i tabell 7, har också uträknats ut med formeln ovan. En regressionskoefficient framställdes på alla som genomförde 100m som en grupp, 200m som en grupp, 400m som en grupp och till sist alla försökspersoner i en gemensam grupp. Regressionskoefficienten skapades på samma sätt som med hjärtfrekvensdatan. 400m simmaren och hela gruppens regressionskoefficient visas inte i någon figur då värdena skiljer sig för mycket åt, vilket gör att det visuellt ser ut som att alla värden ligger väldigt nära regressionslinjen eftersom figuren blir utzoomad för att få med all data.

Försökspersonernas tider vid första steget är beräknade utifrån % av personbästa på specialdistansen (se tabell 2) Eftersom att första TT har ett spann på ett par sekunder (ex. 1:24-1:30) så har medelvärdet för tiderna används (ex. 1:27) detta för att underlätta statistiska analysen. Försökspersonernas TT vid nästkommande steg är beräknade utifrån snitt tiden på förekommande steg subtraherat med snitt tiden försökspersonerna skulle sänka sig med 3-4s, 5-8s eller 8-12s. Vilket blir 3.5s, 6.5s eller 10s beroende av distans. Inga TT användes vid det sista steget då denna intervall ska simmas med maximal intensitet. CV% mellan tid och TT har räknats ut för gruppen samt för varje individuell försöksperson för både test 1 och test 2. FP7 och FP8 ingick inte i någon av uträkningarna eftersom de endast kunde genomföra ett av de två testen.

För att beräkna laktattröskeln användes D-max metoden, resultaten visades i figuren punkt med utjämnade linjer och brytpunkter i Excel. Laktattröskeln togs ut för en försöksperson i taget. Försökspersonens laktatvärden plottades ut, för det sista steget plottades endast det högsta värdet ut. Genom dessa värden skapades en exponentialkurva. En baseline sattes på 2.0 mmol/L laktat (streckad baseline saknas i figur 1) och en rak linje drogs från exponentialkurvans brytpunkt av baseline till uppmätt maxlaktat. Därefter framställs en till rak linje som sätts parallellt med den andra raka linjen fast på andra sidan av exponentialkurvan där de tangeras. Punkten där exponentialkurvan och den raka linje nya raka linjen möts sätts en vågrätt och en lodrätt streckad linje som visar vart laktattröskeln hamnar i form av laktat samt hastighet, se figur 1. Simtiden vid laktattröskeln beräknades utifrån hastigheten vid laktattröskeln.

CV% för försökspersonernas enskilda laktattröskel mellan test 1 och test 2, som visas i tabell 7, har räknats ut med formel: $\text{stdav}/\text{medel} \times 100$ för laktattröskeln test 1 vs. test 2. Den gemensamma CV% för laktattröskeln räknades fram med följande formel:

$$CV\% = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad \text{where } S = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$



Figur 1- visar FP5 laktatkurva. Blå linje visar FP5 laktat vid olika hastigheter, röd streckad linje visar laktattröskeln.

Variationskoefficienten beräknades till sist för uppmätt tid och laktatträskel individuellt för FP1, FP4, FP5 och FP6 samt gemensamt för gruppen som beskrivet ovan. FP2 och FP3 är ej med i beräkningarna på grund av att minst ett av deras test inte hade något laktatvärde under 2mmol/L eller att laktaten som utgavs var av onormalt höga värden vid låg intensitet, t.ex. 20mmol/L laktat efter steg tre. $P = < 0.05$ har används som statistisk signifikansnivå, $P = 0.06-0.1$ ansågs som en statistik trend.

Testets reliabilitet kommer att utvärderas genom att undersöka hur mycket laktatträskeln varierade mellan de två testtillfällena. En variation < 1.0 mmol/L laktat för laktatträskeln mellan de två testtillfällena anses vara låg variation och skulle således innebära att testet håller hög reliabilitet. Vid utvärdering av hjärtfrekvensen kommer en medeldifferens mellan den analoga- och den digitala mätmetoden på fem slag anses som en låg differens. Ett medeldifferensvärde över fem slag kommer således anses som hög differens.

4 Resultat

4.1 Protokoll

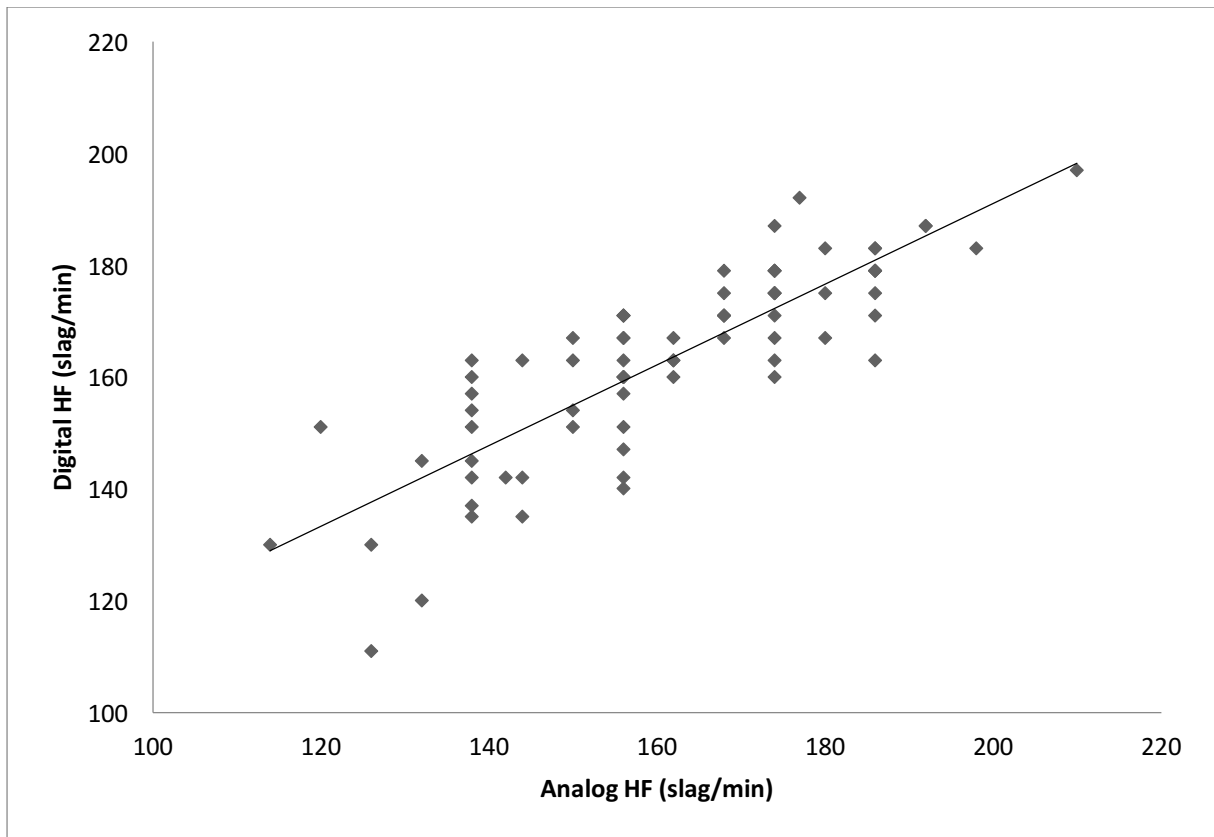
Nedan presenteras resultaten av det genomförda testprotokollet för FP1, för samtliga protokollresultat se Bilaga 2. FP1 genomförde steg 1 av testprotokollet med lägre intensitet vid test 2 vilket indikeras av långsammare tider samt lägre hjärtfrekvens. Både steg 2 och steg 3 var också långsammare vid det andra testtillfället vilket i sin tur möjliggjorde en större sänkning av tid från steg 3 till steg 4 samt steg 4 till steg 5. Endast FP1 protokoll visas för att ge en inblick i hur testet genomförts, för de övrigas försökspersoners data, se Bilaga 2.

Tabell 3- visar FPI tider, laktat och hjärtfrekvens vid varje given intervall för test 1 & test 2 samt differens mellan testen. (*) indikerar att hjärtfrekvensen är tagen analogt.

Test 1				Test 2				Differens (test1/test2)		
Steg	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	
1-1	1:12.5	-	150*	1:20.0	-	137	+8.5	-	-13	
1-2	1:17.9	-	150*	1:20.1	-	142	+2.1	-	-8	
1-3	1:19.2	1.0	150*	1:19.3	1.1	163	+0.1	+0.1	+13	
2-1	1:13.0	-	162*	1:17.2	-	171	+4.2	-	+9	
2-2	1:12.0	1.3	174*	1:14.1	1.8	151	+2.1	+0.5	+23	
3	1:08.2	5.3	180*	1:10.2	3.8	179	+2.0	-1.5	-1	
4	1:06.0	8.1	180*	1:07.2	6.8	175	+1.2	-1.3	-5	
5	1:05.7	7.9	192*	1:05.6	8.9	167	-0.1	+1.0	-25	
7min	-	8.7	-	-	7.9	-	-	-0.8	-	
10min	-	7.0	-	-	7.3	-	-	+0.3	-	
Laktatt röskel	1:06.8	6.7	-	1:10.4	3.7	-	+3.6	-3.0	-	

4.2 Mätning av hjärtfrekvens

Totalt användes 73 stycken data vardera för den analoga- samt den digitala mätningen av hjärtfrekvensen. Differensen i antal hjärtslag/min mellan analog respektive digital hjärtfrekvensmätning varierade mellan 0 och 31 slag. Differensen mellan den analoga- och digitala mätningen var i medeltal 8.86 slag, vilket antyder att det överlag skiljer så många slag mellan de två mätmetoderna. Spridningen för den analoga mätningen var 114-210 slag/min och 130-197 slag/min för den digitala. Det förelåg igen signifikant skillnad mellan de två mätmetoderna ($P = 0.09$). När de analoga och digitala datan analyserades framställdes $r = 0.83$ (se figur 2).



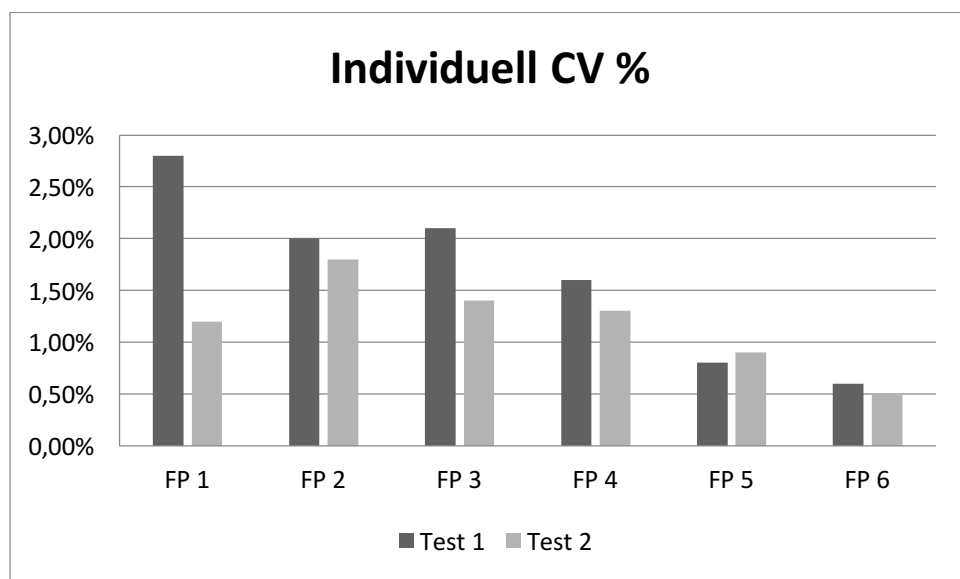
Figur 2- visar regressionskoefficienten för analog- och digital mätning av hjärtfrekvensen (slag/min)

4.3 Kontroll av hastighet

Variationskoefficienten (CV%) för gruppens tider och uppsatta måltider var vid test 1 4.0% och 3.3% vid test 2. Detta indikerar att försökspersonerna förbättrade sin förmåga att kontrollera sin hastighet från testtillfälle 1 till testtillfälle 2. Differensen i medeltal mellan tiden och uppsatt måltid är uppmätt varje grupp för sig, där försökspersonerna är indelade beroende av vilket protokoll de genomförde, se Tabell 4. Fem utav sex försökspersoners sänkte sin CV% vid det andra testtillfället vilket också indikerar att dessa försökspersoners blev bättre på att kontrollera sin hastighet vid det andra tillfället, se Figur 3.

Tabell 4- visar medeldifferensen för uppmätta tider och uppsatta måltider inom grupperna (sekunder)

Grupp	Test 1 (s)	Test 2 (s)
100 m	3.29	2.60
200 m	4.59	3.73
400 m	4.20	3.76
Gemensam	3.73	3.08



Figur 3- visar CV% för uppmätt tid och uppsatt måltid för FP1-FP6 test 1 & test 2

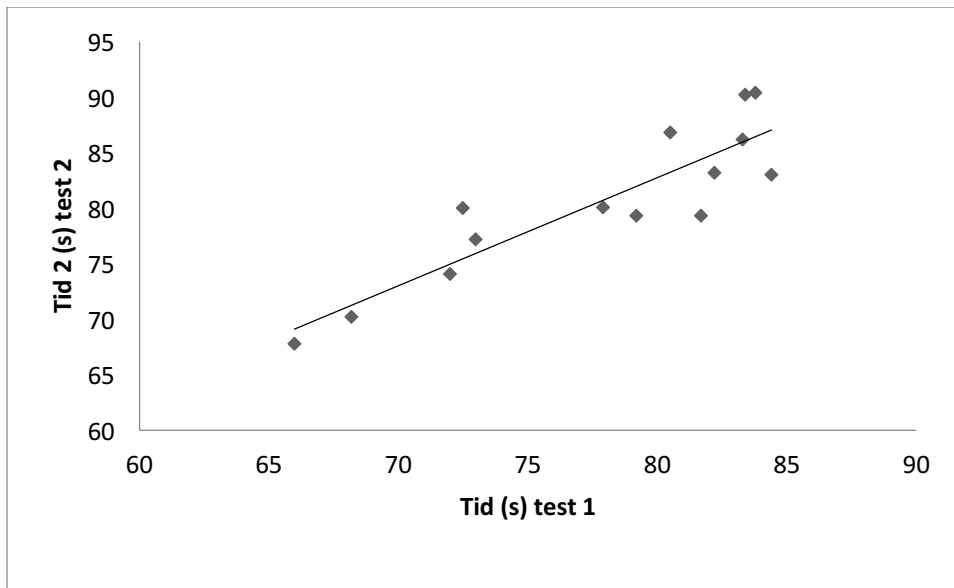
FP1 kunde överlag kontrollera sin hastighet bättre vid det andra testfallet, detta indikeras av en lägre variationskoefficient som i sin tur kan förklaras av mindre differens mellan tider och uppsatta måltider, se tabell 5.

Av de sex försökspersoner som fullföljde hela studien hade fem av dem en lägre variationskoefficient efter det andra testet. Den enda försökspersonen vars lägsta variationskoefficient var efter det första testet hade efter test 1 CV% 0,8 och efter test 2 CV% 0,9 vilket även var den lägsta differensen i CV% mellan de två testfällena tillsammans med FP6.

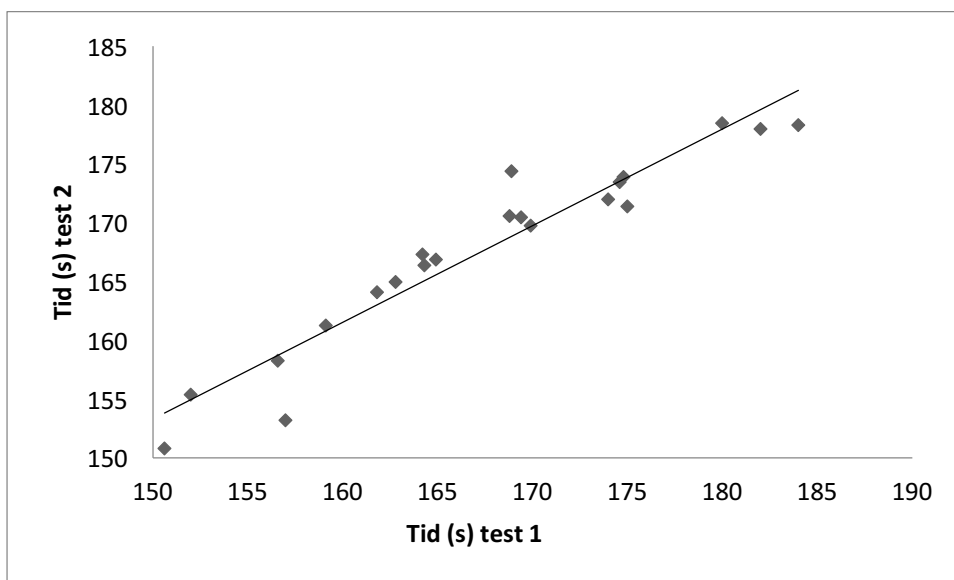
Tabell 5- visar FPI uppmätta tider och uppsatta måltider, samt CV% för test 1 & test 2

	Test 1			Test 2	
Steg	Tid	Måltid	Steg	Tid	Måltid
1-1	1:12.5	1:22.0	1-1	1:20.0	1:22.0
1-2	1:17.9	1:22.0	1-2	1:20.1	1:22.0
1-3	1:19.2	1:22.0	1-3	1:19.3	1:22.0
2-1	1:13.0	1:13.8	2-1	1:17.2	1:16.3
2-2	1:12.0	1:13.8	2-2	1:14.1	1:16.3
3	1:08.2	1:08.6	3	1:10.2	1:12.1
4	1:06.0	1:04.7	4	1:07.8	1:06.7
CV%	2.8%		CV%	1.2%	

Simmarnas tider från testtillfälle 1 jämfördes med de tider de hade under testtillfälle 2. R-värden har framställts för alla 100m simmare i en grupp ($r = 0,89$), alla 200m simmare ($r = 0,95$), alla 400m simmare ($r = 0,99$, endast en simmare) samt för alla försökspersoner tillsammans ($r = 0,99$). Regressionskoefficienten för gruppen med 100m simmare och 200m simmare visas nedan, se Figur 4 & 5. En figur för 400m simmaren och alla som grupp redovisas ej då tiderna är allt för utspridda mellan 67-304 sekunder.



Figur 4- regressionskoefficient för tid (sekunder) vid test 1 och test 2 för 100m



Figur 5-regressionskoefficient för tid (sekunder) vid test 1 och test 2 för 200m

4.4 Laktattröskeln

Då försökspersonerna simmade olika simsätt och distanser är det inte intressant att jämföra de olika försökspersoners tid och hastighet vid laktattröskel med varandra, utan enbart laktattröskeln i mmol/l, där det fanns noterbara skillnader mellan testen. Simtiden vid laktattröskeln visas i tabellform då detta ger en mer praktisk inblick i hur snabbt simmare rör sig vid laktattröskeln, se tabell 5. Tiden är dock uträknad utifrån hastigheten.

Tabell 6- visar laktatträskeln, hastighet vid laktatträskel, samt vilken tid hastigheten motsvarar för den givna distansen. (*) indikerar att det fasta värdet 4.0 mmol/l laktat har använts som laktatträskel

	Test 1			Test 2		
	Hastighet	Tid	Laktat	Hastighet	Tid	Laktat
FP1	1,49 m/s	01:06,8s	6,7 _{mmol/L}	1,42 m/s	01:10,4s	3,7 _{mmol/L}
FP2	1,18 m/s	02:49,4s	4.0* _{mmol/L}	1,20 m/s	02:45,9s	4.0* _{mmol/L}
FP3	-	-	-	-	-	-
FP4	1,28 m/s	02:36,2s	3,7 _{mmol/L}	1,30 m/s	02:33,2s	5,7 _{mmol/L}
FP5	1,33 m/s	02:30,3s	5,2 _{mmol/L}	1,28 m/s	02:36,2s	3,7 _{mmol/L}
FP6	1,50 m/s	04:26,6s	4,7 _{mmol/L}	1,49 m/s	04:27,5s	5.0 _{mmol/L}

4.5 Tid och laktatträskel

I tabell 7 visas variationskoefficienten för fyra försökspersoners tider mellan test 1 och test 2. Detta indikerar hur mycket deras tider varierade mellan test 1 och test 2 utan att ta hänsyn till de uppsatta måltiderna. Dessutom presenteras hur mycket laktatträskeln varierade samt variationskoefficienten för den uppmätta laktatträskeln mellan test 1 och test 2. FP6 hade lägst variationskoefficient i gruppen mellan sina tider och hade också lägst variationskoefficient för laktatträskeln mellan testtillfälle ett och två. FP1 hade däremot högst variationskoefficient både för sina tider och sin laktatträskel. Endast FP6 lyckades erholda en variation av laktatträskeln <1.0 mmol/L. (FP2 och FP3 är inte med i beräkningarna på grund av att minst ett av deras test inte hade något laktatvärde under 2mmol/L eller att laktaten som utgavs var av onormalt höga värden vid låg intensitet.)

Tabell 7- visar CV% för uppmätta tider, laktatträskeln, samt differensen av laktatträskeln (mmol/L)

	CV% Tid	CV% Laktatträskel	Differans av Laktatträskel (mmol/L)
FP1	2.3%	28.8%	3.0
FP4	0.8%	21.2%	2.0
FP5	1.0%	16.8%	1.5
FP6	0.1%	3.0%	0.3
Gemensam	1.7%	14.7%	1.6

5 Diskussion

5.1 Protokoll

En grundläggande och självklar förutsättning för att genomföra en test-reteststudie är att samma testprotokoll används vid båda testtillfällena vilket har gjorts i denna studie. Det finns dock flertalet andra faktorer som kan påverka reliabiliteten av laktatträskeln. Sömn, kost och träning är av stor betydelse när det kommer till att prestera för en elitaktiv idrottare och således för standardiseringen av testerna (Baar 2014; Millard-Stafford et al. 2010; Sargent et al. 2012).

I Pansolds protokoll anges det att laktatmätning vid steg 1 och 2 skall göras direkt, vid steg 3 efter 1min, vid steg 4 efter 1-3min och vid sista och femte steget görs laktatmätning efter 4, 7 och 10min. Det protokollet inte tar hänsyn till är att det dröjer ett par sekunder från det att simmaren kommer i mål, ska ta sig upp ur bassängen och sedan torka fingrarna för att till sist kunna ta provet. När en laktatmätning ska göras direkt tar det därför mellan 30s-60s beroende på hur snabb simmaren är upp från bassängen och torkar av sina fingrar. Med det sagt är det en minimal skillnad mellan steg1/steg2 och steg 3. Vid steg 4 är ingen bestämd tidpunkt satt utan ett spann mellan 1-3min. Detta kan försämra testets reliabilitet om mätningen görs efter 1min vid första testtillfälle och sedan 2-3min efter vid testtillfälle 2. Blodlaktatnivåerna förändras efter tiden och tas inte mätningarna vid samma tidpunkt vid båda eller kommande tester kan inte värdena jämföras med varandra med stor tillförlitlighet. Under denna studie gjordes alla mätningar vid steg 4 efter 2min för att skapa en standardisering. Vid steg 5 tas första provet efter 4min vilket kan påverka resultaten, en del simmare skulle kunna nå sin laktat "peak" redan efter 2-3min vilket skulle göra att värdet efter 4min är missvisande. Utifrån denna studies resultat stegrade inga laktatvärden från 7-10min. En rekommendation skulle därför kunna vara att göra mätningarna vid steg 5 efter 3, 5 och 7 minuter som exempel.

Enligt protokollet ska en sänkning i sekunder/steg göras med 3-4s för 100m simmare, 5-8s för 200m simmare och 8-12s för 400m simmare. Om en 200m simmare vid varje steg håller sig till en sänkning på 5s medan en annan sänker sig med 8s varje gång så kommer med stor

sannolikhet deras ansträngning skattas olika. Den som hela tiden gör en stor sänkning kan riskera att köra slut på sin energi för tidigt medan den som sänker sig precis vid lägsta gränsen kanske inte kommer upp i den efterfrågade ansträngningen. Sedan kan en simmare börja på den övre delen av spannet och sedan lägga sig på den nedre delen vilket kan göra att intensitetsökningen inte blir stor nog. För att skapa goda förutsättningar för god reliabilitet på testet skulle dessa spanns behövas tas bort och endast en tidssänkning bör användas.

Vilan inför det sista steget för 100m och 200m simmare ligger på ungefär 20min och för 400m simmare på upp till 30min. Detta skapar även här en problematik med standardisering. Syftet med den långa vilan är att simmaren ska uppnå så nära full återhämtning som möjligt. De som simmar 400m behöver enligt protokollet mer vila än de som simmar de kortare distanserna, men de som simmar 400m är oftast de som är mer aerobt tränade och har en snabbare återhämtning än de som simmar kortare distanser. De som simmar 400m testet skulle därför kunna ha samma längd på vilan inför det sista steget som 100m och 200m simmarna har.

Eftersom att det endast var en dag mellan de två testtillfällena så har träningseffekten haft minimal påverkan på testresultaten. Om en lägre period (t.ex. två veckor) hade passerat mellan de två testtillfällena hade förbättringar av den aeroba kapaciteten kunnat ske vilket hade resulterat i en högerförskjutning av laktattröskeln (Olbrecht 2000, s 108). Detta innebär att laktatackumuleringen hade skett vid en högre hastighet vid test 2 än vid test 1. Likaså skulle en vänsterförskjutning av laktattröskeln kunnat ske om försökspersonerna inte tränade mellan de båda testtillfällena vilket skulle indikera en försämring av den aeroba kapaciteten. För att undvika eventuella förbättringar eller försämringar av den aeroba kapaciteten har en dag mellan testtillfällena tillämpats. Noterbart är att stora förbättringar av den aeroba kapaciteten kräver längre tid än två veckors träning.

Anledningen till att en dag mellan testtillfällena har använts är för att möjliggöra återhämtning efter det fysiskt krävande testprotokollet. I många träningsprogram i simning använder man sig ofta av principen att man tränar med hög intensitet en dag följt av en dag med lägre intensitet och sedan hög intensivt dagen efter det igen (Hannula & Thornton 2011, s. 248). Många simmare är vana vid detta upplägg och detta har bl.a. också legat till grund för att ha en dag ”vila” mellan de två testtillfällena. Försökspersoner 1-3 och 7 tränade inte dagen innan test 1, efter det första testet hade dem en aktiv vilodag där de tränade låg-

medelintensiv simning för att sedan genomföra test 2 dagen efter den aktiva vilodagen. Försökspersoner 4-6 och 8 tränade däremot både innan dagen test 1 samt test 2. Träningspassen som genomfördes dagen innan de bägge testtillfällena genomfördes med låg/medel intensitet. Detta innebär såldes att det var olika förutsättningar för graden av återhämtning innan testet, då halva gruppen hade vilat dagen innan test 1 medan halva gruppen hade tränat. Anledningen till denna olikhet var för att samtliga simmare inte kunde genomföra testet samtidigt. Då testet ska kunna genomföras praktiskt med hänsyn till plats i simhallen samt begränsning av testledare bestämdes att försökspersonerna skulle delas in i två grupper, där grupp ett bestående av fyra försökspersoner genomför testet dag 1 och dag 3 medan andra halvan av gruppen genomför testet dag 2 och dag 4. Då försökspersonerna höll nationell elitnivå och är vana att träna sex till tio simpass i veckan tros träningen som hölls dagen innan första testtillfället för försökspersoner 4-6 och 8 inte ha någon negativ påverkan på testresultaten vid test 1. Alla försökspersoner som deltog i studien tränade aktivt i samma klubb, vilket innebär att träningen såg relativt lika ut för samtliga försökspersoner. Däremot så tränade försökspersonerna i olika träningsgrupper vilket innebar till att träningen mellan de olika försökspersonerna såg annorlunda ut. Under dagen mellan testerna har försökspersonerna tränat som vanligt med sin träningsgrupp. Samtliga försökspersoner tränade ett pass under den aktiva vilodagen mellan test 1 och test 2 förutom försökspersoner 7 och 8 som blev sjuka efter test 1. Samtliga deltagare som tränade under vilodagen tränade låg-medelintensivt, däremot så varierade volymen för deltagarna mellan 5-7km simning beroende på specialdistans.

Sömnens påverkan på träning har länge varit känd. För att kunna prestera optimalt är det viktigt att man är har sovit tillräckligt och är utvilad. Åtta timmars sömn per natt anses generellt vara en minimumgräns för idrottare som tränar flitigt. Detta för att möjliggöra en tillräcklig återhämtning av muskulaturen inför nästa träningspass. För lite sömn leder också ofta till förkylning och förhindrar således träning (Sargent et al. 2012). Den mängd sömn försökspersonerna sovit natten innan testet tros ha en påverkan på testresultatet, därför ombads försökspersonerna att försöka standardisera mängden sömn natten innan de två testtillfällena. Samtliga försökspersoner sov åtta timmar eller mer natten innan testtillfällena vilket gav goda förutsättningar för att prestera på testen.

Kosten kan precis som sömnen ha en påverkan på testresultaten. Därför har försökspersonerna även här ombetts att försöka standardisera måltiden de äter på morgonen innan testet vid de

båda testtillfällena. Inga protokollenliga uppföljningar angående hur väl kosten och sömnen standardiserades, däremot berättade försökspersonerna muntligt hur de ätit och sovit. Samtliga försökspersoner hade standardiserat sömnen och kosten väl.

5.2 Mätning av hjärtfrekvens

Utifrån data som samlats in för att undersöka om det är någon skillnad mellan den analoga och den digitala mätningen av hjärtfrekvens går det att visa på en svag korrelation ($r = 0.83$) mellan de två mätsystemen. Denna korrelation anses i sammanhanget vara relativt låg, om ($r > 0.9$) däremot har framställts hade detta indikerat att de två mätsystemen korrelerar väl med varandra. Differensen i antalet hjärtslag visar att det i medeltal skiljer 8.86 slag mellan de två mätmetoderna vilket kan ses som en relativt stor differens. Vad som kan vara en orsak till denna differens kan mycket väl bero på antalet sekunder försökspersonerna mätte sin egen hjärtfrekvens, vilket i detta fall var tio sekunder. Tar simmaren fel på antalet slag med endast ett slag under dessa tio sekunder påverkar det antalet hjärtslag/minut med sex slag. Detta visar att en liten felräkning kan få en stor påverkan på slutresultatet.

($P = 0.09$) visar inte på en signifikant skillnad mellan de två mätsystemen, däremot går det att uttala sig kring en tendens till skillnad. En möjlig förklaring till att ingen signifikant skillnad mellan den analoga och digitala mätningen av hjärtfrekvensen erhöles, trots en medeldifferens av 8.8 slag, var att det inte fanns något mönster mellan de två mätsystemen. Den analoga mätningen visade i vissa fall värden över och ibland värden under den digitala mätningen. Detta tros ha bidragit till att ingen signifikant skillnad erhöles. Hade den analoga mätningen däremot alltid visat värden över den digitala mätningen så hade detta troligtvis resulterat i en signifikant skillnad mellan de två mätsystemen.

I fall syftet varit att erhålla en så låg differens som möjligt mellan en analog och en digital mätning av hjärtfrekvens skulle det vara bättre om hjärtfrekvensen mättes under en längre tid än bara 10s. En optimal längd på mätning av hjärtfrekvens analogt går däremot inte att besvara utan mer vetenskaplig grund. Att mäta hjärtfrekvensen analogt under en hel minut skulle inte ge valida resultat då hjärtslagen sjunker snabbt efter avslutat arbete, hjärtfrekvensen uppmätt efter 30s speglar inte hjärtfrekvensen direkt efter målgång. Att använda sig av 10s vid analog mätning kan anses mest tillämpbarhet då simmare under träning oftast bara har tid att mäta hjärtslagen under sex till tio sekunder, efter det måste de fortsätta på en ny längd i

bassängen. De resultat som framställts i denna studie kan då anses överförbara till simmarens träningsmiljö då mätningen av hjärtfrekvens genomförs på samma sätt där.

Utifrån slutsatsen att analog och digital hjärtfrekvensmätning kan variera 8,8 slag är det digitala systemet att rekommendera för användning vid step-tester, då det digitala mätsystemet anses vara mer reliabelt. Vid step-tester är det av stor betydelse att uppmätta värden håller hög reliabilitet och är tillförlitliga. Data som samlas in vid step-tester analyseras för att kunna utvärdera genomförd träning och möjliggöra individuell träningsplanering. Insamling av tillförlitliga data blir således av stor betydelse och därför rekommenderas digital hjärtfrekvensmätning.

Kan då analog mätning av hjärtfrekvensen användas även fast den inte anses vara lika reliabel som den digitala mätningen? Vid aerob simträning används ofta hjärtfrekvensen för att fastställa vilket energisystem som används. Som exempel används 80-90% av maximalhjärtfrekvens som spann för tröskelträning (Hannula & Thornton 2012, s. 236). Vid en maximal hjärtfrekvens av 200 slag/min så motsvarar detta ett spann på 160-180 slag/min. Under sådan träning skulle det anses vara acceptabelt att använda sig av analog mätning av hjärtfrekvens då en felräkning av 8,8 slag ändå tillåter simmaren att vara inom det önskvärda intensitetsspannet.

En tydlig variation för försökspersonernas individuella förmåga att ange rätt hjärtfrekvens med hjälp av analog mätning uppmärksammades. Vid enskilda repetitioner lyckades vissa försökspersoner få fram exakt samma värde vid analog mätning som den digitala mätningen visade, medan en annan kunde komma upp till en differens på 31 slag. Utifrån detta går det att säga att differensen mellan en analog och digital mätning kan vara väldigt individuell då vissa har en bättre förmåga att beräkna sin hjärtfrekvens rätt medan andra har svårare för det. Ingen försöksperson hade samma värde vid analog- och digitalmätning under ett helt test, att det finns en differens mellan de två mätmetoderna går då att säga med stor säkerhet. Någon undersökning på freelapsystemets reliabilitet har däremot inte hittats och därför går det inte med säkerhet säga att den digitala mätningen utger rätt värden.

5.3 Kontroll av hastighet

Det faktum att variationskoefficienten för tiden och TT sjönk från 4.0% till 3.3% från test 1 till test 2 indikerar att försökspersonerna som grupp blev bättre på att kontrollera sin hastighet utifrån de uppsatta måltiderna. Differensen i medeltal mellan tiderna och uppsatta måltider var 3.73s vid test 1 och 3.08s vid test 2 (se figur 3). För de försökspersonerna som simmade protokollet 8x100m var medeldifferensen 3.29s vid test 1 och 2.6s vid test 2. Eftersom att spannet för TT vid det första steget varit sex sekunder indikerar resultaten att försökspersonerna lyckats kontrollera sin hastighet korrekt vid detta steg. Vid de efterföljande stegen har spannet för TT varit mindre (ungefär 1s) vilket innebär att försökspersonerna inte bibehöll sin förmåga att pacea korrekt utifrån medeldifferensen. Detta ger dock inte en trovärdig inblick i differensen för varje enskild intervall. Försökspersonerna som genomförde protokollet 8x200 hade en medeldifferens mellan tider och TT 4.59s vid test 1 och 3.73 vid test 2. Noterbart är att dessa försökspersoner hade en större differens jämfört med försökspersonerna som simmade 8x100. Samtidigt så är spannet för 8x200 protokollets TT större vilket innebär att differensen också kan vara större men att försökspersonerna fortfarande ligger inom det spann som efterfrågas. Försöksperson 6 var den enda som genomförde 400m protokollet och därför presenteras endast dennas data för detta protokoll. Medeldifferensen för denna försöksperson var 4.2s vid test 1 och 3.76s vid test 2. Vid genomförande av detta protokoll så blir spannet för TT ännu större än vid 200m protokollet. Utifrån dessa resultat kan man dra slutsatsen att försöksperson 6 hade en god förmåga att kontrollera sin hastighet redan vid första testet och lyckades dessutom att förbättra sig vid det andra testet. En variationskoefficient på 4.0% mellan tider och TT kan således anses vara låg och indikerar en bra pace förmåga.

Försökspersonerna fick endast uppsatta måltider för varje intervall och inte någon hastighet att utgå ifrån. Detta eftersom tider oftast används som utgångspunkt för att förklara önskad hastighet vid simning, samt att simmarna själva får än bättre inblick i hur snabbt de önskas simma. Hade istället önskvärd hastighet använts så hade det troligtvis blivit svårare för försökspersonerna att förstå hur snabbt de önskades simma i praktiken. Försökspersonerna hade förmodligen behövt räkna om hastigheten till tid själva för att få en tydligare inblick i vad som önskades av dem.

Då de uppsatta måltiderna hade ett spann på några sekunder ex. 1:24-1:30 så användes snitttiden för detta spann, ex. 1:27.0 som utgångspunkt för uträkningen av variationskoefficienten mellan tider och uppsatta måltider. Detta resulterade i att försökspersonerna ibland lyckades att simma inom den givna intervallen men ändå fick en variationskoefficient över 0 eftersom att de inte prickade snitttiden för den uppsatta måltiden. Exempel: simmaren simmar på 1:24.0, uppsatt måltid 1:24-1:30, snitt av uppsatt måltid 1:27. I den statistiska uträkningen blir således CV% för denna intervall 1.75% även fast försökspersonen lyckades att kontrollera sin hastighet inom det spann som önskades. En $CV% < 4.0\%$ för varje enskild intervall bör klassas som låg och indikerar en god förmåga att kontrollera hastigheten.

Försöksperson 5 var den enda som inte förbättrade sin förmåga att kontrollera sin hastighet. Försöksperson 5 hade även dock en variationskoefficient under 1.0% vid båda testtillfällena vilket är en indikation på en bra förmåga att kontrollera hastighet.

Resultaten från regressionsanalyserna stärker påståendet om försökspersonernas goda kontroll av hastighet. Försökspersonerna hade gemensamt väldigt stark korrelation ($r = 0.99$) mellan de båda testtillfällena. När försökspersonerna däremot delas in i grupper utefter vilken distans de genomfört under testet så går det att skilja dem åt. Försökspersonerna som genomförde 100m protokollet hade en hög korrelation ($r = 0.89$), försökspersonerna som genomförde 200m protokollet hade en ännu högre korrelation ($r = 0.95$) och tills sist försökspersonen som genomförde 400m protokollet hade högst korrelation ($r = 0.99$). Dessa resultat indikerar att försökspersonernas kontroll av hastighet ökar i takt med att genomförd distansen ökar. Om detta är ett helt sanningsenligt påstående och gäller generellt skulle dock kräva djupare undersökning.

5.4 Laktattröskel och kontroll av hastighet

Bortsett från försöksperson 5 så lyckades alla försökspersoner förbättra sin kontroll av hastighet vid det andra testtillfället. Detta kan förklaras av inlärningseffekten. Försökspersoner blir generellt sett bättre på att genomföra ett test vid upprepade testtillfällen.

En förbättring av kontroll av hastighet blir i detta avseende en förbättring i utförandet av testet.

För att kunna erhålla reliabla resultat från testet är det av stor betydelse för försökspersonerna att försöka standardisera genomförandet samt förberedelserna innan testet (kost & sömn). Standardisering av genomförandet har försökt uppnås genom användning av samma protokoll för stegringen av intensiteten i form av uppsatta måltider. Förberedelserna innan testerna, i form av kost och sömn har försökspersonerna själva försökt att standardisera. Det är dock inte lätt att standardisera alla dessa komponenter, och även om detta skulle åstadkommas så kan faktorer som dagsform och humör ha en påverkan på testresultatet.

Som nämnts ovan så har en övre gräns för variationen av laktattröskeln bestämts till 1.0 mmol/L för att testet ska anses vara reliabelt. I denna studie var det endast en försöksperson, FP6 som lyckades erhålla en variation av laktattröskeln under 1.0 mmol/L, därför anses endast denna försökspersons testresultat vara reliabla. FP6 hade också lägst variationskoefficient mellan sina tider och uppsatta måltider vid båda testtillfällena (0.6% vid test 1 och 0.5% vid test 2, se figur 3) vilket indikerar en väldigt god kontroll av hastighet. Även fast en variationskoefficient <4.0% mellan tider och uppsatta måltider anses vara lågt och indikerar en god kontroll av hastighet så kan det vara så att det krävs en väldigt god kontroll av hastighet (<0.75%) för att kunna erhålla en reliabel laktattröskel (<1.0 mmol/L).

FP5 lyckade kontrollera sin hastighet väl utifrån de uppsatta måltiderna. Denna försöksperson hade en variationskoefficient strax över 0.75%. Försökspersonens variationskoefficient av laktattröskeln var också strax över den bestämda gränsens för ett reliabelt test vilket tros ha påverkats av att dennes förmåga att kontrollera sin hastighet. Om FP5 förmåga att kontrollera sin hastighet skulle förbättras ytterligare så att en variationskoefficient <0.75% mellan tider och uppsatta måltider skulle erhållas, skulle man också kunna förvänta sig en reliabel laktattröskel. FP1 och FP4 variationskoefficient mellan tider och uppsatta måltider vara klart över 0.75%. Dessutom var variation av laktattröskeln klart över 1.0 mmol/L, vilket var att förvänta utifrån deras förmåga att kontrollera hastigheten. Försökspersonerna förmåga att kontrollera sin hastighet utifrån uppsatta måltider tycks således ha stor påverkan på laktattröskelns reliabilitet.

Ytterligare en faktor som kan påverka reliabiliteten av laktattröskeln är vilket protokoll som genomförs. FP6 var den enda som genomförde 400m protokollen och var dessutom den enda som lyckade erhålla en reliabel laktattröskel. Zinner et al. (2011) skriver om betydelsen av att intervalldurationen vid genomförandet av step-tester ska vara 3-7min för att möjliggöra stabilare laktatnivåer i blodet. Noterbart är att 100m & 200m protokollet inte uppfyller dessa rekommendationer för arbetsdurationen. Val av protokoll vid genomförandet av Pansolds step-test tycks därför också ha en betydelse för reliabiliteten. Det är dock kontroll av hastighet som är av störst betydelse för reliabla testresultat. Vid bristfällig kontroll av hastighet kommer val av protokoll inte ha någon betydelse, då icke reliabla resultat troligtvis kommer att erhållas ändå. Däremot, förutsatt att kontrollen av hastighet hos simmaren är väldigt god, kan 400m protokollet ha en ytterligare positiv påverkan på testets reliabilitet.

Nämnvärt är också att testledarnas förmåga och erfarenhet av blodtagning vid genomförandet av testet kan ha en påverkan på variationen av laktatet. Betydelsen av god hygien är stor för minimering av blodöverförbara sjukdomar, samt för att undvika kontaminering av blodet som i sin tur kan påverka uppmätta laktatvärden negativt. Kompetenta testledare är således fundamentalt för ett lyckat test, det är också att föredra testledare med erfarenhet inom idrottsvetenskapliga tester.

5.5 Kritiska värderingar och framtida forskning

Step-tester är simningens sätt att mäta laktattröskeln, det är även ett test som kan påverkas av många olika faktorer. Som tidigare nämnts kan kost och sömn påverka laktatvärdena, likaså kön, simsätt och distans som undersökts av Holfelder et al. (2013). Eftersom testet ser olika ut beroende på simmarens simsätt och distans vore det av intresse att undersöka reliabiliteten i varje simsätt och distans upplägg.

En stor mängd av den volym som simmarna simmar under träningstid består oftast av frisim, detta kan mycket väl bero på dess låga energikostnad jämfört med de andra simsätten (Barbosa et al. 2006). Enligt samma forskare har fjärilsim högst energikostnad oavsett hastighet, detta kan väcka tankar kring step-testets tillämpbarhet. Att klara av att utföra 8x200m fjärilsim ställer stora krav på försökspersonens teknik men framförallt fysik. Då

simsättet ställer så höga fysiska krav blir den önskade fartökningen mellan varje steg svårare att uppnå jämfört med de som simmar frisim. Pansolds step-testprotokoll för fjärilsimmare skulle därför kunna ses som ett test mest tillämpligt för simmare av en hög nationell/internationell nivå då de simmarna på en lägre nivå troligtvis inte klarar av protokollets upplägg.

Försökspersonerna i denna studie hade inte exakt samma upplägg vilket framtida forskning bör tänka på. Fyra försökspersoner hade en heldag fri från träning dagen innan det första testtillfället medan resterande försökspersoner hade träning kvällen innan sitt första testtillfälle. En heldag jämfört med en halvdags vila skulle kunna medföra olika förutsättningar inför testtillfället. Möjligheten finns att de som var helt lediga en hel dag innan första testtillfället var fullt utvilade jämfört med de som tränade kvällen innan. Detta skulle även i sin tur kunna påverka laktatvärdena under det första testet. Med tanke på att de fyra försökspersonerna som hade en heldags vila innan första testtillfället hade en kortare vila inför det andra testtillfället kan ha påverkat dem både fysiskt och psykiskt. Deras kroppar kan ha varit mer utvilade till test 1 jämfört med test 2 likaså deras psyke. Vid upprepning av denna studie skulle en rekommendation vara att standardisera detta ännu bättre om möjlighet finns.

För framtida studier skulle vissa saker kunna tas i åtanke. I denna studie togs ej vilolaktat på försökspersonerna, detta rekommenderas att göra då detta kommer ha betydelse för laktatkurvans utformning. Fler försökspersoner ökar trovärdigheten på studien och skulle därför eftertraktas. Fler försökspersoner innebär däremot en högre ekonomisk utgift, mycket utrustning krävs för att utföra testet och därför kan det mycket väl bli en kostnadsfråga. Då dessa tester tog uppemot en timme att utföra per person skulle en effektivisering vara att utföra fler än två simmare åt gången vilket gjordes under denna studie. Detta sätter däremot krav på fler testledare då mycket data ska samlas in och att en testledare inte har tid för mer än en försöksperson åt gången. För att utföra ett bra step-test och för att få de önskade resultaten krävs goda förberedelser.

5.6 Slutsatser och rekommendationer

Pansolds step-testprotokoll bör standardiseras ytterligare. En god standardisering ökar möjligheten för reliabla testresultat. Standardisering av uppsatta måltider, tid vid laktatmätning efter avslutad intervall och vilotid inför den sista intervallen bör ses över, så att fasta värden används istället för spann. Vid utförandet av step-tester rekommenderas en digital mätning av hjärtfrekvensen eftersom att denna tros vara mest tillförlitlig. Analog hjärtfrekvensmätning fungerar däremot bra vid konditionsträning då den ger en bra indikation av arbetsintensiteten. Försökspersonerna blev överlag bättre på att kontrollera sin hastighet vid det andra testtillfället. Detta kan förklaras av inläringseffekten. En variation $<4.0\%$ mellan tider och uppsatta måltider anses indikera en god kontroll av hastighet. För att erhålla reliabla laktattröskelvärden tycks en variation $<0.75\%$ mellan tider och uppsatta måltider krävas. Reliabla resultat kan erhållas vid genomförandet av Pansolds step-testprotokoll, testet ställer dock stora krav på simmares förmåga att kontrollera sin hastighet då detta tycks spela en avgörande roll i hur vida en reliabel laktattröskel framställs.

Käll- och litteraturförteckning

Baar, K. (2014) Nutrition and the Adaption to Endurance Training, *International Journal of Sports and Medicine*, 44(1) ss, 5-12.

Barbosa, T. Fernandes, R. Keskinen, K. Colaco, P. Cardoso, C. Silva, J. & Vilas-Boas, J. (2006) Evaluation of the Energy Expenditure in Competitive Swimming Strokes, *International Journal of Sports and Medicine*, 27, ss. 897-899.

Barbosa, T. Kelly de Jesus, J. Abraldes, A. Ribeiro, J. Figueiredo, P. Vilas-Boas, J. & Fernandes, J. (2015) Effects of Protocol Step Length on Biomechanical Measures in Swimming, *Journal of Sports Physiology and Performance*, 10, ss. 211-218.

Capelli, C. Pendergast, D. & Termin, B. (1998) Energetics of swimming at maximal speeds in humans, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 78(5), ss. 385-393.

Caspersen, C. Berthelsen, P. Eik, M. Pa[^]kozdi, C. & Kjendlie, P-L. (2010) Added mass in human swimmers: Age and gender differences, *Journal of Biomechanics*, 43(12), ss. 2369–2373.

Chatard, J-C., Stewart, A.M. (2011) Training Load and Performance in Swimming. *World Book of Swimming*. Science to Performance: New York ss. 359–374.

Fernandes, R. Sousa, M. Machado, L. & Vilas-Boas, J. (2011) Step Length and Individual Threshold Assessment in Swimming, *International Sports Medicine*, 32, ss. 940-946.

Hannula, D. & Thornton, N. (2011) The swim coaching bible volume II, *Human Kinetics*, Kap 17. ss. 236, 248.

Holfelder, B. Brown, N. & Bubeck, D. (2013) The Influence of Sex, Stroke and Distance on the Lactate Characteristics in High Performance Swimming, *PLoS ONE*, 8(10), ss. 1-11

Kenney W. L. Wilmore J. H. & Costill D. L. (2012) *Physiology of Sport and Exercise*. Fifth Edition. Champaign IL.: Human Kinetics ss.56, 66, 130.

Michalsik L. & Bangsbo J. (2004) *Aerob och Anaerob Träning*. Stockholm: SISU Idrottsböcker ss.70, 99-102.

Millard-Stafford, M. Brown, M-B. & Snow, Teresa. (2010) Acute Carbohydrate Ingestion Affects Lactate Response in Highly Trained Swimmers, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(1), ss. 42-54.

Olbrecht J. (2000). *The Science of Winning: Planning, Periodizing and Optimizing Swim Training* : Luton: Sponsor and principal Distributor ss.101, 108.

Rodriguez, F. & Mader, A. (2010) Energy Systems in Swimming, *Nova Science Publishers*, Kap 11. ss. 1-14 .

Sargent, C. Halson, S. & Roach, G-D. (2012) Sleep or swim? Early-morning training severely restricts the amount of sleep obtained by elite swimmers, *European Journal of Sport Science*, 14(1), ss. 310-315.

Svenska simförbundet (2012-02-22) *FINA poäng*.
<http://www.svensksimidrott.se/Varagrenar/Simning/Simstatistik/FINApoang/> [2016-12-10].

Zinner, C. Krueger, M. Wahl, P. Sperlich, B. & Mester, J. (2011) Comparison of Three Different Step Test Protocols in Elite Swimming, *Journal of Exercise Physiology*, 14(1), ss. 43-47.

Tack!

Stort tack till vår handledare Marcus Moberg som med bra feedback och snabb återkoppling hjälpt oss med denna studie. Tack till Johan Wallberg för bra feedback och stöd. Tack till Aron Spejare för all hjälp med SPSS och Excel och till sist ett stort tack till alla försökspersoner som ställt upp. Utan alla er ovannämnda hade detta inte varit möjligt att genomföra, tack.

Bilaga 1

Litteratursökning

Syfte och frågeställningar:

Syftet var att undersöka reliabiliteten i Pansolds step-testprotokoll i simning. Följande frågeställningar har använts i denna uppsats:

- Håller Pansolds step-testprotokoll hög reliabilitet gällande erhållen laktattröskel?
- Håller Pansolds step-testprotokoll hög reliabilitet gällande uppmätt simtid?
- Skiljer sig den digitala- och analoga mätningen av hjärtfrekvens?
- Hur väl kan simmare kontrollera sin hastighet utifrån uppsatta måltider?

Vilka sökord har du använt?

Pansold step test, step test, step test swimming, step test protocol, golden standard step test, test swimming, lactate in swimming, step length, anaerobic threshold, energy systems swimming, strength training swimming, energy expenditure in competitive swimming, biomechanical and swimming, Protocol step length in swimming, energy levels swimming, speed swimming, age swimming, gender swimming, step length and individual threshold assesment in swimming, swimming at maximal speed, age and gender differences and swimming, differences in age and gender in swimming, training load swimming, training load and performance, optimal overload in swimmers, the influence of sex, stroke and distance in swimming

Var har du sökt?

GIH:s sökmotor: Discovery, Google scholar, PubMed, Ebsco

Sökningar som gav relevant resultat

Discovery: energy expenditure in competitive swimming
Discovery: protocol step length in swimming
Discovery: step test and swimming
Ebsco: swimming at maximal speed
Ebsco: age and gender differences and swimming
Google Scholar: step length and individual threshold assesment in swimming
PubMed: the influence of sex, stroke and distance in swimming

Kommentarer

Det går att hitta en hel del artiklar kring step tester i de flesta databaserna, discovery och ebsco kan ses som bäst lämpade vid sökande av just step test. Mer fysiologiska och biomekaniska fördjupningar skulle hänvisas till framförallt pubmed. Många av de använda artiklarna är related articles. Mycket data har hämtats från böcker, framförallt kring laktat.

Bilaga 2

Resultat för FP1 till FP6 (*onormalt högt värde)

(FP 1)

Test 1				Test 2				Differens (test1/test2)		
Steg	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	
1-1	1:12.5	-	150*	1:20.0	-	137	+8.5	-	-13	
1-2	1:17.9	-	150*	1:20.1	-	142	+2.1	-	-8	
1-3	1:19.2	1.0	150*	1:19.3	1.1	163	+0.1	+0.1	+13	
2-1	1:13.0	-	162*	1:17.2	-	171	+4.2	-	+9	
2-2	1:12.0	1.3	174*	1:14.1	1.8	151	+2.1	+0.5	+23	
3	1:08.2	5.3	180*	1:10.2	3.8	179	+2.0	-1.5	-1	
4	1:06.0	8.1	180*	1:07.2	6.8	175	+1.2	-1.3	-5	
5	1:05.7	7.9	192*	1:05.6	8.9	167	-0.1	+1.0	-25	
7min	-	8.7	-	-	7.9	-	-	-0.8	-	
10min	-	7.0	-	-	7.3	-	-	+0.3	-	
Laktatt röske	1:06.8	6.7	-	1:10.4	3.7	-	+3.6	-3.0	-	

(FP2)

Test 1				Test 2				Differens (test1/test2)		
Steg	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	
1-1	2:49.9	-	168*	2:49.8	-	147	-0.1	-	+21	
1-2	2:48.8	-	174*	2:50.6	-	151	+1.8	-	+23	
1-3	2:49.4	4.0	180*	2:50.5	2.0	163	+1.1	-2.0	+17	
2-1	2:43.1	-	180*	2:46.4	-	167	+3.3	-	-	
2-2	2:42.8	7.3	192*	2:45.0	4.3	175	+2.2	-3.0	+17	
3	2:39.1	9.5	204*	2:41.3	5.9	180*	+2.2	-3.6	-24	
4	2:37.0	12.6	204*	2:33.2	11.8	179	-3.8	-0.8	-25	
5	2:32.8	12.2	204*	2:38.0	14.0	183	+5.2	+1.8	-21	
7min	-	12.4	-	-	14.4	-	-	+2.0	-	
10min	-	11.3	-	-	13.8	-	-	+2.5	-	
Laktatt tröskel	2:49.4	4.0**	-	2:45.9	4.0**		-3.5	±0	-	

(FP3)

Test 1				Test 2				Differens (test1/test2)		
Steg	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	
1-1	1:22.2	-	180	1:23.2	-	163	+1.0	-	-17	
1-2	1:23.8	-	163	1:30.4	-	157	+6.6	-	-6	
1-3	1:23.4	11.1*	179	1:30.2	4.9	160	+6.8	-6.2	-19	
2-1	1:20.5	-	183	1:26.8	-	167	+6.3	-	-	
2-2	1:23.3	15.2*	197	1:26.2	5.1	171	+2.9	-10.1	-26	
3	1:24.4	14.8*	180	1:23.0	6.5	175	-1.4	-8.3	-5	
4	1:21.7	16.1*	175	1:19.3	8.7	171	-2.4	-7.4	-4	
5	1:16.7	10.9	175	1:12.6	11.3	163	-4.1	+0.4	-12	
7min	-	10.5	-	-	9.9	-	-	-0.6	-	
10min	-	9.6	-	-	9.2	-	-	-0.4	-	
Laktat tröskel	N/A	N/A	-	N/A	N/A		N/A	N/A	-	

(FP4)

Test 1				Test 2				Differens (test1/test2)		
Steg	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	
1-1	2:48.9	-	120	2:54.4	-	130	+8.5	-	+10	
1-2	2:54.8	-	111	2:53.9	-	145	+2.1	-	+34	
1-3	2:54.6	0.7	130	2:53.5	1.2	145	+0.1	+0.5	+15	
2-1	2:44.9	-	140	2:46.9	-	154	+4.2	-	+14	
2-2	2:44.2	1.9	142	2:47.3	1.6	163	+2.1	-0.3	+19	
3	2:36.6	3.7	160	2:38.3	3.6	171	+2.0	-0.1	+11	
4	2:30.6	10.5	171	2:30.8	6.5	187	+1.2	-4.0	+16	
5	2:25.3	8.1	192	2:26.9	10.8	187	-0.1	+2.7	-5	
7min	-	9.3	-	-	10.1	-	-	+0.8	-	
10min	-	8.3	-	-	9.1	-	-	+0.8	-	
Laktat tröskel	2:36.2	3.7	-	2:33.2	5.7	-	-3.0	+2.0	-	

(FP5)

Test 1				Test 2				Differens (test1/test2)		
Steg	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	
1-1	3:00.0	-	135	2:58.5	-	151	-1.5	-	+16	
1-2	3:04.0	-	154	2:58.3	-	160	-5.7	-	+6	
1-3	3:02.0	1	142	2:58.0	1.3	163	-4	+0.3	+21	
2-1	2:55.0	-	160	2:51.4	-	171	-3.6	-	+11	
2-2	2:54.0	1	167	2:52.0	1.1	160	-2	+0.1	-7	
3	2:41.8	2.1	179	2:44.1	2.1	171	+2.3	0	-8	
4	2:32.0	5.8	183	2:35.4	3.9	179	+3.4	-1.9	-4	
5	2:24.8	10.8	183	2:24.3	9.7	187	-0.5	-1.1	+4	
7min	-	10.3	-	-	8.1	-	-	-2.2	-	
10min	-	9.8	-	-	7.5	-	-	-2.3	-	
Laktatt röskel	2:30.3	5.2	-	-	2:36.2	3.7	-	+5.9	-1.5	

(FP6)

Test 1				Test 2				Differens (test1/test2)		
Steg	Tid (400m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (400m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	Tid (100m)	Laktat (mmol/L)	HF (BPM)	
1	4:59.2	1.3	114*	4:57.9	0.5	151	-1.3	-0.8	+37	
2	4:49.4	1.1	142	4:47.9	1.0	157	-1.5	-0.1	+15	
3	4:32.3	2.4	167	4:33.2	1.9	163	+0.9	-0.5	-4	
4	4:17.1	11.0	180*	4:16.2	12.1	179	-0.9	+1.1	-1	
7min	-	9.5	-	-	11.1	-	-	+1.6	-	
10min	-	8.1	-	-	10.0	-	-	+1.9	-	
Lakta ttröskel	4:26.6	4.7	-	4:27.5	5.0	-	+0.9	+0.3	-	