



# Effekt av fysiskt arbete före dykning på dekompressionsutlöst bubbelbildning

MIKAEL GENNSER

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
CBRN-skydd och säkerhet  
901 82 Umeå

Tel: 090-10 66 00  
Fax: 090-10 68 01

[www.foi.se](http://www.foi.se)

FOI-R--2674--SE Användarrapport  
ISSN 1650-1942 December 2008

**CBRN-skydd och säkerhet**

Mikael Gennser

# Effekt av fysiskt arbete före dykning på dekompressionsutlöst bubbelbildning

Titel	Effekt av fysiskt arbete före dykning på dekompressionsutlöst bubbelbildning
Title	Effect of physical exercise before diving on decompression bubbles.
Rapportnr/Report no	FOI-R- -2674 - - SE
Rapporttyp Report Type	Användarrapport
Sidor/Pages	23 p
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2008
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	FM
Forskningsområde Programme area	8. Människa och teknik 8. Human Systems
Delområde Subcategory	81 Fysiologi 81 Physiology
Projektnr/Project no	E4460
Godkänd av/Approved by	

**FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut**  
Avdelningen för CBRN-skydd och säkerhet

**FOI , Swedish Defence Research Agency**  
CBRN Defence and Security

901 82 Umeå

SE-901 82 Umeå

## Sammanfattning

Trots att det tidigare har ansetts att fysiskt arbete före dykning predisponerar för bubbelbildning och dekompressionssjuka (Vann & Thalmann 1993) har ett antal nyligen publicerade studier funnit att fysiska träningspass 24 respektive 2 timmar före dykning reducerar förekomsten av bubblor efter dekompression (Dujic et al 2004, Blatteau et al 2007).

För att undersöka vid vilken tidpunkt fysisk arbete bör genomföras för att bäst skydda mot bildning av dekompressionsbubblor utfördes en studie på tio friska försökspersoner. Försökspersonerna deltog i tre tryckkamardykningar var till 280 kPa (motsvarande 18 m vattendjup). Den första tryckexponeringen föregicks inte av något fysiskt arbete medan de följande två dykningarna, som genomfördes i randomiserad ordning, föregicks av ett 40 min långt arbetspass på cykelergometer antingen 2 eller 24 timmar före dykning. Efter dekompression detekterades bubbelförekomst i den centralvenösa cirkulationen med hjälp av prekordiell ultraljuds Doppler. Mängden cirkulerande bubblor skattades enligt Kisman-Masurel-skalan. Det var ingen skillnad i maximal bubbelförekomst mellan de olika tryckexponeringarna. Bubblor stannade kvar längre i cirkulationen efter de dykning som hade föregåtts av fysiskt arbete.

Dessa resultat bekräftar inte nyligen publicerade fynd att arbete före dykning skyddar mot bubbelbildning.

Nyckelord: dekompression, dekompressionsbubblor, dykning, fysiskt arbete, ultraljuds-Doppler

## Summary

Despite the fact that it has previously been thought that physical exercise before diving predispose for bubble formation and decompression sickness (Vann & Thalmann 1993), some recent studies have shown that physical exercise 24 or 2 hours before diving reduces the presence of bubbles post decompression (Dujic et al 2004, Blatteau et al 2007).

To investigate at which time before the dive physical exercise shall be carried out to provide the best protection against decompression bubbles experiments were carried out on ten healthy subjects. The subjects carried out three chamber dives to 280 kPa (18 msw) each. The first pressure exposure was not preceded by any physical exercise, whereas the other two dives were carried out in a randomised order, with a 40 min exercise bout on ergometer bicycle 2 hours or 24 hours before the dives. After decompression bubbles were detected using precordial ultrasound Doppler. There were no difference in maximum bubble scores between the dives. Bubbles remained longer in the circulation after dives preceded by exercise.

These results do not confirm the recent reports that exercise before diving protects against bubble formation.

Keywords: decompression, decompression bubbles, diving, exercise, ultrasound Doppler

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>METODER</b>	<b>10</b>
2.1	<i>Dopplerregisterering av gasbubblor (VGE)</i>	<i>11</i>
2.2	<i>Statistik</i>	<i>12</i>
<b>3</b>	<b>RESULTAT</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>SLUTSATS</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>FIGURER</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>TABELLER</b>	<b>23</b>



# 1 Inledning

Dekompressionssjuka orsakas av gasbubblor i vävnaderna. Bubblorna bildas när en stor gasövermättnad uppstår i samband med dekompression från ett högre till ett lägre omgivningstryck. De huvudsakliga faktorerna som avgör om en tillräckligt stor gasövermättnad uppstår vid en dekompression för att det ska bildas bubblor är dykdjup, tid under förhöjt tryck samt uppstigningshastighet. Det är dessa faktorer som används vid beräkningar för att konstruera dekompressionstabeller. Det finns dock andra faktorer som, även om de inte har så stor betydelse som dykdjup och bottentid, dock kan påverka risken för dekompressionssjuka, exempelvis vattentemperatur och arbetsintensitet under tid på botten och under dekompressionen. Fysiskt arbete före dykning har också ansetts vara en riskfaktor.

Dykare avråds från att utföra hårt fysiskt arbete före dykning, därför att det anses att fysiskt arbete före dykning predisponerar för bubbelbildning och dekompressionssjuka (Vann & Thalmann 1993). Denna kunskap härrör ursprungligen från resultat från experimentella studier på djur som visat att bubbelfrisättning ökar om djuren genomfört hårt fysiskt arbete eller kraftiga muskelkontraktioner före tryckexponering och dekompression (Harvey et al 1944, Whitaker et al 1945, McDonough & Hemingsen 1984). Den underliggande mekanismen tros vara att en kraftig blodcirkulation och muskelkontraktioner med sträckning av muskelfästen och senor ökar frisättning av bubbelkärnor. Bubbelkärnorna utgör förstadier till bubblor och ökar risken för bubbelbildning under dekompression (Harvey et al 1944).

De djurexperimentella studierna har tills helt nyligen inte följts upp av humanexperiment. Men resultaten har fått visst stöd i observationer som länkat förekomst av ”oprovocerad” dekompressionssjuka hos individuella dykare till hårt fysiskt arbete som t ex långa cykeltävlingar (Nishi 1982) och tyngdlyftning (Vann et al 1982).



I motsats till de fynd som tyder på att fysiskt arbete före dykning ökar risken för dekompressionssjuka, så har det varit känt både från djurstudier och observationer på människa att dykare som har hög fysisk kapacitet och lite korppsfett har mindre risk att drabbas av dekompressionssjuka än otränade och feta individer.

Broome och medarbetare (Broome et al 1995) visade att grisar som utsatts för ett antal veckors träningsprogram klarade experimentdykningar med signifikant färre fall av neurologisk dekompressionssjuka än otränade djur. Även fysiskt tränade råttor uppvisade mindre risk för dekompressionssjuka än otränade artfränder (Rattner et al 1979).

I samband med utprovning av dyktabeller fann Lagrue och medarbetare (Lagrue et al 1978) att arbetsdykare med högt maximalt oxygenupptag hade färre bubblor i den venösa cirkulationen än mindre vältränade dykare. Ett liknande fynd har rapporterats hos en större grupp rekreationsdykare (Carturan et al 2002). Även i samband med höghöjdsdekompression så har vältränade försökspersoner visat sig ha mindre tendens till bubbelbildning och dekompressionssjuka (Webb et al 2002).

Eftersom vältränade personer måste träna regelbundet för att bibehålla sin kondition så förefaller det som fysisk träning har två motsatta effekter när det gäller känslighet för dekompressionssjuka och att tiden mellan ett fysiskt träningspass och dekompression kan ha stor betydelse för effekt på bubbelbildning och därmed risk för dekompressionssjuka.

Den senare hypotesen bekräftades i samband med en studie på råttor för att kartlägga effekterna och orsaksmekanismerna av fysisk träning på dekompressionskänslighet (Wisløff & Brubakk 2001). De upptäckte att ett enda träningspass 20 timmar före dykning minskade förekomsten av dekompressionsutlösta bubblor lika effektivt som 6 veckors aerob träning.

Däremot har det visat sig att ett träningspass utfört en halvtimme innan råttorna utsattes för en tryckkamardykning inte hade någon skyddande effekt.

Tvärtom motverkade fysisk aktivitet så kort tid före dykning den skyddande effekten av ett träningspass 24 timmar före tryckexponering (Løset et al 2006).

Försök med arbete före dykning har också genomförts på människa.

Signifikant färre venösa gasbubblor registrerades hos försökspersoner efter kamardykning till 280 kPa (motsvarande 18 m vattendjup) när försökspersonerna hade utfört ett 40 min träningspass på cykelergometer 24 timmar före dykningen (Dujic et al 2004).

En forskargrupp knuten till franska marinen rapporterade att fysisk aktivitet (löpning) två timmar före dykning minskade mängden cirkulerande bubblor efter dekompression från dyk till 30 m i öppen sjö (Blatteau et al 2005, Blatteau et al 2007). Denna senare observationen att fysiskt arbete så nära inpå som 2 timmar före dykning skyddar mot bubbelbildning står i motsats till de tidigare citerade djurförsöken (Løset et al 2006).

Mot bakgrund av de ovan relaterade fynden genomfördes en försöksserie för att undersöka om resultaten att arbete före dykning minskar bubbelbildningstendensen och i så fall hur lång tid före dykning arbete bör företas för att bäst skydda mot bildning av dekompressionsbubblor hos människa.

## 2 METODER

Tio friska manliga försökspersoner deltog i studien. I tabell 1 och 2 redovisas deras ålder, oxygenupptagsförmåga, idrottsaktivitet och dykerfarenhet.

Varje försöksperson genomförde 3 torra kammardykningar till 280 kPa (2,8 atm, 18 m vattendjup) med 100 min dyktid. Dekompression genomfördes med en linjär uppstigningshastighet av 15 m/min och dekompressionsstopp på 160 kPa (1,6 atm) i 5 min och på 130 kPa (1,3 atm) i 15 min i enlighet med Royal Navy luftdykningstabell #11.

Det första dyket för varje försöksperson var ett kontrollförsök som inte föregicks av något fysiskt arbete. De två senare dykningarna genomfördes så att hälften av försökspersonerna först genomförde den dykning som föregicks av fysiskt arbete 24 timmar före dykning (24H) och dykning med arbete 2 timmar före (2H) som sista dykning. Att kontrollförsöken genomfördes som första dykning för alla försökspersoner berodde på att etikkommittéen ville försäkra sig om att dykprofilen inte gav upphov till en oacceptabelt hög mängd cirkulerande bubblor.

Försökspersonerna ombads att avstå från all idrotts- och sportaktivitet 36 timmar före dykning. Detta innefattade också joggning och cykling, medan de tilläts promenera till och från jobbet. Försökspersonerna avhöll sig också från kaffein och alkoholhaltiga drycker de dagar som försöksdykningarna genomfördes. Under kammardykningarna hade försökspersonerna fri tillgång till dryck (vatten och fruktjuice). Tiden mellan varje tryckexponering var minst en vecka för att undvika att föregående dykning påverkade resultaten.

Det fysiska arbetet före dykning bestod av 40 minuters submaximalt arbete på cykelergometer. Arbetsintensiteten avpassades relativt försökspersonernas

maximal oxygenupptagsförmåga. Den maximala oxygenupptagsförmågan ( $\dot{V}O_2 \text{ max}$ ) undersöktes med rampmetod på ergometercykel (Buchfuhrer et al, 1983) minst en vecka innan den första försöksdykningen ägde rum.

Arbetet som utfördes före dykningarna var av samma typ som användes av Dujic et al (2004). De första tre minuterna cyklade försökspersonerna på en belastning motsvarande 90% av hjärtfrekvens vid maximal belastning under  $\dot{V}O_2 \text{ max}$ -testet. Detta följdes av 2 minuter med en belastning som gav puls motsvarande 50% av maximal belastning under ramptestet. Detta upprepades totalt 8 gånger under 40 minuter.

## 2.1 Dopplerregistrering av gasbubblor (VGE)

Förekomst av gasbubblor i det venösa kretsloppet (venösa gasembolier, VGE) detekterades med hjälp av prekordiell ultraljuds-Doppler. En ultraljuds-Dopplersensor placerades på bröstkorgen över höger hjärthalva. En punkt med maximal blodflödessignal identifierades och markerades för att lätt kunna finna flödesignalen vid mättillfällena. Vid varje mättillfälle undersöktes minst 20 hjärtcykler. Dopplersignalen spelades in på mp3-spelare för att kunna användas vid kontroll av flödessignal och skattning, men bubbelskattningar gjordes av operatören i samband med registreringen av signalen. Förekomsten av bubblor graderades enligt Kisman-Masurel-skalan (Kisman & Masurel 1983) av tre erfarna Doppleroperatörer. Doppleroperatörerna hölls ovetande i vilken ordning kammardykningarna genomfördes. Varje försöksperson monitorerades av samma Doppleroperatör under hela försöksserien.

Vid skattning av bubbelförekomst enligt Kisman-Masurel-skalan görs skattningar av tre karakteristika av bubbelsignalen; bubbelljudets amplitud, antal bubblor per hjärtcykel och frekvens av hjärtcykler med bubblor. Dessa skattningar vägs sedan samman enligt en vägningsnyckel till en K-M-poäng.

Kisman-Masurel skalan är en 5-gradig skala från 0 (inga detekterbara bubblor) till 4 (ljudet från bubblorna dränker ut de normala hjärtljuden). Förutom 0 och 4 kan varje K-M-grad dessutom delas upp i + och -, vilket gör att K-M-skalan totalt är indelad i 12 steg. Skalan är kraftigt olinjär med de största skillnaderna i bubbelantal mellan de höga graderna.

Kontrollmätningar gjordes före varje dykning. Efter kammardykningarna gjordes Dopplerregistreringar direkt efter ankomst till ytan och sedan var 5:e minut under 30 min och därefter var 15:e minut under åtminstone 120 min efter kammardykningens slut. Dopplermätningarna gjordes i vila med försökspersonerna stående framför operatören. I samband med första Dopplermätningen efter dekompressionen samt 15 och 30 min efter dykningens slut ombads försökspersonerna dessutom göra tre djupa knäböjningar för att öka det venösa återflödet och provocera fram fler bubblor. Mätningar med knäböjningar gjordes sedan var 30:e minut.

## 2.2 Statistik

Statistik gjordes på de maximala bubbelskattningarna för varje försöksperson under en dykning och även bubbelskattningar vid enskilda tidpunkter. Eftersom Dopplerskalan är en ordinalskala användes det icke-parametriskt Friedmans test. Gräns för statistisk signifikans sattes vid  $p < 0,05$ . Vid grafisk presentation av bubbelskattningarna användes medianvärdena och + och - i K-M-skalan omvandlades till 0,33 respektive 0,66. Skattningen 2- anges som 1,66 och skattningen 2+ blir således 2,33.

### 3 RESULTAT

Samtliga dykningar genomfördes utan några komplikationer. Hos åtta av de tio försökspersonerna kunde bubblor upptäckas i den centralvenösa cirkulationen efter kontrolldykningen. Medianen av de maximala bubbelpoängen i vila för samtliga försökspersoner enligt K-M-skalan var 2+. Det innebar att dykprofilen var tillräckligt provocerande utan att för den skull orsaka några symptom på dekompressionssjuka. Efter både 2H och 24H dykningarna var medianerna av de maximala bubbelpoängen 3. Det var ingen statistisk skillnad mellan någon av dykningarna med avseende på maximal bubbelförekomst.

Tidsförloppet av förekomst av bubblor (VGE) under vila i den venösa cirkulationen efter dekompressionerna visas i Figur 1. Även om det inte fanns någon statistiskt signifikant skillnad mellan grupperna avseende maximal VGE-förekomst så var bubbelförekomsten signifikant högre jämfört med kontrollgruppen i både 2H och 24H dykningarna 120 min efter dekompression ( $p < 0,05$ ), vilket tyder på att det tog längre tid för bubblorna att försvinna ur cirkulationen i dykningar som föregåtts av arbete.

Samma tendens kunde ses också i de mätningar där försökspersonerna gjort tre djupa knäböjningar före Dopplermätningarna (Fig 2). Under 150:e min efter dekompression från kontrollförsöken kunde inga bubblor detekteras medan försökspersonerna uppvisade relativt riklig förekomst av bubblor efter 2H och 24H dykningarna vid samma tidpunkt.

Det fanns en viss tendens ( $0,1 > p > 0,05$ ) för bubblor att bli kvar i cirkulationen under längre tid i 2H dykningen jämfört med 24H dykningen (Fig 2 och 3).

Individuella jämförelser visar att endast försöksperson A1 och A2 hade högre maximal bubbelförekomst i kontrolldyket jämfört med de två testdyken (Fig 3). Försöksperson A4 hade samma maximala bubbelpoäng i alla dykningarna. En försöksperson hade bubbelpoäng 0 i både kontroll och 24H dykningen men en maximal bubbelpoäng på 3 efter 2H-dykningen. I övrigt hade samtliga försökspersoner större mängd bubblor i 2H och 24 H dykningarna jämfört med kontrolldykningen.

## 4 DISKUSSION

Resultaten av detta experiment stöder inte de nyligen rapporterade fynden att fysiskt arbete före dykning reducerar tendensen till bubbelbildning efter dekompression (Dujic et al 2004, Blatteau et al 2005, 2007). Däremot är resultaten förenliga med äldre djurexperiment och fallrapporter, som indikerat att hårt arbete före dykning kan utgöra en riskfaktor för bubbelbildning och dekompressionssjuka (t ex Whitaker et al 1945, Nishi et al 1982).

Det bör dock framhållas att de enda övriga studier av arbete före dykning som genomförts på människa har visat på en skyddande effekt av arbete. Det är därför nödvändigt att analysera skillnaderna mellan vår och dessa andra studier.

De övriga studierna har genomförts med något större antal försökspersoner (12, 30 och 16 fp i Dujic et al 2004 respektive Blatteau 2005 och Blatteau 2007), men även om det inte fanns någon statistisk skillnad mellan de maximala bubbelmängderna i våra dykningarna så fanns det en benägenhet till större mängd bubblor i dykningarna som föregåtts av arbete, och det fanns dessutom en klar tendens för bubblor att kvarstå längre tid efter arbetsdykningarna. Det är därför inte sannolikt att det faktum att vi inte kunde påvisa någon positiv effekt av fysiskt arbete före dykning skulle bero på att den undersökta gruppen bestod av för få försökspersoner.

En potentiellt sett viktigare skillnad mellan studierna är de bubbel-detektionsmetoder som använts. I den kroatiska studien (Dujic et al 2004) använde man sig av 2-D ultraljudseko istället för Dopplerteknik. Skillnaden mellan dessa tekniker är att den senare är mer operatörsberoende men överensstämmelsen är god åtminstone vid registreringar i vila (Brubakk & Eftedal 2001). Däremot är eko-mätningarna något mer tidskrävande. Dujic et al (2004) gjorde endast 4 mätningar på sina försökspersoner efter dykningarna



(20, 40, 60, 80 min) och Blatteau och medarbetare gjorde bara 2 och 3 Dopplerundersökningar på sina dykare; 30 och 60 min respektive 30, 60 och 90 min efter dekompression (Blatteau et al 2005, 2007). Det förefaller vanskligt att uttala sig om maximal bubbelförekomst med så få mättillfällen.

Blatteau och medarbetare (Blatteau et al 2007) föreslog att deras resultat kunde ha orsakats av partiell vätskebrist efter ett hårt fysiskt arbete vilket reducerar kväveupptagshastigheten under dykning. Å andra sidan har man i ett senare arbete visat på den skyddande effekten av rehydrering före dykning (Gempp et al 2008). Våra dykare hade fri tillgång till vätska både efter arbetspasset och under dykningarna.

Wisløff och Brubakk (2001) framförde hypotesen att mekanismen för den skyddseffekt av arbete före dykning som de observerat på råttor var att arbete påverkar strukturen av endotelet som klär kärlväggarna. Det är känt att ökad shear-stress ökar frisättning av NO från endotelmembranet (Buga et al 1991) och att NO minskar adheiviteten hos leukocyter och blodplättar (Bult 1996). Det kan därför tänkas att även adheiviteten hos endotelmebranet minskas vilket skulle kunna reducera mängden bubblekärnor som kan fastna och växa på endotelmembranets yta.

Både fysisk aktivitet och åldrande påverkar endotelfunktionen hos människa (Seals et al 2008). En eventuellt betydelsefull skillnad mellan studierna på arbete och bubbelbildning kan därför vara åldersfördelning och fysisk träningsgrad av försökspersonsgrupperna.

Både den kroatiska och de franska studierna genomfördes på militära dykare (Dujic et al 2004, Blatteau et al 2005, 2007). Deras försökspersoner var vältränade och något yngre än våra försökspersoner. Det ska dock noteras att den mest vältränade försökspersonen i vår studie (A5) hade betydligt större bubbelförekomst i testdykningarna än i kontrolldykningen. Någon korrelation

mellan oxygenupptag eller ålder och effekt av arbete före dykning kunde inte påvisas.

En annan intressant skillnad mellan försökspersonerna i vår studie och den kroatiska och de franska studierna är dykerfarenheten. Våra försökspersoner hade betydligt mindre dykerfarenhet. Nyligen publicerade fynd tyder på att erfarna dykare får ett annat inflammatoriskt svar på hyperbar stress än oerfarna försökspersoner (Cameron et al 2008). Detta fynd kan kopplas till den hypotes angående förändringar i endotelmembranets funktion eller struktur som lades fram av Wisløff och Brubakk.

## **5 SLUTSATS**

Denna försöksserie har inte kunnat bekräfta nyligen publicerade fynd att fysiskt arbete före dykning skyddar mot bubbelbildning och dekompressionssjuka.

Eventuella orsaker till de olika resultaten kan vara skillnader i mätteknik samt skillnad i ålder och dykerfarenhet hos försökspersonerna.

## 6 REFERENSER

Blatteau JE, Gempp E, Galland FM, Pontier JM, Sainty JM, Robinet C. Aerobic exercise 2 hours before a dive to 30 msw decreases bubble formation after decompression. *Aviat Space Environ Med* 76(77): 666-9, 2005.

Blatteau JE, Boussuges A, Gempp E, Pontier JM, Castagna O, Robinet C, Gallan FM, Bourdon L. Haemodynamic changes induced by submaximal exercise before a dive and its consequences on bubble formation. *Br J Sports Med* 41(6): 375-9, 2007.

Broome JR, Dutka AJ, McNamee GA. Exercise conditioning reduces the risk of neurologic decompression illness in swine. *Undersea Hyperb Med.* 22(1): 73-85, 1995.

Brubakk AO, Eftedal O. Comparison of three different ultrasonic methods for quantification of intravascular gas bubbles. *Undersea Hyperb Med.* 28(3): 131-6, 2001.

Buchfuhrer LA, Hansen JE, Robinson TE, Sue DY, Wasserman K, Whipp BJ. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assesement. *J Appl Physiol.* 55(5): 1558-64, 1983.

Buga GM, Gold ME, Fukuto JM, Ignarro LJ. Shear stress-induced release of nitric oxide from endothelial cells grown on beads. *Hypertension.* 17:187-93, 1991.

Bult H. Nitric oxide and atherosclerosis: possible implications for therapy. *Molecular Medicine Today.* 2:510-8, 1996.

Cameron BA, McLellan TM, Eaton DJ, Rhind SG. Inflammatory gene expression in the leukocytes of naïve subjects and experienced divers following acute hyperbaric stress. *Sammandrag i UHMS proceedings, Salt Lake City, 2008.*

Carturan D, Boussuges A, Vanuxem P, Bar-Hen A, Burnet H, Gardette B. Ascent rate, age, anximal oxygen uptake, adiposity, and circulating venous bubbles after diving. *J Appl Physiol.* 93(4): 1349-56, 2002.

Dujic Z, Duplancic D, Marinovic-Terzic I, Bakovic D, Ivancev V, Valic Z, Eterovic D, Petri NM, Wisløff U, Brubakk AO. Aerobic exercise before diving reduces venous gas bubble formation in humans. *J Physiol* 16;555(Pt 3): 637-42, 2004.

Gempp E, Blatteau JE, Pontier JM, Balestra C, Louge P. Preventive effect of pre-dive hydration on bubble formation in divers. *Br J Sports Med.* Mars 2008 (e-pub innan tryckning).

Harvey EN, McElroy WD, Whiteley AH, Warren GH, Pease DC. Bubble formation in animals III. An analysis of gas tension and hydrostatic pressures in cats. *J. Cell. Comp. Physiol.,* 24:117-32, 1944.

Kisman KE, Masurel G. Method for evaluating circulating bubbles detected by means of the Doppler ultrasonic method using the "KM code". Centre d'Etudes et des Reserches Technique Sous-Marins. Toulon, Frankrike, 1983.

Lagrué D, Le Pechon J-C, Kisman K, Masurel G, Guillerm R. Etude comparative de la methode de decompression du Ministre Français du Travail et de la methode de decompression dite du surface de l'US Navy pour le plongee au l'air. Médecine et de Physiologie Subaquatiques et Hyberbares. 68:353-57, 1978.

Løset A jr, Møllerløyken A, Berge V, Wisløff U, Brubakk AO. Post-dive bubble formation in rats: the effects of exercise 24 h ahead repeated 30 min before the dive. Aviat Space Environ Med. 77(9):905-8, 2006.

McDonough PM, Hemmingsen EA. Bubble formation in crabs induced by limb motions after decompression. J Appl Physiol, 57:117-22, 1984.

Nishi RY, Eatock BC, Cunningham IP, Ridgewell BA. Assesment of decompression profiles by ultrasonic monitoring, Phase III: No-decompression diving. DCIEM rapport nr. 82-R-38, 1982.

Rattner BA, Gruenau SP, Altland PD. Cross-adaptive effects of cold, hypoxia, or physical training on decompression sickness in mice. J Appl Physiol. 47(2): 412-7, 1979.

Seals DR, Desouza CA, Donato AJ, Tanaka H. Habitual exercise and arterial aging. J Appl Physiol. 105(4):1323-32, 2008.

Vann RD. Mk XV UBA Decompression trials at Duke: A summary report. Final report on Office of Naval Research Contract N00014-77-C-0406, 1982.

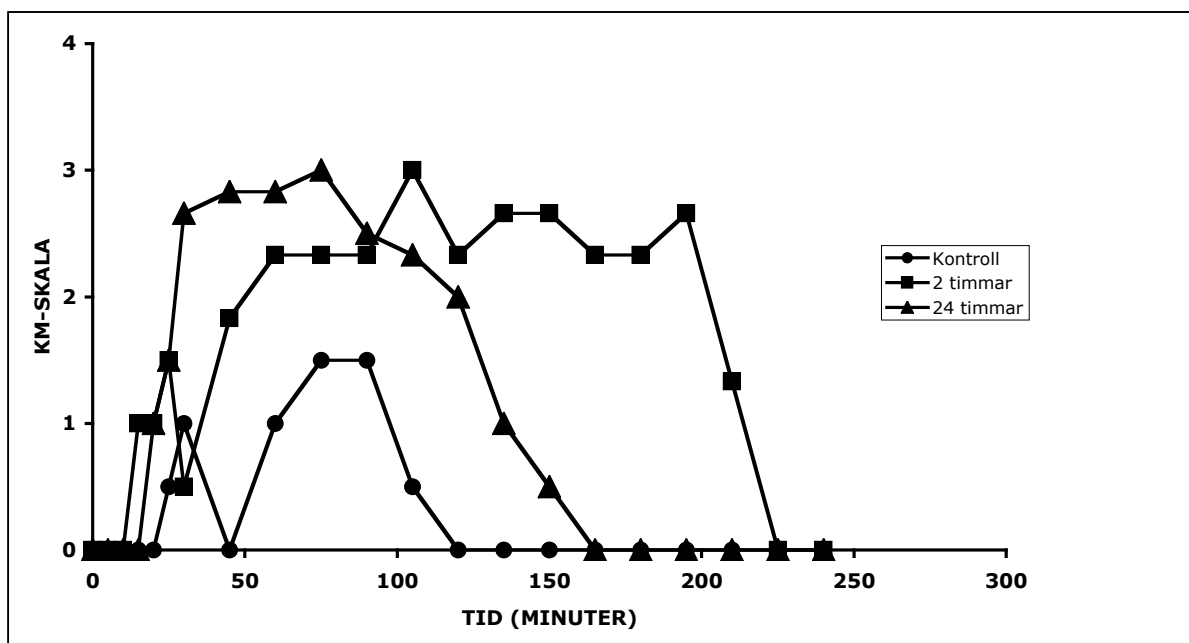
Vann RD, Thalmann ED. Decompression Physiology and Practice. Kapitel 14 i: The Physiology and Medicine of Diving. Red: Bennett PB, Elliott DH. W.B. Saunders Ltd, London, 1993: ss 376 – 432.

Webb JT, Pilmanis AA, Fischer MD, Kannan N. Enhancement of preoxygenation for decompression sickness protection: effect of exercise duration. Aviat Space Environ Med 73(12): 1161-6, 2002.

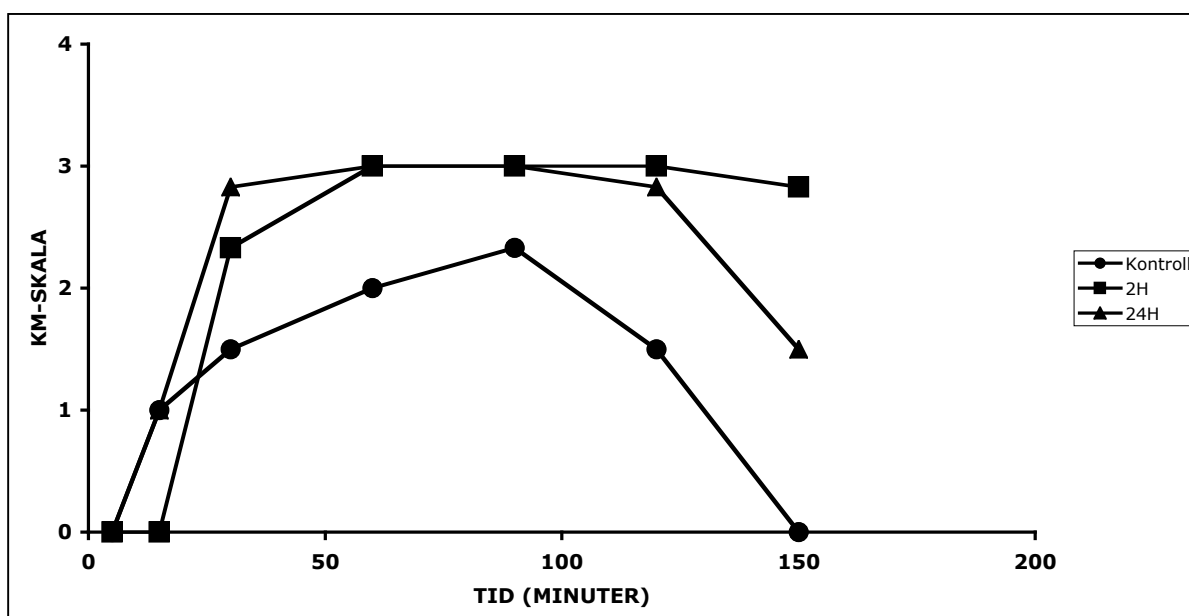
Whitaker DM, Blinks LR, Berg WE, Twitty VC, Harris M. Muscular activity and bubble formation in animals decompressed to simulated altitudes. The Journal of General Physiology, 28: 213-233, 1945.

Wisløff U, Brubakk AO. Aerobic endurance training reduces bubble formation and increases survival in rats exposed to hyperbaric pressure. J Physiol 537(Pt 2): 607-11, 2001.

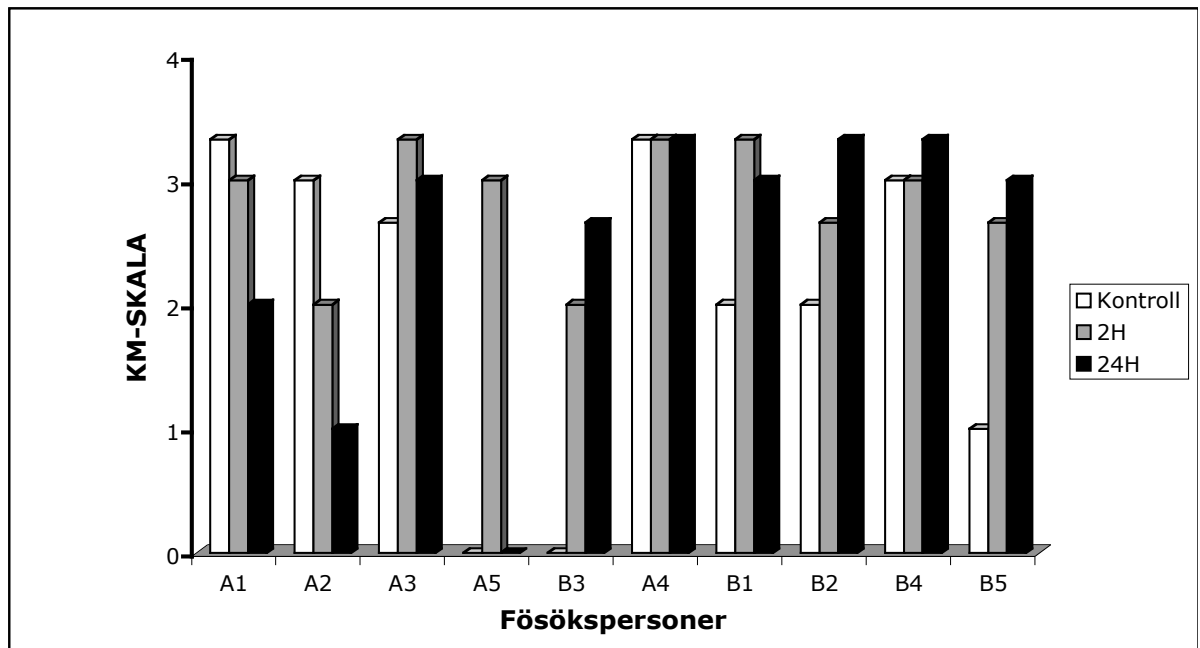
## 7 FIGURER



Figur 1: Medianvärden för KM bubbelpoäng i vila efter kammardykning till 18 m. N = 10. Ingen signifikant skillnad mellan grupperna. Kontroll – inget fysiskt arbete före dykning, 2H – cykelarbete 2 timmar före dykning, 24H – cykelarbete 24 timmar före dykning.



Figur 2: Medianvärden för KM bubbelpoäng efter kammardykningar till 18 m. Mätningarna gjorda efter tre djupa knäböjningar. N = 10. Kontroll – inget fysiskt arbete före dykning, 2H – cykelarbete 2 timmar före dykning, 24H – cykelarbete 24 timmar före dykning. Ingen signifikant skillnad mellan försöken.



Figur 3: Maximala KM bubbelöäng efter kammardykningar till 18 m för varje enskild försöksperson. Mätningar genomförda i vila.

## 8 TABELLER

Fp	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
Ålder	30	35	45	46	36	54	51	36	25	48
BMI	27,1	27,6	34,4	28,8	22,3	23,5	29,9	25,4	32,4	25,7
%kroppsfett	19,3	20,7	30,5	20,8	13,1	18	25,5	17,2	23,2	19,8
Rökare	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Tidigare DCS	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja
VO2max (ml/kg/min)	52,8	35,8	31,9	41,4	62,6	33,2	40,7	46,6	45,4	55,3
Max HR	178	207	169	191	187	187	170	184	201	174

Tabell 1 – Försökspersonsdata

Fp	Arbete – Fysiskaktivitet	Fritid – Fysiskaktivitet	Våta dykningar	Kammardykningar
A1	2	2	1/månad	1/månad
A2	2	2	43 år 2007	1/månad
A3	2	2	nej	50/år
A4	2	3	1/månad	30/år
A5	1	5	nej	nej
B1	2	2	nej	sällan
B2	1	3	nej	sällan
B3	2	3	ja	ja
B4	2	1	2-3/månad	nej
B5	2	5	nej	nej

Tabell 2 – Försökspersonernas skattade aktivitetsgrad och dykativitet. Aktivitetsgrad definieras som 1: mycket låg, 2: låg, 3: medium, 4: hög, 5: mycket hög