

Blodlaktat, hjärtfrekvens och skattad ansträngning vid löpning på rullband jämfört med löpning på fast underlag

Oscar Gidewall
Matthias Johnsson

IDROTTSHÖGSKOLAN I STOCKHOLM
Examensarbete 70:2005
Tränarutbildningen: 2003-2006
Handledare: Johnny Nilsson

Blood Lactate, Heart Rate and Perceived Exertion during Treadmill Running Compared with Running on a Track

Oscar Gidewall
Matthias Johnsson

STOCKHOLM UNIVERSITY
COLLEGE OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORT
Dissertation 70:2005
Sport Science and Coaching: 2003-2006
Supervisor: Johnny Nilsson

Sammanfattning

Bakgrund

Löpning på rullband/löpband har blivit en allt vanligare ingrediens vid träning på nordliga breddgrader. Rullbandet är också en viktig ergometer som möjliggör att fysiskt arbete kan mätas under standardiserade former. Ett prestationstest som ofta utförs på löpband är ett så kallat laktattröskeltest. Testet går ut på att finna den brytpunkt när laktatproduktionen överträffar förmågan att omsätta eller transportera bort bildad laktat, det vill säga den högsta konstanta hastighet som kan löpas utan att laktatet hastigt ackumuleras i blodet. Om ett sådant test skall kunna användas till att förutse sin tävlingsfart, eller för att hitta rätt hastighet för så kallad tröskelträning, förutsätts det att löpbandslöpning och löpning på fast underlag är likvärdigt. Syftet med denna studie var att jämföra löpbandslöpning och löpning på fast underlag, avseende blodlaktat (Hla), hjärtfrekvens (HF) och skattat ansträngning (RPE), med utgångspunkt från ett laktattröskeltest utfört på löpband. Finns det skillnader i löpning på ett rullband jämfört med löpning på ett fast underlag (banlöpning)?

Metod

Nio frivilliga försökspersoner, sju män och två kvinnor (20-39 år, $m=26,8$, $SD=\pm 6,6$), som alla var mycket vana löpare med gedigen träningsbakgrund, genomförde först ett laktattröskeltest på löpband. Med utgångspunkt från den individuella laktattröskelhastigheten (12,5-19,5 km/h, $m=17,05$, $SD=\pm 2,15$) genomfördes därefter två identiska träningspass (5x1000m, med 60 sek vila) i tröskelfart, på fast underlag (200m inomhusbana), respektive på löpband. Halva försöksgruppen genomförde passet först på löpband, och vice versa. Laktatprov togs efter varje enskild intervall och hjärtfrekvensen registrerades kontinuerligt var femte sekund. Ansträngningen i benmuskulatur, samt centralt i andningen, skattades med hjälp av Borgskalan (RPE) omedelbart efter varje avslutad 1000m-intervall.

Resultat och slutsats

Studien visade på signifikanta skillnader i blodlaktat och hjärtfrekvens mellan de båda underlagen. Den metaboliska belastningen på fast underlag var betydligt större. Inga statistiskt säkerställda skillnader kunde dock upptäckas avseende RPE. Försiktighet bör vidtas vid överförandet av resultat som erhållits vid tester på löpband till löpning på fast underlag. Om träningens intensitet styrs med utgångspunkt från utfallet av ett tröskeltest utfört på löpband, bör hänsyn tas till att den metaboliska belastningen är större på fast underlag. Detta är särskilt viktigt om träning eller tävling avses bedrivas på en belastning nära laktattröskeln men utan att överstiga denna.

Abstract

Background

Treadmill running has become an increasingly popular substitute for training purposes, especially in northern degrees of latitude (due to bad weather conditions during the winter). The treadmill is also an important ergometer for estimating performance and testing in a controlled environment. A blood lactate accumulation test is a test predominately executed on a treadmill. Such a test is performed to establish the speed (velocity) at the point where blood lactate production exceeds the ability of lactate clearance, or a maximum lactate steady state. In order to use such a test to predict race speed, or to find a correct pace for threshold training purposes, it is assumed that running on a treadmill and track is equivalent. Starting from a blood lactate accumulation test executed on a treadmill, the aims of this study were to compare treadmill and track running, with attention to heart rate (HF), blood lactate (Hla) and rated perceived exertion (RPE). Are there any differences in treadmill and track running?

Methodology

A total of nine runners (7 males and 2 females) participated voluntarily in the study. The subjects were all very experienced and well-trained runners (Age: 20-39 yrs., $m=26.8$, $SD=\pm 6.6$). Initially each subject accomplished a blood lactate accumulation test on a treadmill. The individual speed (12.5-19.5 km/h, $m=17.05$, $SD=\pm 2.15$), corresponding to the anaerobic threshold of each runner, respectively, was used as the starting point. Secondly, two identical training sessions (5x1000m, with 60-sec rest) were accomplished by each subject, both on the track (200m, indoor), and on a treadmill. Half the group of subjects carried out the first session on the track, and vice versa. Immediately after each 1000m-run, lactate in blood was sampled and the exertion in legs and breathing were rated, following the RPE/Borg-scale. The HF was recorded continuously every 5-seconds, throughout the sessions.

Results and conclusion

The results of the study indicate significant differences in Hla and HF. The metabolic stress was significantly higher on the track. However, no statistically significant differences were found regarding RPE. The study concludes that testing performed on a treadmill cannot perfectly be reproduced on the track. Any monitoring of training intensity on a track, based on results from blood lactate accumulation testing on a treadmill, should be carried out with caution. The athlete and coach should be aware that the metabolic stress is higher on track compared to treadmill running. This knowledge is particularly valuable for any athlete who aims to train, or compete, at levels close to the anaerobic threshold, but without running any risk of exceeding the lactate steady state.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	8
2. Metod	12
2.1 Försökspersoner	12
2.2 Utrustning och mätprocedur	14
2.3 Metodsteg 1: Testning av laktatträskeln på löpband/rullband	16
2.4 Metodsteg 2: Intervall 5x1000m på fast underlag (löparbana)	17
2.5 Metodsteg 3: Intervall 5x1000m på löpband	19
2.6 Experimentdesign: Metodisk ”cross-over”	19
2.7 Metodologiska överväganden	20
2.8 Temperatur och luftfuktighet	21
2.9 Statistik metod	22
3. Resultat	23
3.1 Resultat av laktatträskeltestet	23
3.2 Blodlaktat (fast underlag jämf med löpband)	23
3.3 Hjärtfrekvens (fast underlag jämf med löpband)	28
3.4 Skattad ansträngning (fast underlag jämf med löpband)	31
3.5 Resultat av metodisk ”cross-over”	32
4. Diskussion	33
4.1 Metodologiska aspekter	33
4.1.1 Val av försökspersoner	33
4.1.2 Val av intervallform	33
4.1.3 Val av tröskelfart som utgångspunkt	34
4.1.4 Skillnader mellan intervaller på fast underlag i jämförelse med löpband	34
4.1.5 Experiment design ”cross-over”	35

4.2 Resultatdiskussion	36
4.2.1 Fastställande av laktatträskel på löpband och skillnader mellan rullband och fast underlag	36
4.2.2 Skattad ansträngning	37
4.2.3 Könsskillnad	37
4.2.4 Iakttagelser på individnivå	37
4.2.5 Luftmotståndets inverkan	38
4.2.6 Löpbandets elasticitet	39
4.2.7 Lutning på löpbandet	40
4.2.8 Validitets och reliabilitetsproblem	41
4.2.9 Studiens relevans och originalitet	41
4.3 Slutsatser	42
4.4 Nya frågeställningar och forskningsproblem	42
Käll- och litteraturförteckning	44
Bilagor	
<i>Bilaga 1: Resultat av laktatträskeltesterna</i>	
<i>Bilaga 2: Käll- och litteratursökningslista</i>	

Tabeller

- Tabell 1. Ordningsföljd på testerna (5x1000m)...20
- Tabell 2. Tid mellan teststillfällena och tidpunkt på dygnet (5x1000m)...21
- Tabell 3. Temperatur och luftfuktighet vid testerna (5x1000m)...22
- Tabell 4. Försökspersonernas laktatrösklar i min/km och km/h...23
- Tabell 5. Blodlaktat vid intervall 5 x 1000m på båda underlagen...25
- Tabell 6. T-test för signifikanskontroll (T-test) av skillnaden i blodlaktat inom gruppen mellan de båda underlagen för varje enskild intervall...25
- Tabell 7. Medelvärde och SD för varje enskild Fp för rullband respektive fast underlag...26
- Tabell 8. P-värde för signifikanskontroll (T-test) för skillnaden i medelvärde i Hla mellan de båda underlagen...26
- Tabell 9. Blodlaktatvärden 3 minuter efter avslutade intervaller för båda underlagen...27
- Tabell 10. Hjärtfrekvensregistreringar under respektive intervall för alla försökspersoner ...29
- Tabell 11. P-värde för signifikanskontroll (T-test) av skillnaden i HF mellan de båda underlagen för varje intervall...29
- Tabell 12. Medelvärde och SD för toppnoteringarna i HF hos varje Fp på de fem intervallerna...30
- Tabell 13. P-värde för signifikanskontroll (T-test) av skillnaden i HF mellan de olika underlagen för varje Fp...30
- Tabell 14. Borgskalan centralt och lokalt efter varje avslutad intervall för alla försökspersoner...31
- Tabell 15. Medelvärde av blodlaktat och hjärtfrekvens för samtliga intervaller på de olika underlagen för respektive grupp i ”cross-over” jämförelsen...32

Figurer

- Figur 1. Borgskalan/RPE-skalan...15
- Figur 2. Blodlaktat i medelvärde med SD för hela gruppen efter varje enskild intervall på båda underlagen...25
- Figur 3. Blodlaktat i medelvärde med SD för varje försöksperson över de 5 intervallerna...26
- Figur 4. Blodlaktatvärden 3 minuter efter avslutade intervaller för båda underlagen...27
- Figur 5. Registrering av hjärtfrekvensen för försöksperson C...28
- Figur 6. Medelvärde av individuella toppnoteringar i HF med SD för hela gruppen under varje enskild intervall...29
- Figur 7. Medelvärde av toppnoteringarna i hjärtfrekvens med SD för varje Fp över de fem intervallerna...30

Förkortningar

Fp	Försöksperson
HF	Hjärtfrekvens
Hla	Blodlaktat
m	Medelvärde
Md	Median
RPE	Ratings of Perceived Exertion (Borgskalan)
SD	Standardavvikelse

1. Introduktion

Det har enligt vår uppfattning blivit allt vanligare under de senaste decennierna att löpträning bedrivs på löpband/rullband. I synnerhet i trakter på norra halvklotet där klimatet stora delar av året kan försvåra, eller till och med omöjliggöra träning i höga farter utomhus. Det kan också upplevas bekvämt att kunna bedriva träning inomhus, då de yttre förutsättningarna är stabila och kontrollerbara. Den växande gymkulturen har även gjort att tillgången på rullband blivit allt större.

Rullbandet kan också användas som ergometer, vilket möjliggör att fysiskt arbete kan estimeras under standardiserade former. Ett test som ofta utförs på löpband är ett så kallat laktattröskeltest. Detta test går ut på att finna den brytpunkt då man inte längre kan transportera bort eller omsätta bildad laktat. Mjölksyrakoncentrationen i muskulaturen ackumuleras snabbt och blir mycket påtaglig efter denna punkt och löparen tvingas sänka farten för att man inte ska ”gå in i väggen”. Terminologin kopplad till konceptet laktattröskel är något förvirrande; anaeroba tröskeln¹, aeroba-anaeroba tröskeln², maximal steady state³, maximum lactate steady state (Maxlass)⁴, individuell anaerob tröskel (IAT)⁵ och Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA)⁶ är några av de termer som alla beskriver ett liknande fenomen. I denna studie definierar vi laktattröskeln som den punkt när laktatproduktionen överträffar förmågan att omsätta eller transportera bort bildad laktat, det vill säga den högsta konstanta hastighet som kan löpas utan att laktatet hastigt ackumuleras i blodet.

Traditionellt har testning av en individs maximala syreupptagningsförmåga ($VO_2\max$) varit den dominerande metoden för att estimeras och förutsäga goda prestationer i

¹ W. Kindermann, G. Simon & J. Keul J, “The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training”, *European Journal of Applied Physiology*, 42 (1979), pp. 25-34.

² A. Mader, H. Henck & W. Hollmann, “Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of post-exercise lactic acid concentration in ear capillary blood in middle distance runners and swimmers”, (1976); se F. Landing & W. Orban (eds), *Exercise Physiology*, (Florida: Symposia Specialists Inc., 1976).

³ K.W. Borch, F., Ingjer, S. Larsen & S.E. Tomten, “Rate of accumulation of blood lactate during graded exercise as a predictor of anaerobic threshold”, *Journal of Sports Scienc*, 11 (1993), pp 49-55.

⁴ H. Von Heck, G. Hess & A. Mader „Vergleichende Untersuchung zu verschieden Laktat-Schwellenkonzepten“ („Comparative study of different lactate threshold concepts“), *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 1 (1985), pp 19-26.

⁵ J. Keul, G. Simon, A. Berg et al. “Determination of the individual anaerobic threshold in the assessment of efficiency and in the designing of training”, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 7 (1979), pp 212-218.

⁶ B. Sjödín & I. Jacobs, “Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance”, *International Journal of Sports Medicine*, 2 (1981), pp. 23-26.

uthållighetsidrotter⁷. De senaste decennierna har flera forskare visat att ett laktattröskeltest är ett mer tillförlitligt sätt att förutsäga goda prestationer i löpning^{8 9 10 11}. Andra studier har även visat på positiva träningseffekter av så kallad tröskelträning, det vill säga löpträning som bedrivs i belastningar nära laktattröskeln, i syfte att förskjuta tröskeln^{12 13}. För elitlöparen har därför laktattröskeltestet blivit ett allt mer värdefullt instrument i optimeringen av träningen.

Om man ska kunna använda ett laktattröskeltest utfört på löpband till att förutse sin optimala tävlingsfart, eller för att hitta rätt fart för så kallad tröskelträning som ej bedrivs på löpband, utan exempelvis på bana eller landsväg, förutsätter man att rullbandslöpning, och löpning på fast underlag är likvärdigt. Men är det så?

Få studier har gjorts för att undersöka skillnaden mellan löpbandslöpning och löpning på fast underlag, avseende blodlaktat, hjärtfrekvens och skattad ansträngning (se nedan). Däremot finns det en omfattande forskning som jämfört skillnaden i syreupptagningsförmåga i fält (bana eller landsväg) och i laboratorium (rullband). Tidig forskning på området av Pugh fann ett närmast linjärt samband mellan löpning på rullband och löpning på fast underlag i hastigheter mellan 8,0-21,5 km/h¹⁴. Däremot beräknade Pugh en något ökad energiförbrukning på fast underlag, jämfört med rullbandet i högre hastigheter än 21,5 km/h, vilket han förklarade med ett ökat luftmotstånd. Den forskning som följt har heller inte funnit några skillnader i syreförbrukning mellan fält och laboratorium^{15 16 17 18}.

⁷ Arthur Weltman, *The Blood Lactate Response to Exercise*, (Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1995), p 1.

⁸ Peter A. Farrell, Jack H. Wilmore, Eduard F. Coyle, John E. Billing & David L. Costill, "Plasma lactate accumulation and distance running performance", *Medicine and Science in Sport*, 11 (1979:4), pp. 338-344.

⁹ W. Kindermann, G. Simon & J. Keul, pp. 25-34.

¹⁰ B. Sjödin & I. Jacobs, pp. 23-26.

¹¹ Arthur Weltman, pp 1 ff.

¹² B.Sjödin, I. Jacobs, J Svedenhag, "Changes in blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA", *Europ J. Appl. Phys*, 49 (1982), pp.45-57.

¹³ Hans-Christer Holmberg & Harri Viinamäki, *Fysiologisk effekt av intervallträning på och runt mjölksyratröskeln avseende på tröskelkapacitet, återhämtningsförmåga och maximal syreupptagning*, Examensarbete 10 p vid Specialidrottstränarlinjen 1995-1997 vid Idrottshögskolan i Stockholm, 1997:81 (Stockholm, Idrottshögskolan, 1997).

¹⁴ L.G.C.E., Pugh, "Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance", *J. Physiol. (London)*, 207 (1970), pp. 823-835.

¹⁵ David R. Bassett, JR, Michel D. Giese, Francis J. Nagle, Ann Ward, Diane M. Raab & Bruno Balke, "Aerobic requirements of overground versus treadmill running", *Med Sci in Sports Exerc*, 17 (1985:4), pp 477-481.

¹⁶ S Crouter, C Foster, P. Esten, G. Brice & J.P. Porcari, "Comparison of incremental treadmill exercise and free range running", *Med Sci Sports Exerc*, 4 (2001:33, Apr), pp.644-7.

¹⁷ T. Meyer, J.P. Welter, J. Scharhag, W. Kindermann, "Maximal oxygen uptake during field running does not exceed measured during treadmill exercise", *Eur J Appl Physiol.*, 88 (2003:4-5, Jan), pp. 387-9.

¹⁸ D. McMiken & J. Daniels, "Aerobic requirements and maximum aerobic power in treadmill and track running", *Med Sci Sports Exc.*, 8 (1976), pp. 14-17.

Biomekaniska studier har visat att det är skillnader mellan löpning på rullband jämfört med fast underlag, i högre hastigheter. Elliott och Blanksby fann inga signifikanta skillnader i låga farter (3,33-4,78 m/s), men i högre farter (4,82-6,2 m/s) uppstod signifikanta skillnader; steglängden minskade, stegfrekvensen ökade och tiden för flygfasen (non-support time) var kortare.¹⁹

I en projektrapport från Centrum för Prestationsutveckling (CPU) har Lennart Gullstrand och Bertil Sjödin undersökt skillnader i laktat, hjärtfrekvens och skattad ansträngning under 30 minuters löpning i 95 % av laktattröskelfart på löpband, respektive löpning på bana 200m inomhus. De jämförde även laktattröskeltest utförda på löpband, med laktattröskeltest utförda på fast underlag. De fann dock inga signifikanta skillnader mellan löpning på löpband och löpning på fast underlag, avseende blodlaktat, hjärtfrekvens och skattad ansträngning.²⁰

Egna erfarenheter från laktattröskeltester utförda på löpband har dock väckt misstankar om att den fastställda tröskelfarten varit för ansträngande vid löpning på bana eller landsväg. Dessa tankar grundlade utgångspunkten för denna studie: På en given hastighet i närheten av den individuella laktattröskeln, ger löpbandslöpning lägre blodlaktatvärden och lägre hjärtfrekvens jämfört med löpning på fast underlag, exempelvis banlöpning. Denna skillnad bör även vara subjektivt mätbar, med hjälp av Borgskalan/RPE (Ratings of Perceived Exertion)²¹. Bakom detta antagande låg ett teoretiskt resonemang om att luftmotståndet och löpekonomin skiljer sig mellan löpbandslöpning och löpning på bana/landsväg^{22 23}.

Syftet med denna studie var att jämföra löpbandslöpning och löpning på fast underlag avseende hjärtfrekvens (HF), blodlaktat (Hla) och skattad ansträngning (RPE), med utgångspunkt från ett laktattröskeltest utfört på löpband.

¹⁹ B.C. Elliott & B.A. Blanksby, "A cinematographic analysis of overground and treadmill running by males and females", *Med Sci Sports*, 8 (1976:2, Summer), pp. 84-87.

²⁰ Lennart Gullstrand & Bertil Sjödin, *Bör mjölktsyratröskeltest för löpare genomföras på slät bana i stället för på löpband?* CPU-projektrapport (Farsta: Centrum för Prestationsutveckling, 9:1992).

²¹ G. A. V. Borg, "Psychological bases of perceived exertion", *Med Sci Sport Exerc*, 14, (1982:5), pp 377-381.

²² L.G.C.E. Pugh, pp. 823-835.

²³ C. Davis, "Effects of wind assistance and resistance on the forward motion of a runner", *J. Appl Phys.*, 48 (1980): pp 702-709.

Följande frågeställning ligger till grund för denna studie:

- Finns det skillnader i blodlaktat, hjärtfrekvens och skattad ansträngning, vid löpning på ett rullband jämfört med löpning på ett fast underlag (banlöpning), med utgångspunkt från en testad laktattröskelhastighet?

2. Metod

Metoden som användes för att upptäcka skillnader mellan löpbandet och löpning på fast underlag gick i korthet ut på att först testa laktattröskeln på löpband. Därefter genomfördes två identiska tester (5x1000m, med 60 sekunders vila) i tröskelfart på fast underlag (200m bana inomhus), respektive på löpband. Försöksgruppen bestod av nio frivilliga försökspersoner (Fp), sju män och två kvinnor, som alla var mycket vana löpare med gedigen träningsbakgrund. För att försäkra oss om att skillnaderna inte kan förklaras med att testerna påverkar varandra i en riktning (på grund av adaptation eller uttrötning), började halva försöksgruppen på löpband och den andra halvan på fast underlag. Blodlaktat togs efter varje enskild intervall och hjärtfrekvensen registrerades kontinuerligt (var femte sekund). Ansträngningen i benmuskulatur, samt centralt i andningen, skattades med hjälp av Borgskalan (RPE) omedelbart efter varje intervall. I det följande avsnittet kommer en mer detaljerad metod och materialbeskrivning.

2.1 Försökspersoner

Totalt användes nio frivilliga försökspersoner, sju män och två kvinnor, som alla var mycket vana löpare med gedigen träningsbakgrund. En person testades två gånger, med ett år emellan. Första året började han på fast underlag, året därefter började han på löpband. Flera av försökspersonerna var tävlingsaktiva medel- och långdistanslöpare på nationell toppnivå²⁴. Vår ambition var att använda så bra löpare som möjligt i studien (läs mer om valet av försökspersoner nedan i metoddiskussionen). Åldern på försökspersonerna, vid tidpunkten för genomförandet av testerna, var mellan 20-39 år ($m=26,8$, $SD=\pm 6,6$). Nedan följer en kort presentation av varje enskild försöksperson:

▪ *Försöksperson A:* Man 20 år (född 1984). 185 cm/76 kg. Tävlingsaktiv på medeldistans (främst på 800m), sedan 10 år. Fp A tränade sex löppass i veckan om totalt 40-70 km, vid tidpunkten för studien, varav ett fåtal träningspass på löpband varje vinter.

²⁴ Två av försökspersonerna har tävlat i junior (U23) respektive seniorlandslaget på medel- eller långdistans. Ytterligare tre har tillhört de 11 bästa statistiskt i Sverige i respektive specialdistans under år 2003 eller 2004. Alla nio försökspersonerna, utom en, var tävlingsaktiva i medel och/eller långdistanslöpning.

- *Försöksperson B1*: Man 24 år (född 1980). 176 cm/70 kg. Långdistanslöpare. Fp B tränade vid tillfället för studien sex-sju löppass i veckan (80-120 km). Varje vinter genomförde Fp ca 5 pass på löpband i låga farter. Tävlingsaktiv sedan 10 års ålder.

- *Försöksperson B2*: Man 25 år (född 1980). Samma försöksperson som B1, men ett år senare. Oförändrad längd, vikt och träningsmängd.

- *Försöksperson C*: Man 27 år (född 1976). 168 cm/64 kg. Långdistanslöpare och tävlingsaktiv inom friidrotten sedan ca 14 år tillbaka. Fp C löptränade 10-14 pass i veckan (120-200km) vid tidpunkten för studien, varav ett fåtal pass på löpband vintertid (färre än 5 pass).

- *Försöksperson D*: Man 33 år (född 1972). 180 cm/74 kg. Tävlingsaktiv på medel- och långdistans sedan fem år tillbaka. På grund av skador och studier, genomförde försökspersonen, vid tidpunkten för studien, ca fyra löppass i veckan (totalt 30 km). Normalt tränar han ungefär det dubbla antalet löppass och löpmil i veckan. Springer på löpband ca 3-4 ggr (totalt) under vinterhalvåret.

- *Försöksperson E*: Man 23 år (född 1981). 190 cm/75 kg. Tävlrar främst på 400m och 800m. Fp E tränade 7-11 löppass i veckan (40-70 km) vid tidpunkten för studien. Började tävla 1987 och har varit tävlingsaktiv sedan dess. Bedrev ”nästan aldrig” träning på löpband.

- *Försöksperson F*: Man 35 år (född 1969). 174 cm/62 kg. Tävlingsaktiv långdistanslöpare sedan tre år. Vid testtillfället tränade Fp F normalt 10 löppass i veckan (180-200 km) och enstaka veckor 14 pass (300km). Under vinterhalvåret (november-februari/mars) ca 5-7 pass i veckan på löpband, främst intervaller.

- *Försöksperson G*: Man 39 år (född 1965). 177cm/67kg. Tävlingsaktiv långdistanslöpare sedan 1992 som vid testtillfället tränade 6-12 löppass i veckan (70-120 km). Fp G uppgav att han hade en lång och kontinuerlig erfarenhet av träning på löpband.

- *Försöksperson H*: Kvinna 22 år (född 1982). 169 cm/58 kg. Tävlingsaktiv långdistanslöpare och orienterare, sedan cirka 15 år. Fp H tränade 7-8 löppass i veckan (ca 70 km) vid testtillfället och genomförde ett fåtal träningspass på löpband varje vinter.

- *Försöksperson I*: Kvinna 20 år (född 1984). 164 cm/57 kg. Tävlingsaktiv sprinterlöpare (långsprint/häck). Fp I tränade 6 löppass i veckan (ca 25-30 km) i samband med studien och hade endast joggat ett fåtal gånger på löpband innan deltagandet.

2.2 Utrustning och mätprocedur

Den utrustning som användes i studien var ett löpband, en blodlaktatmätare, en hjärtfrekvensmätare, samt Borgs RPE-skala för skattad ansträngning^{25 26}.

Löpbandet som användes hade en löpyta på 2500mm x 700mm och drevs med en 2,2 kW motor (Rodby Innovation AB, RL 2500 No.102, Sverige). Kalibrering av löpbandet genomfördes i samband med studien²⁷.

För analys av blodlaktat användes två olika analysatorer (Biosen 5140 samt Biosen C_line Sport, EKF-diagnostic GmbH, Tyskland)²⁸. De båda analysatorerna använde samma mätmetod och hade samma mätfelsmarginal och driftstabilitet²⁹. Följande procedur användes vid provtagning:

- (1.) Fingertopp torkades ren med spritkompress, fuktad med 70% isopropylalkohol (Injektionstork Art. nr 22-2680, SelefaTrade AB, Sverige).
- (2.) Fingertopp punkterades med engångslancett (Haemolance Art. nr.50115-1, HaeMedic AB, Sverige).
- (3.) Första bloddroppen torkades bort med torr kompress (Celltork, Mölnlycke Health Care AB, Sverige).
- (4.) Helblod sögs upp i kapillarrör 20µl (Ref 7111-0011-20H, EKF-diagnostic GmbH, Tyskland). Vid all kontakt med kapillarröret användes engångsplasthandskar (Evercare Soft Art. nr 21-0286, SelefaTrade AB, Sverige).
- (5.) Kapillarrören kontrollerades så att de var helt fyllda och inte innehöll några luftbubblor eller blod utanför själva kapillarröret.
- (6.) Kapillarrören lades i förpreparerade hylsor (Ref 0209-0100-012, EKF-diagnostic GmbH, Tyskland), innehållande hemolyserande vätska och skakades omedelbart 10-15 gånger.

²⁵ G. Borg, *Borg's perceived exertion and pain scales*. Human Kinetics. (1998). p 47.

²⁶ G. A. V. Borg, "Psychological bases of perceived exertion", *Med Sci Sports Exerc*, 14 (1982:5), pp. 377-381.

²⁷ Löpbandet kalibrerades efter instruktioner i Gene M. Adams, *Exercise Physiology Laboratory Manual*, (MacGraw-Hill, 4th Ed, 2002), p. 189. Vi valde dock att ha en löpare (166cm/56kg) springandes på löpbandet under kalibreringen.

²⁸ Försöksperson A, B1 och C analyserades med Biosen 5140, övriga med Biosen C_line Sport. Anledningen till bytet av modell berodde på en uppgradering till en analysator som kunde analysera prover periodiskt, en funktion vi inte använde oss av.

²⁹ Mätfelsmarginal: 1,5 % med 12 mmol/l i serier. Driftstabilitet: fel <3% för 10 prover. (Enligt instruktionsbok).

(7.) Därefter analyserades proverna i Biosen med funktionen ”by starting”, det vill säga inför varje testomgång analyserades proverna mot en standard på 12 mmol/l.³⁰

För mätning av hjärtfrekvens användes bärbara pulsmätare med god tillförlitlighet av fabrikket Polar (Polar Electro OY, Finland)³¹. Hjärtfrekvensen registrerades kontinuerligt, var femte sekund.

Ansträngningen i benmuskulatur och centralt i andning skattades direkt efter varje intervall enligt Borgskalan/RPE-skalan^{32 33} och försökspersonen meddelade testledarna omedelbart efter avslutad intervall. En affisch i A3 format med Borg/RPE skalan visades upp för försökspersonen som stöd (se figur 1).

6	Ingen ansträngning alls
7	
8	Extremt lätt
9	Mycket lätt
10	
11	Lätt
12	
13	Något ansträngande
14	
15	Ansträngande
16	
17	Mycket ansträngande
18	
19	Extremt ansträngande
20	Maximal ansträngning

© Gunnar Borg 1985, 1994

Figur 1. Borgskalan/RPE-skalan ®

³⁰ Linjäriteten kontrolleras regelbundet mot standarder på 2, 7 och 18 mmol/l.

³¹ Raija M.T. Laukkanen & Paula K. Virtanen, “Heart rate monitors: State of the art”, *J Sports Sci*, 16 (1998: Suppl, July), pp 3-7.

³² Gunnar Borg, *Borg’s perceived exertion and pain scales* (1998), Human Kinetics. p 47.

³³ G. A. V. Borg, “Psychological bases of perceived exertion”, *Med Sci Sports Exerc*, 14 (1982:5), pp. 377-381.

2.3 Metodsteg 1: Testning av laktattröskeln på löpband

Inledningsvis genomfördes ett konventionellt laktattröskeltest på alla försökspersonerna. Detta kan utföras på en mängd olika sätt^{34 35 36 37}. Fokuset i denna studie är riktat på själva jämförelsen mellan löpning på fast underlag och löpning på rullband (metodsteg 2 och 3), och inte i att värdera metoden vi använde oss av för att bestämma tröskelfarten (metodsteg 1). Laktattröskeltestet utfördes i syfte att finna en lämplig hastighet, nära laktattröskeln för respektive försöksperson. Denna hastighet skulle sedan fungera som utgångspunkt för de följande metodstegen. Det vill säga jämförelsen är adekvat även om metoden för laktattröskeltestet teoretiskt inte skulle visa sig vara 100%-ig (någon försöksperson kan ligga strax över, eller omvänt, strax under den absolut ”korrekta” tröskelhastigheten)³⁸.

Följande procedur användes för att finna laktattröskeln på försökspersonerna: Först uppskattades försökspersonernas tröskelhastighet grovt. Eftersom alla löparna var tävlingsaktiva och en del även hade genomfört laktattröskeltester tidigare underlättade det uppskattningen. Därefter sprang försökspersonerna i fem eller sex intervaller om fyra minuter i olika hastigheter, där farten ökades successivt. Minst två intervaller/hastigheter löptes under den på förhand uppskattade tröskeln, och minst två över densamma. En intervall/hastighet löptes på eller nära den uppskattade tröskeln. Under testet valdes en standardisering av tiden för provtagning/vila till en minut för att enkelt kunna utföra samma test vid ett annat tillfälle och få jämförbara värden, både över tid och testpersonerna emellan. Under denna minut klev försökspersonen av löpbandet, laktatprov togs i fingertopp och hastigheten på bandet ökades (se 2.2 för proceduren av provtagning i detalj). Tiden för provtagning var även den samma som för de tröskelfartsintervaller som sedan genomfördes i metodsteg 2 och 3.

³⁴ James A. Davis, “Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research”, 17 (1985:1), pp. 6-18.

³⁵ H. Von Heck, G. Hess & A. Mader, „Vergleichende Untersuchung zu verschieden Laktat-Schwellenkonzepten“ (“Comparative study of different lactate threshold concepts”), *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 1 (1985), pp 19-26.

³⁶ A. Weltman, *The Blood Lactate Response to Exercise*, (Champaign, Illinois, US, Human Kinetics, 1995), p. 67 ff.

³⁷ Christopher J. Gore (eds.), *Physiological Tests for Elite Athletes*, (Champaign, IL, US, Human Kinetics, 2000), pp 50 ff.

³⁸ Resultaten av de följande metodstegen indikerar dock att vi på ett bra sätt bedömde de individuella trösklarna hos försökspersonerna.

Målet med valet av hastigheter under laktattröskeltestet var att finna en brytpunkt kring 4 mmol/l \pm 1. Forskning har visat att det vid hastigheter över denna brytpunkt (eller OBLA-punkt, Onset of Blood Lactate Accumulation) sker en hastig ackumulation, till följd av att man inte kan transportera bort eller omsätta bildat laktat^{39 40}. Studier har även visat att vältränade långdistanslöpare har ett lägre laktatvärde, under 4 mmol/l, då tröskeln infinner sig, vilket denna studie tog hänsyn till⁴¹. Vetskapen om försökspersonernas tävlingsresultat på medel och långdistans underlättade bedömningen av de individuella laktattröskelvärdena, tröskeln fixerades således inte.

Alla testerna på löpband utfördes i Laboratoriet för tillämpad idrottsvetenskap (LTIV) på Idrottshögskolan i Stockholm (se utrustning och mätprocedur ovan). Metodsteg 1 var således ett bra sätt för försökspersonerna att bekanta sig med testmiljön och testproceduren för de kommande testen på löpband (metodsteg 3).

2.4 Metodsteg 2: Intervall 5x1000m på fast underlag (löparbana)

Efter att försökspersonernas individuella laktattrösklar uppmätts (metodsteg 1), genomförde samma försökspersoner två tester i den uppmätta tröskelfarten, på fast underlag (metodsteg 2), respektive på löpband (metodsteg 3, se nedan 2.5). Testerna bestod av fem stycken 1000 meters intervaller, med en minuts vila.

Eftersom målsättningen var att skapa så lika yttre förutsättningar som möjligt, jämfört med löpbandet, utfördes testen i en inomhushall, Sätra friidrottshall. Detta gjorde att försöket inte påverkades av yttre vindförhållanden. Det fanns således inte någon med- eller motvind att ta med i beräkningen. Sätra friidrottshall har en 200m bana med doseringar och är Stockholms modernaste inomhushall för friidrott (byggd 1998). Underlaget är betong och asfalt som är ytbehandlat med en gummibeläggning (Scansport). Det vill säga underlaget är fast, utan den svikt som vissa uppbyggda inomhusbanor kan ge. Bankonstruktionen är samma som för löparbanor utomhus, med undantag för doseringen och längden (200m jämfört med 400m

³⁹ H. Henck, A. Mader, G. Hess, S. Mücke, R. Müller & W. Hollmann, "Justification of the 4-mmol/l lactate threshold", *Int. J. Sports Med.* 6 (1985). pp 117-130.

⁴⁰ B. Sjödén (1981), pp 23-26.

⁴¹ Peter Foxdal, *Prediction of Maximal Lactate Steady State using blood lactate accumulation tests*, Diss. Uppsala universitet, (1994) Faculty of Medicine. 502.

utomhus). Alla försökspersonerna var mycket bekanta med underlaget och miljön i Sätra friidrottshall.

För att kontrollera att försökspersonerna höll ett så jämnt tempo som möjligt användes en klocka som gav en signal var 100:e meter. Klockan var inställd på att avge en signal på den mellantid som skulle ge den sluttid och givna hastighet som eftersträvades. Exempelvis om 1000 meter skulle löpas på 3 minuter och 10 sekunder (motsvarande en laktatröskel på 3.10 min/km), gav klockan en signal var 19:e sekund. Löparen skulle då passera linjen som markerade varje ny 100m. Denna typ av farthållning var de flesta av försökspersonerna bekanta med sedan tidigare (tidskontrollerad intervallträning). De testade löparna höll också ett mycket jämnt tempo under intervallerna (se metoddiskussionen). Varje intervall genomfördes ensam och utan möjlighet att springa bakom en annan löpare, vilket skulle ha givit ett mindre luftmotstånd.

Hjärtfrekvensen registrerades kontinuerligt, var femte sekund, under alla intervaller (i vissa fall med dubbla pulsklockor)⁴². Blodlaktatprov togs direkt efter avslutad intervall (Se 2.2 för mätprocedur). Dessutom togs ett laktatprov tre minuter efter sista 1000m-intervallen.

Ansträngningen i benmuskulatur och centralt i andning skattades i slutet av varje intervall och försökspersonen meddelade testledarna omedelbart efter avslutad intervall. Vilan mellan intervallerna hölls mycket strikt.

⁴² Som en extra säkerhetsåtgärd noterades även pulsvärdena ”manuellt” (det vill säga pulsklockan avlästes visuellt) direkt efter avslutad intervall. För försöksperson B2 fungerade inte den automatiska inspelningen på fast underlag, vi använde då detta ”manuella” värde. För övriga försökspersoner fungerade inspelningen på klockorna felfritt, och det ”manuella” pulsvärden överrensstämde väl med de inspelade värdena.

2.5 Metodsteg 3: Intervall 5x1000m på löpband/rullband

Ett identiskt test genomfördes på löpband; fem stycken 1000-metersintervaller med en minuts vila. Samma mätprocedur avseende hjärtfrekvens, blodlaktat och skattad ansträngning (RPE), genomfördes på löpbandet (se metodsteg 2.4).

Intervallpasset på löpband utfördes i Laboratoriet för tillämpad idrottsvetenskap (LTIV) vid Idrottshögskolan i Stockholm (se utrustning ovan). Eftersom det inledande laktatröskeltestet genomfördes på samma löpband var försökspersonerna redan bekanta med miljön och testproceduren.

2.6 Experimentdesign: Metodisk ”cross-over”

För att undvika att eventuella skillnaderna, i hjärtfrekvens, blodlaktat eller skattad ansträngning skulle kunna förklaras genom att resultaten påverkade varandra i en riktning, det vill säga att den belastning som själva testförloppet utgör inte medverkar till adaptation (superkompensation) eller uttröttnings. Forskning har visat att träning kring tröskeln ger positiv effekt och förskjuter tröskeln^{43 44}. Det är därför tänkbart att försökspersonerna påverkades positivt även inom de korta tidsramar som denna studie utgjorde. Omvänt skulle det kunna antagas att det första testet tröttade ut försökspersonen, som därför fick otillförlitliga värden på det följande testet.

Den metodologiska lösningen blev att halva försöksgruppen började på löpband och avslutade på fast underlag och vice versa. Det vill säga halva försöksgruppen genomförde metodsteg 3 (löpbandslöpning), före metodsteg 2 (banlöpning). Tabellen nedan visar vilka försökspersoner som började på löpband respektive på bana. Ordningen avgjordes slumpmässigt. En av försökspersonerna (B), genomförde testerna två gånger (alla tre metodsteg), med ett år emellan testerna. Första gången började han på fast underlag (B1), och andra gången på löpband (B2). Försöksperson B utgjorde därmed också en bra test på studiens reliabilitet.

⁴³ B. Sjödín, I. Jacobs & J. Svedenhag, “Changes in blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA”, *Europ J. Appl. Phys*, 49 (1982), pp. 45-57.

⁴⁴ Hans-Christer Holmberg & Harri Viinamäki, *Fysiologisk effekt av intervallträning på och runt mjölksyratröskeln avseende på tröskelkapacitet, återhämtningsförmåga och maximal syreupptagning*, Examensarbete 10 p vid Specialidrottstränarlinjen 1995-1997 vid Idrottshögskolan i Stockholm, 1997:81 (Stockholm, Idrottshögskolan, 1997).

Tabell 1. Ordningsföljd på testerna (5x1000m)

FÖRSÖKSPERSON:	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I
Rullband:	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1
Fast underlag (bana):	1	1	2	1	2	1	1	2	2	2

Fet text = Försökspersonen genomförde första delen av testet på fast underlag (bana)

Vårt val av försökspersoner reducerar förstås också risken att resultaten påverkar varandra i en riktning (se ovan 2.1). Vältränade långdistanslöpare tränar kontinuerligt nära tröskelfart, ofta även i intervaller om 1000m, och är därmed rimligen mindre benägna att förskjuta tröskeln under den korta tid som studien pågick. Även förberedelser, tid mellan testtillfällena och så vidare, kan påverka testresultaten. Mer om detta nedan (2.7).

2.7 Metodologiska överväganden

Försökspersonerna uppmanades att förbereda sig så lika som möjligt inför alla testerna, vad gäller exempelvis sömn, träning och kosthållning. Försökspersonerna informerades om vikten av att vara lika utvilad i kroppen vid båda tillfällena, och uppmanades att vara extra noga med att ha en bra och likvärdigt näringsintag inför testerna. Försökspersonerna fick följa sina normala träningsrutiner men uppmanades att inte bedriva någon hård träning dagarna före testerna.

Likvärdiga skor och kläder användes vid alla testtillfällena (5x1000m). Det vill säga, försökspersonerna fick inte springa i spikskor på bana. Alla försökspersonerna använde sig av skor av lättviktstyp (tävlingskor) utan spikar.

Försökspersonerna fick själva styra sin uppvärmning inför testerna, men uppmanades att värma upp så likartat som möjligt. Eftersom löparna var rutinerade följde de sina individuellt invanda uppvärmningsrutiner.

Alla tester, som omfattade jämförelsen mellan löpband och fast underlag, genomfördes inom två till 12 dagar ($m=4,5$, $Md=4,5$). Se tabell 2. Mellan laktatröskeltestet och första intervalltillfället (5x1000m) var det 2-8 dagar. Alla försökspersoner gick igenom hela försöket

inom 7-14 dagar. Hänsyn togs i möjligast mån till försökspersonernas önskemål om testtillfällena, så att de kunde förbereda sig på ett optimalt sätt.

Testerna utfördes på eftermiddagar och kvällar (teststart mellan klockan 13:30-19:00). Vi eftersträvade att försökspersonerna skulle testas vid samma tidpunkt på dygnet på löpbandet, så väl som på bana (fast underlag). Sex av försökspersonerna testades med en skillnad i tidpunkt på dygnet med högst 15 minuter, som mest skilde det fyra timmar (se tabell 2).

Tabell 2. Tid mellan testtillfällena och tidpunkt på dygnet (5x1000m)*

FÖRSÖKSPERSON:	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I
DATUM FÖR TEST:										
Rullband:	25/5-04	18/5-04	22/3	18/5-04	15/4	20/4	19/4	12/4	12/4	12/4
Fast underlag (bana):	13/5-04	13/5-04	24/3	13/5-04	19/4	14/4	14/4	14/4	14/4	14/4
Diff. (dagar):	12	5	2	5	4	6	5	2	2	2
TID PÅ DYGNET (kl):										
Rullband:	14:00	13:30	14:15	18:20	14:00	16:00	17:30	16:55	16:15	18:50
Fast underlag (bana)	16:30	17:30	15:45	18:30	13:55	18:20	17:30	16:40	16:00	19:00
Diff. (timmar):	02:30	04:00	01:30	00:10	00:05	02:20	00:00	00:15	00:15	00:10

*Försöksperson A, B1 och C genomförde testerna våren 2004, övriga våren 2005

2.8 Temperatur och luftfuktighet

Eftersom hjärtfrekvensen och laktatbildningen kan skilja sig vid olika temperatur⁴⁵ och luftfuktighet⁴⁶ noterades dessa värden vid testen. För hela försöksgruppen varierade temperaturen mellan 20-24°C och den relativa luftfuktigheten varierade mellan 21-47,5 %. På individnivå var variationerna i temperatur maximalt 2,5°C (m=1,35) och den relativa luftfuktigheten hade som mest en differens på 26 % (m=9,75). I tabellen nedan (tabell 3) redovisas alla temperaturer och luftfuktighet vid testerna.

⁴⁵ W. Fink, D.L. Costill, P. Van Handel, & L. Getchell, "Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold", *European Journal of Applied Physiology*, 34 (1974), pp 183-190.

⁴⁶ Jack H. Wilmore & David L. Costill, *Physiology of Sport and Exercise*, (Champaign, IL, Human Kinetics, 2004), p. 312.

Tabell 3. Temperatur och luftfuktighet vid testerna (5x1000m)

FÖRSÖKSPERSON:	A	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I
TEMPERATUR (°C):										
Rullband:	22	22	22	24	22	23	22	21	22	21
Fast underlag	22	22	20	22	21	20,5	20	20	20	20
Diff.:	0	0	2	2	1	2,5	2	1	2	1
REL. LUFTFUKTIGHET (%):										
Rullband:	42	42	33	34	46	21	22	39	39	43
Fast underlag	33	33	38	33	41	47	46	46	46	47,5
Diff.:	9	9	5	1	5	26	24	7	7	4,5

2.9 Statistisk metod

Skillnader i data från mätningarna av blodlaktat och hjärtfrekvens jämfördes med hjälp av Students t-test för parade jämförelser. Vid alla testtillfällen sattes den accepterade felmarginalen till 5%, således $p < 0,05$. Dessa beräkningar utfördes i MS Excel. För att kontrollera om skillnad förelåg för den skattade ansträngningen enligt Borgskalan använde vi ett tvådelat Wilcoxon-test eftersom dessa data inte är kvotdata eller intervalldata⁴⁷. Det framräknade z-värdet kunde sedan i en tabell överföras till ett signifikansvärde⁴⁸.

⁴⁷ Wilcoxon-testet uträknades manuellt efter instruktioner i Jerry R. Thomas & Jack K. Nelson, *Research Methods in Physical Activity*, (Human Kinetics, 1996), pp. 201-203.

⁴⁸ Jerry R. Thomas & Jack K. Nelson, *Research Methods in Physical Activity*, (Human Kinetics, 1996), pp. 428-431.

3. Resultat

3.1 Resultat av laktattröskeltestet

Utfallet av det inledande laktattröskeltestet (metodsteg 1) redovisas i sin helhet i bilaga 1. Utifrån dessa värden bestämdes försökspersonernas individuella tröskelfart⁴⁹. De bestämda laktattröskelhastigheterna i minuter per kilometer (min/km) och kilometer i timmen (km/h), redovisas i tabell 4. I de följande metodstegen användes dessa resultat som utgångspunkt för hastigheten på intervallerna.

Tabell 4. Försökspersonernas laktattrösklar i min/km och km/h

Försöksperson A:	3.40 min/km	15,65 km/h
Försöksperson B1:	3.15 min/km	18,46 km/h
Försöksperson B2:	3.15 min/km	18,46 km/h
Försöksperson C:	3.10 min/km	18,95 km/h
Försöksperson D:	3.25 min/km	17,56 km/h
Försöksperson E:	3.23 min/km	17,73 km/h
Försöksperson F:	3.05 min/km	19,46 km/h
Försöksperson G:	3.20 min/km	18,00 km/h
Försöksperson H:	3.49 min/km	15,72 km/h
Försöksperson I:	4.49 min/km	12,42 km/h
m=	3.31 min/km	17,05 km/h

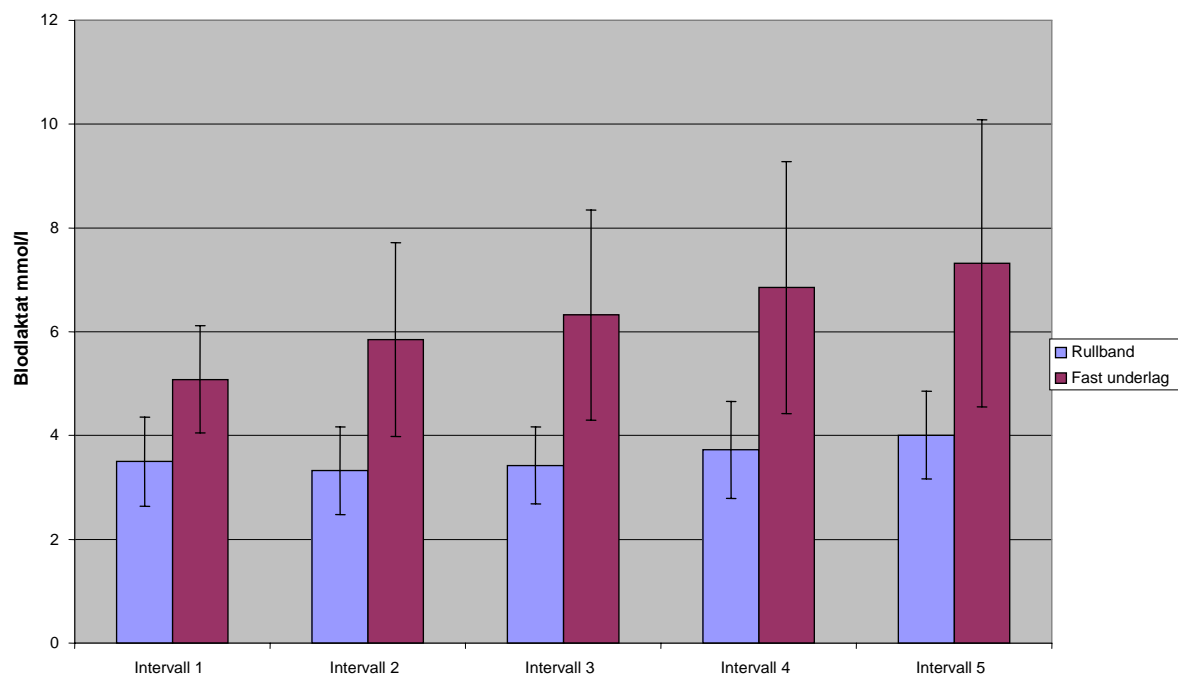
3.2 Blodlaktat (fast underlag jämfört med rullband)

Skillnaderna i blodlaktat redovisas i figur 2 med gruppens medelvärde (m) och standardavvikelse (SD) för varje enskild intervall på rullband respektive fast underlag. I tabell 5 nedan redovisas alla blodlaktatvärden som är uppmätta efter varje enskild intervall. För varje enskild försöksperson redovisas dessutom ett medelvärde med SD för de fem blodlaktatmätningarna gjorda efter var och en av intervallerna, både på rullband och fast underlag (se figur 3 och tabell 7). Det blodlaktatprov som togs tre minuter efter sista intervallen på respektive underlag redovisas separat i figur 4 och tabell 9.

⁴⁹ Eftersom löpbandet inte gick att ställa in på alla hastigheter fick vi jämka. Exempelvis gick bandet inte att ställa in på 3.50 min/km, men väl 3.49 min/km.

Åtta av de nio försökspersonerna hade lägre laktatvärden på rullband, jämfört med löpning på fast underlag, efter varje enskild intervall. Undantaget var försöksperson *D* som i sin första intervall hade exakt samma laktatvärde både på rullband och på fast underlag. Övriga laktatvärden på de återstående fyra intervallerna och laktatprovet efter tre minuter var dock alla lägre på rullband. Försöksperson *B* som testades två gånger, med ett år emellan, hade lägre värden på alla sina intervaller på rullband, och uppvisade exakt samma mönster vid båda testtillfällena. Det vill säga av totalt 60 analyserade jämförelser avseende blodlaktat visade 59 prover ett lägre värde på rullband.

Skillnaden i blodlaktat mellan de båda underlagen, vad gäller medelvärde för hela gruppen per intervall och medelvärde för varje enskild försöksperson över de fem intervallerna, säkerställs också statistiskt ($p < 0,05$) med de parade t-test som redovisas i tabell 6 och tabell 8. Notera dock att det i den individuella jämförelsen för varje enskild intervall inte var någon signifikant statistisk skillnad för försöksperson *D* (se tabell 8). Ett parat t-test över skillnaderna i blodlaktat tre minuter efter avslutade intervaller visar även det på en signifikant skillnad mellan mätningarna på de båda underlagen ($p = 0,0069$).



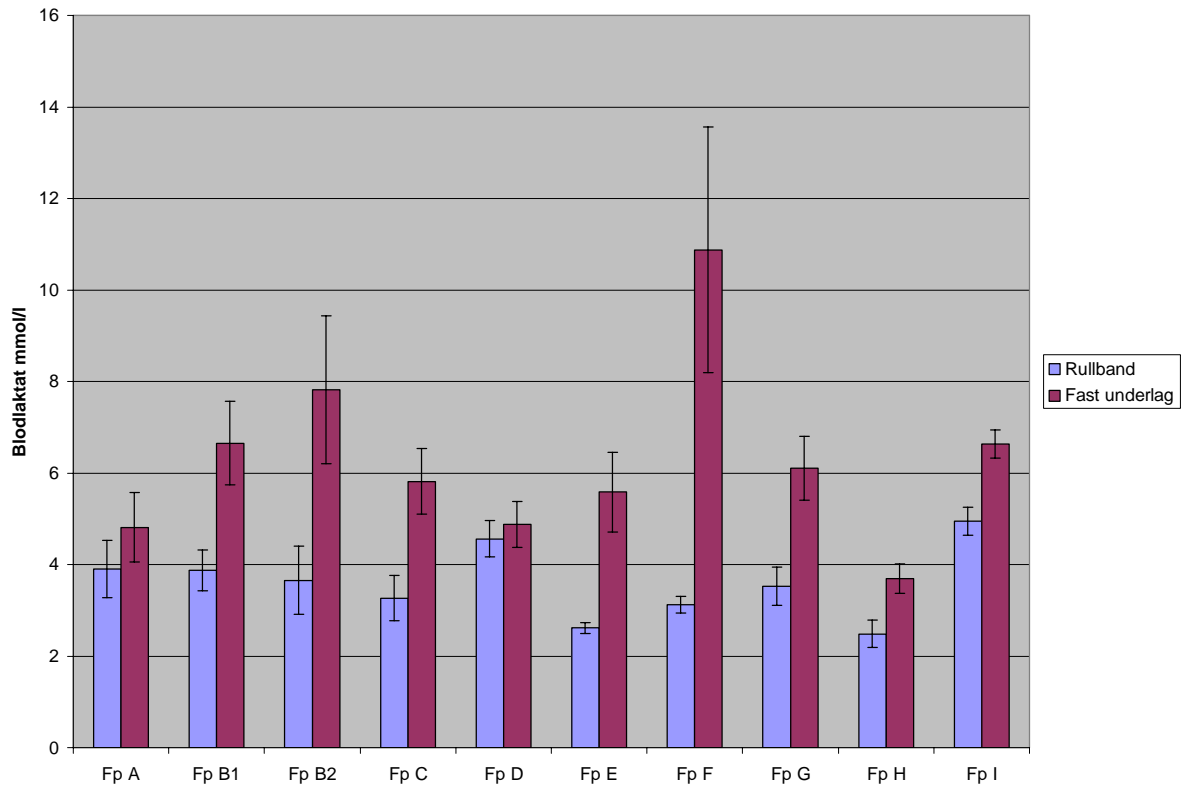
Figur 2. Blodlaktat (mmol/l) i medelvärde med SD för hela gruppen efter varje enskild intervall på båda underlagen

Tabell 5. Blodlaktat (mmol/l) vid intervall 5 x 1000m på båda underlagen

	Intervall 1		Intervall 2		Intervall 3		Intervall 4		Intervall 5	
	Rullband	Fast underlag	Rullband	Fast underlag	Rullband	Fast underlag	Rullband	Fast underlag	Rullband	Fast underlag
Fp A	3,40	3,92	3,28	4,21	3,72	4,97	4,38	5,14	4,72	5,82
Fp B1	4,60	5,82	3,78	5,98	3,45	6,35	3,63	7,10	3,91	8,02
Fp B2	3,15	5,68	3,02	6,90	3,30	7,75	4,03	9,08	4,79	9,69
Fp C	3,24	4,91	2,62	5,46	3,03	5,71	3,49	6,22	3,95	6,78
Fp D	4,02	4,02	4,36	5,07	4,66	4,85	4,68	5,13	5,10	5,29
Fp E	2,54	4,25	2,52	5,23	2,56	6,46	2,66	5,93	2,80	6,05
Fp F	3,02	6,8	2,91	10,19	3,04	11,00	3,29	12,51	3,33	13,87
Fp G	2,94	5,44	3,37	5,53	3,52	5,86	3,76	6,71	4,06	6,97
Fp H	2,85	3,88	2,37	3,24	2,42	3,47	2,08	3,87	2,69	4,00
Fp I	5,25	6,10	4,99	6,66	4,56	6,84	5,23	6,87	4,73	6,69
Medelvärde	3,50	5,08	3,32	5,85	3,43	6,33	3,72	6,86	4,01	7,32
SD	0,86	1,04	0,84	1,87	0,74	2,03	0,93	2,43	0,85	2,77

Tabell 6. T-test för signifikanskontroll (T-test) av skillnaden i blodlaktat inom gruppen mellan de båda underlagen för varje enskild intervall

Intervall	1	2	3	4	5
T-test -	0,0015	0,0027	0,0024	0,0036	0,0058



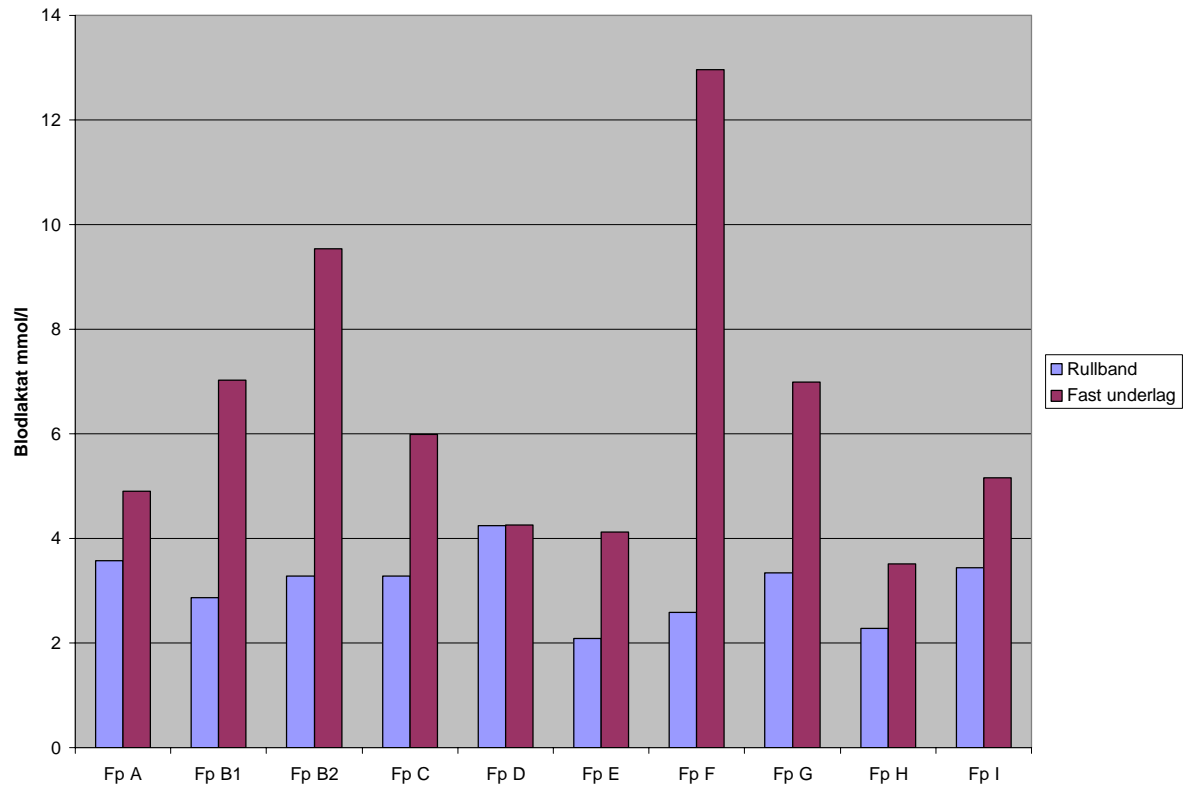
Figur 3. Blodlaktat (mmol/l) i medelvärde med SD för varje försöksperson över de 5 intervallerna

Tabell 7. Medelvärde och SD för varje enskild fp för rullband respektive fast underlag

	Rullband	Fast underlag	SD rullband	SD fast underlag
Fp A	3,90	4,81	0,63	0,76
Fp B1	3,87	6,65	0,44	0,91
Fp B2	3,66	7,82	0,74	1,62
Fp C	3,27	5,82	0,50	0,72
Fp D	4,56	4,87	0,40	0,50
Fp E	2,62	5,58	0,12	0,87
Fp F	3,12	10,87	0,18	2,68
Fp G	3,53	6,10	0,42	0,70
Fp H	2,48	3,69	0,30	0,32
Fp I	4,95	6,63	0,30	0,31

Tabell 8. P-värde för signifikanskontroll (T-test) för skillnaden i medelvärde i H1a mellan de båda underlagen

Fp A	Fp B1	Fp B2	Fp C	Fp D	Fp E	Fp F	Fp G	Fp H	Fp I
0,0020	0,0052	0,0008	0,00033	0,067	0,0013	0,0024	7,9E-05	0,0017	0,0021



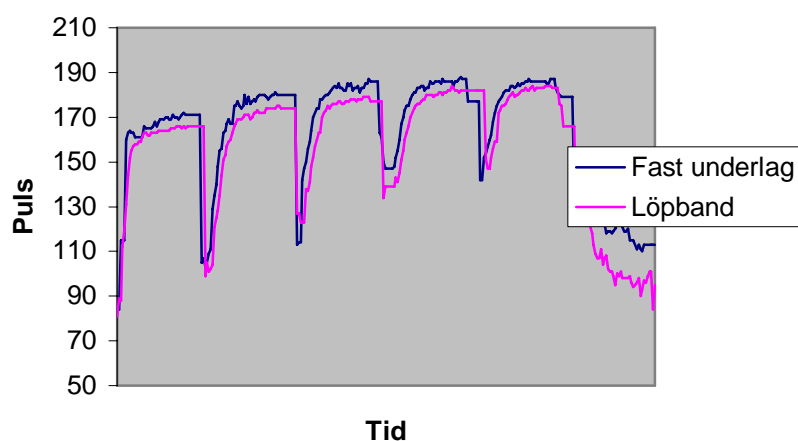
Figur 4. Blodlaktatvärden (mmol/l) 3 minuter efter avslutade intervaller för båda underlagen

Tabell 9. Blodlaktatvärden (mmol/l) 3 minuter efter avslutade intervaller för båda underlagen

	Fp A	Fp B1	Fp B2	Fp C	Fp D	Fp E	Fp F	Fp G	Fp H	Fp I
Rullband	3,57	2,86	3,28	3,28	4,25	2,08	2,58	3,34	2,28	3,44
Fast underlag	4,90	7,03	9,54	5,99	4,26	4,12	12,96	6,99	3,51	5,16

3.3 Hjärtfrekvens (fast underlag jämfört med rullband)

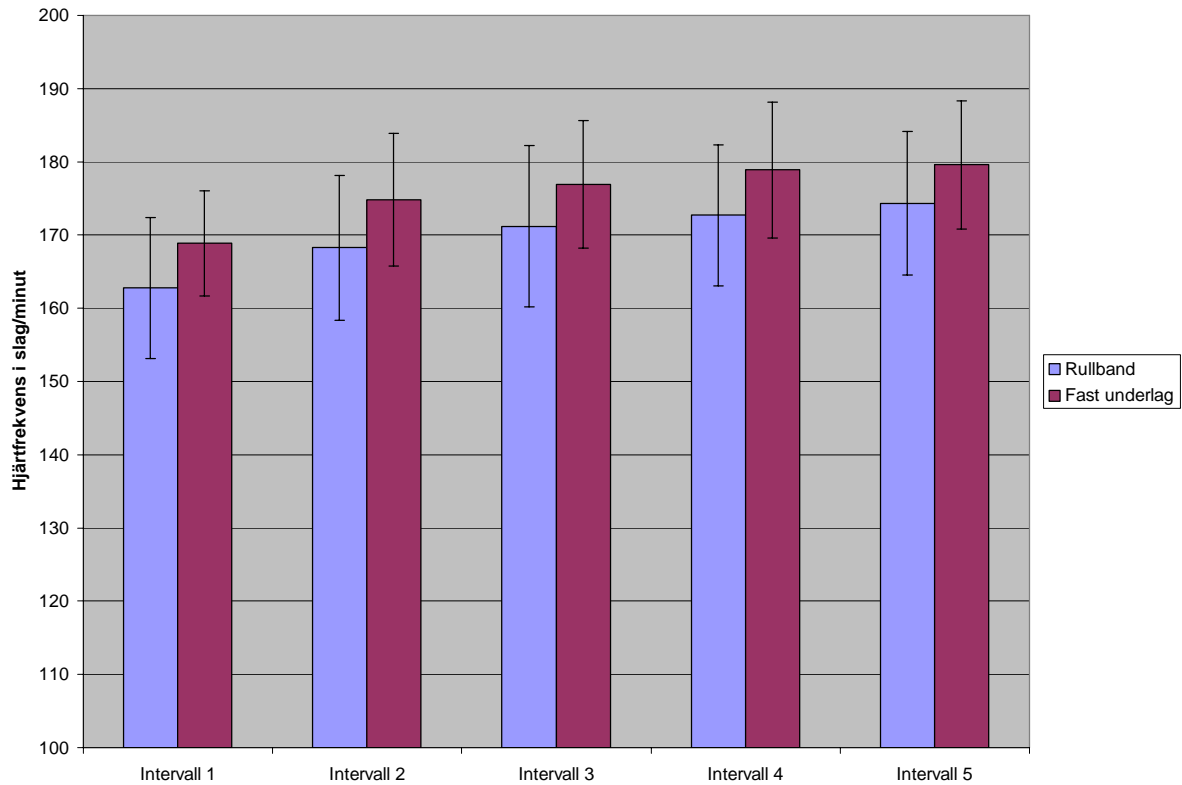
Hjärtfrekvensen var högre vid löpning på fast underlag. I figur 5 redovisas en typkurva av en hjärtfrekvens registrering. Ett medelvärde för varje försökspersons fem högsta noterade pulsvärden under varje intervall på respektive underlag redovisas i tabell 10⁵⁰. Figur 6 visar på skillnaden i medelvärde och SD för hela gruppen mellan de båda underlagen för varje intervall. Ett individuellt medelvärde med SD för alla fem intervallerna och den skillnad som uppmättes mellan underlagen redovisas i figur 7 och tabell 12.



Figur 5. Registrering av hjärtfrekvensen för försöksperson C

Majoriteten av medelvärdessnoteringarna i hjärtfrekvens (48 av 50) uppvisar en lägre hjärtfrekvens för rullband. För båda jämförelserna, det vill säga, gruppens medelvärde per intervall samt det individuella medelvärdet för alla fem intervallerna, kan en statistisk skillnad mellan löpbandslöpning och löpning på fast underlag säkerställas med hjälp av parade t-test vilka redovisas i tabell 11 och tabell 12. För en försöksperson, Fp A, kunde ingen signifikant skillnad säkerställas vad gäller skillnad i hjärtfrekvens mellan de båda underlagen.

⁵⁰ Pulsvärdena registrerades kontinuerligt var femte sekund. För försöksperson B2 fungerade inte den automatiska inspelningen på fast underlag, vi använde då det ”manuella” värde som avlästes visuellt direkt efter avslutat intervall. För övriga försökspersoner fungerade inspelningen på klockorna felfritt.



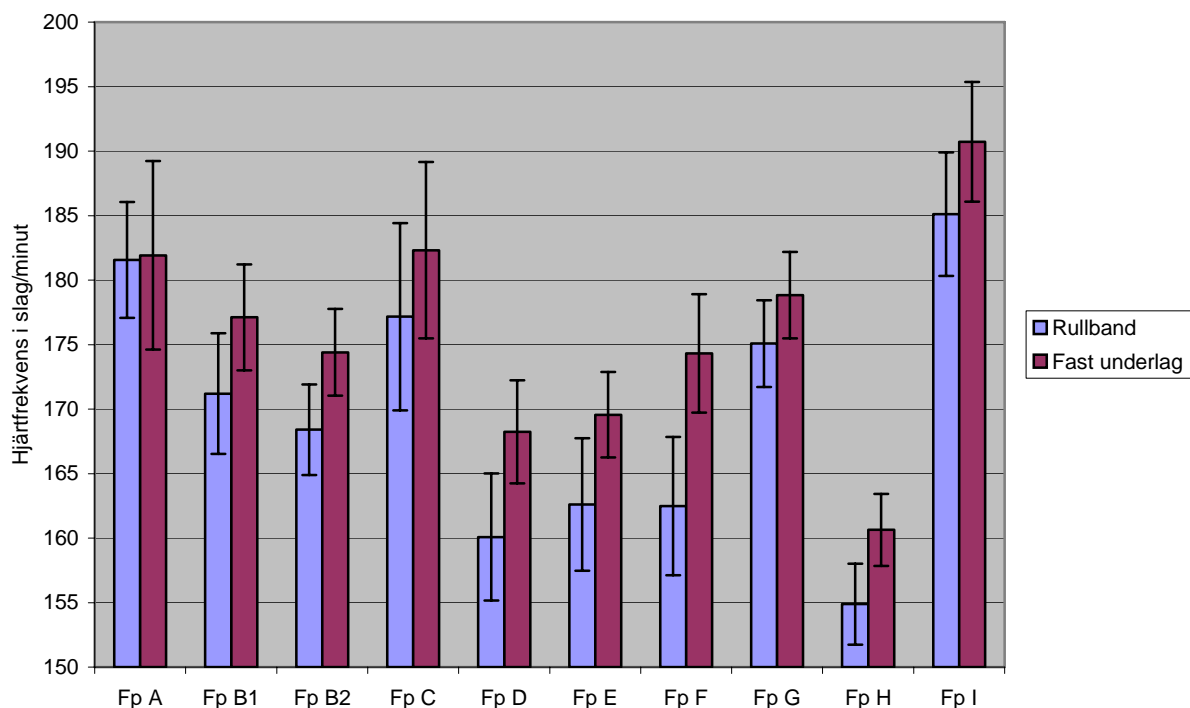
Figur 6. Medelvärde av individuella toppnoteringar i HF med SD för hela gruppen under varje enskild intervall

Tabell 10. Hjärtfrekvensregistreringar under respektive intervall för alla försökspersoner

	Intervall 1		Intervall 2		Intervall 3		Intervall 4		Intervall 5	
	Rullband	Fast underlag	Rullband	Fast underlag	Rullband	Fast underlag	Rullband	Fast underlag	Rullband	Fast underlag
Fp A	174,2	169	180,6	184,2	183	184	185	185,6	185	186,8
Fp B1	163,4	171	171	175,4	172	178	175	179,6	174,6	181,6
Fp B2	162,8	170	168	172	168,8	175	170,2	177	172,2	178
Fp C	166	171,2	174,4	180,2	178,8	186,2	182,6	187,2	184	186,8
Fp D	153	162	158	167,4	160,4	168,4	163,2	171,2	165,8	172,2
Fp E	154,8	163,8	160,6	169,8	163,8	171	165,8	171,2	168	172
Fp F	154,4	167,2	160,6	172,4	163	176	166,4	178	168	178
Fp G	170	174,2	173,6	177	176,2	179	177	181,8	178,6	182,2
Fp H	150,4	157	153,2	158,8	155,4	161	157,4	162,4	158	164
Fp I	178,8	183,2	182,6	191,2	190,6	190,2	184,6	194,8	189	194,2
Medelvärde	162,8	168,9	168,3	174,8	171,2	176,9	172,7	178,9	174,3	179,6
SD	9,6	7,2	9,9	9,1	11,0	8,7	9,6	9,3	9,8	8,8

Tabell 11. P-värde för signifikanskontroll (T-test) av skillnaden i HF mellan de båda underlagen för varje intervall

Intervall	1	2	3	4	5
P-värde	0,0028	5,9E-05	0,0011	0,00016	5,9E-05



Figur 7. Medelvärde av toppnoteringarna i hjärtfrekvens med SD för varje Fp över de fem intervallerna

Tabell 12. Medelvärde och SD för toppnoteringarna i HF hos varje Fp på de fem intervallerna

	Rullband	Fast underlag	SD rullband	SD fast underlag
Fp A	181,6	181,9	4,5	7,3
Fp B1	171,2	177,1	4,7	4,1
Fp B2	168,4	174,4	3,5	3,4
Fp C	177,2	182,3	7,3	6,8
Fp D	160,1	168,2	4,9	4,0
Fp E	162,6	169,6	5,1	3,3
Fp F	162,5	174,3	5,4	4,6
Fp G	175,1	178,8	3,4	3,4
Fp H	154,9	160,6	3,1	2,8
Fp I	185,1	190,7	4,8	4,6

Tabell 13. P-värde för signifikanskontroll (T-test) av skillnaden i HF mellan de olika underlagen för varje Fp

P-värde	Fp A	Fp B1	Fp B2	Fp C	Fp D	Fp E	Fp F	Fp G	Fp H	Fp I
	0,82	0,00073	0,00042	0,0024	9,6E-05	0,0023	2,5E-05	0,00039	2,6E-05	0,038

3.4 Skattad ansträngning (fast underlag jämfört med löpband)

Den skattade ansträngningen efter varje avslutad intervall redovisas för alla försökspersoner i tabell 14. Resultatet visar på en något högre skattning efter de avslutande intervallerna för löpning på fast underlag. För två av försökspersonerna var förhållandet det motsatta, det vill säga de skattade en högre ansträngning för löpning på rullband. Ett Wilcoxon-test gjordes för att undersöka om eventuell skillnad förelåg, men ingen signifikant skillnad kunde fastställas för någon av intervallerna.

Tabell 14. Borgskalan centralt och lokalt efter varje avslutad intervall för alla försökspersoner

	Intervall 1				Intervall 2				Intervall 3			
	Rullband		Fast underlag		Rullband		Fast underlag		Rullband		Fast underlag	
	Centralt	Lokalt	Centralt	Lokalt	Centralt	Lokalt	Centralt	Lokalt	Centralt	Lokalt	Centralt	Lokalt
Fp A	13	13	10	10	13	15	11	12	14	15	14	15
Fp B1	15	15	15	16	15	15	15	17	15	16	15	17
Fp B2	13	14	13	14	13	14	14	15	13	14	14	15,5
Fp C	17	17	17	18	16	17	17	17	16	16	17	16
Fp D	15	15	14	14	14	15	14	15	14	15	15	16
Fp E	10	10	7,5	7,5	10	10	9	7,5	10	10	9	7,5
Fp F	15	15	15	15	16	16	17	17	17	17	18	18
Fp G	15	14	15	13	15	15	15	14	16	16	16	15
Fp H	15	13	14	14	15	14	15	15	15	15	15	15
Fp I	11	10	11	11	14	13	11	12	15	15	13	13
	Intervall 4				Intervall 5							
	Rullband		Fast underlag		Rullband		Fast underlag					
	Centralt	Lokalt	Centralt	Lokalt	Centralt	Lokalt	Centralt	Lokalt				
Fp A	15	16	17	17	16	17	17	17				
Fp B1	15	17	16	18	16	17	17	19				
Fp B2	13	15	15	16,5	14	15,5	15	17				
Fp C	16	16	17	16	16	16	17	16				
Fp D	15	15	16	16	16	16	16	16				
Fp E	10	10	9	7,5	10	10	9	7,5				
Fp F	17	17	19	19	17	17	20	20				
Fp G	16	16	16	15	17	16	17	16				
Fp H	15	15	15	16	15	16	16	17				
Fp I	17	17	12	12	18,5	18,5	13	12				

3.5 Resultat av metodisk "cross-over"

Försöksperson *A, B1, C, E* och *F* inledde sina intervaller på fast underlag och avslutade på rullband. Övriga försökspersoner, det vill säga, *B2, D, G, H* och *I* testades i omvänd ordning. Oberoende av testordning påvisas samma resultat som för gruppen i helhet, vilket innebär att både högre blodlaktat och högre hjärtfrekvens uppmättes för löpning på fast underlag. I tabell 15 redovisas ett medelvärde för både blodlaktat och hjärtfrekvens för respektive grupp och underlag. Ett parat t-test påvisar en signifikant skillnad, $p < 0,05$ mellan de båda underlagen för båda grupperna. Däremot finns inte för någon av mätningarna en signifikant skillnad $p > 0,05$ mellan grupperna i sig.

Tabell 15. Medelvärde av blodlaktat och hjärtfrekvens för samtliga intervaller på de olika underlagen för respektive grupp i "cross-over" jämförelsen

	Medelvärde samtliga intervaller			
	Rullband		Fast underlag	
	Blodlaktat	HF	Blodlaktat	HF
Fp A	3,90	181,6	4,81	181,9
Fp B1	3,87	171,2	6,65	177,1
Fp C	3,27	177,2	5,82	182,3
Fp E	2,62	162,6	5,58	169,6
Fp F	3,12	162,5	10,87	174,3
Medelvärde	3,35	171,0	6,75	177,1
Fp B2	3,66	168,4	7,82	174,4
Fp D	4,56	160,1	4,87	168,2
Fp G	3,53	175,1	6,10	178,8
Fp H	2,48	154,9	3,69	160,6
Fp I	4,95	185,1	6,63	190,7
Medelvärde	3,84	169,6	5,82	176,5

4. Diskussion

4.1 Metodologiska aspekter

4.1.1 Val av försökspersoner

Det var flera anledningar bakom valet av försöksgrupp. Vältränade löpare utgör sannolikt en stabilare grupp än otränade när jämförelser ska göras mellan två testtillfällen. Risken för förändringar på grund av adaptation eller uttrötning blir då liten. Det vill säga, de valda försökspersonerna är vana att ligga på en hög träningsbelastning, och den anpassning och eventuella superkompensation av träningen/belastningen som själva testförfarandet medförde, påverkade sannolikt testerna minimalt. Tävlingsvana löpare har troligen också lättare att förbereda sig likvärdigt inför testerna vad gäller till exempel kostintag, sömn med mera, eftersom de är en del i deras vardagsrutin. Rutinerade löpare har även oftast lättare att hålla ett jämnt tempo, vilket är värdefullt eftersom testerna på fast underlag krävde en jämn farthållning, med stöd av en signal från en klocka var 100:e meter. Tävlingsaktiva löpare är också förmodligen de som mest frekvent tillämpar olika koncept av tröskelträning, beskrivet i diverse litteratur^{51 52 53}. Prognosvärdet för att bestämma tröskelvärdet är dessutom betydligt bättre för tränade än för otränade individer⁵⁴.

4.1.2 Val av intervallform

Valet av träningspass grundade sig på följande: (1) Vi ville ha en distans tillräckligt lång för att försökspersonen skulle nå en stabil puls- och laktatnivå (steady state). (2) Distansen fick inte vara så lång att den avskräckte försökspersonerna från att delta i studien (medeldistanslöpare springer sällan intervaller över 1000 meter). (3) Intervallformen bör vara enkel och vanligt förekommande bland löpare. Enligt vår mening är 1000 meters intervaller en av de vanligast förekommande intervallformerna bland långdistanslöpare, och därmed en relevant intervallform. (4) Slutligen ville vi ha en distans som var rimlig att genomföra även om vi överskattat försökspersonens laktatröskelhastighet. Det vill säga, 5x1000m går att genomföra med ganska höga laktatnivåer, en längre sträcka skulle innebära att

⁵¹ Peter G.J.M. Janssen, *Lactate Threshold training*, (Champaign, IL.:Human Kinetics, 2001).

⁵² Johnny Nilsson, *Puls- och laktatbaserad träning*, (Farsta: SISU idrottsböcker, 1998).

⁵³ Peter G.J.M. Janssen, *Training Lactate Pulse Rate*, (Oulu, Polar Electro Oy, 1987).

⁵⁴ Peter Foxdal, *Prediction of Maximal Lactate Steady State using blood lactate accumulation tests*, Diss. Uppsala universitet, (1994) Faculty of Medicine. 502.

försökspersonen inte skulle klara att fullfölja hela passet. Vi ville således undvika bortfall, på grund av utmattning.

4.1.3 Val av tröskelfart som utgångspunkt

Att en hastighet runt laktatröskelfart valdes som utgångspunkt hade följande orsaker: (1) Små skillnader i belastning kring tröskeln kan ge stora utslag i ackumuleringen av blodlaktat. (2) Hastigheten får inte vara så hög att den påverkas för mycket av acceleration och inbromsning. En väldigt hög hastighet förenat med hög laktatproduktion skulle också medföra fallrisker för försökspersonerna på löpbandet. (3) En för låg hastighet skulle däremot innebära att luftmotståndets inverkan var mindre och därmed bör skillnaderna rent teoretiskt var mindre (eftersom luftmotståndet ökar i kvadrat av hastigheten).

4.1.4 Skillnader mellan intervaller på fast underlag i jämförelse med löpband

En del praktiska begränsningar gör att det inte går att utföra intervallpassen på bana och löpband exakt identiskt. Accelerations- och inbromsningsfasen på bana kan inte återskapas på löpbandet. På löpbandet måste däremot försökspersonen istället hänga sig över löpbandet och sätta igång intervallen ”i fart”. På löpbandet startades inte tiden förrän Fp var i balans och släppt handtagen. Accelerationsfasen och inbromsningen i dessa låga farter har dock sannolikt liten inverkan på puls- och laktatbildningen. Fp tilläts en ”flygande” start på 2-3 meter, för att ändå minska belastningen från accelerationen något. Vid kortare intervaller i högre farter är acceleration och inbromsning dock en viktig faktor att ta hänsyn till.

Det är även en skillnad i avkylningen genom konvektion. Eftersom löpbandet står stilla i rummet är avkylningen genom konvektion sämre än på bana, där kroppen avkyls av själva fartvinden som uppstår vid förflyttningen. Under försöket riktades inga fläktar mot testpersonerna. Konvektion bidrar dock endast med 10-20 % av kroppens totala avkylning i luft vid temperaturer under hudens temperatur⁵⁵. I de temperaturer som var aktuella i denna studie bör inte Fp ha påverkats i stor utsträckning av skillnader i avkylning.

En annan skillnad är att löpningen på fast underlag löptes med kurvor, och med doseringar. Om man vill utföra tester i en kontrollerad miljö inomhus är det svårt att finna en annan plats

⁵⁵ Costill & Wilmore, pp. 309-310.

än en 200m lång inomhusbana. Önskvärt hade förstås varit att använda en rak sträcka inomhus. Försökspersonerna var dock vana att löpa inomhus med kurvor och doseringar.

Löpningen på fast underlag ställde även krav på att Fp kunde kontrollera sin fart. Det var viktigt att försökspersonerna sprang i en jämn hastighet under hela intervallen för att jämförelsen med löpband skulle vara adekvat. Rullbandet håller rätt hastighet åt Fp med automatik, men på fast underlag tvingades testpersonen anpassa farten med stöd av signaler. Försökspersonerna lyckades dock hålla ett mycket jämt tempo under hela intervallerna. Exempelvis avvek försöksperson *C* från idealtiden för hela intervallpasset med maximalt 0,26 sekunder (0,05-0,26 sek). Störst avvikelse hade försöksperson *E* som hade en avvikelse på maximalt 0,79 sekunder (0,17-0,79 sek)⁵⁶.

Slutligen var det en liten skillnad i möjligheten att röra sig mellan intervallerna. Löpbandet gav mindre möjligheter till rörelse. Försökspersonerna vilade totalt 60 sekunder mellan intervallerna, oavsett bana eller löpband, varav minst 20-25 sekunder togs i anspråk för provtagning. Under provtagningstiden stod försökspersonerna helt stilla. Även om studier⁵⁷ visat att lätt rörelse är det bästa sättet att transportera bort bildat laktat anser vi att denna skillnad inte hade någon inverkan på resultaten, under ett så kort tidsintervall som detta gällde.

4.1.5 Experiment design: "cross-over"

Idealiskt hade varit att försökspersonerna i de båda grupperna hade exakt samma tid mellan testtillfällena. Praktiska begränsningar styrde tiden mellan testtillfällena, slumpen gjorde att gruppen som började på fast underlag hade någon extra dag emellan testtillfällena i medeltal. Detta bör dock inte ha påverka resultaten, eftersom försökspersonerna ligger på en konstant hög träningsmängd och intensitet.

⁵⁶ Försöksperson *E* missbedömde sin fart på första intervallen på bana och låg tillslut 3,79 sek efter idealtiden. Han uppmanades att under intervallen hålla ett jämt tempo, och eftersom vi testade försöksperson *E* på bana först, hade vi möjlighet att justera farten på löpbandet med tre sekunder på löpbandet, avvikelsen blev därmed endast 0,79 sek maximalt. Försöksperson *E* var den enda personen som uppvisade problem med den kontrollerade farthållningen. Övriga försökspersoner sprang i en mycket jämn hastighet.

⁵⁷ Lars Michalsik & Jens Bangsbo, *Aerob och anaerob träning*, (Stockholm: SISU idrottsböcker, 2004), p 128.

Utfallet av ”cross-over” metodiken stärker dock studiens validitet i det avseendet att vi kan utesluta att resultaten inte var en följd av adaptation eller uttrötning. Försöksperson B, som testades dubbelt, visade exakt samma mönster, oavsett om han började på löpband eller på fast underlag. Detta indikerar att reliabiliteten i studien varit god.

4.2 Resultatdiskussion

4.2.1 Fastställande av laktattröskel på löpband och skillnader mellan rullband och fast underlag

Den metod som användes för att testa laktattröskeln (metodsteg 1) för att avgöra tröskelfarten visade sig vara klart acceptabel för rullband. Från tabell och figur över laktatvärden på intervallerna 5x1000m (se tabell 5 och 7, samt figur 2 och 3), går det att utläsa att laktatvärden ligger relativt stabilt kring, eller strax under 4 mmol/l på rullbandet (3,5-4,0 mmol/l). Viss ackumulering uppstod visserligen men det kan antas att försökspersonerna låg i ett tempo som var mycket nära laktattröskeln (maximal ”lactate steady state”-nivå). Däremot är det tydligt att farten var för hög på fast underlag (bana), då laktatnivån redan efter första intervallen börjar med ett medelvärde över 5,1 mmol/l, och sedan tydligt ökar för varje intervall till ett medelvärde över 7,3 mmol/l, på den sista intervallen. Standardavvikelsen för varje intervall indikerar också att laktatet ackumulerats med större avvikelse för varje intervall på fast underlag, medan den låg relativt stabilt på löpband.

Skillnaden i hjärtfrekvens är även den tydlig. På fast underlag var pulsen i medeltal 6 slag per minut högre. Eftersom hjärtfrekvensen inte har en tydlig brytpunkt kring laktattröskeln (hjärtfrekvensen ökar normalt linjärt med ökad belastning på submaximala nivåer), var skillnaderna i medelvärde ungefär lika stora under den första, som för den sista 1000 meters intervallen.

Denna studie ger även stöd åt den forskning som visar att vältränade uthållighetsidrottare har en lägre individuell tröskel än vad mer anaerobt specialiserade idrottare har⁵⁸. Försöksperson *C*, *F*, *G*, och *H* som i huvudsak tävlade i långdistanslöpning hade under 4,0 mmol/l när de passerade sin individuella tröskel. Medan försöksperson *E* och *I* som var mer anaerobt tränade hade en betydligt högre individuell tröskel och kunde ligga i ”steady state” fart med blodlaktatvärden över 6,0 mmol/l.

4.2.2 Skattad ansträngning

Det är svårt att dra några slutsatser av försökspersonernas skattade ansträngning. De flesta försökspersonerna var ovana vid Borgskalan/RPE, vilket kanske kan förklara de för enskilda individer svåranalyserade resultaten. Skillnaderna var tydliga avseende blodlaktat och hjärtfrekvens men inte i skattad ansträngning. Det faktum att vi inte kunde finna några signifikanta skillnader i skattad ansträngning är intressant ur tränarsynpunkt. Den aktive har uppenbarligen svårt att avgöra brytpunkten när halterna av laktat i blodet börjar överträffa förmågan att omsätta eller transportera bort bildat laktat. När försökspersonen väl upplever en skillnad är det ofta redan för sent. Om man vill försäkra sig om att ligga på en nivå på eller strax under laktattröskeln, kan det vara svårt att styra träningen enbart utefter skattad ansträngning med Borgskalan/RPE. Här kan mätning av blodlaktat och hjärtfrekvens vara ett nödvändigt hjälpmedel för styrning av träningsintensiteten. Vi utesluter dock inte att Borgskalan skulle kunna vara ett bra hjälpmedel för att styra intensiteten om det under en period kombineras med mätning av blodlaktat och hjärtfrekvens.

4.2.3 Könsskillnad

Antalet kvinnor i studien var för litet för att det ska gå att dra några slutsatser avseende kön. De kvinnliga försökspersonerna uppvisade dock inte något avvisande mönster, från de manliga försökspersonerna.

4.2.4 Iakttagelser på individnivå

Studerar man de olika försökspersonernas resultat individuellt kan man göra en del intressanta iakttagelser.

- Försöksperson *F* var den löpare som hade störst skillnad mellan löpband och bana, i parametrarna hjärtfrekvens och blodlaktat (dock ej RPE). Skillnaderna var mycket tydliga och

⁵⁸ Peter Foxdal, *Prediction of Maximal Lactate Steady State using blood lactate accumulation tests*, Diss. Uppsala universitet, (1994) Faculty of Medicine. 502.

det kan givetvis diskuteras vilka förklaringar som kan ligga bakom detta. Försöksperson *F* var den person som testades för den högsta tröskelhastigheten (19,46 km/h). Luftmotståndet har givetvis störst påverkan på den som springer i högst hastighet. Detta kan dock troligtvis inte förklara hela skillnaden. Vi misstänker att försökspersonen även var den person som kunde utnyttja svikten i löpbandet bäst. Det vill säga han hade den bästa löpekonomin på löpbandet. Som stöd för detta resonemang ligger att försökspersonen var den som var mest van att springa på löpband. Försökspersonen genomförde ett stort antal intervallpass på löpband vintertid, detta har sannolikt utvecklat försökspersonens löpekonomi på underlaget. En annan tänkbar orsak till att skillnaderna blev så stora kan också vara att vi träffade försökspersonens laktattröskelpunkt väldigt exakt. Detta medförde att laktatet ackumulerades väldigt snabbt, vid den ökade belastning som banlöping utgjorde, i jämförelse med löpbandet.

- Försöksperson *D* visade mycket små skillnader mellan löpband och bana, avseende blodlaktat och RPE, men skillnaderna var tydliga avseende hjärtfrekvens. Förklaringen till detta kan vara att försökspersonen strax innan studien återupptagit sin träning på grund av en skada. Belastningen som själva testandet medförde gjorde troligen att han superkompenserade, och förflyttade sin laktattröskel (försökspersonen sprang på fast underlag sist). När idrottare förbättrar sin laktattröskel kan de ligga på en belastning närmare sin maximala syreupptagningsförmåga (VO_{2max})⁵⁹. Eftersom syreupptagningsförmågan och hjärtfrekvensen har ett approximant linjärt samband i förhållande till löphastighet⁶⁰, innebär detta att en förbättrad (högerförskjuten) laktattröskel också medför att löparen ligger närmare maxpulsen.

4.2.5 Luftmotståndets inverkan

Som påvisats av resultatet finns det skillnader mellan banlöping och löpning på löpband när det gäller vilken kraft som krävs för att springa i en konstant hastighet. Att en av dessa är luftmotståndet som skapas vid banlöping är uppenbart. Luftmotstånd ($F = 0,5 \cdot A \cdot v^2 \cdot CD \cdot \rho$) är en kraft motriktad löparens riktning som påverkas proportionellt mot löparens frontarea och kvadraten av hastigheten. Dessutom påverkas den av luftens sammansättning (densitet) samt kroppens aerodynamiska utformning, men de var de samma vid alla testtillfällen eftersom löparna var de samma och försökspersonerna bar samma klädsel. Eftersom luftmotståndet är

⁵⁹ J.H. Wilmore & D.L. Costill, p. 199.

⁶⁰ J.H. Wilmore & D.L. Costill, p. 619.

proportionellt mot hastigheten i kvadrat blir det en ansenlig kraft⁶¹ och detta kan också delvis förklara varför försökspersonerna *A*, *H* och *I* som sprang på en lägre hastighet (12,42-15,65 km/h) inte visade på riktigt lika stora skillnader i hjärtfrekvens och laktatbildning som de försökspersoner som sprang i en högre hastighet (18,46-19,46), *B*, *C* och *F*. Men frågan är om luftmotståndet är den enda skillnaden mellan löpning på fast underlag och löpning på löpband?

4.2.6 Löpbandets elasticitet

Ytterligare en biomekanisk faktor skulle kunna förklara skillnaderna mellan löpning på rullbandet och fast underlag, nämligen löpbandets elasticitet. Iakttagelser under testutförandet, samt egna erfarenheter av löpbandslöpning, antyder att det finns skillnader i elasticitet hos de olika underlagen. Vi misstänker att löpbandet ger en mer elastisk stöt än banan. Effekten detta får är att löparen kan få en hjälpande vertikal kraft, det vill säga den medverkar till att motverka gravitationen och löparen kan koncentrera sin kraft horisontellt. Den totala effekten blir således att löparen behöver lägga mindre kraft för att lyfta sig från underlaget och därmed spara energi trots att han förflyttar sig med samma hastighet som under banlöpningen.

Störst effekt tror vi elasticiteten får genom att påverka impulstiden. Formeln för impuls ($I=F \cdot t$) medför att en ökad tid (t) för impulsen kan minska stötchocken med lika stor del. Det vill säga att en förlängd impulstid spar kraft åt löparen. Eftersom hastigheten (v) under testen var konstant och rörelsemängden är produkten av massan (m) och hastigheten (v) får löparen även en konstant rörelsemängd. Bibehållen rörelsemängd (i x -led) medför en regelbunden impuls enligt formeln $\int F dt = mv_2 - mv_1 = \Delta(mv)$. Detta är en tydlig indikation för att en tänkbar ökad impulstid under löpning på bana medför en minskad kraft men ändå bibehållen hastighet. Detta skulle vidare kunna kopplas ihop med löpteknik, där en löpare med lite ”studsigare” löpsteg gynnas mer på ett mer elastiskt underlag genom att få än mer gensvar och därmed förlänga sin impulstid.

I beaktandet av elasticiteten i löpbandet bör man även inkludera underlaget löpbandet är placerat på. Ett betonggolv utan svikt ger sannolikt ett mindre gensvar än ett trägolv, även om samma löpband används.

⁶¹ L.G.C.E., Pugh, “Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance”, *J. Physiol. (London)*, 207 (1970), pp. 823-835.

4.2.7 Lutning på löpbandet

En synpunkt som ofta dykt upp under arbetet med denna studie är att lösningen på problematiken kring en minskad belastning på löpband till följd av avsaknad av luftmotstånd, skulle vara att springa med en lutning på löpbandet på exempelvis 1-2°. Vi har dock endast kunna hitta begränsad och motstridig forskning på området^{62 63}, men ser flera teoretiska förklaringar som talar för att detta inte är en adekvat lösning. Som tidigare nämnts ökar luftmotståndet i kvadrat av hastigheten. En lutning på löpbandet skulle visserligen ge en ökad belastning, men denna ökade belastning blir linjär, det vill säga, belastningen blir högre med ökad hastighet, men endast av grad 1 (det vill säga ökningen är ej i kvadrat av hastigheten). För att kompensera för luftmotståndet skulle man därför behöva ha en gradvis större lutning på löpbandet, ju högre hastighet löparen springer på. Denna lutning måste dessutom vara anpassad till löparens kroppsstorlek, eftersom frontarean påverkar luftmotståndet.

En lutning på löpbandet kommer även att påverka den elastiska energi som löpbandet genererar, genom att denna kraft alltid blir vinkelrät mot underlaget. Detta medför att kraften vid en lutning av löpbandet påverkar löparen med en kraft i negativ löpriktning, med lika många grader som löpbandet lutar.

Löptechniken påverkas givetvis även av en lutning på löpbandet (så vida man nu inte lyckas kompensera exakt för luftmotståndet). Eftersom laktattröskeln infaller på olika pulsnivåer vid olika aktiviteter⁶⁴, är det rimligt att antaga att en lutning på bandet skulle öka problematiken med överföringen av resultat från löpband till bana. En lutning på bandet kan heller inte kompensera för elasticitetsvariationer.

Man skulle kunna jämföra löpbandslöpning utan lutning med löpning utför, eftersom löparen normalt lutar sig något framåt för att möta luftmotståndet. Istället kan löparen på löpbandet (utan luftmotstånd) vara helt upprätt i löpningen vilket löptechniskt blir som att springa i en nerförsbacke. En löpare med god löpekonomi svagt utför bör därför också vara bra på löpbandslöpning.

⁶² H. Henck, A. Mader, G. Hess, S. Müller & W. Hollman, "Justification of the 4-mmol/l Lactate Threshold", *Int J. Sports Med*, 6 (1985:3), pp. 117-130.

⁶³ David R. Bassett et al, pp. 477-481.

⁶⁴ Johnny Nilsson, p. 126.

4.2.8 Validitets och reliabilitetsproblem

Det validitetsproblem som sannolikt är störst med denna studie är löpbandets giltighet. Är löpbandet vi använt oss av representativt för andra typer av löpband? Studier har visat att olika löpband kan ge olika trösklar⁶⁵. Detta faktum säger dock ingenting om jämförelsen med fast underlag. Det troliga är dock att all löpbandslöpning ger en lägre metabolisk belastning, förutsatt att löpbandet är korrekt kalibrerat.

Det finns ytterligare en validitetsaspekt på löpbandet. Om löpbandet har en svag motor finns en risk att bandet går fortare när löparen är i luften under flygfasen. Löpbandet kan alltså gå långsammare när det har ett motstånd av en löpare med markkontakt, och för att hålla medelhastigheten kompenserar den genom att öka hastigheten på bandet när löparen är i luften.

Vad gäller luftmotståndet, så är avsaknaden lika för alla löpband, dock kan variationerna i elasticitet på olika löpband förklara skillnaderna i uppmätta trösklar mellan olika löpband. Reproducerbarheten av denna studie bedömer vi dock som mycket god. Mer forskning på området är välkommen.

4.2.9 Studiens relevans och originalitet

Pugh beräknade att vindmotståndet bara hade en betydande effekt i hastigheter över 21,5 km/h, och att löpekonomiska skillnader mellan underlagen var en obetydlig faktor, i jämförelsen mellan löpband och fast underlag⁶⁶. Pughs jämförelse gällde dock skillnaden i syreupptagning och flera studier som följt har givit ett liknade resultat^{67 68 69}. I denna undersökning konstaterades signifikanta skillnader i farter mellan 12,42-19,46 km/h, avseende blodlaktat och hjärtfrekvens.

Vi har endast kunnat finna en studie som gjort en likvärdig jämförelse som oss avseende blodlaktat, hjärtfrekvens och skattad ansträngning; Lennart Gullstrand och Bertil Sjödens

⁶⁵ Henck et al., p 125.

⁶⁶ L.G.C.E. Pugh, pp. 823-835.

⁶⁷ David R. Basset, JR, Michel D. Giese, Francis J. Nagle, Ann Ward, Diane M. Raab & Bruno Balke, "Aerobic requirements of overground versus treadmill running", *Med Sci in Sports Exerc*, 17 (1985:1), pp 477-481.

⁶⁸ S Crouter, C Foster, P. Esten, G. Brice & J.P. Porcari, "Comparison of incremental treadmill exercise and free range running", *Med Sci Sports Exerc*. 33 (2001:4, Apr), pp. 644-7.

⁶⁹ T. Meyer, J.P. Welter, J. Scharhag, W. Kindermann, "Maximal oxygen uptake during field running does not exceed measured during treadmill exercise", *Eur J Appl Physiol.*, 88 (2003:4-5 jan), pp. 387-9.

studie fann dock inga skillnader mellan löpning på rullband och löpning på fast underlag⁷⁰. Resultaten av vår studie visar ett motstridigt resultat och detta understryker nödvändigheten av att mer forskning bör genomföras på området.

4.3 Slutsats

Resultaten på fast underlag jämfört med på löpband i samma löphastighet skiljer sig signifikant vad avser blodlaktat och hjärtfrekvens. Belastningen är större på fast underlag och denna skillnad kan även statistiskt säkerställas. Även vad gäller skattad ansträngning kunde individuella skillnader påvisas. Dessa skillnader var dock inte alls lika tydliga som för blodlaktat och hjärtfrekvens, och hade ingen statistisk signifikans.

Med bakgrund av denna studie anser vi att försiktighet bör vidtas vid överförandet av resultat som erhållits vid tester på löpband till löpning på fast underlag (banlöpning). Om träningens intensitet styrs med utgångspunkt från utfallet av ett tröskeltest utfört på löpband, bör hänsyn tas till att den metaboliska belastningen är större på fast underlag. Detta är särskilt viktigt om träning eller tävling avses bedrivas på en belastning nära laktattröskeln men utan att överstiga denna.

4.4 Nya frågeställningar och forskningsproblem

Kan omfattande träning på löpband förändra löpekonomin på fast underlag? ”Man blir bra på det man tränar” är ett välkänt faktum, kan det vara så att man inte får full effekt av träningen på löpband? Det vill säga att överföringseffekten, eller adaptationen, är sämre om man avser att förbättra sig i löpning på fast underlag? Är det möjligt att löparen lär sig att utnyttja de speciella egenskaper som löpbandslöpning ger? Kan det därmed finnas en fara i att bedriva för mycket träning på rullband?

⁷⁰ Lennart Gullstrand & Bertil Sjödin, *Bör mjölksyratröskeltest för löpare genomföras på slät bana i stället för på löpband?* CPU-projektrapport (Farsta: Centrum för Prestationsutveckling, 9:1992).

Hur skiljer sig stegfrekvens, steglängd, impulstid och elasticitet mellan olika löpband, och i förhållande till fast underlag? Kan man genom att utföra ett hopptest på löpband fastställa skillnader mellan den elastiska energi som löpbandet kan skapa jämfört med det fasta underlaget? Om så är fallet skiljer sig denna komponent mellan olika löpband och vilken betydelse har underlaget som löpbandet står på?

Käll- och litteraturförteckning

Adams, Gene M., *Exercise Physiology Laboratory manual*, (MacGraw-Hill, 4th Ed, 2002).

Basset, David R, JR, Giese, Michel D., Nagle, Francis J., Ward, Ann, Raab, Diane M. & Balke, Bruno, "Aerobic requirements of overground versus treadmill running", *Med Sci in Sports Exerc*, 17 (1985:4), pp 477-481.

Borch K.W., Ingjer F., Larsen S. & Tomten S.E., "Rate of accumulation of blood lactate during graded exercise as a predictor of anaerobic threshold", *Journal of Sports Scienc*, 11 (1993:1), pp 49-55.

Borg, G. A. V., "Psychological bases of perceived exertion", *Med Sci Sport Exerc*, 14, (1982:5), pp 377-381.

Borg, G. *Borg's perceived exertion and pain scales*, (Human Kinetics, 1998).

Crouter S., Foster C., Esten P., Brice G., Porcari J.P., "Comparison of incremental treadmill exercise and free range running", *Med Sci Sports Exerc*, 4 (2001:33, Apr), pp. 644-7.

Davis C., "Effects of wind assistance and resistance on the forward motion of a runner", *J. Appl Phys.*, 48 (1980), pp 702-709.

Davis A. James, "Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research", 17 (1985:1), pp 6-18.

Elliot B.C. & Blanksby B.A., "A cinematographic analysis of overground and treadmill running by males and females", *Med Sci Sports*, 8 (1976:2), pp. 84-7.

Farrell, P.A., Wilmore, J.H., Coyle, E.F., Billing, J.E., & Costill, D.L., "Plasma lactate accumulation and distance running performance", *Medicin and Science in Sport*, 11 (1979:4), pp.338-344.

Fink, W., Costill D.L., Van Handel, P., & Getchell, L, "Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold", *European Journal of Applied Physiology*, 34 (1974), pp 183-190.

Foxdahl, P., *Prediction of Maximal Lactate Steady State using blood lactate accumulation tests*, Diss. Uppsala universitet, (1994) Faculty of Medicine. 502.

Gore, Christopher J. (eds), *Physiological Tests for Elite Athletes*, (Champaign, IL, US, Human Kinetics, 2000).

Gullstrand, Lennart & Sjödin, Bertil, *Bör mjölksytröskeltest för löpare genomföras på slät bana i stället för på löpband?* CPU-projektrapport (Första: Centrum för Prestationsutveckling, 9:1992).

Von Heck, H., Hess G. & Mader A., „Vergleichende Untersuchung zu verschiedenen Laktat-Schwellenkonzepten“ („Comparative study of different lactate threshold concepts“), *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 1 (1985), pp 19-26.

Henck, H. Mader, A., Hess, G., Mücke, S., Müller, R. & Hollmann,, “Justification of the 4-mmol/l lactate threshold”, *Int. J. Sports Med.* 6 (1985). pp 117-130.

Holmberg, Hans-Christer & Viinamäki, Harri, *Fysiologisk effekt av intervallträning på och runt mjölksytröskeln avseende på tröskelkapacitet, återhämtningsförmåga och maximal syreupptagning*, Examensarbete 10 p vid Specialidrottstränarlinjen 1995-1997 vid Idrottshögskolan i Stockholm, 1997:81 (Stockholm, Idrottshögskolan, 1997).

Janssen, Peter G.J.M., *Lactate Threshold Training*, (Champaign, IL.: Human Kinetics, 2001).

Janssen, Peter G.J.M., *Training Lactate Pulse Rate*, (Oulu, Polar Electro Oy, 1987).

Keul J, Simon G., Berg A et al. "Determination of the individual anaerobic threshold in the assessment of efficiency and in the designing of training", *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 7 (1979:30), pp 212-218.

Kindermann W., Simon G. & Keul J., "The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training", *European Journal of Applied Physiology*, 42 (1979), pp. 25-34.

Landing F. & Orban W. (eds), *Exercise Physiology*, (Florida: Symposia Specialists Inc., 1976).

Laukkanen R.M.T. & Virtanen P.K., "Heart rate monitors: State of the art", *J Sports Sci*, 16 (1998: suppl, july), pp.1-7.

McMiken, D. and Daniels, J. "Aerobic requirements and maximum aerobic power in treadmill and track running", *Med Sci Sports Exc.*, 8 (1976), pp. 14-17.

Meyer T., Welter J.P., Scharhag J., Kindermann W., "Maximal oxygen uptake during field running does not exceed measured during treadmill exercise", *Eur J Appl Physiol.*, (2003 jan); 88 (4-5), pp. 387-9.

Michalsik, L. & Bangsbo, J., *Aerob och anaerob träning*, (Stockholm: SISU idrottsböcker, 2004).

Nilsson, Johnny, *Puls- och laktatbaserad träning* (Farsta: SISU idrottsböcker, 1998).

Pugh, L.G.C.E., "Oxygen intake in track and treadmill running with observations on the effect of air resistance", *J. Physiol. (London)*, 207 (1970), pp. 823-835.

Sjödin B & Jacobs I., "Onset of Blood Lactate Accumulation and Marathon Running Performance", *International Journal of Sports Medicine*, 2 (1981), pp. 23-26.

Sjödin, B., Jacobs, I & Svedenhag, J., "Changes in blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA", *Europ J. Appl. Phys*, 49 (1982), pp. 45-57.

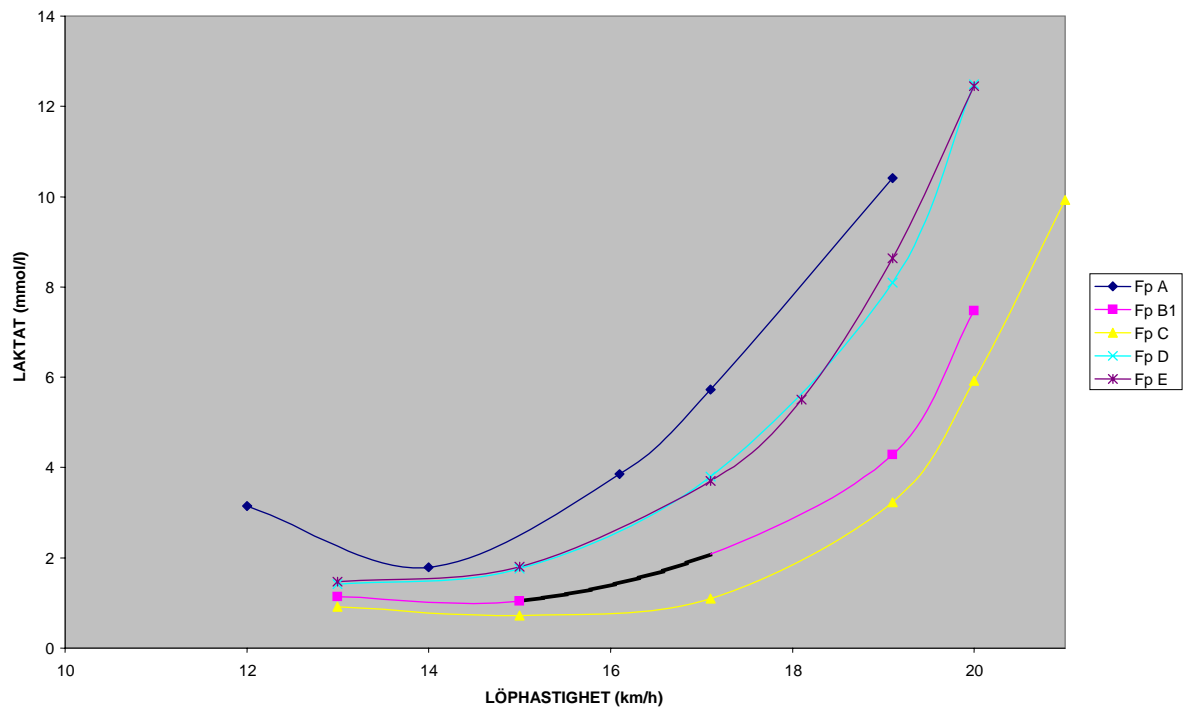
Thomas, Jerry R. & Nelson, Jack K., *Research Methods in Physical Activity*, (Human Kinetics, 1996), pp. 201-203.

Weltman, Arthur., *The Blood Lactate Response to Exercise*, (Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1995).

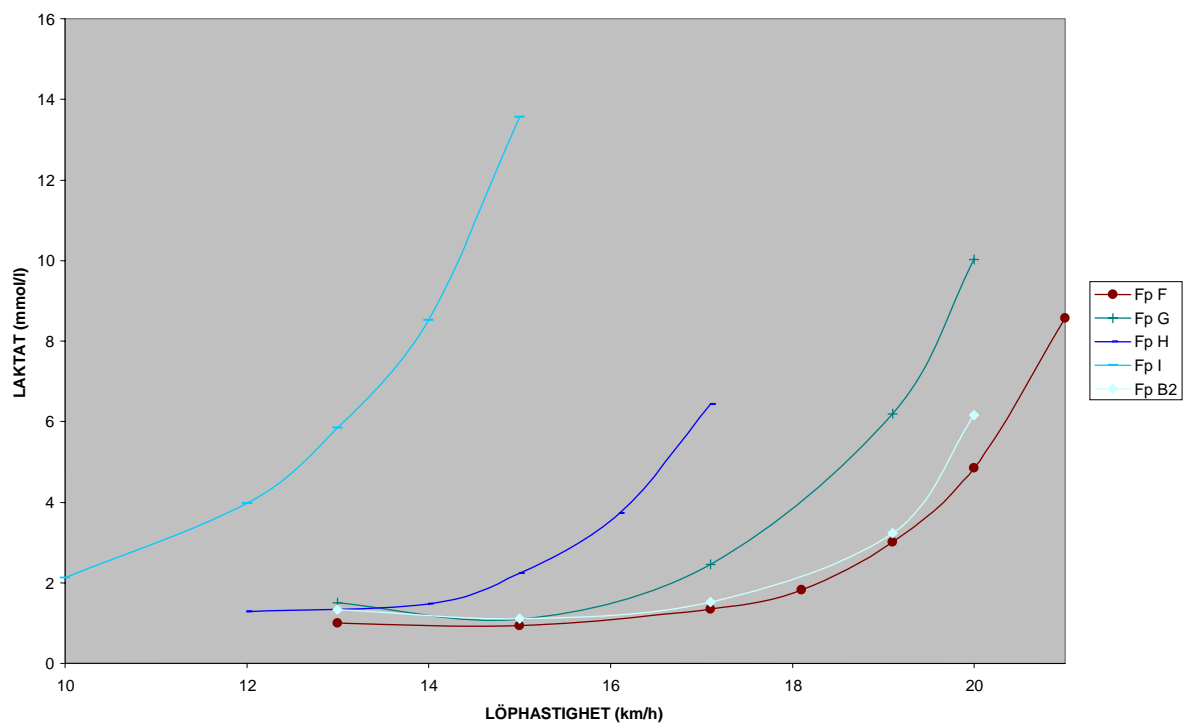
Wilmore, Jack H. & Costill, David L., *Physiology of Sport and Exercise*, (Champaign, IL, Human Kinetics, 2004).

Bilaga 1. Resultat av laktatträskeltesterna

Laktatträskeltest



Laktatträskeltest



Bilaga 2.

KÄLL- OCH LITTERATURSÖKNING

VAD?

Vilka ämnesord har ni sökt på?

Ämnesord	Synonymer
Treadmill Running Surface Overground Human Biomechanics Comparative study Lactate threshold Anaerobic threshold Energy Metabolism Difference or variance Heart rate	

VARFÖR?

Varför har ni valt just dessa ämnesord?

Tanken med valet av sökord var att hitta rätt kombinationer som skulle ge oss de artiklar där jämförelser gjorts mellan löpbandslöpning och löpning på fast underlag. Det finns många artiklar som behandlar jämförelser i syreupptagningsförmåga, men artiklar med jämförelser avseende blodlaktat i tröskelhastighet var betydligt begränsade. I övrigt var målsättningen med våra sökningar att finna definitioner och en ökad förståelse för vissa begrepp och termer.

HUR?

Hur har ni sökt i de olika databaserna?

Databas	Söksträng (urval)	Antal träffar
PubMed	1. Treadmill AND surface AND lactate NOT (horses OR skiing) 2. Treadmill AND surface AND differences NOT (horses OR skiing OR walking OR diving) 3. Treadmill AND track AND lactate threshold differences NOT (horses OR skiing OR walking OR diving) 4. treadmill AND track AND biomechanics NOT (horses OR skiing OR walking OR diving) 5. treadmill AND track AND running AND "heart rate" 6. treadmill AND track AND running AND "energy metabolism" AND differences	3. 35. 2. 6. 37. 3.

KOMMENTARER:

Vi valde PubMed i första hand eftersom det i den databasen går att söka med fler sökord. Det finns mängder med studier gjorda på olika typer av ergometrar vilket medförde att vi var tvungna att både få med de variabler vi ansåg nödvändiga, framför allt blodlaktat och samtidigt utesluta studier gjorda för till exempel skidåkning eller cykling. Det fanns även en hel del studier gjorda på djur som vi ville exkludera. De flesta artiklar som varit av intresse för studien har vi dock hittat via referenslistor i tidskrifter eller annan litteratur. Vi har endast hittat en studie som överrensstämmer med vårt syfte.