



# **Jämförelse av $VO_2$ mätningar inom- och utomhus**

– på roddergometer med portabla utrustningen  
Oxycon Mobile

Tobias Elgh

GYMNASTIK- OCH IDROTTSHÖGSKOLAN  
Självständigt arbete avancerad nivå 40:2013  
Magisterkurs i idrott 2009-2010  
Handledare: Lennart Gullstrand  
Examinator: Karin Söderlund



# **Comparison of $\text{VO}_2$ measurements in- and outdoors**

–on rowing ergometer with the portable system  
Oxycon Mobile

Tobias Elgh

THE SWEDISH SCHOOL OF SPORT  
AND HEALTH SCIENCES  
Master Degree Project 40:2013  
One Year Master in Sport Science: 2009-2010  
Supervisor: Lennart Gullstrand  
Examiner: Karin Söderlund

## **Sammanfattning**

### **Syfte och frågeställning**

Föreliggande studies syfte var att jämföra den mobila syreupptagningsutrustningen Oxycon Mobile [OM] vid rodd på roddergometer vid mätningar inomhus och utomhus.

Frågeställningen var om OM visar jämförbara värden mellan inomhus- och utomhusmätning vid standardiserad arbetsform.

### **Metod**

Sju manliga roddare från nationell och internationell elit rodde vid två tillfällen 4x4 minuter med stegrande belastning (+30 W) på submaximal (SMx) belastning följt av 4 minuter maximal belastning (Mx) på roddmaskinen Concept 2 modell D. Testtillfället inomhus genomfördes i välventilerad lokal och utomhus genomfördes testet under tak med tre öppna väggar med temperatur  $20,5 \pm 0,9$  respektive  $15,3 \pm 1,9^\circ$  C och luftfuktighet  $50,2 \pm 7,5$  respektive  $61,0 \pm 8,5$  %. För att mer likna rodd utomhus på vattnet simulerade en fläkt den fartvind som uppstår vid rodd på vattnet. Syreupptagning ( $VO_2$ ), respiratorisk kvot (RER), ventilation ( $V_E$ ), hjärtfrekvens, takt och skattad ansträngning i ben och andning på Borg skala (RPE) mättes. Blodprov togs för analys av mjölksyra.

### **Resultat**

Ingen signifikant skillnad i  $VO_2$  (0,7 % högre på SMx och 0,2 % lägre på Mx vid mätning utomhus jämfört med inomhus) eller  $V_E$  (1,3 % lägre på SMx och 0,6 % lägre på Mx vid mätning utomhus jämfört med inomhus) på någon belastningsnivå sågs mellan testet inomhus mot utomhus. RER visade signifikanta lägre skillnader ( $p < 0,05$ ) på de två första SMx belastningarna och på Mx (3,9 på SMx och 3,8 % på Mx). Inga signifikanta skillnader på hjärtfrekvens, takt eller mjölksyra på SMx eller på Mx sågs.

### **Slutsats**

Gruppens medelvärden visar på jämförbara värden av  $VO_2$  vid låg till medelintensivt arbete och under maximal intensitet. Dock visar resultaten en variation i  $VO_2$  med en spridning av skillnaderna mellan test inomhus och utomhus från 3,3 % lägre till 6,4 % högre på SMx och 3,9 % lägre till 5,0 % högre på Mx vid mätning utomhus jämfört med inomhus. Signifikanta lägre skillnader på RER vid låga belastningar gör att RER inte är jämförbart och vid beräkningar av energisubstrat kan felaktiga slutsatser dras. Vid testning av elitaktiva står den enskilde individens resultat i centrum. Det är då av stor vikt att även små prestationsökningar som krävt en lång tids träning att uppnå uppmärksammas och utvärderas.

## **Abstract**

### **Aim**

The aim of the present study was to compare the measurements of oxygen consumption from the portable system Oxycon Mobile [OM] between rowing on the rowing ergometer indoors and outdoors. The question at issue was whether OM is showing comparable values between measurements indoor and outdoor at a standardized way of working.

### **Method**

Seven male national and international level rowers rowed twice 4 x 4 minutes with increased workload (+ 30 W) at submaximal workload (SMx) followed by 4 minutes maximum load (Mx) on the rowing machine, Concept 2 model D. Indoor test was conducted in a well-ventilated room. The outdoor test was conducted under a roof with three open walls, temperature  $20.5 \pm 0.9$  respectively  $15.3 \pm 1.9$  ° C and humidity  $50.2 \pm 7.5$  respectively  $61.0 \pm 8.5\%$ . To more resemble rowing outdoors on water a fan simulated the air resistance that occurs when rowing on the water. Oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ), respiratory rate (RER), ventilation ( $\text{V}_E$ ), heart rate, stroke rate and rate of perceived exertion in legs and breathing on Borg's RPE-scale (RPE) were measured. Blood samples were drawn for analysis of lactate.

### **Results**

No significant difference was seen between the test indoors to outdoors in  $\text{VO}_2$  (0.7% higher at SMx and 0.2% lower at Mx outdoor compared to indoor measurement) or  $\text{V}_E$  (1.3% lower at SMx and 0.6% lower at Mx outdoor compared to indoor measurement) at any level of workload. RER showed significant lower differences ( $p < 0.05$ ) on the first two SMx loads and Mx (3.9 at SMx and 3.8% at Mx). No significant differences in heart rate, stroke rate or lactate at SMx and Mx was found,

### **Conclusions**

The means show comparable values of  $\text{VO}_2$  at low to moderate intensity work and during maximal intensity. However, the results show a variation in  $\text{VO}_2$  with differences between test indoors and outdoors from 3.3% lower to 6.4% higher at SMx and 3.9% lower to 5.0% higher on Mx outdoor compared to indoor measurement. Significant lower differences in RER at low workloads makes RER not comparable and it can led to incorrect conclusions when calculating energy substrates. When testing elite athletes the focus is on the individual result of the athlete. It is therefore of great importance that even small increases in performance that required a long period of training to achieve the observed and evaluated.

## Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Introduktion .....	1
1.2 Bakgrund .....	1
1.2.1 Rodd .....	1
1.2.2 Syreupptagningsförmåga och rodd.....	4
1.2.3 Roddteknik .....	6
1.2.4 Luftmotstånd under rodd på vattnet .....	7
1.3 Tidigare forskning .....	7
1.4 Syfte och frågeställning.....	9
2 Metod .....	10
2.1 Deltagare .....	10
2.1.1 Bortfall .....	10
2.2 Testprocedur.....	11
2.2.1 Simulering av fartvind.....	12
2.3 Utrustning.....	12
2.3.1 Syreupptagningsutrustning.....	12
2.3.2 Roddergometer .....	13
2.3.3 Blodmjölksyra .....	13
2.3.4 Fläkt och vindmätare .....	14
2.4 Data bearbetning .....	14
2.4.1 Statistik.....	14
3 Resultat.....	15
4 Diskussion .....	19
4.1 Slutsats .....	23
Käll- och litteraturförteckning.....	24

Bilaga 1 Käll- och litteratursökning

Bilaga 2 Information till försöksperson

Bilaga 3 Medgivande och hälsokontroll

Bilaga 4 Protokoll

## Tabell- och figurförteckning

Tabell 1 – Tabell över variationen av hastighet över 2000 meter tävlingsrodd.....	5
Figur 1 – Drag- och återgångsfasen på roddmaskin .....	6
Tabell 2 – Information om försökspersoner .....	9
Figur 2 – Luftrörets placering i förhållande till roddarens position .....	11
Tabell 3 – Värderna av effektutveckling, blodlaktat, hjärtfrekvens, takt och skattad ansträngning .....	14
Figur 3 – Grafer med $VO_2$ , RER, $V_E$ , $FECO_2$ och $FEO_2$ .....	16
Figur 4 – Bland-Altman graf av $VO_2$ .....	17

# 1 Inledning

## 1.1 Introduktion

Mätning av syreupptagning ( $VO_2$ ) i fält genomfördes i början av 1900-talet av bland andra Nathan Zuntz (Tipton 2006, s. 30) men redan i slutet av 1700-talet studerades syretransporten (Mitchell och Saltin 2003, s. 255). Zuntz använde i sina mätningar Douglas Bag metodiken, som än idag anses vara ”golden standard” men har sina begränsningar vid mätningar under utövandet av idrott (Hodges, Brodie & Bromley 2005, s. 271f). Tekniken har gått framåt och idag är det möjligt att kunna mäta  $VO_2$  under förhållanden i fält där idrottaren är i sin rätta miljö. Detta ger möjlighet att undersöka metabolismen under idrottsspecifika rörelsemönster och det ger även möjlighet till långa mätningar i både tid och distans som inte är möjligt med en Douglas Bag. Denna uppsats ämnar titta lite närmare på syreupptagningsmätningar med en mobil utrustning under arbetsformen rodd. Studien genomförs på roddergometer under kontrollerade belastningar utomhus och jämföras med resultat från motsvarande mätningar inomhus.

## 1.2 Bakgrund

### 1.2.1 Rodd

Konsten att ro har funnits under en lång tid, och har utvecklats från att vara ett sätt att transportera människor och varor över vatten till att idag vara en utbredd tävlingsidrott. Internationella roddförbundet Fédération Internationale des Sociétés d’Aviron (FISA) har idag 136 medlemsländer (FISA 2013). Rodd är en idrott som varit med på det olympiska programmet sedan starten 1896, dock ställdes roddtävlingen in på grund av dåligt väder och först 1900 kunde de första olympiska mästarna i rodd koras (Officiell hemsida för den Olympiska rörelsen, 2013). Den första roddtävlingen kan härledas till 1715 på Themsen i London, the Dogget’s Coat and Badge race, som än idag årligen arrangeras (Race for Doggett’s Coat & Badge 2013). En mer välkänd tävling är den mellan universiteten i Oxford och Cambridge, the Boat Race, som har pågått sedan 1829 och Henley Royal Regatta som genomförs sedan 1836 (The Boat Race 2013; Henley Royal Regatta 2013).

Tävlingsrodd på mästerskapsnivå avgörs alltid på distansen 2000 meter med sex separata banor. Roddaren kan ro antingen med enkelåra eller med två åror- sculler. Klasserna i enkelåra är för 2, 4 eller 8 roddare. Åttan rors alltid med styrman men i vissa fall förekommer även styrman i båtar med 2 och 4 roddare. Sculler rodd förekommer som singel, dubbel och fyra. Det finns två viktklasser för både damer och herrar. För damer lättvikt gäller max kroppsvikt på 59 kg med ett medelvärde av 57 kg per roddare i lagbåtar och för herrar lättvikt gäller max kroppsvikt på 72,5 kg med ett medelvärde av 70 kg per roddare i lagbåtar. I den öppna klassen väger internationella topproddare i herr klasserna  $94,3 \pm 5,9$  kg och har en kroppslängd på  $1,94 \pm 0,05$  m medan det för damerna är en kroppsvikt på  $76,6 \pm 5,2$  kg och en kroppslängd av  $1,81 \pm 0,05$  m (Kerr, Ross, Norton, Hume, Kagawa & Ackland 2007, s. 45ff).

Roddaren sitter på en slejd (rörligt säte) och kroppen rör sig mot fören när ben och armar arbetar synkroniserat. Framdrivandet av roddbåten görs med kroppens samtliga extremiteter och bål. Detta gör att rodd involverar ca 70 % av roddarens muskelmassa (Steinacker 1993, s S3).

Under gynnsamma förhållanden är världsbästa tiderna för herrar åtta med styrman, som är snabbaste båtclassen, ca 5:20 min och för damer lättvikt i singel, som är den långsammaste båtclassen, ca 7:30 min. Vid jämförelse av världsbästa tiderna på 2000 meter mellan herrar öppen och lättviktsklass har den öppna klassen 3,3 % kortare arbetstid än lättviktsklassen, för damer är det 4,3 % och mellan dam och herr i den öppna klassen har herrarna 11,1 % kortare tider (FISA 2013).

Utvärdering av en roddare från laborietester kan endast ge en bild av vilka fysiologiska egenskaper roddaren har och vilken nivå av prestation som är möjlig. För att roddaren ska kunna prestera vid tävling måste denne inte bara äga vissa fysiologiska egenskaper utan även kunna ro tekniskt bra samt ha psykologiska egenskaper som bland annat självmedvetenhet och motivation (Steinacker 1993, s S4).

En roddare karakteriseras av en person med stor muskelstyrka i förhållande till kroppsstorlek. Värden på upp mot 2000 N rapporteras i handtaget från isometriska tester i en positionslik rodd (Secher 1975). För att kunna hävda sig internationellt föreslår McNeely, Sandler och

Bamel (2005, s. 11) bland annat nivåer av styrka i 1RM (1 repetition maximum) i knäböj och liggande rodd (roddaren ligger på en bänk och drar upp skivstången upp till bröstet) av 1,9 respektive 1,3 gånger kroppsvikten för herrar i den öppna klassen och 1,6 respektive 1,2 gånger kroppsvikten för damer i den öppna klassen.

Under startfasen i ett tävlingslopps första drag är krafterna mellan 1000 och 1500 N. Vidare under loppet är hastigheten något lägre och peak krafter under draget i åran kan nå upp till 770 N och ett medelvärde under ett drag är ca 400 N, vilket ger medeleffekter över 500 W (Kleshnev 2006, s. 14; Steinacker 1993, s. S3).

Under ett tävlingslopp gör roddaren 32-38 drag·min<sup>-1</sup> (totalt 200-250 drag) beroende på båtklass. Vid träning varierar takten mellan 15-40 drag·min<sup>-1</sup> och tiden för ett drag är 0,6-2,2 sekunder (Steinacker 1993, s. S3). Med anledning av den relativt låga rörelsehastigheten är roddare mer utpräglat starka i låga rörelsehastigheter (Secher 1993, s. 34). I och med att ben, armar och överkroppen används vid framdrivandet av roddbåten involveras därmed ca 70 % av kroppens muskelmassa (Steinacker 1993, S3). Vid mätningar av muskelfibertyp i muskeln vastus lateralis på elitroddare var andelen av typ I (de långsamma muskelfibrerna) ca 70 % (Secher 1983, s 41 ). Även värden upp mot 85 % typ I fibrer i quadricepsmuskeln och över 90 % i deltoideusmuskeln har rapporterats (Larsson 1988, s. 267). Och ett visst samband har setts med ju högre andel typ I muskel fibrer desto mer framgångsrik är roddaren (Roth, Hasart, Wolf & Pansold 1983, se Steinacker 1993, s. S4).

Trots en komprimerad kroppsposition i den initiala delen av ett drag (se figur 1) visar stora roddare en förmåga till en mycket hög ventilation av > 270 L·min<sup>-1</sup> (Jensen, Johansen och Secher, 2001, s. 201). Andningsmönstret är knutet till dragcykeln och takten. Vid låga takter är andningsfrekvensen samma som takten och det är tidalvolymen som ökar. Vid ökad takt blir andningsfrekvensen två gånger mot takten, och ibland även tre andetag. Under en dragcykel med flera andetag ingår det ett större och ett mindre och snabbare. Detta leder till att roddaren vid takt 35 årtag per minut har ca 0,4 sekunder att inhalera. Under maximalt arbete kan roddare ventilera ca 90 % av maximal voluntary ventilation, MVV (Steinacker, Both och Whipp 1993, s. S16f).



## 1.2.2 Syreupptagningsförmåga och rodd

Redan 1920 visade Liljestrand och Lindhard värden på  $VO_2$  vid rodd i båt av  $2,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , mätningen gjordes i en traditionell roddbåt (eka) med en teknik av endast överkroppens arbete (1920, s. 28). Di Prampero, Cortili, Celentano och Cerretelli (1971, s. 855) beräknade indirekt den metaboliska kostnaden med förhållandet av hjärtfrekvens och  $VO_2$  vid rodd i roddbassäng. Vidare visar Secher (1983, s. 34) att den metaboliska kostnaden för att driva båten framåt ökar i förhållande till medelhastigheten ( $v$ ) med exponenten 2,4 ( $v^{2,4}$ ) medan för att övervinna vattenmotståndet mot båten vid ökad båthastighet ökar med exponenten 3. En förklaring till denna skillnad kan vara att den metaboliska kostnaden inkluderar rörelsen av roddare fram och tillbaka på slejden.

Vid rodd på ergometer utan belastning har Secher (1983) visat att metabolismen ökar från  $1,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  vid en takt av 16 drag per minut upp till  $2,7 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  i 36 takt och därmed har rörelsen en betydelse för energi kostnaden. Vidare har Secher antagit att energikostnaden hos internationella topproddare kommer att öka med ca  $0,2 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  per tioårs period på grund av ökade hastigheter. De ökade hastigheterna beror inte enbart på ökade kapaciteter utan även på förbättringar av material och teknik.

En manlig roddare har bland den högsta  $VO_2$  max värdena bland uthållighetsidrottare  $> 6,9 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  som uppmätts (Volianitis & Secher 2009, s. 241). Dessa höga värden är uppmätta på manliga roddare i den öppna klassen och även värden över  $6,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  har uppmätts på manliga lättviktroddare som är världs- och olympiska mästare<sup>1</sup>. Secher (1983) visade ett starkt samband ( $r=-0,87$ ) mellan flera roddlags placering på världsmästerskapen 1971 och deras medelvärde för  $VO_2$  max. Cosgrove, Wilson, Watt, och Grant (1999, s. 845) visade att  $VO_2$  max kan förklara 72 % av variationen av medelhastigheten över 2000 meter vid rodd på roddmaskin. Likaså visar Smith och Hopkins (2012, s. 356) att bland annat  $VO_2$  max och uppnådd maximal medeleffekt under ett ramptest eller under 2000 meter på roddergometer är starka predikatorer för prestation i rodd på vattnet.

Förhållandet mellan aerob och anaerob energiomsättning under ett 6 minuters lopp har dels estimerats utifrån tester på roddmaskin, dels vid mätningar i roddbåt på vattnet. Hagerman

---

<sup>1</sup> Muntligt Kurt Jensen 2006, Team Danmark, Syddansk Universitet i Odense

(1984, s. 303) genomförde 6 minuters tester på roddmaskin med mekanisk broms och fann att aerob energiomsättning stod för 70-75 % av den totala energiomsättningen. Enligt Secher (1993, s. 30) är detta med stor sannolikhet en överskattning för mindre båttyper som har längre arbetstider då resultaten visar att den anaeroba energiomsättningen varierar mellan 21-30% (Secher 1990, s. 275). Sechers resonemang styrks av flera studier. De Campos Mello, de Moraes Bertuzzi, Grangeiro och Franchini (2009, s. 617f) visar resultat av en större del aerob energiomsättning vid rodd i båt och på roddmaskin än Hagermans fynd. Arbetstiderna var längst vid rodd i båt,  $515 \pm 11$  sekunder med 87 % aerob energiomsättning, och vid rodd på roddmaskin var arbetstiden  $402 \pm 2$  sekunder och aerob energiomsättning var 84 %. Pripstein, Rhodes, McKenzie, och Coutts (1999, s. 492) visar genom 2000 meters tester på roddmaskin (Concept 2) med arbetstid av  $450 \pm 2$  sekunder att förhållande mellan aerob och anaerob energiomsättning var 88 respektive 12 %. Även Russel, Rossignol och Sparrow (1998, s. 753) visar en aerob energiomsättning på 84 % vid rodd på roddmaskin över 403 sekunder. Anaerob förmåga används i den initiala och avslutande spurt. Anaerob energiomsättning står för 12-30 % under ett 2000 meters lopp.

Garland (2005, s. 40f) visar genom 948 tävlingslopp från olympiska spel och världsmästerskap på vattnet och 170 tävlingslopp från ett brittiskt mästerskap på roddmaskin hur hastigheten varierar mellan varje 500 meter under tävlingsloppets 2000 meter. På vattnet är de första 500 metrarna procentuellt snabbare än på ergometer och de följande två 500 metrarna är procentuellt snabbare på ergometer än på vattnet och dessa är signifikanta skilda åt ( $p < 0,05$ ). Beroende på fysisk status och träningsbakgrund ser profilen under loppet olika ut där elitroddare på hög nivå håller en jämnare fart över loppets 2000 meter (Brown, Delau & Desgorces, 2010, s. 613).

Tabell 1. Tabell över variationen av hastighet över 2000 meter tävlingsrodd. Tabellen visar % av medelhastigheten över 2000 meter vid uppdelning av sträckan i fyra stycken delar á 500 meter. Tabellen är gjord efter Garlands (2005) resultat.

	Variation av medelhastighet över 2000 meter i %	
	på vatten	på ergometer
0-500 m	103,3 (1,8)	101,5 (1,5)
500-1000 m	99,0 (1,2)	99,8 (0,8)
1000-1500 m	98,3 (1,2)	99,0 (1,0)
1500-2000 m	99,7 (1,9)	99,7 (1,6)

Värden är medelvärden,  $\pm$  sd i procent.

### 1.2.3 Roddteknik

Vid rodd i båt är roddtekniken en viktig faktor för att roddaren ska kunna utnyttja sin fysiologiska kapacitet på bästa sätt och därmed driva fram båten effektivt. Lamb (1989, s. 367) visar att de biomekaniska och metaboliska kraven väl simuleras vid rodd på ergometer. Vid rodd i båt tillkommer en högre grad av koordination, balans samt känsla för rytm än vid rodd på ergometer för att bibehålla båtens hastighet (Mäestu, Jürimäe & Jürimäe 2005, s. 599).

Vid rodd på ergometer (se figur 1) är rörelsemönstret detsamma som vid rodd i båt men inga krav på att utföra roddtekniken med samma noggrannhet krävs.

En dragcykel både i roddbåt och på roddergometer består av en drag- och en återgångsfas. Roddaren sitter på en slejd och kan därmed i positionen vid isätt skjuta ifrån med benkraft i en fotspark och skapa en stor kraft med benen tills de är utsträckta i åran i roddbåten eller i handtaget som är kopplat till en kedja som driver fläkthjulet på roddergometer. När benen är utsträckta pendlar ryggen från en framåtlutande position till en bakåtlutande position och armarna dras in mot bröstkorgen. Vid rodd på vattnet pressas vattnet omkring båten undan under draget eftersom vattnet ger efter mot de horisontella krafter som uppstår och båtens motstånd mot vattnet förändras under draget. När roddaren slutfört draget trycks händerna neråt knappt 10 centimeter samtidigt som en liten vridande rörelse görs med händerna för att ta upp årbladen ur vattnet och få årbladet parallellt med vattenytan. På roddergometer kan roddaren inte göra den vridande rörelsen. Roddaren förbereder sig att åka mot aktern för att göra ett nytt drag. När roddaren åker på slejden från fören mot aktern rör han sig mot båtens färdriktning. Tyngdpunkten i båten förflyttas då både i vertikalt och horisontellt led.

Inbromsningen och den efterföljande vändningen vid isättningen av bladet är ett kritiskt moment i roddtekniken vid rodd på vattnet, då det gäller att minska de krafter som uppstår i både vertikalt och horisontellt led. På roddergometer kan vändningen på slejden och applicering av kraft i fotspark och kedja vara hårdare på än på vattnet då roddergometern står still mot golvet, medan en roddbåt direkt tappar för mycket fart vid denna typ av applicering av kraft i fotspark.

I position när roddaren har applicerat åran i vattnet och börjat trycka med benen har båten den lägsta hastigheten under drag cykeln (Kleshnev 2006, s. 13). Martin och Bernfield (1980, s. 252f) har visat att roddbåtens hastighet varierar från ca 24 % över medelhastighet till ca 19 % under medelhastighet under en dragcykel. Den lägsta hastigheten återfinns ca 27 % in i

benarbetet och den högsta hastigheten är när roddaren är i mitten av återgångsfasen på slejden.



Figur 1 – Drag- och återgångsfasen på roddmaskin

### 1.2.4 Luftmotstånd under rodd på vattnet

Vid utövandet av rodd, paddling, cykel eller löpning i sin rätta miljö ska ett yttre motstånd övervinnas för att ta sig fram. En del av detta motstånd utgörs av den yta som utövarens olika kroppsdelar och dess utrustning skapar mot luften. Vid arbete på en ergometer existerar inte detta motstånd. Léger och Mercier (1984) samt Gullstrand (2009) tillskrev ett ökat  $VO_2$  med ca 5 % vid löpning på bana mot löpband på grund av ökat luftmotstånd i hastigheterna 12-18  $km \cdot tim^{-1}$ . I cykel är det aerodynamiska motståndet en stor faktor som måste övervinnas, i hastigheter över 50  $km \cdot tim^{-1}$  står det aerodynamiska motståndet för 90 % av motståndet som måste övervinnas (Debraux, Grappe, Manolova och Bertucci 2011, s. 197).

Under rodd är det aerodynamiska motståndet ca 13 % och det hydrodynamiska ca 87 %. Roddaren är vänd mot färdriktningen och det blir roddarens hela rygg, nacke och baksida av huvudet som står för ca 4,5 % av dessa 13 %, resterande är från åror, riggar och båtens skrov. Vid varken motvind eller medvind är fartvinden mot roddaren samma som den hastighet roddbåten håller (Kleshnev 2009).

### 1.3 Tidigare forskning

Behovet av mobila  $VO_2$  utrustningar har gjort att utvecklingen på dessa utrustningar gått framåt. Problem kring validitet och reliabilitet finns fortfarande (Hodges et al. 2005, s. 277; Atkinson, Davison & Nevill 2005, s. 10). Flertalet studier omfattar valideringar och reliabilitetstester genomförda inomhus (Vogler, Rice & Gore 2010, s. 734; Perret & Mueller 2006, s. 365). Rosdahl, Gullstrand, Salier-Eriksson, Johansson och Schantz (2010 s. 159)

validerade Oxycon Mobile [OM] (Care Fusion GmbH, Tyskland) mot Douglas Bag metodiken [DB] på ergometercykel och fann mycket god validitet och reliabilitet. Mätningarna omfattade låga till mycket höga belastningar ( $VO_2$  1,5 - 5,0 L·min<sup>-1</sup> och  $V_E$  15-200 L·min<sup>-1</sup>). Reliabilitet (CV 2-7 %) och validitet befanns vara goda (< 1,5 % differens till DB vid 100 W till maximala belastningar). Gullstrand (2009) fann en större skillnad mellan DB metoden och OM vid löpbandslöpning, ( $VO_2$  4-5 %).

Kawakami, Nozaki, Matsuo och Fukunaga (1992) var de första att mäta  $VO_2$  vid rodd med ett mobilt system i fält. De validerade en mobil  $VO_2$  utrustning mot DB och fann inga signifikanta skillnader och sedan genomförde de mätningar i fält, vid rodd, löpning och fotboll. Deras resultat visar att det är genomförbart att mäta i fält men det finns inget som säkerställer mätresultatet från mätning i fält mot exempelvis en effektutveckling. Vidare har nyare studier av De Campos Mello et al. (2009) och Bazzucchi, Sbriccoli, Nicolò, Passerini, Quinzi, Felici och Sacchetti (2013) mätt  $VO_2$  i roddbåt och även jämfört resultaten med  $VO_2$  från roddergometer. Båda studierna har använt distans på vatten och roddergometer, och därmed arbetstid som faktor för att värdera arbetsinsats. Volger et al. (2010) genomförde  $VO_2$ -mätningar vid rodd på ergometer med en mobil syreupptagningsutrustning där de validerade mot en metabolisk simulator samt mot DB. En metabolisk simulator är en mekanisk pump som genererar  $V_T$ , RER,  $V_E$ ,  $VO_2$ ,  $VCO_2$ . Utrustningen genererar kända  $VO_2$  och  $VCO_2$  genom att beräkna och justera gasfraktioner och  $V_E$ . De genomförde även test re-test där skillnaden för  $VO_2$  var  $0,1 \pm 0,8$  L·min<sup>-1</sup> och  $1,3 \pm 16,3$  L·min<sup>-1</sup> för  $V_E$ . Ingen av dessa studier är gjorda med OM.

Studier med mobil  $VO_2$  utrustning i fält har gjorts i löpning (Gullstrand 2009; Crouter, Foster, Esten, Brice, och Porcari 2001; Kawakami et al. 1992). Crouter et al. och Gullstrand jämför löpning på löpband mot löpning på rundbana inomhus. Gullstrand fann ett ca 5 % signifikant högre  $VO_2$  L·min<sup>-1</sup> mellan 30 minuters löpning på rundbana mot 30 minuter löpning på löpband med  $VO_2$  utrustning OM. Crouter et al. jämförde 1 mile (1609 meter) på rundbana inomhus mot ett stegrande test till maximal ansträngning på löpband. Deras resultat visar ingen signifikant skillnad ( $63,0 \pm 7,4$  mot  $61,9 \pm 7,2$  mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, en skillnad på 1,7 %) mellan dessa båda tester. Jämförelser har gjorts på cykel i fält mellan test re-test cykling uppför backe med effektmätning för att säkerställa samma effektutveckling mellan försöken hos 11 vältränade cyklister. Ingen signifikant skillnad noterades i  $VO_2$  eller gross efficiency

(Millet, Tronche, Fuster, och Candau, 2002, s 1647). MacRae, Hise och Allen (2000, s. 1278) jämförde  $VO_2$  vid cykling på två olika banor på tränade cyklister. Banorna hade olika lutning i uppforsbacke och med hjälp av mätning av effektutveckling i vevpartiet på cykel genomfördes banorna med samma effektutveckling och deras resultat visar ingen signifikant skillnad i  $VO_2$  ( $3,8 \pm 0,8$  mot  $3,8 \pm 1,1$  L·min<sup>-1</sup>).

Sailer Eriksson, Rosdahl och Schantz (2012) genomförde  $VO_2$  mätningar med den mobila utrustningen OM både inomhus och utomhus på ergometercykel. Inomhus utsattes OM för vindhastigheter upp mot 20 m·s<sup>-1</sup> i olika riktningar som motvind, från sidan och medvind. Endast en signifikant skillnad på RER och  $V_E$  sågs (-2 till -3 %) vid medvind jämfört med ingen vind. Utrustningens naphion slang, som ekvibrerar den utandade gasens fuktighet till omgivningens, sattes på prov genom ett utomhustest med och utan en extra torkenhet på. Inte heller här sågs några signifikanta skillnader. Ett långtidstest på 45 minuter genomfördes där  $VO_2$  även mättes inlednings- och avslutningsvis med DB metodiken. Resultatet efter 45 minuter av långtidstestet visade endast på en signifikant skillnad i  $VCO_2$  mellan OM och DB.

## **1.4 Syfte och frågeställning**

Syftet med studien är att jämföra resultat från den mobila  $VO_2$  utrustningen Oxycon Mobile [OM] vid rodd på roddmaskin mellan mätningar inomhus och utomhus.

Frågeställning:

- Visar OM reliabla värden mellan inomhus- och utomhusmätning vid standardiserad arbetsform?

Hypotesen är att OM mäter lika vid mätningar utomhus trots att de yttre förhållandena med temperatur, luftfuktighet och vind kan vara annorlunda än inomhus. Den inbyggda termometern, torkslangen och vindskyddet kopplat till turbinen på andningsmasken samt mjukvara ska ta hänsyn till olika yttre förhållanden.

## 2 Metod

### 2.1 Deltagare

Sju manliga roddare från nationell och internationell elit deltog i studien. Flertalet av roddarna var testade tidigare och alla var väl förtrogna med att ro på roddmaskinen. Försökspersonerna erhöll skriftlig och muntlig information om testerna, samt information om förberedelser kring kost och träning. Roddarna ombads att endast genomföra lätt träning dagen innan båda testtillfällena, samt att inför testtillfälle två kunna prestera med samma grad av ansträngning. Efter det undertecknades ett formulär för hälsokontroll, medgivande om frivilligt deltagande och testproceduren (Bilaga 2).

Tabell 2. Information om försökspersoner. Värden är medelvärden,  $\pm$  sd och spridning.

Parameter	Medel $\pm$ sd	spridning
Deltagare (antal)	7	
Ålder (år)	29 $\pm$ 5	23-38
Längd (m)	1,88 $\pm$ 0,05	1,83–1,98
Kroppsvikt (kg)	83,7 $\pm$ 9,5	76,6-106,3
VO <sub>2</sub> peak (L·min <sup>-1</sup> )	5,1 $\pm$ 0,5	4,5-6,1

#### 2.1.1 Bortfall

I resultat delen har sju deltagare resultat använts men vid genomförandet av testerna var det åtta deltagare. Den åttonde deltagarens resultat har på grund av vissa omständigheter valts att inte användas. Dock är det värt att belysa problematiken som uppstod och som är en möjlig felkälla vid användandet av breath-by-breath metoden (Macfarlane 2001, s. 851). För denne deltagare inträffade ocklusion under tröskeln vid båda testtillfällena och det innebär att torkslangen som suger utandningsgasen har blockerats och i detta fall vara det på grund av att deltagaren producerade mycket saliv under testet. Torkslang byttes under den korta paus som var mellan de SMx belastningarna och vid gaskalibreringen efter tröskeln och före Mx belastningen var det en stor skillnad i gaskalibrering som dels kan ha varit till följd av den bytta torkslangen.<sup>2</sup> Likaså visade gaskalibreringen efter Mx belastningen vid testet utomhus en större skillnad från gaskalibreringen innan mätning under testet. Denna skillnad kan visa på en ostabilitet, för kort uppvärmning av enheten trots att den tid för uppvärmning som

---

<sup>2</sup> Tjeu Souren, Senior Product Manager, Care Fusion, muntlig information vid samtal 2013-06-18

tillverkaren uppger vara tillräcklig följdes.<sup>3</sup> Man kan anta att ett förmodad för högt värde mättes under detta tillfälle. Skillnader i  $VO_2$  var upp till  $0,4 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  på en av SMx belastningarna med samma takt, hjärtfrekvens 4 slag lägre och blodmjölksyran var  $0,14 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  lägre än inomhus. Just denna deltagares test visar att om ocklusion uppstår finns det en stor anledning att starta om testet om möjligt efter byte av torkslang och kalibrering för att kunna genomföra mer precist.

## **2.2 Testprocedur**

Testproceduren var 4 x 4 minuter med stegrande belastning (+30 watt per steg) från  $70 \pm 4 \%$  till  $92 \pm 3 \%$  av  $VO_2$  peak för att sedan avsluta med 4 minuter maximal belastning. Innan 4 x 4 minuter värmdes deltagaren upp på roddmaskin under 10 minuter på en standardiserat låg belastning, blodmjölksyran var lägre än  $1,5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Vilotiden mellan de submaximala (SMx) belastningarna och 4 minuter maximal (Mx) belastning var ca 5 minuter. Mellan tröskeltest och 4 minuter Mx belastning omkalibrerades OM för flöde och  $O_2$  och  $CO_2$ . Testet genomfördes vid två tillfällen med 2-3 dagars mellanrum. Testtillfället inomhus genomfördes i en välventilerad lokal med temperatur  $20,5 \pm 0,9^\circ \text{ C}$  och en luftfuktighet på  $50,2 \pm 7,5 \%$ . Testet utomhus genomfördes på en plats med ca 4 meter takhöjd och tre öppna väggar. Temperaturen var  $15,3 \pm 1,9^\circ \text{ C}$  och luftfuktighet på  $61,0 \pm 8,5 \%$ . Temperatur och luftfuktighet mättes med en digital Hygro-/Thermo-/Barometer (GFTB 100, Greisinger electronic GmbH, Regenstauf, Tyskland). För test utomhus alt inomhus användes randomiserad ordning. Hjärtfrekvens mättes med Polar FS2c pulsmätare (Polar Electro OY, Finland). Under SMx belastningarna presenteras hjärtfrekvensen som ett medelvärde av sista 15-20 sekunderna på varje nivå och hjärtfrekvensen från den Mx belastningen var det högsta uppnådda värdet. Efter varje nivå skattades upplevd ansträngning i ben och andning efter Borg-RPE (6-20) (Borg, 1962). Taktan lästes av från roddergometerns display under testet av testledaren och noterades. Protokollet har tidigare använts av svenska landslagsroddare vid tester av laktatröskel och  $VO_2$  peak.

---

<sup>3</sup> Tjeu Souren, Senior Product Manager, Care Fusion, skriftlig information från 2013-08-01



## 2.2.1 Simulering av fartvind

Förutom att förlägga testerna utomhus för att efterlikna förhållanden utomhus fick en fläkt simulera en fartvind som uppstår vid rodd på vattnet. Då den producerade effektutvecklingen användes som riktvärde, som även skulle kunna mätas i årtullen på en roddbåt, och inte en hastighet kan båtens vattenmotstånd bortses ifrån. Fläkten placerades i ena änden på ett ca 4 meter långt rör med diametern 15 cm. Röret placerades så att "fartvinden" träffade roddarens rygg. Mynningen av röret placerades ca 1 meter från roddarens rygg i positionen för slutdrag (se bild 2). Då den simulerade fartvinden av praktisk skäl inte kan vara konstant mot roddarens rygg dels eftersom dennes position förändras under en dragcykel och att luftpelaren mattas av ju längre bort från mynningen vindhastigheten mäts. Fläkten justerades in så att vindhastigheten mot roddarens rygg när denne befann sig i slutet av draget var  $6,1 \pm 1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , under draget med en knävinkel av ca 90 grader var  $4,1 \pm 0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  och i början på draget  $3,1 \pm 0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Medelhastigheten av vindmotståndet som roddaren utsatts för skulle motsvara en fartvind vid vindstilla förhållanden som ger en sluttid på 2000 meter av ca 7:20 minuter.

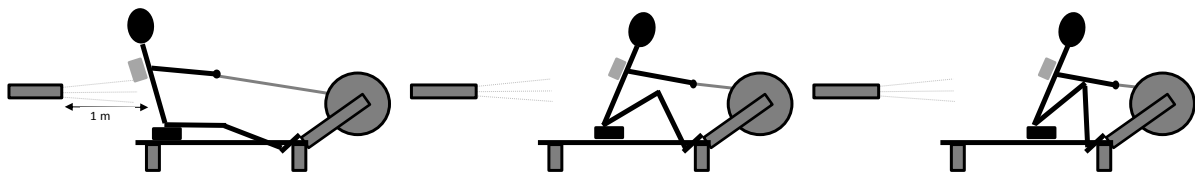


Bild 2 - Luftrörets placering i förhållande till roddarens position i slutdrag, vid knävinkel av 90 grader och vid den position där roddaren vänder riktning på slejd och därmed startat dragfasen.

## 2.3 Utrustning

### 2.3.1 Syreupptagningsutrustning

Den mobila  $\text{VO}_2$  utrustningen OM (Care Fusion GmbH, Tyskland) består av två stycken mobila enheter med gasanalysator och telemetri (SBx, och DEx) som tillsammans vägde 950 g. Dessa enheter placeras ihopkopplade på roddarens rygg i en tillhörande sele/väst och upplevdes inte som extra belastning eller störande under rodden. Innan applicering på ryggen hade enheten SBx varit ansluten till huvudenheten och mottagaren Pca för kalibrering av volym och gas, efter tillverkarens anvisningar. Kalibreringen av gas skedde med en kontroll gas ( $\text{O}_2/\text{CO}_2$  15,00/5,94 %) (Air Liquide, Kungsängen, Sverige). Volymen kalibreras med ett inbyggt automatiskt program. Kalibrering av volym och gas genomfördes innan test, mellan SMx och Mx belastning och efter Mx belastning. Andningsmasken var en Combitox (Dräger

Safety AG, Lübeck, Tyskland) med endast ett hål för ut- och inandning där Triple-V (flödesmätare) anslöts. I Triple-V satt turbinen för mätning av volym samt samplingsslangen för utandad luft. Dessa var kopplade till SBx enheten. Samplingsslangen ekvibrerar den uppsugna utandningsluften till omgivningsluftens fuktighet och detta gör slangen fuktig efter varje test och därför användes flera slangar. DEx enheten innehåller batteriet som förser enheterna med spänning. Räckvidden till mottagarenheten är upptill 1000 meter men vid detta tillfälle är både den mobila enheten samt mottagaren inte i rörelse. Denna metod kallas breath-by-breath när mätning av gas och volym sker strax framför munnen till skillnad från metoden då gas och volym mäts i en blandningskammare. Breath-by-breath metoden anses vara lite mindre stabil än blandningskammaren men den möjliggör mer frihet i själva aktiviteten som ska mätas (Roecker, Prettin & Sorichter 2005, s. 13).

### **2.3.2 Roddergometer**

Testerna genomfördes på roddergometern Concept 2 modell D (Concept 2, Inc. Morrisville, Vermont, USA vid samtliga tillfällen både inom- och utomhus. Roddergometrarna från Concept 2 är den typ av roddergometer som mest används av tävlingsroddare på land i både träning och tävling (Mäestu et al. 2005, s. 599, Concept 2 2013). Även i testsammanhang rekommenderas en roddergometer från Concept 2 som den just för tillfället mest pålitliga ergometern (Hahn, Bourdon & Tanner 2000, s. 314; Vogler, Rice & Withers 2007, s. 360). Roddergometern har ett fläkthjul som utgör motståndet genom sitt luftmotstånd.

Luftmotståndet kan justeras genom att ökning eller minskning av luftinsläppet och därmed ändras dragfaktorn. Roddarna i studien har individuella inställningar av dragfaktor samt höjd på fotsparken i förhållande till slejden. Dessa inställningar noterades och var samma vid båda testtillfällena.

### **2.3.3 Blodmjölksyra**

Blodprov (20 µl) togs i öronsribben och stoppades i en behållare med hemolyserande lösning. Alla prover analyserades för mjölksyra efter varje test med Biosen C-line, (EKF-Diagnostik, Tyskland. Tillverkaren anger en metodvariation av  $CV \leq 1.5 \%$  (12 mmol/L)). Blodprov togs direkt efter avslutat SMx belastning och vid Mx togs blodprov en och tre minuter efter avslutat test.

### **2.3.4 Fläkt och vindmätare**

För att skapa fartvind användes en lövsug/lövblås Cotech 2400W (artnr 31-4779, Cotech, Claes Ohlson, Insjön, Sverige) med steglös inställning av vindhastighet upp till  $75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  vid mynningen. Vindmätaren Windscribe (Davis Instruments Corp., CA, USA) som användes hade en noggrannhet  $\pm 3 \%$  och en upplösning på  $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

## **2.4 Data bearbetning**

OM ställdes in att presentera medelvärden av  $\text{VO}_2$  och relaterade parametrar var 15:e sekund. Dessa avläses i en exporterad fil i Excel där beräkningar av medelvärden över 60 sekunder sker. På SMx belastningarna beräknades medelvärde från de sista 60 sekunderna på varje belastning. Under ett tröskeltest uppstod ocklusion (blockering) på grund av saliv i torkslangen under två nivåer. Medelvärden från dessa två nivåer är antingen från en kortare tidsperiod än 60 sekunder eller från en annan tidpunkt än sista minuten. Dock anses resultaten visa på steady state. Under Mx belastning väljs det högsta medelvärdet under 60 sekunder oberoende av tid.

### **2.4.1 Statistik**

Värdena som presenteras är medelvärden och  $\pm$  standardavvikelse. Beräkning av signifikans mellan de båda testtillfällena gjordes med parat T-test i Excel. Signifikans av skattad ansträngning (RPE) är ej beräknat. Bland-Altman grafer visar skillnaden mellan testtillfällena över alla mätpunkter. Skillnaden mellan de båda testtillfällena ställs mot testtillfällenas medelvärde, en bias och 95 % konfidens intervall visas (Bland & Altman 1983, s. 307; Hopkins 2000, s. 3). Bland-Altman graferna är gjorda i Excel.

### 3 Resultat

Tabell 3 visar medelvärden och standardavvikelse av producerad effektutveckling, analyserad blodmjölksyra, uppnådd hjärtfrekvens, takt (årtag per minut) som roddaren har haft vid varje belastningsnivå och skattad ansträngning i ben och armar vid testerna inomhus och utomhus under fyra SMx och en Mx belastning. Inga signifikanta skillnader visades på producerad effektutveckling, analyserad blodmjölksyra, uppnådd hjärtfrekvens och takt mellan testerna inomhus och utomhus på respektive belastningsnivå.

Medelvärdesskillnaden och spridningen i absoluta värden av parametrar från tabell 3 mellan inomhus och utomhus presenteras som ett medelvärde för samtliga fyra SMx belastningar och ett värde för Mx belastning. Medelvärdesskillnaden av effektutveckling för fyra SMx belastningar var för mätningarna obetydligt högre inomhus mot utomhus med 0,04 watt, spridningen var från 2,0 watt lägre upp till 2,0 watt högre inomhus jämfört med utomhus. Vid Mx belastningen var medelvärdeskillanden och lägre belastningen inomhus mot utomhus med 0,6 watt, spridningen var från 4,0 watt lägre till 10,0 watt högre utomhus jämfört med inomhus.

Medelvärdesskillnaden av mjölksyra i blod på SMx belastningarna var  $0,1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  lägre utomhus jämfört med inomhus och spridningen var från  $0,6 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  lägre till  $0,7 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  högre utomhus jämfört med inomhus. På Mx belastningen var mjölksyran i blod  $0,3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  lägre utomhus jämfört med inomhus och spridningen var från  $1,6 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  lägre till  $1,6 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  högre utomhus jämfört med inomhus.

Medelvärdesskillnaden av hjärtfrekvens på SMx belastningarna var  $0,2 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$  lägre utomhus jämfört med inomhus och spridningen var från  $7,0 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$  lägre till  $9,0 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$  högre utomhus jämfört med inomhus. På Mx belastningen var hjärtfrekvens  $0,6 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$  lägre utomhus jämfört med inomhus och spridningen var från  $6,0 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$  lägre till  $4,0 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$  högre utomhus jämfört med inomhus

Medelvärdesskillnaden av takten som roddaren höll under respektive belastning var på SMx belastningarna  $0,1 \text{ drag}\cdot\text{min}^{-1}$  lägre utomhus jämfört med inomhus och spridningen var från  $2,0 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$  lägre till  $1,0 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$  högre utomhus jämfört med inomhus. På Mx

belastningen var takt  $0,6 \text{ drag}\cdot\text{min}^{-1}$  lägre utomhus jämfört med inomhus och spridningen var från  $2,0 \text{ slag}\cdot\text{min}^{-1}$  lägre till samma takt utomhus jämfört med inomhus.

Tabell 3. Effekttutveckling, blodlaktat, hjärtfrekvens, takt och skattad ansträngning i ben och armar mellan test inomhus och utomhus under submaximala och maximala belastningar.

		Nivå (W)		Hla (mmol-L-1)		Hf (slag-min-1)		Takt (drag-min-1)		Borg Ben		Borg And	
		medel	sd	medel	sd	medel	sd	medel	sd	medel	sd	medel	sd
Inne	1	212,7	38,9	1,35	0,3	140,7	11,8	19,9	1,8	11,0	1,4	11,3	1,2
Ute		212,9	38,7	1,26	0,2	139,7	10,3	19,9	2,4	10,7	1,4	11,0	1,4
Δ		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.					
Δ(%)		0,1%		-6,4%		-0,7%		0,0%		-2,6%		-2,5%	
Inne	2	242,4	39,0	1,94	0,4	154,0	10,4	21,7	2,4	13,3	0,7	13,6	0,7
Ute		242,3	38,7	1,83	0,4	154,4	9,0	21,4	2,4	13,0	0,9	13,1	1,0
Δ		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.					
Δ(%)		-0,1%		-5,6%		0,3%		-1,3%		-2,2%		-3,2%	
Inne	3	272,0	39,2	3,44	0,5	165,4	10,3	23,0	2,3	15,1	0,6	15,1	0,8
Ute		272,4	38,9	3,36	0,7	165,6	9,7	23,0	2,3	14,4	0,9	14,8	1,0
Δ		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.					
Δ(%)		0,2%		-2,5%		0,1%		0,0%		-5,2%		-2,4%	
Inne	4	302,6	38,6	5,90	0,8	174,4	9,2	25,0	1,9	16,3	0,5	16,6	0,9
Ute		302,3	39,1	5,74	1,2	174,0	8,3	25,0	2,6	16,3	0,7	16,6	1,0
Δ		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.					
Δ(%)		-0,1%		-2,7%		-0,2%		0,0%		0,0%		0,4%	
Inne	Max	393,9	57,0	13,91	2,1	182,9	9,8	31,7	2,2	18,8	0,5	18,8	0,9
Ute		394,4	53,6	13,57	2,2	182,3	8,0	31,1	2,1	18,6	0,8	19,0	0,8
Δ		n.s.		n.s.		n.s.		*					
Δ(%)		0,1%		-2,4%		-0,3%		-1,8%		-0,7%		1,2%	

Medelvärden (förutom puls på max belastningen som är ett peak värde),  $\pm$  sd och parat t-test för effekttutveckling, blodmjölksyra (Hla), hjärtfrekvens (Hf) och takt,  $n=7$ . Skillnaden mellan inomhus och utomhus i %. Signifikans nivån visar \*  $p<0,05$ , \*\*  $p<0,01$  och \*\*\*  $p<0,001$ , n.s. = ingen signifikant skillnad.

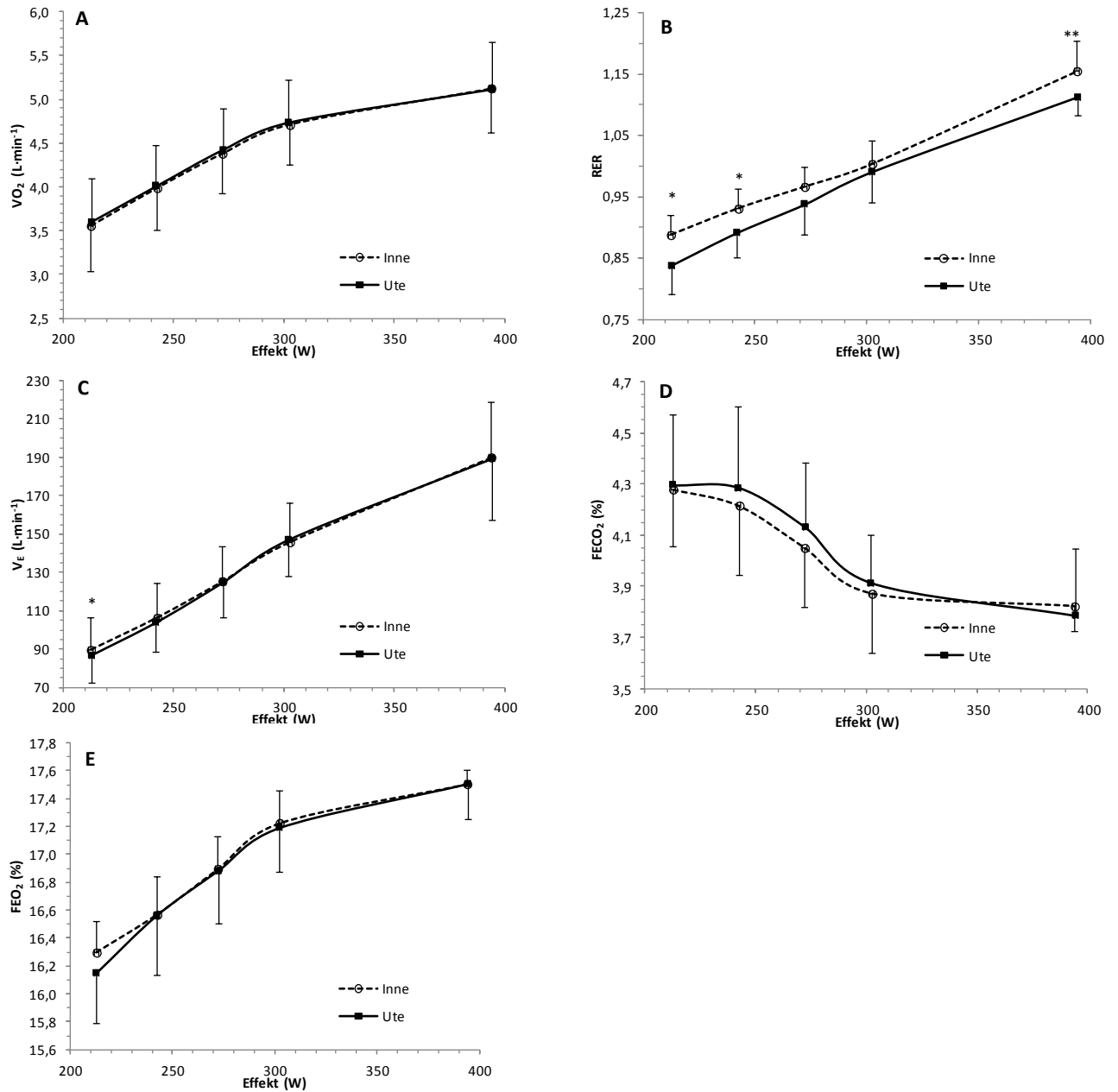
Resultat från syreupptagningsutrustningen presenteras i figur 3 (graf A-E). Inga signifikanta skillnader finns mellan mätningarna inomhus och utomhus av parametrarna  $\text{VO}_2$ ,  $\text{FECO}_2$  (fraktion av utandad koldioxid) eller  $\text{FEO}_2$  (fraktion av utandad syre). Ventilation ( $V_E$ ) är signifikant skiljt ( $p<0,05$ ) på den första SMx belastningen. Den respiratoriska kvoten (RER) visar signifikanta skillnader ( $p<0,05$ ) på de två första SMx belastningarna och på Mx belastningen ( $p<0,01$ ).

För  $\text{VO}_2$  (figur 3, graf A) var det inga signifikanta skillnader finns mellan mätningarna inomhus och utomhus. Medelvärdeskillnaden i absoluta värden och procentuellt (inom parantes) för  $\text{VO}_2$  under de fyra SMx belastningarna var högre utomhus än inomhus med  $0,03 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (procentuell skillnad av  $0,7 \%$ ) och spridningen var från  $0,18 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  ( $3,3 \%$ ) lägre

till  $0,24 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (6,4 %) högre utomhus jämfört med inomhus på SMx belastningar. På Mx belastningen var medelvärdeskillnaden av  $\text{VO}_2$   $0,01 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (0,2 %) lägre utomhus jämfört med inomhus, spridningen var från  $0,23 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (3,9 %) lägre till  $0,27 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (5,0 %) högre utomhus jämfört med inomhus.

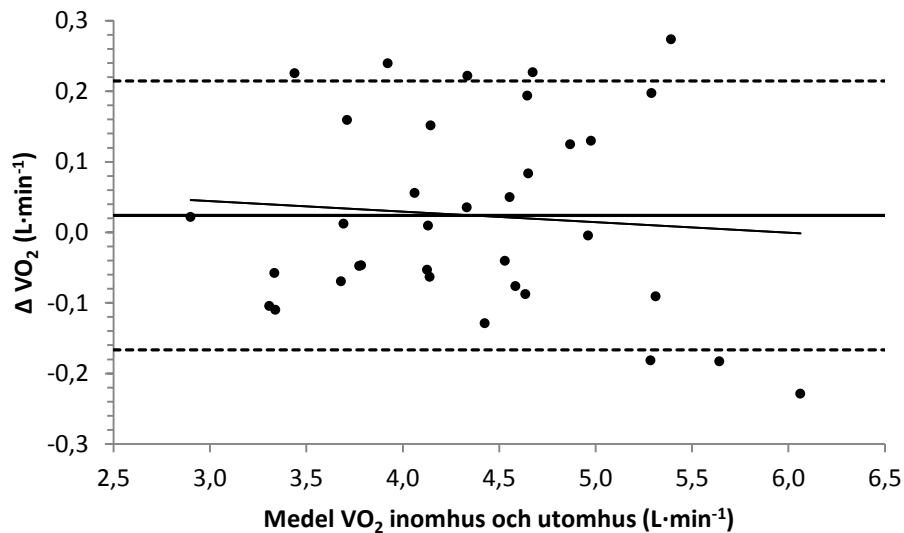
För RER (figur 3, graf B) var det signifikanta skillnader ( $p < 0,05$ ) på de två första SMx belastningarna och signifikant skiljt ( $p < 0,01$ ) på Mx belastningen. Medelvärdeskillnaden i absoluta värden och procentuellt (inom parentes) för RER under de fyra SMx var lägre utomhus än inomhus med 0,03 (3,9 %) och spridningen var från 0,10 (12,1 %) lägre till 0,07 (6,5 %) högre utomhus jämfört med inomhus. På Mx belastningen var medelvärdeskillnaden av RER 0,04 (3,7 %) lägre utomhus jämfört med inomhus och spridningen var från 0,09 (7,9 %) lägre till 0,01 (0,8 %) högre utomhus jämfört med inomhus.

$V_E$  (figur 3, graf C) var endast signifikant skiljt ( $p < 0,05$ ) på den första SMx belastningen mellan de två testtillfällena. Medelvärdeskillnaden i absoluta värden och procentuellt (inom parentes) för  $V_E$  under de fyra SMx var lägre utomhus än inomhus med  $1,2 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (1,3 %) och spridningen var från  $8,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (8,3 %) lägre till  $20,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (12,7 %) högre utomhus jämfört med inomhus. På Mx belastningen var medelvärdeskillnaden av  $V_E$   $0,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (0,6 %) lägre utomhus jämfört med inomhus och spridningen var från  $9,8 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (6,2 %) lägre till  $5,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  (2,0 %) högre utomhus jämfört med inomhus.



Figur 3 – (A) Syreupptagningsförmåga (VO<sub>2</sub>), (B) respiratorisk kvot (RER), (C) ventilation (V<sub>E</sub>), (D) fraktion av utandad koldioxid (FECO<sub>2</sub>) och (E) fraktion av utandad syre (FEO<sub>2</sub>), medelvärden av fyra submaximala och en maximal belastning. Tester genomförda inomhus och utomhus. Medelvärden, ± sd och parat t-test för n=7. Signifikans nivå visar \* p<0,05, \*\* p<0,01

Förhållandet mellan mätningarna med OM inomhus och utomhus. Y-axeln visar absolut skillnad mot medelvärdet av uppmätt  $VO_2$  (X-axeln) från mätning inomhus och utomhus. Varje punkt representerar medelvärden av  $VO_2$  uppmätt vid samma effektutveckling. Bland-Altman av  $VO_2$  graf (figur 4) visar en bias på  $0,02 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$  och ett konfidensintervall av  $\pm 0,19 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ .



Figur 4 – Bland-Altman graf av  $VO_2$  med bias, 95 % konfidensintervall samt en trendlinje.

## 4 Diskussion

Syfte med denna studie vara att se om  $VO_2$  mätningar med OM inomhus vid stabila och standardiserade yttre förhållanden var jämförbara med  $VO_2$  mätningar utomhus. För att kunna koppla  $VO_2$  värdena mot en känd belastning och för att säkerställa samma grad av arbete vid båda testtillfällena valdes en roddergometer som kan användas både inom- och utomhus. Inga signifikanta skillnader finns mellan inom- och utomhusresultaten på någon av belastningarna. Skillnaden av medelvärdet mellan inomhus och utomhus på de fyra SMx belastningarna varierar mellan 0,5–1,2 % ( $0,02\text{-}0,04 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ) högre utomhus mot inomhus. På Mx belastningen är det en medelvärdesskillnad av 0,2 % ( $0,01 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ) lägre utomhus mot inomhus.

$VO_2$  utrustningen OM har validerats- och reliabilitetstestats inomhus på ergometercykel och löpning (Rosdahl et al. 2010 s. 168; Gullstrand 2009). Resultaten vid ergometercyklning visade en icke signifikant skillnad på de flesta belastningarna mot DB. Skillnaden var -1,4–2,6 %



över hela spannet av belastningar från 50-219 W submaximalt och ett  $\text{VO}_2$  peak på 5,10  $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ , där OM visar något lägre än DB. Denna studies lägsta belastning var 140 W. Gullstrand (2009) fann vid löpning på rullband en signifikant skillnad där OM visar 3,5–6,5 % högre än DB vid löpning på rullband på olika hastigheter. Dessa fynd föranleder att hänsyn tas till den aktivitet som avser att mätas.

Vidare har Sailer Eriksson et al. (2012) validerat OM mot DB under medelintensivt långvarigt (45 minuter) arbete utomhus med lägre temperaturer ( $0\text{--}13^\circ\text{C}$ ) och högre luftfuktighet (43–93 %) än inomhus. De testade även hur stark vind, upp mot  $15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  påverkar och fann små men signifikanta skillnader (-2 till -3 %) på RER och  $V_E$  när vinden kom rakt bakifrån. Sailer Eriksson et al (2012). hade applicerat det U-formade vindskydd som hör till utrustningen framför turbinhuset. Detta vindskydd ger mycket gott skydd för vindar som kommer mot ansiktet men när vinden kommer rakt bakifrån blir det mer öppet för vinden att påverka turbinen (2010, s. 348). I denna studie användes inte detta vindskydd då den simulerade fartvinden kommer rakt bakifrån och utan vindskydd är risken för påverkan på turbinen minimal. Men i framtiden vid mätningar i roddbåt på vattnet bör användandet av vindskydd övervägas om de då eventuellt rådande medvindarna kräver det. Inget av resultaten tyder på att den simulerade fartvind som användes vid denna studies tester utomhus skulle ha påverkat mätningarna.

I denna studie genomfördes testerna utomhus under varierad temperatur ( $15,3 \pm 1,9$  mot  $20,5 \pm 0,9^\circ\text{C}$  inomhus) samt en högre luftfuktighet ( $61,0 \pm 8,5$  mot  $50,2 \pm 7,5\%$  inomhus). Spridningen av temperatur var mellan  $12\text{--}17^\circ\text{C}$ . Tillverkarens specifikationer är att OM ska klara temperaturområden från  $-10$  till  $+50^\circ\text{C}$  och en luftfuktighet från 15 till 95 %. Det temperaturområde som testerna genomfördes ligger inom ramen för tillverkarens specifikationer och speglar de temperaturer som skulle kunna vara tänkbara vid mätningar vid rodd på vattnet.

Effekterna på  $\text{VO}_2$  av omgivande temperaturer verkar ge olika utslag. Fink, Costill och Van Handel (1975) fick signifikant högre  $\text{VO}_2$  på 70-85% av  $\text{VO}_2$  peak på cykelergometer vid omgivnings temperatur av  $41^\circ\text{C}$  (luftfuktighet av ca 15 %) jämfört med  $9^\circ\text{C}$  (luftfuktighet av ca 55 %). I kontrast till Fink et al. visade Claremont, Nagle, Reddan och Brooks (1975) lägre  $\text{VO}_2$  vid omgivande temperatur av  $35^\circ\text{C}$  jämfört med  $0^\circ\text{C}$  på cykelergometer, belastningarna var 52-59% av  $\text{VO}_2$  peak. Galloway och Maughan (1997) visade även de signifikant lägre

VO<sub>2</sub> på givna belastningar vid ökade omgivande temperatur (4, 11, 21 och 31° C, luftfuktighet ca 70 %).

Vid mätningar av VO<sub>2</sub> inkluderas resultatet både av en viss grad av mätfel på utrustningen och biologiska variationen. En atlet har inte förmågan att exakt reproducera sin prestation vid två eller fler tillfällen (Hopkins 2000, s. 2). I en tidig studie av Katch, Sady och Freedson (1982, s. 21) rapporteras att variationen vid VO<sub>2</sub> max mätningar kan vara så höga som 5,6 % och att den biologiska variationen står för 90 % av denna variation. Resterande skulle då vara teknisk mätvariation relaterad till utrustningen. Saunders, Pyne, Telford och Hawley (2004, s. 1976) och Robertson, Saunders, Pyne, Aughey, Anson och Gore (2010, s. 396) finner väsentligt lägre samlat mätfel där de menar att med välkontrollerad utrustning och deltagare med standardiserade förberedelser och väl förtrogen med testet kan man räkna med ett samlat mätfel strax över 2 %. Smith och Hopkins (2012, s. 345) menar för att upptäcka minsta möjliga förbättring i en roddprestation (tid på vattnet) bör mätfelet inte vara större än 0,3 %, och inget roddtest har den precisionen.

Resultaten från V<sub>E</sub> mellan inomhus och utomhus skiljer endast signifikant på första SMx belastningen och medelvärdeskillnaden är 3,4 % (3,1 L·min<sup>-1</sup>) lägre utomhus mot inomhus. Roddrörelsen består av en drag- och en återgångsfas. Roddaren andas ut under dragfasen när roddaren skapar kraft i fotsparken och därmed sträcker ut benen, sedan pendlar ryggen från en framåtlutande position till en bakåtlutande position och armarna dras in mot bröstkorget. Inandning sker i återgångsfasen. På detta sätt blir andningen knuten till takten (Steinacker et al. 1993, s. S16f). Beroende på individuell grad av ansträngning andas roddaren 1 till 3 gånger per hel dragcykel. För att få en överblick kan man beskriva andningsfrekvens mot intensitet enligt följande; en gång under låg- och medelintensitet, två gånger under medel- till högintensiv belastning och tre gånger sker endast vid hyperventilering vid maximala insatser. Volymen av ventilerad luft kan då skilja om roddare vid ett tillfälle andas en gång per drag för att vid nästa tillfälle behöva andas två gånger per drag med en lägre tidalvolym.

Trots vana vid att ro på roddmaskin hade en deltagare ett annorlunda andningsmönster vid test 2. Inga signifikanta skillnader på gruppens medelvärden av andningsfrekvens observerades. Under tröskeltestet vid tillfälle 2, som var utomhus, noterades en konsekvent ökning av VO<sub>2</sub> med ca 0,2 L·min<sup>-1</sup> på varje SMx belastning. Roddaren hade en ökning av V<sub>E</sub> med upp till 20

L·min<sup>-1</sup> på den sista av de SMx belastningarna. Signifikant ökad andningsfrekvens (7-12 andetag per minut) och signifikant sänkt tidalvolym (upp till 0,40 L·min<sup>-1</sup> lägre) över alla SMx belastningar. Takten var endast 1-2 slag per minut lägre vid test 2. Ett sänkt V<sub>E</sub> ger i slutändan ett lägre VO<sub>2</sub>, (Gore, Tanner, Fuller & Stanef 2013, s.117). Ingen studie har kunnat visa på några metaboliska skillnader där belastningen är SMx och en så pass liten förändring i frekvens som 1-2 årtag per minut.

Fartvinden mot roddaren är inte konstant, dels varierar den under dragfasen och naturligtvis förändras den beroende på båthastighet (Kleshnev 2006, s. 13). Viss svårighet uppstod med att justera fläkten och mäta upp de små förändringar i fartvind som sker både vid förändring av ökad effektutveckling eller båthastighet om man så vill, för att simulera den ökade fartvind som sker vid ökad effektutveckling.

I två fall är det ett högre VO<sub>2</sub> på både SMx och på Mx belastning vid testet utomhus, men det finns andra omständigheter som gör att dessa resultat inte direkt kan kopplas till ett resonemang om att den pålagda fartvinden skulle ge denna respons. Dels visar några av kalibreringarna mellan tröskel och den maximala belastningen att det finns en möjlighet att syre- och koldioxidcellerna inte varit tillräckligt stabila under testet. På de övriga fem syns inte samma mönster till att den pålagda fartvinden skulle ge ett ökat VO<sub>2</sub>.

En kritisk faktor på automatiserade syreupptagningsutrustningar är förmågan att analysera torrare gas än i utandningen (Macfarlane 2001, s. 851, Gore 2013, s. 109). Gasen suges med hjälp av en vakuumpump igenom en nafion slang till O<sub>2</sub> och CO<sub>2</sub> cellerna. En nafion slang agerar bara för att etablera en snabb jämvikt mellan vattenångan i slangen och den omgivande luften utanför slangen. Om fuktigheten hos den omgivande luften är större än provgasen, kommer nafion att orsaka ökad fuktighet i provgasen. Denna ökade fuktighet av provgasen kan orsaka förskjutning i synkronisering av gas och V<sub>E</sub> under mätningen och därmed kan ett beräkningsfel uppstå i syreupptagnings-utrustningen (Macfarlane 2001, s. 851). Med en för fuktig gas blir responsen ett något högre VO<sub>2</sub> och sänkt RER (Gore 2013, s. 117). Detta kan vara en bidragande orsak till att RER i denna studie skiljer sig samt att två personers testresultat har ett högre VO<sub>2</sub>.

Värdena av RER var signifikant skilda mellan test inom och utomhus där testet inomhus visade ett högre värde av RER. Sailer Eriksson et al. (2012) fann små variationer på RER vid sina fältmätningar men inga signifikanta skillnader. Galloway et al. (1997) fann signifikant lägre RER mellan mätningar vid temperaturerna 11° och 21° C. Vidare visade de ett lägre VO<sub>2</sub> på submaximala belastningar vid 11° C jämfört med 21° C. Fynden Galloway et al. gör kring RER ligger i linje med denna studies resultat, deras resultat med lägre VO<sub>2</sub> vid den lägre temperaturen ses inte lika tydlig i denna studie som hade en mindre skillnad (ca 5°C) i omgivande temperatur vid de båda mättillfällena. Att jämföra värden av RER från inomhus med värden utomhus skulle kunna leda till felaktiga slutsatser vid beräkningar av utnyttjande av energigivande substrat.

I framtida undersökningar bör både submaximala och maximala mätningar under rodd på vattnet genomföras för att kunna få mer information om metabolismen vid rodd på vattnet skiljer sig från rodd på ergometer. Frågan om det till exempel går att nå ett högre VO<sub>2</sub> peak på vattnet jämfört med på roddmaskin kvarstår. Dock skulle test på vattnet vara mer tidskrävande och svårare att genomföra än test på roddmaskin in laboratoriemiljö.

#### **4.1 Slutsats**

Syftet med studien var att jämföra VO<sub>2</sub> mätningar med Oxycon Mobile vid rodd på roddmaskin mellan mätningar inomhus och utomhus. Hypotesen var att mätningar med OM utomhus är jämförbara mot inomhus och resultaten av gruppens medelvärden visar på jämförbara värden vid låg till medelintensivt arbete (0,7 %) och under maximal intensitet en mindre skillnad (-0,2 %). Dock visar resultaten en variation med en spridning av skillnaderna mellan test inomhus och utomhus på från 3,3 lägre till 6,4 % högre utomhus jämfört med inomhus på de SMx belastningarna och från 3,9 lägre till 5,0 % högre utomhus jämfört med inomhus på Mx belastning som till viss del tillskrivas biologisk variation. Vid testning av elitaktiva står den enskilde individen i centrum. Det är då av stor vikt att även små prestationsökningar som krävt en lång tids träning att uppnå uppmärksammas och utvärderas. Den utrustning som då används bör visa på stabilitet över tid. Mot bakgrund av den genomförda undersökningen kan man utgå ifrån att VO<sub>2</sub> kan mätas rimligt tillförlitligt under rodd i båt submaximala och maximala belastningar med den beskrivna portabla utrustningen.

## Käll- och litteraturförteckning

- Atkinson, G., Davison, R.C., Nevill, A.M., (2005). Performance characteristics of gas analysis system: what we know and what we need to know. *International Journal of Sports Medicine*, vol. 26 (suppl 1), s. 2-10.
- Bazzucchi, I., Sbriccoli, P., Nicolò, A., Passerini, A., Quinzi, F., Felici, F. & Sacchetti, M. (2013). Cardio-respiratory and electromyographic responses to ergometer and on-water rowing in elite rowers. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 113(5), s. 1271-7.
- Bland, J.M. & Altman, D.G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*; vol. 8, s. 307–310.
- Borg, G. (1962). *Physical performance and perceived exertion*. Lund, Gleerups.
- Brown, M.R., Delau, S. & Desgorces, F.D. (2010). Effort regulation in rowing races depends on performance level and exercise mode. *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 13(6), s. 613-617.
- Claremont, A.D., Nagle, F., Reddan, W.D. & Brooks, G.A. (1975). Comparison of metabolic, temperature, heart rate and ventilatory responses to exercise at extreme ambient temperatures (0° and 35° C). *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 7(2), s. 150-154.
- Concept 2, *Indoor rowers, Racing, Records*. <http://www.concept2.com/indoor-rowers/racing/records> [2013-05-14].
- Cosgrove, M.J., Wilson, J., Watt, D. & Grant, S.F. (1999). The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test. *Journal of Sports Sciences*, vol. 17(11), s. 845-52.
- Crouter, S., Foster, C., Esten, P., Brice, G. & Porcari, J.P. (2001). Comparison of incremental treadmill exercise and free range running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 33(4), s. 644-647.
- Debraux, P., Grappe, F., Manolova, A.V. & Bertucci, W. (2011). Aerodynamic drag in cycling: methods of assessment. *Sports Biomechanics*, vol. 10(3), s. 197-218.
- De Campos Mello, F., de Moraes Bertuzzi, R.C., Grangeiro, P.M. & Franchini, E. (2009). Energy systems contributions in 2,000 m race simulation: a comparison among rowing ergometers and water. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 107(5), s. 615-9.
- Di Prampero, P.E., Cortili, G., Celentano, F. & Cerretelli, P. (1971). Physiological aspects of rowing. *Journal of Applied Physiology*, vol. 31(6), s.853-857.
- Fédération Internationale des Sociétés d’Aviron, FISA, *Fisa, Organisation, About-fisa*. <http://www.worldrowing.com/fisa/organisation/about-fisa> [2013-04-24].
- Fédération Internationale des Sociétés d’Aviron, FISA, *Results, World Best times*. <http://www.worldrowing.com/results> [2013-04-25].

- Fink, W.J., Costill, D.L. & Van Handel, P.J. (1975). Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 34, s. 183-190.
- Galloway, S.D. & Maughan, R.J. (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 29(9), s. 1240-9.
- Garland, S.W. (2005). An analysis of the pacing strategy adopted by elite competitors in 2000 m rowing. *British Journal of Sports Medicine*, vol. 39(1), s. 39-42.
- Gore, C.J., Tanner, R.K., Fuller, K.L. & Stanef, T. (2013). Determination of maximal oxygen consumption. (VO<sub>2</sub>max) I: Tanner, R.K., & Gore C.J. (ed.) *Physiological testing for elite athletes*. Champaign, Human Kinetics, s. 103-122.
- Great Britain Rowing Schemes 2009-2012 Olympiad, GB Rowing performance strategy for seniors and under 23s - 2009 season. (Skickat personligt från ordförande i tävlingskommittén för Svenska roddförbundet 2009).
- Gullstrand, L. (2009). "Running economy on treadmill and indoor track determined with portable and/or Douglas bag equipment" Diss. Karolinska Institutet, Stockholm: Univ.
- Hagerman, F.C. (1984). Applied physiology of rowing. *Sports Medicine*, vol. 1(4), s.303-326.
- Hahn, A., Bourdon, P. & Tanner, R. (2000). Protocols for the physiological assessment of rowers. I: Gore, C. J. (ed.). *Physiological tests for elite athletes*. Champaign, Human Kinetics, s. 311-26.
- Henley Royal Regatta. *History of the regatta*. <http://www.hrr.co.uk/history-organisation/history-of-regatta/> [2013-04-24].
- Hodges, L.D., Brodie, D.A., Bromley, P.D. (2005). Validity and reliability of selected commercially available metabolic analyzer systems. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, vol. 15(5), s. 271-279.
- Hopkins, W.G. (2000). Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. *Sports Medicine*, vol. 30(1), s. 1-15.
- Jensen, K., Johansen, L. & Secher, N.H. (2001). Influence of body mass on maximal oxygen uptake: effect of sample size. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 84, s. 201–205.
- Katch, V.L., Sady S.S., Freedson P., (1982). Biological variability in maximum aerobic power. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 14(1), s. 21-25.
- Kawakami, Y., Nozaki, D., Matsuo, A & Fukunaga, T. (1992). Reliability of measurement of oxygen uptake by a portable telemetric system. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, vol. 65(5), s. 409-14.
- Kerr, D.A., Ross, W.D., Norton, K., Hume, P., Kagawa, M. & Ackland, T.R. (2007). Olympic lightweight and open-class rowers possess distinctive physical and proportionality characteristics. *Journal of Sports Sciences*, vol. 25(1), s. 43-53.

- Kleshnev, V. (2006). *Rowing Biomechanics*.  
[http://www.biorow.com/Papers\\_files/2006%20Rowing%20Biomechanics.pdf](http://www.biorow.com/Papers_files/2006%20Rowing%20Biomechanics.pdf) [2013-04-17].
- Kleshnev, V. (2009). *Rowing Biomechanics Newsletter: Weather and boat speed*.  
[http://www.biorow.com/RBN\\_en\\_2009\\_files/2009RowBiomNews12.pdf](http://www.biorow.com/RBN_en_2009_files/2009RowBiomNews12.pdf) [2013-04-17].
- Lamb, D.H. (1989) A kinematic comparison of ergometer and on-water rowing. *American Journal of Sports Medicine*, vol. 17(3), s. 367-373.
- Larsson, L. (1988). Fysiologiska studier av roddare på elit och motionsnivå. I: Forsberg, A. & Saltin, B. (ed.). *Konditionsträning i teori och praktik*. Farsta, Idrottens Forskningsråd, RF, s. 260-269.
- Léger, L. & Mercier, D. (1984). Gross energy cost of horizontal treadmill and track running. *Sports Medicine*, vol. 1, s. 270-277.
- Liljestrand, G. & Lindhard, J. (1920). Zur Physiologie des Ruderns. *Skandinavisches Archiv für Physiologie*, vol. 39, s. 215-235.
- Martin, T.P. & Bernfield, J.S. (1980). Effect of stroke rate on velocity of a rowing shell, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 12(4), s. 250-256.
- Macfarlane, D.J. (2001). Automated metabolic gas analysis systems. A Review. *Sports Medicine*, vol. 31, s. 841–861.
- MacRae, H.S-H., Hise, K.J. & Allen, P.J. (2000). Effects of front and dual suspension mountain bike systems on uphill cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 32(7), s. 1276 –1280.
- McNeely, E., Sandler, D. & Bamel, S. (2005). Strength and power goals for competitive rowers. *Strength and Conditioning Journal*, Vol. 27(3), s. 10-5.
- Millet, G.P., Tronche, C., Fuster, N. & Candau, R. (2002). Level ground and uphill cycling efficiency in seated and standing positions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 34(10), s. 1645-1652.
- Mitchell, J.H. & Saltin, B. (2003). The oxygen transport system and maximal oxygen uptake. I: Tipton, C.M. (ed) *Exercise physiology -People and ideas*. Oxford University Press, Oxford.
- Mäestu, J., Jürimäe, J. & Jürimäe, T. (2005). Monitoring of Performance and Training in Rowing. *Sports Medicine*, vol. 35(7), s. 597-617.
- Officiell hemsida för den Olympiska rörelsen. *Sports Rowing, Equipment and History, History*. <http://www.olympic.org/rowing-equipment-and-history?tab=history> [2013-07-16].
- Perret, C., Mueller, G. (2006). Validation of a new portable ergspirometric device (Oxycon Mobile) during exercise. *International Journal of Sports Medicine*, vol. 27(5), s. 363-367.

Pripstein, L.P., Rhodes, E.C., McKenzie, D.C. & Coutts, K.D. (1999). Aerobic and anaerobic energy during a 2-km race simulation in female rowers. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 79, s. 491–494.

Race for Doggett's Coat & Badge. *History*. <http://www.doggettsrace.org.uk/history/> [2013-04-24].

Roecker, K., Prettin, S. & Sorichter, S. (2005). Gas Exchange Measurements with High Temporal Resolution: The Breath-by-Breath Approach. *International Journal of Sports Medicine*, vol. 26(1) Suppl, s. 11-18.

Robertson, E. Y., Saunders P. U., Pyne D. B., Aughey R. J., Anson J. M. & Gore C. J. (2010). Reproducibility of Performance Changes to Simulated Live High/Train Low Altitude. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 42(2), s. 394–401.

Rosdahl, H., Gullstrand, L., Salier-Eriksson, J., Johansson, P., Schantz, P. (2010). Evaluation of the Oxygen Mobile metabolic system against Douglas bag method. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 109(2), s.159-171.

Roth, W., Hasart, E., Wolf, W. & Pansold, B. (1983). Untersuchungen zur Dynamic der Energiebereitstellung während maximaler Mittelzeitausdauerbelastung. *Medizin und Sport*, vol. 23, s. 107-114.

Russel A.P., Rossignol, P.F.L.E. & Sparrow, W.A. (1998). Prediction of elite schoolboy 2000-m rowing ergometer performance from metabolic, anthropometric and strength variables. *Journal of Sports Sciences*, vol. 16, s. 749–754.

Salier Eriksson, J., Rosdahl, H. & Schantz, P. (2012). Validity of the Oxycon Mobile metabolic system under field measuring conditions. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 112(1), s. 345-355.

Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D. & Hawley, J. A. (2004). Reliability and Variability of Running Economy in Elite Distance Runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 36(11), s. 1972–1976.

Secher, N.H. (1975). Isometric rowing strength of experienced and inexperienced oarsmen. *Medicine and Science in Sports*, vol. 7(4), s. 280-283.

Secher, N.H. (1983). The physiology of rowing. *Journal of Sports Sciences*, vol. 1, s. 23-53.

Secher, N.H. (1990). Rowing, I: Reilly, T (ed.). *Physiology of sports*, London, Spon. s. 259-265.

Secher, N.H. (1993). Physiological and biomechanical aspects of rowing. *Sports Medicine*, vol. 15(1), s. 24-42.

Smith, T.B. & Hopkins, W.G. (2012). Measures of rowing performance. *Sports Medicine*, vol. 42(4), s. 343-58.



Steinacker, J.M. (1993). Physiological Aspects of Training in Rowing. *International Journal of Sports Medicine*, vol. 14 (Suppl 1), s. S3-10.

Steinacker, J.M., Both, M. & Whipp, B.J. (1993). Pulmonary mechanics and entrainment of respiration and stroke rate during rowing. *International Journal of Sports Medicine*, vol. 14 (Suppl 1), s. S15-9.

The Boat Race. (2013). *About the race*. <http://theboatrace.org/men/about-the-race> [2013-04-24].

Tipton, C.M. (2006). Historical Perspective: Origin to Recognition I: Tipton, C.M. (ed) *ACSM's advanced exercise physiology*. American College of Sports and Medicine, Lippincott Williams & Wilkins. S. 30.

Vogler, A.J., Rice, A.J., & Gore, C.J. (2010). Validity and reliability of the Cortex MetaMax3B portable metabolic system. *Journal of Sports Sciences*, vol. 28(7), s. 733–742.

Vogler, A.J., Rice, A.J. & Withers, R.T. (2007). Physiological responses to exercise on different models of the concept II rowing ergometer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, vol. 2, s. 360-70.

Volianitis, S. & Secher, N. (2009). Rowing, the ultimate challenge to the human body – implications for physiological variables. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, vol. 29, s. 241-244.

## Bilaga 1

### Litteratursökning

#### Syfte och frågeställningar:

Syftet med studien är att reliabilitetstesta den mobila syreupptagningsutrustningen Oxycon Mobile vid rodd på roddmaskin mellan inomhus och utomhus mätningar. Hypotesen är att Oxycon Mobile är reliabel vid mätningar utomhus då trots att de yttre förhållandena med temperatur, luftfuktighet och vind är kan vara annorlunda än inomhus. Den inbyggda termometern, torkslangen och vindskyddet kopplat till turbinen på andningsmasken samt mjukvara ska ta hänsyn till olika yttre förhållanden.

#### Frågeställning:

- Visar Oxycon Mobile reliabla värden mellan inomhus- och utomhusmätning vid standardiserad arbetsform?

#### Vilka sökord har du använt?

*rowing, validation, methods, oxygen, uptake, portable, consumption, measuring metabolic, reliability, validity, fieldtest*

#### Var har du sökt?

*PubMed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>  
Sökmotorn Google.se (som gett länk till vetenskapliga artiklar)  
Tidigare forsknings referenslistor  
GIH:s bibliotekskatalog (vid sökandet av intressanta artiklar)*

#### Sökningar som gav relevant resultat

*PubMed:  
rowing portable system  
rowing oxygen uptake  
portable system oxygen uptake  
portable oxygen consumption validation  
portable oxygen consumption reliability validity  
measuring oxygen uptake validity reliability*

#### Kommentarer

*Tidigare publicerad forsknings referenslistor har använts och PubMed var databasen som användes mest för att finna relevanta artiklar.*

## **Bilaga 2**

### **Information till försöksperson**

#### **Kort bakgrund**

Att mäta syreupptag ( $VO_2$ ) i fält och under idrottens rådande förhållande har alltid intresserat idrottsfysiologerna genom tiderna. Under de senaste 10 åren har utvecklingen på mobila  $VO_2$  utrustningar gått framåt och validerings- och reliabilitetsstudier har genomförts. Första steget har varit att validera mot standarden Douglas Bag metodiken och den utrustning som denna studie berör har validerats vid ergometercykling, löpning och vid rodd i laboriemiljö. Den har visat på god validitet och nu är steget framme att mäta utomhus. En mätpunkt,  $VO_2$  vid en viss tidpunkt, måste kunna kopplas till en effektutveckling. Därför måste en ergometer som kan användas inom- och utomhus användas. På detta sätt kan vi kontrollera att arbetet genomförs med samma effektutveckling. Det är inte många studier som har reliabilitet testat mellan inomhus och utomhus och inte heller med rodd som arbetsform. Vi på Riksidrottsförbundet/Bosön har sett att arbetsformen kan spela roll, därför väljer vi att titta på olika arbetsformer. Förhoppningsvis kan resultaten leda till reliabla mätningar i båt ute på vattnet. Resultaten kommer att redovisas i en magisteruppsats inom det närmsta året.

#### **Metod**

Roddarna kommer att ro 4 x 4 minuter på belastningar som motsvarar ca 60, 80, 90 och 95 % av maximal  $VO_2$  för att sedan efter 10 minuter genomföra ett 4 minuter all-out test.

Blodmjölksyra och hjärtfrekvens mäts vid varje nivå samt skattning av upplevd ansträngning efter Borg-skalan. Blodmjölksyran tas genom ett litet stick i öronsribben. Detta kan upplevas obehagligt av vissa. För att få tillräckligt med blodgenomströmning stryks en salva (Tomagol) på öronsribben innan testet, när salvan verkar kan det upplevas som att det blir varmt på öronsribben. Med den högre ventilation, andningsfrekvens och  $VO_2$  som det blir under 4 min all-out sätts  $VO_2$  utrustningen på prov och det område är intressant att få data ifrån. Därför är det viktigt att det båda 4 min all-out läggs upp på samma sätt så att samma effektutveckling nås. Det betyder att du inte får gå ut för fort i början på första 4 min all-out testet så att du inte kan genomföra det med jämn effektutveckling eller reproducera din 4 min all-out profil.

Dessa tester kommer att genomföras vid två testtillfällen med 2-4 dagars mellanrum. Vid ett av tillfällena är testet inomhus och vid ett tillfälle är det utomhus. Testet inleds med en uppvärmning på 10 minuter på en belastning som är under den första nivån på tröskeltestet.

Det tar ca 1 timme att genomföra uppvärmning och testet. Då ni roddare är vana vid denna typ

ergometer och av de lika belastningarna kommer det inte att genomföras något förtest. Dina förberedelser blir att komma till de båda tillfälle i samma fysiska nivå, d.v.s. du får inte träna högintensivt dagen innan test utan det bör vara på en intensitet så du återhämtar dig till dagen efter. Var noga med att äta och dricka ordentlig dagarna före test! Och att det är samma förberedelser inför de båda tillfällena

- Ät rikligt med kolhydrater vid varje måltid.
- Ät den närmaste stora måltiden 2-3 timmar innan test.
- Undvik alkohol dagarna innan.
- Undvik tobaksprodukter på testdagen.
- Drink inga koffeinhaltiga drycker närmare än 4 timmar innan test.
- Drink ordentligt med vatten.
- Drink inga sportdrycker 2-3 timmar innan test eller under test.

Vid tester gäller några förutsättningar: Det är viktigt att du är fullt frisk och har förmåga att utföra maxtester. Att du har fått och förstått informationen hur testet går till och eventuella risker. Testet är frivilligt och du har rätt att avbryta utan att ange någon anledning. Vi behandlar all insamlad data och resultat konfidentiellt. Ta med dig kläder för att ro både inomhus och utomhus. Ersättning utgår så se till att ha med dina kontouppgifter.

## Bilaga 3

**Formulär för hälsokontroll och för medgivande till att frivilligt medverka i reliabilitets tester:** Reliabilitetstester av mätningar med en syreupptagningsapparat.

### Personuppgifter

Namn \_\_\_\_\_

Försöksdatum \_\_\_\_\_

Födelsedatum \_\_\_\_\_

Vikt \_\_\_\_\_                      Längd \_\_\_\_\_

Adress \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_                      Email: \_\_\_\_\_

Bank-/Postgironummer \_\_\_\_\_

Kontonummer/clearingnummer \_\_\_\_\_

Bank \_\_\_\_\_

### Medicinering & hälsostatus

Använder du några mediciner regelbundet ?

Jag använder inga mediciner,  Jag använder följande mediciner → namnge:

Har du undvikit eller avbrutit träning de senaste dagarna p g a skada eller av hälsoskäl ?

Ja                       Nej

Om Ja, ange orsak:

### Förutsättningar för deltagande i undersökningen samt hälsodeklaration

Jag har muntligen informerats om studien och dessutom tagit del av den skriftliga informationen om försökets genomförande. Jag är medveten om att mitt deltagande i studien är fullt frivilligt och att jag när som helst och utan närmare förklaring kan avbryta mitt deltagande. Jag uppfattar mig som fullt frisk och ser inga medicinska hinder för deltagande i undersökningen.

Stockholm den    /

\_\_\_\_\_  
Försökspersonens namnteckning

\_\_\_\_\_  
Försöksledarens namnteckning

# Bilaga 4

## OBLA test protokoll

Datum:	Namn:	
	Pers nr:	
Vikt (kg):	Längd (cm):	Dragfaktor:
Vilolaktat	Klockan	:

Plats

Ute

Inne

Tid	Tid/500 m	Watt	Takt
00:20			
00:40			
01:00			
01:20			
01:40			
02:00			
02:20			
02:40			
03:00			
03:20			
03:40			
04:00			

Antal steg á 4'	Belastning Watt	Takt	Puls	Laktat	Medel Tid/500 m	Sann Watt	Borg		Fartvind m/s
							Ben	And	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
Max									
1'									
2'									
3'									
4'									
Laktat efter 1 min									
Laktat efter 3 min									
Totalt under max									
Antal m under max									

Torkslang

Turbin

Temp

Luffuktighet

Gaskal efter tröskel

O2

CO2

Gaskal efter max

O2

CO2

Hb

Fartvind