

# **Helsestatus hos tidligere nordsjødykkere**

Rapport til Arbeids- og sosialdepartementet

Yrkesmedisinsk avdeling  
Haukeland universitetssykehus  
Bergen

Desember 2004

Basert på foreløpig rapport til Helse- og sosialdepartementet  
av juli 2003

## Forord

Denne undersøkelsen av helsestatus hos tidligere nordsjødykkere er gjort på oppdrag fra det daværende Sosial- og Helsedepartementet med oppstart våren 2000, etter at sosialministeren gav alle tidligere nordsjødykkere tilbud om utredning ved mistanke om dykkerrelatert sykdom og skade. Arbeidet er basert på kontrakt mellom Sosial- og helsedepartementet og Haukeland universitetssykehus datert 17.juli 2000.

Prosjektet er blitt ledet fra Yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus, men det omfattende utredningsarbeidet har også involvert Nevrologisk avdeling, ØNH avdelingen, Lungeavdelingen og Røntgenavdelingen. Gjennomføringen hadde ikke vært mulig uten godt samarbeid, velvillighet og fleksibilitet fra disse avdelingenes side i det å tilpasse undersøkelsen av dykkerne til den daglige kliniske aktiviteten.

Foruten helseutredningen av dykkerne, har arbeidet også inkludert utferdigelse av legeerklæringer til trygdemyndighetene. Vi takker både dykkere og trygdekontor for tålmodighet og forståelse for at deler av dette arbeidet kan ha tatt lenger tid enn vanlig.

Vi har forståelse for at mange dykkere har opplevd at det har vært lang ventetid på å komme til undersøkelse, men med de ressursene vi har hatt når det gjelder spesialkompetanse i dette fagfeltet, og samordning av undersøkelsene med den øvrige kliniske virksomheten ved de involverte avdelingene, har det ikke vært mulig å undersøke mer enn en dykker per uke.

Dette er en videreføring av den foreløpige rapporten som ble overlevert Helse- og sosialdepartementet i juni 2003. Grunnlaget for denne endelige rapporten er dykkere som ble undersøkt inntil Stortinget gjorde vedtak om kompensasjonsordning for pionerdykkerne den 8.mars 2004, og den er supplert med undersøkelse av en kontrollgruppe av dykkere som ikke er henvist på grunn av helseplager, og en kontrollgruppe fra den generelle befolkningen.

Det er en del av avtalen med Sosial- og helsedepartementet at resultatene av denne undersøkelsen skal søkes publisert i internasjonale vitenskapelige tidsskrift og ved nasjonale og internasjonale vitenskapelige møter og kongresser.

Desember 2004

På vegne av prosjektgruppen

Einar Thorsen

Kari Troland

Endre Sundal

Marit Grønning

## Prosjektmedarbeidere

### Prosjektledelse

Einar Thorsen, professor dr.med., Institutt for indremedisin, Universitetet i Bergen, overlege seksjon for hyperbar medisin, yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus.

Endre Sundal, spesialist i nevrologi, seksjonsoverlege yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus.

### Lungemedisin og hyperbar medisin

Einar Thorsen, professor dr.med., Institutt for indremedisin, Universitetet i Bergen, overlege seksjon for hyperbar medisin, yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus.

Lene Svendsen og Kari Mykkeltveit, testteknikere.

### Nevrologi

Endre Sundal, spesialist i nevrologi, seksjonsoverlege yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus.

Harald Nyland, professor dr.med., Institutt for nevrologi, Universitetet i Bergen, overlege nevrologisk avdeling, Haukeland universitetssykehus.

Marit Grønning, dr.med., spesialist i nevrologi, seksjonsoverlege nevrologisk avdeling, Haukeland universitetssykehus.

### Nevrofysiologi

Håvard Skeidsvoll, spesialist i nevrologi og klinisk nevrofysiologi, seksjonsoverlege nevrologisk avdeling, Haukeland universitetssykehus.

### Nevroradiologi

Gunnar Moen, spesialist i radiologi og nevreradiologi, overlege røntgen avdelingen, Haukeland universitetssykehus.

Jostein Kråkenes, dr.med., spesialist i radiologi og nevreradiologi, overlege røntgen avdelingen, Haukeland universitetssykehus.

Lars Ersland, fysiker, medisinsk teknisk avdeling, Haukeland Universitetssykehus.

Karsten Specht, fysiker/lege, professor ved Universitetet i Bonn, for tiden gjesteprofessor ved Universitetet i Bergen.

Liv Bernstrøm Mekki og Jarle Bård Seter, radiografer.

### Psykologi

Kari Troland, spesialist i klinisk psykologi og nevropsykologi, yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus.

Jude Terrence Nicholas, spesialist i klinisk psykologi og nevropsykologi, yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus.

Benedicte Mjeldheim, Arnt Troland, Ragnhild Sverresdotter Dypvik, testteknikere.

ØNH fag

Frederik Goplen, spesialist i ØNH-sykdommer, overlege ØNH-avdelingen, Haukeland universitetssykehus.

Stein Helge Glad Nordahl, dr.med., spesialist i ØNH-sykdommer, overlege ØNH-avdelingen, Haukeland universitetssykehus.

Statistikk-konsulent

Ågot Irgens, cand. scient., statistiker, yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus.

Sekretariat

Berit Johannessen, kontorleder, yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus.

## **Innholdsfortegnelse**

|   |     |
|---|-----|
| Sammendrag  | 6   |
| Generell innledning                                   | 8   |
| Kapittel 1 Dykke-eksponering                          | 11  |
| Kapittel 2 Studie design og metoder                   | 19  |
| Kapittel 3 Selvpoplevd helse og helsevaner            | 23  |
| Kapittel 4 Lungefunksjon hos tidligere nordsjødykkere | 42  |
| Kapittel 5 Dykkerrelaterte symptomer og sykdommer     | 51  |
| Kapittel 6 Nevrologiske symptomer og funn             | 58  |
| Kapittel 7 Nevrofysiologisk undersøkelse.             | 71  |
| Kapittel 8 Nevroradiologisk undersøkelse              | 80  |
| Kapittel 9 Hørsel og balanse                          | 88  |
| Kapittel 10 Nevropsykologisk undersøkelse.            | 94  |
| Kapittel 11 Psykiske stressreaksjoner                 | 109 |
| Appendix Spørreskjema                                 |     |

## Sammendrag

Inntil stortingsvedtaket om kompensasjonsordninger for tidligere nordsjødykkere i mars 2004 var 96 av i alt ca 375 tidligere nordsjødykkere som hadde dykket i Nordsjøen før 1990 undersøkt ved Yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus. Utredningen omfattet registrering av egenopplevd helse og livskvalitet, lungefunksjonsundersøkelse, nevrologisk, nevrofysiologisk og nevroradiologisk undersøkelse, hørsel- og balanseundersøkelse, samt nevropsykologisk undersøkelse.

Den samme spørreskjemaundersøkelsen med registrering av egenopplevd helse og livskvalitet ble også gjort av de ikke henviste dykkerne som utgjør den resterende andelen av populasjonen på 375 dykkere. Videre ble spørreskjemaundersøkelsen gjort på et tilfeldig aldersmatchet befolkningsutvalg, som også utgjorde kontrollgruppe for de fleste av delundersøkelsene som var inkludert i undersøkelsesprogrammet.

De undersøkte dykkerne hadde en gjennomsnittlig dykkekarriere på 16 år, og de fleste hadde erfaring med både "bounce"-dykking og metningsdykking. Gjennomsnittsalderen var 52 år (spredning 35-66). Det var i gjennomsnitt 12 år siden de avsluttet sin yrkesaktivitet som dykkere. Sammenlignet med de ikke henviste dykkerne hadde de undersøkte dykkerne større kumulativ dykkeeksponering.

Andelen dykkere som var uføretrygdet eller på midlertidige tiltak ved undersøkelsestidspunktet var høyere enn i kontrollgruppene.

De undersøkte dykkerne rapporterte selv i spørreskjema en rekke symptomer fra nervesystemet, psykiske plager og smerteproblemer. Glemsomhet, oppmerksomhetsvansker, leddsmerter, tretthet og depresjon var de dominerende symptomene, og forekomsten av slike plager i hele kohorten på 375 dykkere var høyere enn i den generelle befolkningen. Videre anga dykkerne at disse helseplagene hindret deres livsutfoldelse både i arbeid og fritid, og hindret i betydelig grad deres sosiale omgang, mer enn hva tilsvarende plager i den generelle befolkning skulle tilsi.

De ikke henviste dykkerne rapporterte også økt forekomst av glemsomhet, oppmerksomhetsvansker, leddsmerter og tretthet sammenlignet med kontrollgruppen fra den generelle befolkning, men i mindre omfang enn blant de undersøkte dykkerne.

Forekomsten av kronisk obstruktiv lungesykdom (KOLS) med objektiv lungefunksjonsnedsettelse blant 375 dykkere var 5.1% mot forventet 1.8%. Forekomsten kan ikke alene forklares med røykevaner, allergi/atopisk disposisjon eller annen yrkeseksponering som potensielt kan ha lungefunksjonseffekter. Til tross for affeksjon av dynamisk lungefunksjon opprettholdt de fleste dykkerne et relativt høyt fysisk aktivitetsnivå.

Dykkerne hadde et moderat hørselstap av samme mønster som ved støyskade. Dykkerne hadde oftere utfall på likevekts/balansetester enn forventet.

Åtti av de undersøkte dykkerne hadde hatt trykkfallsyke en eller flere ganger og 34 hadde vært bevisstløse i forbindelse med dykking. Forekomsten av nevrologiske symptomer og funn, redusert nerveledningshastighet i ryggmargen, langsom og forsinket sentral respons på stimuli, og EEG forandringer, var høyere enn forventet sammenlignet med kontrollgruppen

fra den generelle befolkningen. Mønsteret av nevrologiske utfall var uspesifikt. Forekomsten av nevrologiske funn i dette utvalget kan ikke forklares med andre kjente faktorer som alder, tidligere hodetraume, hjerte/kar sykdom, eller alkoholvaner.

Forekomsten av signalavvik i ryggmargen var høyere hos dykkerne enn hos kontrollene, mens forekomsten av signalavvik i hjernen, såkalte hvite flekker, ikke var forskjellig. Dykkerne hadde flekkvis reduksjon i blodgjennomstrømning og hjernevevsvolum sammenlignet med kontrollene, mest uttalt i venstre hjernehalvdel.

Av det undersøkte utvalget av dykkere viste 23% mild til moderat og 12% alvorlig svikt på nevropsykologisk samleindeks. Dykkerne hadde redusert oppmerksomhet, konsentrasjon, arbeidsminne, mentalt og psykomotorisk tempo og mental fleksibilitet. De viste også mild til moderat svikt i taktil persepsjon, mer tremor og svakere fingerferdighet sammenlignet med en alders- og utdannings-matchet kontrollgruppe fra den generelle befolkning. Disse funnene kan ikke forklares med andre kjente faktorer som alder, tidligere hodetraume, hjerte/kar sykdom, eller alkoholvaner

Ca 90 % av de undersøkte dykkerne hadde i forbindelse med dykkearbeid vært utsatt for alvorlige hendelser med umiddelbar fare for eget eller meddykkeres liv og helse. De fleste hadde også vært med på søk og redningsarbeid etter ulykker med opphenting av forulykkede.

En betydelig andel av dykkerne viste psykiske stressreaksjoner, som kan tilbakeføres til hendelser som uomtvistelig er spesifikke for arbeid under vann. Det var henholdsvis 65% og 27% av utvalget som skåret over de kritiske grenseverdiene for mistanke om posttraumatisk stress syndrom på to forskjellige kartleggingsinstrumenter. Et betydelig antall tilfredsstilte fullt ut kriteriene for PTSD diagnose ved klinisk vurdering.

Funnene i denne undersøkelsen er forenlig med resultatene fra de epidemiologiske undersøkelsene som ble gjort av aktive dykkere på siste halvdel av 1980 tallet, og i tråd med konklusjonene fra Godøysund konferansen. Funksjonsforandringene som ble påvist og som korrelerte med kumulativ dykkeeksponering, ble den gang ikke ansett å ha betydning for dykkernes livskvalitet. Forandringene er nå mer uttalt, gir mer kliniske symptomer, og innebærer en betydelig forringelse av livskvalitet hos en stor andel av dykkerne.

## **Oppfølging**

En egen rapport ”Videre utredning, behandling og oppfølging av dykkere”, er utarbeidet for Sosial- og helsedirektoratet.

## Generell innledning

Dykking i Nordsjøen startet parallelt med utbyggingen av de store oljefeltene i 1970-årene og begynnelsen av 1980-årene på dybder fra 60-180 meter. I løpet av 1980 årene ble det gjort flere forskningsdykk til dybder mellom 300 og 500 meter for å utvikle dykkeprosedyrer i forbindelse med utbygging av oljefelt beliggende i dette dybdeområdet. I forbindelse med disse forskningsdykkene ble det også startet et forskningsprosjekt i regi av de norske oljeselskapene og NTNf for å undersøke eventuelle langtidsvirkninger av denne dykkingen. Dette arbeidet foregikk i hovedsak mellom 1985 og 1990. Resultatene indikerte langtidseffekter på sentralnervesystemet og lungene, og det kom til en omfattende debatt i det vitenskapelige og det dykkeoperasjonelle miljøet om den kliniske betydningen av disse funnene.

De norske og de på den tid foreliggende utenlandske undersøkelser ble gjennomgått på den internasjonale konsensuskonferansen om langtidseffekter av dykking i 1993 på Godøysund. Man konkluderte der med at:

*Det er påvist endringer i skjelettet, sentralnervesystemet og lungene hos dykkere som ikke har vært involvert i dykkeulykker eller som har vært eksponert for andre kjente arbeidsmiljøbelastninger.*

*Disse endringene er i de fleste tilfeller små og innvirker ikke på dykkernes livskvalitet.*

*Imidlertid er endringene av en slik art at de kan innvirke på dykkernes fremtidige helse.*

Siden 1998 fikk Yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus, et økende antall henvisninger av dykkere til utredning for funksjonssvikt som kan være forenlig med de funnene som ligger til grunn for konklusjonene fra denne konsensus-konferansen. Samtidig har det vært en økende mediefokusering på ansvaret for den dykkevirksomheten som har vært, ikke bare når det gjelder medisinske forhold men også for tekniske, prosedyremessige og psykososiale arbeidsforhold. Dette er utredet av den statlig oppnevnte "Granskingskommisjonen for undersøkelse av pionerdykkernes forhold i Nordsjøen". Kommisjonens arbeid har pågått parallellt med, men uavhengig av denne undersøkelsen.

I "Rapport fra Kommunaldepartementets utvalg om helse og sikkerhet i dykkevirksomheten, av 2. november 1993" (Kromberg-rapporten) bemerkes det at det ikke finnes noen kontinuerlig helsetjeneste for dykkere som har ansvar for å iverksette nødvendige medisinske og andre attføringstiltak ved tegn til begynnende helseskade hos dykkere.

Yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland universitetssykehus, fikk i januar 1998 anmodning av Statens Helsetilsyn om å utrede "Hvilke typer dykkeskader som skal gi grunnlag for yrkesskadeerstatning". Bakgrunnen for anmodningen er å finne i den samme "Kromberg rapporten" fra 1993 hvor følgende anbefaling er gitt: "Med dagens kunnskap om mulig helsemessige konsekvenser ved dykking er det behov for å konkretisere på nytt hvilke helseskader som bør være likestilt med yrkesskade etter forskrift i medhold av lov om folketrygd kap. 11".

Rapporten fra Yrkesmedisinsk avdeling (april 1999) gjennomgikk spesielt den vitenskapelige litteraturen som var publisert etter Godøysundkonferansen i 1993, og konkluderte med at det ikke var tilkommet ny kunnskap som reiste tvil om konklusjonene fra Godøysund-



konferansen. I noen fagområder var det tilkommet ny kunnskap som underbygget konklusjonene. Rapporten konkluderte blant annet med at "Obstruktiv lungesykdom og encephalopati kan være følgetilstander til dykkeeksponering", men i så fall må "Det forutsettes at andre kjente årsaker til disse tilstandene utelukkes".

Videre ble det konkludert med at "Yrkesdykking innebærer en risiko for hendelser som kan resultere i post traumatisk stress syndrom". Dette har ikke tidligere blitt forsøkt kartlagt blant dykkere så langt vi kjenner til, og vi finner fortsatt ikke denne problemstillingen omtalt i vitenskapelig dykkemedisinsk litteratur.

I juni 1999 fikk alle trygdekontor melding om å henvise personer med mulig dykkersykdom til Haukeland universitetssykehus for vurdering". (Sosial- og Helsedepartementet, høringsnotat, 25.01.00). Ved årsskiftet 1999/2000 ble det ved Haukeland universitetssykehus utarbeidet en utredningsprotokoll for dykkere henvist med mistanke om dykkerrelatert sykdom og skade. Detaljene om undersøkelsesomfanget vil fremgå av rapportens del-kapitler. Denne undersøkelsen omfatter dykkere som var yrkesaktive i Nordsjøen før 1990. Det er den samme dykkerpopulasjonen og tidsepoken som "Granskingskommisjonen" har undersøkt.

"Granskingskommisjonens" rapport forelå 31.12.03. I rapportens kapittel 3.9 er det redegjort for skader etter dykking, og langtidsvirkninger av dykking er et sentralt punkt. Det er gitt en grundig redegjørelse for mulig årsaker til langtidsvirkninger, og hvilke studier – både norske og utenlandske – som ligger til grunn for eventuelt å avdekke slike virkninger. Kommisjonen konkluderte med at "vi har ennå ikke sikre data som kan gi svar på spørsmålet om vanlig dykking kan gi uheldige nevrologiske/kognitive langtidseffekter", og "om korrekt utført dypdykking kan føre til langvarige eller permanente nevrologiske og/eller kognitive skader". Kommisjonen understreket imidlertid den faglige uenigheten om dette mellom ulike forskergrupper.

Granskingskommisjonens rapport er behandlet i Stortingsmelding nr 47 (2002-2003) hvor man konkluderer blant annet med at "Regjeringen mener det bør gis en økonomisk kompensasjon, samt en kollektiv anerkjennelse til pionerdykkerne i Nordsjøen. Bistand overfor pionerdykkerne til den daglige livssituasjon iverksettes i påvente av behandling av stortingsmeldingen allerede i 2003..... Det forutsettes også en bevilgning til å administrere nemnda som skal vurdere de enkelte pionerdykkerne for individuell kompensasjon".

I 2003-2004 kom deretter St.prp. nr. 52 "Om endringer i statsbudsjettet for 2004 om strakstiltak for pionerdykkerne i Nordsjøen" og Innstilling til Stortinget nr.137 "Innstilling fra kommunalkomiteen om granskning av pionerdykkernes forhold i Nordsjøen". Det foregår fortsatt en debatt om statens eventuelle objektive ansvar for dykkeaktiviteten i Nordsjøen før 1990. Spørsmålet er siste gang reist i Stortingets spørretime i desember 2004.

Den politiske debatten og saksutredningen har pågått parallellt med "granskningskommisjonens" arbeid og denne undersøkelsen ved Haukeland universitetssykehus. Det er undervegs kommet politiske utspill som har hatt innflytelse på dykkernes forventninger om oppreisning, og som har påvirket hvordan deres livssituasjon er opplevd og blitt presentert ved denne undersøkelsen. Dykkere undersøkt etter vedtak i Stortinget den 8.mars 2004, kunne derfor ikke inngå i analysene som ligger til grunn for denne rapporten. Når det gjelder undersøkelsen av psykiske stressreaksjoner ble dykkernes fremstilling også preget av den foreløpige rapporten fra juli 2003, slik at vi ikke kunne inkludere nye dykkere i denne

analysen etter at den foreløpige rapporten ble offentliggjort. Derfor er kapittel 11 uendret fra den foreløpige rapporten.

Det som forelå av undersøkelser av helseeffekter av dykking før 2004 var gjort på dykkere som var yrkesaktive på det tidspunktet undersøkelsene ble gjort. Tidligere undersøkelser kan ha underestimert forekomsten av helseeffekter fordi det har vært arbeidsdyktige arbeidstakere som er selektert inn i undersøkelsene. Denne undersøkelsen beskriver det motsatte forholdet ved at den er konsentrert om de som er blitt syk. Hvis det ikke blir tatt hensyn til totalantallet dykkere som har vært engasjert i denne nordsjødykkingen vil man overestimere forekomsten av helseeffekter. Våren 2004 ble imidlertid undersøkelsen fra Aberdeen på britiske dykkere som var registrert i 1990 rapportert. Ved flere av delundersøkelsene er det sammenfallende resultater mellom denne studien og den som rapporteres her.

#### Referanse

Health & Safety Executive. Co-ordinated investigation into the possible long term health effects of diving at work. Prepared by University of Aberdeen for the Health & Safety Executive. Research Report 230, 2004.

## Kapittel 1

### Dykke-eksponering

Einar Thorsen og Kari Troland

Dykking er eksponering til forhøyet omgivende trykk sett i forhold til normalt atmosfæretrykk på det stedet dykkingen har sitt utgangspunkt. Vanligvis forbinder man dykking med aktivitet som foregår i vann, men arbeidsoperasjoner under forhøyet omgivende trykk kan også foregå i tørre omgivelser som ved for eksempel behandling av trykkfallssyke i trykkammer, sveiseoperasjoner i tørre habitater og tunnellarbeid. Avhengig av den type arbeid som skal utføres og aktuell dybde, er det ulike dykketeknikker som kan benyttes.

Alle dykk er karakterisert ved tre faser. Kompresjonsfasen er tiden for trykksetting til aktuell arbeidsdybde. Bunnfasen er tiden dykkeren oppholder seg på aktuelle arbeidsdybde, og dekompresjonsfasen er tiden fra man forlater arbeidsdybden til man når overflaten.

### Metoder for dykking

#### *Fridykking*

Ved fridykking brukes ikke medbrakt reserve av pustegass, og dette setter begrensningene for tilgjengelig tid for arbeid under vann og dybden man praktisk kan nå. I kommersiell sammenheng er fridykking fortsatt i utstrakt bruk ved høsting av sjømat i regioner i Japan og Korea - de såkalte AMA dykkerne, mens det for øvrig er en relativt lite utbredt fritidsaktivitet. Maske, svømmeføtter og våtdrakt til termisk beskyttelse er i vanlig bruk. Fordi man ved fridykking ikke puster gass ved forhøyet omgivende trykk, er de fysiologiske og medisinske begrensningene og problemene forskjellige fra annen type dykking, og fridykking blir ikke nærmere omtalt.

#### *SCUBA dykking*

Ved denne formen for dykking har dykkeren med seg et forråd av pustegass i gassylindre som vanligvis bæres på ryggen. Forkortelsen SCUBA står for Self Contained Underwater Breathing Apparatus. Ved denne og de senere omtalte formene for dykking pustes det gass under forhøyet omgivende trykk. Dette har fysiologiske og medisinske implikasjoner ved at gassene vil løses i kroppsvæsker og vev inntil de er mettet med de angjeldende gassene, og at de skal frigjøres fra kroppsvævene under dekompresjonsfasen uten at det oppstår eksessiv gassbobledannelse og vevsskade.

Vanligvis brukes luft som pustegass, men i spesielle tilfeller kan andre gassblandinger benyttes. Scuba dykking brukes i relativt beskjedent omfang i yrkesmessig sammenheng bortsett fra ved enkelt inspeksjonsarbeid, men alt overveiende ved sportsdykking.

#### *Hjelm og slangedykking*

Ved denne typen dykking tilføres dykkeren pustegass ved at den pumpes ned fra overflaten, og gir dykkeren en fri strøm av gass i dykkehjelmen eller en dykkemaske. Også ved denne typen dykking pustes gass ved forhøyet omgivende trykk svarende til den dybden dykkeren befinner seg på. De medisinske og fysiologiske utfordringene er de samme som ved scuba

dykking. Utstyret er tyngre og i hovedsak tilpasset anleggsarbeid under vann, og gir begrenset mobilitet i forhold til bruk av scuba utstyr.

Hjelm og slangedykking omtales også under betegnelsen overflateorientert dykking.

Ved overflateorientert dykking har man mulighet til å forlenge bunntiden ved en gitt dybde ved å tilføre dykkeren en gassblanding med et høyere oksygeninnhold enn luft. Vanlig brukte gassblandinger er av nitrogen og oksygen hvor oksygeninnholdet varierer fra 30 – 60%. Dekompresjonstiden er bestemt av mengden inertgass som er oppløst i kroppsvevet. Ved bruk av oksygenanriket gass blir mengden oppløst inertgass mindre. Faren for oksygentoksisitet er imidlertid større.

Ved overflateorientert dykking kan man også avstå fra dekompressionsstopp i vann ved at dykkeren etter endt bunntid går direkte til overflaten, for så i løpet av maksimum 5 minutter rigge av seg dykkeutstyret og rekomprimeres i trykkammer hvor man puster oksygen inntil man igjen dekomprimeres til overflaten. Ved å puste oksygen i slutten av bunnfasen av et dykk og umiddelbart etter et dykk påskyndes elimineringen av inertgass. Ved denne metoden for overflatedekompresjon kan man forlenge bunntiden og man unngår lange dekompressionsstopp i vann som kan være vanskelig å kontrollere. Rask rekomprimering er avgjørende for å unngå trykkfallssyke og mange anser denne prosedyren nærmest som en behandling av trykkfallssyke før kliniske symptomer har fått tid til å utvikle seg. Dessuten er oksygeneksponeringen høy.

#### *Oksygen dykking*

Ved bruk av pustegassforråd av rent oksygen og en innretning som absorberer karbon dioksid ("scrubber") kan man dykke med et lukket pusteutstyr. Det er en dybdebegrensning på 7-10 meter på grunn av oksygenets toksiske effekter, men det er ikke problemer knyttet til dekompressionsfasen ved slike dykk. Metoden brukes i dag nesten utelukkende i militær sammenheng.

#### *Tunnelarbeid under forhøyet omgivende trykk - "Caisson work"*

Ved driving av tunneller i løsmasse er det ofte nødvendig å forhindre vanninntrenging på arbeidsstedet ved at det trykkes. Arbeiderne må da trykkes og sluses inn til arbeidsstedet. Trykksetting foregår som regel med luft. Dette er dykkearbeid som utføres i tørre omgivelser.

#### *"Bounce" dykking og teknisk dykking*

Ved dykking dypere enn 50 meter er ikke luft egnet som pustegass. Nitrogen har en narkotisk effekt ved trykk større enn svarende til ca 30-40 meter vanndybde som tiltar ved økende dybde, og tettheten av luft ved større trykk medfører en forholdsmessig stor økning av pustemotstanden. Til erstatning for luft kan man bruke andre gassblandinger med et innhold av oksygen som er tilpasset aktuell arbeidsdybde, og andre inertgasser enn nitrogen. Med spesielt utviklede dekompressionsprosedyrer med blant annet høye partialtrykk av oksygen og gasskifte kan man oppnå bunntider i dybdeområdene 50-100 meter lange nok til å kunne utføre til dels kompliserte arbeidsoperasjoner, og dykking til dybder inntil ca 150 meter er i mindre omfang gjennomført med slike prosedyrer som har gått under betegnelsen "bounce" dykking.

I den tidlige fasen av nordsjødykkingen var "bounce"-dykking vanlig dykkeprosedyre inntil metningsdykkingen tok over på siste halvdel av 1970-tallet. Dykkerne ble fraktet fra fartøyet

til arbeidsstedet i en dykkeklokke. Når denne var framme ved arbeidsstedet ble den trykksatt med en blanding av oksygen og helium. Dykkerne forlot deretter dykkeklokken og ble tilført pustegass gjennom en slange. Bunnfasen var begrenset og dekompresjonsfasen langvarig og komplisert med gasskifte, og ofte problematisk med høy risiko for trykkfallssyke. Dekompresjonstiden ved slike dykk kunne være mange timer, og det var ingen godt utprøvde dekompresjonsprosedyrer.

De senere årene, fra 1990 tallet, er det utviklet avansert utstyr som gjør det mulig å benytte blandingsgass sammen med medbrakt utstyr tilsvarende scuba-dykkingen. Det er spesielt i sportsdykkerkretser denne teknikken utvikles, og brukes ikke i nevneverdig grad ved kommersiell dykking verken innaskjærs eller utaskjærs. Her brukes betegnelsen "teknisk dykking". Dekompresjonsprosedyrene er videreutviklet sammenlignet med den tidlige "bounce" dykkingen, men er fortsatt langvarige og kompliserte med høy risiko for trykkfallssyke.

### *Metningsdykking*

Ved denne dykkemetoden tillater man at alle kroppsvev mettes med den gassen som brukes ved dykkingen, vanligvis en blanding av helium og oksygen. Tidligere ble forsøk med neon og hydrogen gjort, men disse gassene brukes ikke i kommersiell sammenheng. Ved at alle kroppsvev er mettet med inert gass må dekompresjonsprosedyrene tilpasses dette, og lengden på den forutgående bunntiden er dermed ikke avgjørende for dekompresjonstiden. Den overveiende del av dykkingen i Nordsjøen til dybder over 40-50 meter har siden slutten av 1970årene blitt utført med metningsdykkingsteknikk. Dykkerne trykkesettes i et trykkammerkompleks om bord på et spesialkonstruert dykkefartøy til et trykk som tilsvarer arbeidsdybden. Dykkerne overføres fra trykkammerkomplekset til en dykkeklokke som fraktes ned til arbeidsdybden, og dykkerne tar seg derfra ut i vann. Det er pustegasstilførsel, varmtvannstilførsel til termisk beskyttelse, og kommunikasjon til dykkeren gjennom kabler og slanger tvunnet sammen til en såkalt "umbilical". Det er minst to dykkere som overføres dykkeklokken, og den ene kontrollerer dykkerne som er i vann fra dykkeklokken. Vanligvis varer en arbeidsøkt i dykkeklokka ca 8 timer, og dykkerne er i vann 4 timer hver.

Trykkammerkompleksene om bord på dykkefartøyene har kapasitet til å trykkesette 12-16 dykkere. Det betyr at flere team kan dykke i vann på skift. Dykkerne oppholder seg på trykk tilsvarende arbeidsdybden i trykkamrene i inntil 14 dager, hvoretter en langsom dekompresjon med hastighet på 20-25 meter per døgn finner sted. Vanlige arbeidsdybder i Nordsjøen er 50 - 220 meter, mens det er beredskap for dykking til 360 meter.

### **Fysiske eksponeringsfaktorer**

Alle former for dykking er karakterisert ved eksponering til forhøyet trykk i en gitt tid med en gitt pustegass. Unntaket er fridykking hvor det ikke pustes gass ved forhøyet omgivende trykk. I tillegg til disse basale fysiske parametrene for karakterisering av dykkeprofilen er det andre fysiske karakteristika ved det omgivende miljø som dykkingen foregår i, som også kan ha betydning.

Faktorer som er assosiert med dykking og som man i dag vet har fysiologiske og medisinske effekter, er alle funksjoner av de basale fysiske karakteristika trykk, tid og gassblanding. Det er således ikke kvalitative, men kvantitative forskjeller mellom forskjellige former for dykking.

### *Dekompresjons-stress*

Mengden inert gass som løses i kroppsvev er en funksjon av trykk og tiden for kompresjon og bunnfase. Økningen i inertgassmengden løst i vevene følger en eksponentiell funksjon og ulike vev har ulike tidskonstanter. Ved dekompresjon skal inertgassen frigjøres fra kroppsvevene, og dersom man i enkeltvev får en overmetning av gass i forhold til omgivende trykk kan det oppstå gassbobledannelse. Bobledannelse kan finne sted interstitielt i vevene eller i den venøse sirkulasjonen hvor overmetningen vil være størst. Muligheten for bobledannelse *per se* i arterielt blod er lav fordi gassmengdene i arterielt blod er i nær likevekt med gasstrykkene i lungealveolene og dermed omgivende gass. Gassbobledannelse anser man som en nødvendig forutsetning for at trykkfallssyke skal kunne oppstå. Man er imidlertid kjent med at bobler kan påvises i venøs sirkulasjon uten at det er assosiert med klinisk trykkfallssyke.

Dekompresjonsfasen er karakterisert ved trykkendring per tidsenhet. Dekompresjonsprosedyrene som er i bruk og som er blitt utviklet over flere ti-år, tilpasser dekompresjonstiden til løst inertgass i vevene (dybde og bunntid) på en slik måte at risikoen for klinisk trykkfallssyke er på "et akseptabelt nivå". Hva som er et akseptabelt nivå er fortsatt gjenstand for debatt, men utviklingen har gradvis gått mot en mer og mer konservativ holdning. Man er etter hvert blitt kjent med at overflatebasert dykking og metningsdykking selv etter dagens dekompresjonsprosedyrer medfører stor grad av bobledannelse uten samtidig klinisk trykkfallssyke.

Bobler dannet *in situ* i vev kan resultere i en lokal vevsskade. Bobler som dannes i venøs sirkulasjon vil filtreres i lungekretsløpet hvor resultatet er en reduksjon i gassutvekslingsfunksjon. Venøse gassbobler kan passere lungekretsløpet i malformasjoner eller passere direkte over i arteriell sirkulasjon gjennom et fysiologisk lukket foramen ovale. Det er imidlertid viktig å presisere at bobler er et resultat av dekompresjonsstresset og ikke i seg selv en dykke-eksponeringsfaktor.

### *Oksygentoksisitet*

Oksygenets toksiske effekter er vel kjent. Ved eksponering til partialtrykk over 140 kPa kan akutt nevrotoksisk effekt med generelle kramper utvikles. Ved partialtrykk på 50 kPa, og ved langvarig eksponering som ved metningsdykking, har oksygen partialtrykk på 30-40 kPa en lungetoksisk effekt. Oksygeneksponeringen gjennom et dykk er gitt ved partialtrykket av oksygen i gassblandingen og tiden.

### *Gasstetthet*

Den interne pustemotstanden er proporsjonal med gasstettheten. Maksimale respiratoriske strømningshastigheter og ventilatorisk kapasitet er omvendt proporsjonal med kvadratrotten av gasstettheten, og lungeventilasjonen blir begrensende for fysisk yteevne ved bruk av luft som pustegass ved trykk svarende til 20-30 meters dybde. Gasstettheten er avhengig av gassblanding og trykk. Ved store dyp bruker man blanding av helium og oksygen for å redusere gasstettheten, men også for å unngå narkotisk effekt av nitrogenet i luften ved trykk større enn svarende til 40-50 meters dybde.

Det økte pustearbeidet gir økt belastning på respirasjonsmuskulaturen kombinert med den økte ytre pustemotstanden knyttet til pusteutstyr og immersjon. En hypoventilasjon kan føre til både hypoksemi og karbondioksid retensjon som kan redusere mental oppmerksomhet og mental yteevne.

### *Inertgasser*

Gasser som ikke er metabolsk aktive betegnes inertgasser. Nitrogen er nevnt som en narkotisk gass ved økt trykk. Helium har innenfor de trykk som er aktuelle ved metningsdykking ingen slike kjente effekter. Hydrogen som er blitt brukt i eksperimentell sammenheng har også narkotiske effekter. Årsaken til høytrykks nervesyndrom (High Pressure Nervous Syndrome - HPNS) er ikke kjent, men inertgasser som nitrogen kan modifisere HPNS. Hvorvidt inertgasser og HPNS kan gi effekter som vedvarer etter dykk er i dag ikke kjent.

### *Omgivende medium*

Dykking kan som nevnt foregå i både tørre omgivelser i trykkammer og i vann. Både i kammergass/pustegass og i vann kan det være forurensninger som man må ta hensyn til. Dykking kan foregå i omgivelser med både kjemisk, bakteriologisk og radioaktiv forurensning. Bakteriologisk forurensning kan stamme både fra det ytre miljøet og fra vannprosseseringssystemer som forsyner dykkerne.

Opprettholdelse av termisk balanse er et problem i vann, og med helium i pustegassen blir det et ekstra varmetap pga heliumets termiske egenskaper.

### *Forurensninger i pustegass*

Trykkluft til fylling av gassylindre og tilførsel til hjelm- og slangedykkere kan være forurenset av eksos og oljeprodukter fra kompressoren som trykksetter luften og ved uheldig plassering av luftinntaket. Forurensning med karbon monoksid kan være spesielt farlig.

For atmosfæren i dykkelokker, trykkammer og pustegass i lukkede systemer settes spesielle krav til renhet. Dersom ikke adekvate gassrensingsfiltre anvendes, kan man få en opphopning av karbon monoksid fra den endogene produksjonen og komponenter som tas inn i trykkamrene kan avgi gasser. Med dagens prosedyrer for metningsdykking påvises det vanligvis ikke konsentrasjoner av CO, toluen, benzen, og alifatiske hydrokarboner utover gjeldende retningslinjer. Det kan tenkes at toksisiteten av visse forurensninger potenseres av høyt trykk i seg selv og spesielt av samtidig høyt oksygenpartialtrykk, men det foreligger kun meget sparsomme data. Monitorering av kammeratmosfære med tanke på forurensning har funnet sted i meget begrenset omfang, spesielt før 1990. Hvilken type forurensning og hvilke konsentrasjoner som kan ha vært tilstede ved "bounce" dykking og den tidlige metningsdykkingen vet man ikke.

Sveising i tørre habitater medfører betydelig forurensning i habitatet. Ved MMA sveising er det spesielt støv med metaller avhengig av legeringene som sveises. Ved TIG sveising er det spesielt ozon. Ved sveising skal dykkerne etter prosedyrene alltid ha brukt separat lukket pustegassforsyning når de har oppholdt seg i sveisehabitatene under og etter sveising. Man vet imidlertid at mye sveising har foregått uten respiratorisk beskyttelse i 1970 og 1980 årene.

## **Kvantifisering av dykke-eksponering**

### *Enkeltstående dykk*

Når det gjelder karakterisering av et enkelt dykk, og måling av og sammenligning av fysiologiske effekter, eventuelt helseeffekter, av enkelte dykk, er forsøksbetingelsene vanligvis lett å karakterisere og man kan studere effektene av variasjon av en av dykke-eksponeringsvariablene mens man kontrollerer alle andre. Det finnes en rekke studier hvor

effektene av for eksempel dekompresjonsstress/venøse gassbolier og oksygenets effekt på lungefunksjon er karakterisert. Oksygeneksponering kan kvantifiseres som Units Pulmonary Toxic Dose (UPTD) i henhold til Clark og Lambertsen eller som det integrerte produkt av tid og oksygen partialtrykk større enn 21 kPa. Dekompresjonsstress kan måles som den deriverte av trykk mot tid, eller mengden venøse gassbolier gradert fra 0-4 etter Spencer eller Kisman - Masurel skala, kan brukes som et uttrykk for påført dekompresjonsstress.

### *Kumulativ eksponering*

Ved studier av langtidseffekter av dykking er det de akkumulerte resteffektene etter hvert enkelt dykk i løpet av en yrkeskarriere som skal studeres. De aller fleste dykkerne har gjennomført flere forskjellige former for dykking og dykkeprosedyrene, spesielt med tanke på dekompresjonshastighet og oksygeneksponering, har enten forandret seg over tid eller har vært forskjellige i forskjellige dykkeselskaper dykkerne har vært ansatt i.

Dykkerne har vært pålagt å føre logg-bøker over sin profesjonelle dykkeaktivitet. Over en årrekke er det en betydelig mengde informasjon, men logger fra tidligere dykkeaktivitet er vanligvis ikke blitt arkivert. Den informasjon som oftest er blitt videreført fra logg til logg har vært akkumulerte antall dykk av forskjellig kategori og antall dager i metning. Dette har vært uttrykk for dykkerens profesjonelle erfaring. I de epidemiologiske studiene som er gjort av dykkere, har man derfor ikke klart å karakterisere kumulativ dykkeeksponering bedre enn ved å angi antall dykk, døgn i metning, maksimal dybde ved de forskjellige formene for dykking og en gjennomsnittlig dybde på dykkeaktiviteten.

Selv om mer detaljerte mål på dykkeaktivitet ville vært ønskelig, vil imidlertid alle mål som går på kumulativ oksygeneksponering, respirasjonsbelastning og dekompresjonsstress samvariere med disse enkle målene på dykkeeksponering. Disse variablene er lite spesifikke med tanke på enkeltfaktorer assosiert med dykking, men alle sentrale dykke-eksponerings faktorer vil være korrelert til de samme variablene.

I denne studien er derfor slike enkle mål på kumulativ dykkeeksponering blitt brukt. Som regel har man ikke hatt loggbøker eller annen dokumentasjon å kontrollere opplysningene mot, og angivelsene er basert på dykkernes egne anslag.

- a) antall år dykkeerfaring
- b) antall år nordsjødykkeerfaring
- c) antall scuba og overflateorienterte dykk med luft som pustegass
- d) antall "bounce" dykk med blandingsgass
- e) antall døgn i metning
- f) maksimal dybde

Man antar det vil være svært vanskelig å oppdrive detaljert informasjon om de tidligere nordsjødykkernes aktivitet pga mangel på arkivert materiale, både dykkernes personlige loggbøker og prosedyrer og aktivitet i dykkeselskap som var operasjonelle i Nordsjøen fram til 1990.



## Psykiske belastninger assosiert med dykking

Dykking foregår i et miljø som mennesket ikke er tilpasset, og man er avhengig av teknisk utstyr for å opprettholde livsviktige funksjoner som ventilasjon og termisk balanse. Utstyrssvikt kan bringe dykkeren i livstruende situasjoner. I tillegg til det spesifikt dykkerrelaterte utstyret er det forhold ved omgivelsene på arbeidsplassen under vann, annen aktivitet i omgivelsene rundt arbeidsplassen, og forhold knyttet til de øvrige støttefunksjonene som er nødvendige for at dykkeren skal kunne utføre arbeidsoppgavene, og som ved svikt kan medføre at dykkeren kommer i farefulle situasjoner.

Dødsfall i forbindelse med dykking i Nordsjøen var hyppig forekommende på 1970 tallet. De fleste dødsfallene var knyttet til utstyrssvikt, feil operasjon av utstyr og prosedyrefeil. Her er det skjedd en betydelig forbedring, og det har ikke vært dødsulykker i forbindelse med dykking på norsk side i Nordsjøen siden 1987. Oljedirektoratet har ført statistikk over dødsulykker og arbeidsuhell knyttet til dykkevirksomheten i Nordsjøen siden 1978. Når det gjelder innaskjærsdykking har dødsulykkesfrekvensen gjennom de samme årene vært stabilt lav, med et dødsfall med års mellomrom.

Rapportering av hendelser og nestenuhell har imidlertid vært mangelfull, spesielt gjennom de første årene av dykkingen i Nordsjøen, og kan nok fortsatt forbedres. Som en del av kartleggingen av hvilke psykiske belastninger dykkere kan utsettes for, er dykkerne i denne undersøkelsen bedt om å beskrive hendelser og belastende arbeidsoppgaver de har vært utsatt for i sin dykkekarriere, og uavhengig av dette blitt spurt om det samme i intervjuene knyttet til den nevrologiske og nevropsykologiske undersøkelsen. Detaljer om registreringen og resultatene i den undersøkte gruppen av tidligere nordsjødykkere er gitt i kapittel 9.

### *Hendelser knyttet til svikt i dykkeutstyr*

For å kunne utføre arbeidsoperasjoner under vann må dykkeren ha pustegasstilførsel, termisk beskyttelse og kommunikasjon med overflatepersonellet. Ved overflateorientert dykking, "bounce" dykking og metningsdykking er slanger og kabler for gass, varmtvann og kommunikasjon tvunnet sammen i en såkalt "umbilical" for tilførsel til dykkeren fra dykkeklokke eller fra overflaten. Forsyningene fra "umbilical" må integreres i dykkehjelm, pusteventil og dykkedrakt. Svikt kan gi opphav til dramatiske situasjoner som gasskutt og rask nedkjøling. Låsemekanismer for feste av hjelm mot drakt, og for umbilical mot drakt kan svikte, og det kan oppstå tilleggsproblemer i en kritisk situasjon pga manglende kommunikasjon. Lengden for "umbilical" til dykkeren er nå begrenset til 30 meter, mens man tidligere kunne operere med "umbilical" inntil 60 meter.

I de tilfellene dykkeklokke brukes må det også være en "umbilical" fra overflaten til dykkeklokka. I tillegg må det være en ledevaier som dykkeklokka styres etter for korrekt plassering i forhold til arbeidsstedet i vann. En stabil posisjonering av dykkefartøyet i forhold til dykkeklokka er kritisk. Dykkeklokka skal være utstyrt for å sikre termisk balanse og gasstilførsel inntil 24 timer dersom forbindelsen med dykkefartøyet brytes. Fullstendig tap av dykkeklokke har vært sjelden, men avdrift av dykkeklokke pga svikt i fartøyets dynamiske posisjoneringssystem eller sterk strøm kan føre til at dykkeklokke og eventuelt dykker som er i vann slepes ukontrollert etter fartøyet med fare for avrivning av "umbilical" eller at man vikles inn i og blir hengende fast i omkringliggende installasjoner.

*Hendelser knyttet til omgivende forhold og aktivitet*

Dykkingen foregår ved kompliserte installasjoner med pågående omkringliggende aktivitet. Det er fare for at dykker og dykkeklokke kan bli hengende fast, og ukontrollerte fallende gjenstander pga arbeidsuhell knyttet til omliggende aktivitet har ikke vært uvanlig. Utstyr og dykker kan komme i klem og bli sittende fast både pga uhell ved den arbeidsoperasjonen dykkeren selv utfører eller ved ukontrollerte fallende gjenstander. En del dykking foregår på grunne dyp hvor man dykker i nærheten av dykkefartøyet eller forsyningskip med fare for å komme for nær propeller.

*Forhold knyttet til kolleger og overflatepersonell*

Dykkeren i vann er ikke bare avhengig av at det tekniske utstyret fungerer tilfredsstillende, men også av kvalifisert personell til å betjene dette utstyret. Menneskelig svikt kan føre til potensielt farefulle situasjoner ved at dykkeren tilføres feil gass, blir utsatt for ukontrollerte trykkvandringer eller ukontrollert håndtering/kjøring av dykkeklokke. Ved starten av dykkingen i Nordsjøen var ikke krav til opplæring av denne typen personell satt i system. Spørsmål om overflatepersonellets kompetanse, og det at mange dykkere angir å ikke ha stolt på overflatepersonellet har medført et ekstra usikkerhetsmoment og belastning for dykkerne.

*Belastende arbeidsoppgaver/søk etter forulykkede*

Svært mange dykkere har deltatt i søk etter forulykkede. Det kan ha vært på oppdrag fra politi for søk etter savnede eller forulykkede, og det kan ha vært søk knyttet til dykkeulykker hvor meddykkere har vært involvert. Svært mange av de tidligere nordsjødykkerne var med å gjennomføre Aleksander Kielland plattformen, og noen var med på søk på havbunnen i Nordsjøen like etter ulykken.

En spesiell type belastning har hos enkelte vært å bli direkte truet eller følt seg truet av farlige dyr som hai og rokke, eller blitt truet av meddykker i akutt psykisk ubalanse.

I den dykkemedisinske litteratur som vi har kjennskap til finner vi ingen steder omtalt hvorvidt slike hendelser kan ha ført til kort- eller langtids helseeffekter.

## Kapittel 2

### Studiedesign og metoder

Marit Grønning, Ågot Irgens

Som redegjort for under innledningskapitlet har man ved Yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland Universitetssykehus (YMA) fått et økende antall henvisninger av dykkere til utredning for funksjonssvikt siden 1998. Dette kan være forenlig med senfølger etter tidligere dykking, noe som ble konkludert med ved konsensuskonferansen på Godøysund. For å kunne gi dykkerne en adekvat utredning av eventuell dykkerrelatert helseskade, fikk YMA i 2000 oppdrag fra Helse- og Sosialdepartementet å undersøke involverte dykkere. Oppdraget var å undersøke inntil 100 dykkere, gjennomføre en bred utredning, og foreta en individuell vurdering av hver dykker med tanke på helseskade forårsaket av dykkeeksponering. Deretter skulle resultatene av undersøkelsene presenteres i en rapport til oppdragsgiver. Videre publisering i internasjonale vitenskapelige tidsskrifter var sterk ønskelig.

Underveis har det vært en del politisk aktivitet rundt de tidligere dykkernes rettigheter slik det er gjort rede for i innledningen. Vi fant det derfor riktig å inkludere i dette forskningsmaterialet kun de som var utredet før 8. mars 2004, dvs de 104 første undersøkte dykkerne. Åtte av disse ble senere ekskludert, syv fordi de ikke fylte definisjonen som nordsjødykkere. En person ønsket ikke at resultater fra hans undersøkelse skulle inkluderes. Det endelige materialet besto av 96 dykkere. To dykkere er døde etter at de var undersøkt.

Prosjektet har vært organisert fra Yrkesmedisinsk avdeling. Andre involverte avdelinger er Nevrologisk avdeling, Øre-nese-hals-avdelingen, Lungeavdelingen, Laboratorium for klinisk biokjemi og Radiologisk avdeling.

Dykkerne har besvart to spørreskjema om egen dykkeeksponering, sykehistorie og helse. De har gjennomgått følgende undersøkelser: klinisk nevrologisk, nevropsykologisk og nevrofysiologisk, otonevrologisk og lungemedisinsk undersøkelse. De har også vært til magnettomografisk undersøkelse (MR) av hjernen og ryggmargen. Detaljer om metodene benyttet ved hver delundersøkelse er beskrevet i de respektive kapitlene i rapporten.

#### Målgruppen – undersøkte dykkere

Det er grunner for at resultatene fra undersøkelsene fra de henviste dykkerne alene bør tolkes med forsiktighet. Den undersøkte gruppen dykkere er henvist av lege eller lokalt trygdekontor på grunn av mistanke om dykkerrelatert sykdom og utgjør bare en del av en større gruppe tidligere nordsjødykkere. Det er derfor sannsynlig at det er de sykeste som til nå er undersøkt slik at effekten av dykking kan bli overvurdert. I den foreløpige rapporten fra prosjektet manglet adekvat kontrollmateriale fra norsk normalbefolkning for flere viktige delundersøkelser som klinisk nevrologisk undersøkelse, de nevrofysiologiske og otonevrologiske undersøkelsene, deler av den nevropsykologiske undersøkelsen og den magnettomografiske undersøkelsen. For lungefunksjon eksisterer data fra et stort normalmateriale fra Hordaland.

Hvor mange med norske trygderettigheter som har dykket oljerelatert i Nordsjøen er avgjørende for å beregne forekomsten av ulike symptomer og funn hos dykkegruppen. For å finne svar på dette ble listen over tidligere nordsjødykkere som "Granskingskommisjonen" la til grunn, innhentet fra Arbeids- og administrasjonsdepartementet. Listen består av 365 personer, hvorav fem er døde. To ble undersøkt på YMA før de døde. Noen av dykkerne på listen har adresser i utlandet eller ukjent adresse. Det har vært diskutert om denne listen er komplett, men man antar at de fleste dykkere som har dykket i Nordsjøen over noe tid er inkludert. Vi fant at fjorten av våre undersøkte dykkere ikke fantes på denne listen. Blant alle dykkerne som er undersøkt har vi imidlertid ekskludert 7 dykkere pga kun innenskjærs dykkeaktivitet. Seks av disse sto heller ikke på AAD's liste. En dykker er ekskludert av oss, men står likevel på AAD's liste. Det totale antall dykkere som dykket oljerelatert i Nordsjøen før 1990 er derfor sannsynligvis nærmere 375 enn 350 som det ble estimert til i den foreløpige rapporten fra juli 2003.

I tillegg til de norske dykkerne er det anslått at inntil 2000 dykkere av annen nasjonalitet, i hovedsak britiske, arbeidet i Nordsjøen før 1990. Disse dykkerne er ikke en del av målgruppen for denne undersøkelsen.

### **Kontrollgruppene**

Kontrollgruppene er ikke omtalt i den foreløpige rapporten fra 2003. Formålet med å utvide studien med kontrollgrupper har vært å:

- 1) Undersøke om resultatene fra spørreundersøkelsen av de første 100 undersøkte dykkerne er representative for hele gruppen tidligere nordsjødykkere på 375, og undersøke om det er forskjeller mellom de undersøkte dykkerne og de ikke henviste dykkerne?
- 2) Undersøke om selvopplevd helse og funnene som er gjort hos de første 100 undersøkte dykkerne skiller seg fra hva man finner i et utvalg norske kontroller som er matchet på kjønn og alder.

*Spørreskjema til gruppen tidligere nordsjødykkere som ikke er undersøkt.*

For å finne ut om de undersøkte dykkerne er representative for hele populasjonen av tidligere nordsjødykkere, ble de som er i live, bosatt i Norge og som ikke er henvist til utredning, bedt om å svare på det samme spørreskjema som de undersøkte dykkerne har besvart. Dette inneholder spørsmål om dykkeeksponering, sykehistorie, helse og livskvalitet.

Vi har foretatt beregninger av hvor stor forskjell mellom de to dykkerpopulasjonene vi kan oppdage med de data vi vil ha tilgjengelig: Antall undersøkte dykkere er 100 og prevalens av enkelte funn i den undersøkte dykkerpopulasjonen er 40%. Vi antok at ca to hundre tidligere nordsjødykkere besvarer tilsendt spørreskjema (svarprosent 80) etter en påminnelse. Med en statistisk styrke = 80% og signifikansnivå = 5%, vil en prevalens på 23.5% eller lavere i den ikke henviste dykkerpopulasjonen, kunne vurderes som statistisk signifikant forskjellig fra prevalensen i den undersøkte gruppen.

Ved utgangen av 2004 er ytterligere 25 dykkere undersøkt ved YMA og 36 er henvist og står på venteliste. Av de gjenværende 210 har 134 dykkere svart på spørreskjema, dvs en svarprosent på 64.

### *Kontroller fra normalpopulasjonen*

De optimale kontroller vil være personer med samme kjønn og alder som er tilfeldig trukket fra en normalbefolkning. For de nevropsykologiske testene var det også nødvendig å matche på utdanning (grunnskole, videregående skole allmenfag, videregående skole yrkesfag, høyskole og universitet) og på de nevrofysiologiske undersøkelsene matche på høyde (+/- 5 cm). For at man ikke skulle legge beslag på for mye tid for kontrollpersoner, ble de i utgangspunktet valgt til kun en av de ulike delundersøkelsene; klinisk nevrologisk undersøkelse, de nevrofysiologiske, og otonevrologiske undersøkelser, deler av den nevropsykologiske undersøkelsen, og magnettomografisk undersøkelse. Kontrollpersoner som ønsket å delta hadde mulighet for å reservere seg fra deltagelse ved en eller flere delundersøkelser.

Det er ønskelig at en kontrollgruppe er minst like stor som kasusgruppen, noen studier bruker inntil 4 kontroller per kasus. Ut fra praktiske og økonomiske hensyn, måtte man renonsere på dette. Ut fra de nevrologiske, nevrofysiologiske og nevropsykologiske funn som er gjort i tidligere undersøkelse av metningsdykkere (prevalens 10-40%) og kontroller (prevalens 5-10%), finner man med en statistisk styrke på 80% og signifikansnivå på 5%, at det for de fleste deltester vil være behov for mellom 21 og 31 individer i hver gruppe, sjelden behov for mer enn 50 individer i hver gruppe. Antall indekspersoner er 100 og vi har derfor vurdert at 50 kontroller for hver delundersøkelse vil være tilstrekkelig.

Det viste seg at det var vanskelig å gruppere dykkere i par med lik utdanning og alder. De 100 dykkerne som først ble undersøkt ble derfor kun gruppert to og to etter alder. For hvert slikt par vil det bli funnet en matchet kontroll. Det ble besluttet at aldersmatchete kontrollpersoner skulle trekkes tilfeldig fra Folkeregisteret (randomiseringsrutine i statistikkprogrammet SPSS). Fem hundre menn bosatt i Bergensområdet (postnummer 5000-5328) med alderssammensetningen lik de undersøkte dykkerne (fødselsår 1933-1969) ble tilfeldig trukket ut. Alle ble kontaktet per brev med informasjon om undersøkelsen. De som kunne tenke seg å delta, besvarte spørreskjema som ble returnert sammen med bekreftelsen. De ble deretter fordelt til de ulike delundersøkelsene. For nevropsykologi og nevrofysiologi ble dykkerne ordnet parvis etter alder og deretter ble det tilfeldig trukket en fra hvert par. Kontrollpersoner ble matchet mot enten høyde eller utdanning til disse.

Etter henvendelse til 500 personer i normalpopulasjonen og en purring, ønsket totalt 30% av disse å delta. Etter innkomst ble de fordelt til de ulike delundersøkelsene. På grunn av den lave svarprosenten ble det trukket ytterligere 150 kontrollpersoner med samme aldersfordeling som dykkerne for de delundersøkelsene som enda ikke var gjennomført. Det ble ikke sendt purring etter den andre utsendelsen. Ved første undersøkelse ble de i tillegg forespurt om de ville delta i mer enn en delundersøkelse. På grunn av lav svarprosent inngikk derfor flere av kontrollene i flere delstudier. Følgelig ble det totalt trukket 650 kontroller. Av disse ønsket 166 å delta på en eller flere delundersøkelser, svarprosent 25,5.

Fire av de undersøkte dykkerne ble ekskludert fra den statistiske analysen i noen av delundersøkelsene på grunn av kreftsykdom eller hjerteoperasjon. Ytterligere to ble ekskludert på grunn av ryggmargsskade med nevrologisk sekvele som umulig kan skyldes dykkingen. Det er grunn til å anta at disse tilstandene/operasjonene influerer på de testresultatene som i denne sammenheng er viktig.

I analysen av de generelle opplysningene gitt på spørreskjemaet ble ingen respondenter fra normalpopulasjonen ekskludert. Hundre og sekstiseks av de som ønsket å delta, ble fordelt til en eller flere delundersøkelser etter matche-kriteriene. Noen (15) kontrollpersoner hadde enten hatt kreftsykdom eller hjerteoperasjon og ble derfor ekskludert fra analyse av mulige effekter av dykking av samme grunn som dykkerne. Andre av disse hadde hatt andre tilstander som for eksempel multippel sklerose, underekstremitetsamputasjon og øreoperasjon som gjorde at de senere ble ekskludert fra videre analyser. For enkelte av disse var de aktuelle undersøkelsene ikke gjennomførbare. Etter at eksklusjoner var gjort, ble totalt 151 kontrollpersoner benyttet i studien til de 96 undersøkte dykkerne. Disse inngår i analysene i kapittel 3.

Detaljene omkring eksklusjoner er gjort rede for i kapitlene som omhandler de respektive delundersøkelsene. Både dykkergruppen og kontrollgruppen omfatter personer med blant annet hjertesykdom, hypertensjon, hodeskade/hjernerystelse, varierende alkoholforbruk etc. Disse faktorene er det i analysene justert for i lineær eller logistisk regresjon..

### **Statistiske metoder**

Den statistiske analysen ble i hovedsak foretatt med statistikkprogrammet SPSS 11.0. Det ble foretatt deskriptiv statistikk, lineær regresjon og student's t-test for uavhengige grupper, samt ikke-parametriske tester. I tillegg er beregnet odds ratio direkte fra 2x2 tabeller og i enkelte tilfeller med logistisk regresjon der det ble justert for potensielle forvekslingsvariable. I analyser fra 2x2-tabeller der det var små tall i enkelte celler, ble konfidensgrenser for odds ratio beregnet med eksakte metoder med statistikkprogrammet Statxact 4.

### **Validitet av kontrollgruppene**

Som det fremgår av resultatene som presenteres i kapittel 3 er de undersøkte dykkerne nokså forskjellige fra de som ikke er henvist, hvilket indikerer at det stort sett er de med mest plager som er henvist. Resultatene for kontrollene fra normalbefolkningen er også noe annerledes enn tilsvarende resultater som er kjent i andre studier fra den generelle befolkning hvilket dels kan skyldes den lave svarprosenten. Disse forhold er forsøkt ivaretatt når man vurderer resultatene både generelt og i de ulike delundersøkelsene.

## Kapittel 3

### Selvopplevd helse og helsevaner

#### Undersøkte nordsjødykkere sammenlignet med ikke henviste dykkere og en kontrollgruppe fra normalpopulasjonen.

Ågot Irgens, Marit Grønning, Kari Troland og Einar Thorsen.

Som ledd i prosjektet "Helsestatus hos tidligere nordsjødykkere" var det ønskelig å få data som gjorde det mulig å vurdere deres opplevelse av helse og eventuelle konsekvenser av redusert helse. Et spørreskjema var utarbeidet (MG, KT, HN) før undersøkelsene startet for registrering av blant annet personopplysninger, dykkeutdanning og dykkeaktivitet, sosiale og økonomiske forhold. I tillegg inneholdt spørreskjemaet spørsmål om tidligere og nåværende sykdom og helseplager, medikamentbruk og spørsmål om egenopplevd helsestatus. Skjemaet er vedlagt rapporten i Appendix. Nittiseks tidligere nordsjødykkere ble inkludert i studien, jfr kapittel 2.

Ikke henviste dykkere (refereres senere til som dykkerkontrollene) ble tilskrevet, og 134 besvarte det samme spørreskjemaet som de undersøkte dykkerne (se metodekapittelet). Et utvalg fra normalpopulasjon (166) matchet på kjønn og alder, besvarte også det samme spørreskjemaet. Vi hadde derfor mulighet for å sammenligne både de undersøkte dykkerne og dykkerkontrollene med et utvalg fra normalpopulasjonen. I tillegg ble utfall estimert for hele nordsjødykkerpopulasjonen som er antatt å være 375. Det ble også gjort sammenligninger mot data fra Statistisk sentralbyrå (1) og Trygdestatistikken (2) for den generelle norske befolkningen.

Først ble de undersøkte dykkerne og dykkerkontrollene sammenlignet på variabler som kan knyttes til dykking. Deretter ble de tre populasjonene sammenlignet på de andre variablene som ble rapportert fra alle tre gruppene i spørreskjemaet.

### Resultater

#### Nordsjødykkerpopulasjonen: Sammenligning mellom undersøkte dykkere og ikke-henviste dykkere (dykkerkontroller).

Gruppene består av 96 undersøkte dykkere og 134 dykkerkontroller.

#### *Alder*

Gjennomsnittsalder for undersøkte dykkere var 51,5år (SD 6,9) og for dykkerkontroller 52,0 (SD 6,6), det var ingen forskjell i alder (p-verdi 0,54).

### *Dykkeutdannelse*

I spørreskjemaet kunne man sette krysse for flere typer utdannelse.

- Sportsdykkerutdannelse: 65,6% av de undersøkte dykkerne hadde sportsdykkerutdannelse og 56,7% av dykkerkontrollene. Det var ingen signifikante forskjeller (OR 1,46 [CI 0,85-2,51]).
- Yrkesdykkerutdannelse: 53,1% av de undersøkte dykkerne hadde yrkesdykkerutdannelse og 58,2% av dykkerkontrollene. Det var ingen signifikante forskjeller (OR 0,81 [CI 0,48-1,38]).
- Dykkerutdannelse fra marinen: 58,3% av de undersøkte dykkerne hadde dykkerutdannelse fra marinen og 67,9% av dykkerkontrollene. Det var ingen signifikante forskjeller (OR 0,66 [CI 0,38-1,14]).
- Annen dykkerutdannelse: 51,0% av de undersøkte dykkere hadde annen dykkerutdannelse og 48,5% av dykkerkontrollene. Det var ingen signifikante forskjeller (OR 1,11 [CI 0,66-1,87]).

### *Dykkeerfaring*

I spørreskjemaet kunne man krysse av for to typer dykkererfaring.

- Sportsdykkererfaring: 46,9% av de henviste dykkerne hadde sportsdykkererfaring mot 47,8% av dykkerkontrollene. Det var ingen signifikante forskjell i forekomst mellom gruppene (OR 0,97 [CI 0,57-1,63]).
- Yrkesdykkererfaring: 94,8% av de henviste dykkerne hadde yrkesdykkererfaring mot 94,0% av dykkerkontrollene. Det var ingen signifikant forskjell i forekomst mellom gruppene (OR 1,16 [CI 0,37-3,65]).

### *Kumulativ dykkeeksponering*

Det var kun 46 av de 96 dykkerne som anga alle detaljer om sin dykkeeksponering i spørreskjemaet. Nitti anga minst maksimumsdybde. Korrigert for midlertidige avbrudd var den aktive dykkekarrieren i gjennomsnitt 16.2 år (spredning 3-38, n=82). Dette er lavere enn lengden på dykkekarrieren som ble angitt til 18.1 år, men dette kan skyldes stopp i dykking i perioder. 73 dykkere kunne angi erfaring med overflateorientert luftdykking, og median antall gjennomførte dykk var 1000 (spredning 101-16500). 72 anga å ha erfaring med "bounce" dykking og median antall dykk var 25 (spredning 1 - 1000), og 82 hadde metningsdykkeerfaring med median antall døgn i metning på 300 (spredning 7-2000). Ved undersøkelsestidspunktet var tiden siden de hadde sluttet å dykke 12.6 år (SD = 6.7, spredning 1-28, n = 89 ).

Median for største dybde de hadde dykket til var 166 meter (spredning 85 - 500). Grensen for "dypdykking" på norsk kontinentalsokkel var inntil 2001 satt til 180 meter, og så utvidet til 220 og senere 250 meter. Det var 51 dykkere som anga en maksimaldybde under 180 meter, 29 anga maksimal dybde mellom 180 og 250 meter, og 10 hadde vært med på metningsdykk dypere enn 250 meter og inntil 500 meter.



Tabell 1. Dykkeeksponering

|                     | Undersøkte dykkere |        |                    |       | Dykkerkontroller |        |                    |        | p-verdi |
|---------------------|--------------------|--------|--------------------|-------|------------------|--------|--------------------|--------|---------|
|                     | Ant                | Median | Gjennomsnitt<br>SD |       | Ant              | Median | Gjennomsnitt<br>SD |        |         |
| Startår             | 93                 | 1971   | 1970,8             | 6,4   | 132              | 1974   | 1973,0             | 6,5    | 0,008   |
| Sluttår             | 89                 | 1989   | 1989               | 6,6   | 99               | 1987   | 1987,9             | 6,6    | <0,001  |
| Antall år dykking   | 82                 | 15     | 16,2               | 8,3   | 120              | 11     | 14,4               | 12,8   | <0,001  |
| Antall luftdykk     | 73                 | 1000   | 1466,2             | 2231  | 110              | 500    | 1286,2             | 2414,1 | <0,001  |
| Antall metningsdøgn | 83                 | 300    | 338,2              | 351   | 108              | 90     | 226,6              | 38,1   | 0,001   |
| Antall bounce dykk  | 72                 | 25     | 98,7               | 189,3 | 103              | 10     | 68,2               | 230,7  | 0,16    |
| Maksimal dybde      | 90                 | 166    | 186,0              | 82,5  | 129              | 150    | 155,0              | 66,9   | <0,001  |

På grunn av skjeve fordelinger ble det foretatt ikke-parametriske tester for to uavhengige utvalg. Rangtestene viser at de undersøkte dykkerne gjennomgående startet å dykke før, sluttet etter, dykket flere år, hadde flere luftdykk, flere metningsdykk og hadde dykket dypere enn dykkerkontrollene.

#### Trykkfallsyke (TFS)

Det kunne krysses av for flere typer TFS i spørreskjemaet.

- Aldri trykkfallsyke: Det var få blant de undersøkte dykkerne som aldri hadde hatt trykkfallsyke (10,4%), det var signifikant flere blant dykkerkontrollene (44,0%) (OR 0,15 [CI 0,07-0,31]).
- TFS i hud: De undersøkte dykkerne hadde oftere hatt TFS i hud (52,1 %) enn dykkerkontrollene (23,1 %). (OR 3,61 [CI 2,05-6,37]).
- TFS i ledd: De undersøkte dykkerne hadde oftere hatt 1 TFS i ledd (62,5%) enn dykkerkontrollene (38,8 %) (OR 2,63 [CI 1,53-4,51]).
- Andre typer TFS: De undersøkte dykkerne hadde hatt andre typer TFS (12,5%) like hyppig som dykkerkontrollene (8,2%). (OR 1,60 [CI 0,67-3,79]).
- Cerebral/spinal TFS: De undersøkte dykkerne hadde hatt cerebral/spinal TFS (18,8%) like hyppig som dykkerkontrollene (11,2%). (OR 1,83 [CI 0,87-3,85]).
- Antall rapporterte episoder med TFS: De undersøkte dykkerne hadde gjennomsnittlig hatt flere episoder med TFS (12,2 SD 19,7) enn dykkerkontrollene (5,9 SD 6,9) (p-verdi 0,023).

Tabell 2. Kombinasjonsvariabel TFS

|                    | Cerebrale/spinal<br>TFS | Andre typer TFS | Ikke TFS      |
|--------------------|-------------------------|-----------------|---------------|
| Undersøkte dykkere | 18<br>(20,9%)           | 62<br>(68,9%)   | 10<br>(11,1%) |
| Dykkerkontroller   | 15<br>(11,5%)           | 59<br>(45,0%)   | 57<br>(43,5%) |

Det var oftere cerebrale/spinal TFS (OR 6,84 [CI 2,37-20,1]) og andre typer TFS (OR 5,99 [CI 2,69-14,28]) blant de undersøkte dykkerne.

Tabell 3. TFS behandlet av lege

|                    | Alle ganger   | De fleste    | Sjelden       | Ingen         | Uoppgitt    |
|--------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| Undersøkte dykkere | 10<br>(12,3%) | 7<br>(8,6%)  | 15<br>(18,5%) | 47<br>(58,0%) | 2<br>(2,5%) |
| Dykkerkontroller   | 14<br>(16,9%) | 9<br>(10,9%) | 7<br>(8,4%)   | 48<br>(57,9%) | 5<br>(6,0%) |

Ved å slå sammen gruppene 'alle ganger'/'de fleste' og 'sjelden'/'ingen', har 21,5% av de undersøkte dykkerne ofte blitt behandlet av lege og 29,5% av dykkerkontrollene, (OR 0,66 [CI 0,30-1,44]), noe som ikke er signifikant forskjellig.

Tabell 4. Behandlet på sykehus

|                    | Alle ganger | De fleste   | Sjelden      | Ingen         | Uoppgitt    |
|--------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| Undersøkte dykkere | 1<br>(1,3%) | 3<br>(3,8%) | 8<br>(10,0%) | 66<br>(82,5%) | 2<br>(2,5%) |
| Dykkerkontroller   | 1<br>(1,2%) | 2<br>(2,4%) | 4<br>(4,8%)  | 72<br>(85,7%) | 5<br>(6,0%) |

Ved å slå sammen gruppene 'alle ganger'/'de fleste' og 'sjelden'/'ingen', hadde de undersøkte dykkerne (5,1%) like ofte blitt behandlet av lege som dykkerkontrollene (3,8%), (OR 1,37 [CI 0,22-9,65]).

#### Antall behandlede/antall ubehandlede TFS

- Gjennomsnittlig antall behandlede tilfeller av trykkfallsyke hos undersøkte dykkere var 3,0 (SD 5,3) og hos dykkerkontrollene 2,4 (SD 2,5). Ikke-parametriske tester viste ingen forskjeller mellom gruppene.
- Gjennomsnittlig antall ubehandlede trykkfallsyke hos dykkerne var 6,3 (SD 10,5) og hos dykkerkontrollene 2,1 (SD 2,4). Ikke-parametriske tester viste imidlertid ingen signifikante forskjeller mellom gruppene.

#### Alkoholforbruk

Tabell 5. Alkoholforbruk da de dykket

| Gjennomsnittlig alkohol-forbruk per uke | Undersøkt dykker | Dykkerkontroll |
|---|------------------|----------------|
| Totalt avholdende                       | 3 ( 3,1 %)       | 4 ( 3,0 %)     |
| < 6 enheter per uke                     | 53 (55,2 %)      | 77 (58,3 %)    |
| 6 – 12 enheter per uke                  | 18 (18,8 %)      | 34 (25,8 %)    |
| 12 – 18 enheter per uke                 | 8 ( 8,3 %)       | 11 ( 8,3 %)    |
| 18 – 24 enheter per uke                 | 5 ( 5,2 %)       | 3 ( 2,3 %)     |
| > 24 enheter per uke                    | 4 ( 4,2 %)       | 1 ( 0,8 %)     |
| Ubesvart                                | 5 ( 5,2 %)       | 2 ( 1,5 %)     |

Ved å kategorisere ut fra de som drakk mer og mindre enn 18 enheter per uke da de dykket, hadde flere undersøkte dykkere drukket mye. 9,9% av de undersøkte dykkerne drakk mye mot 3,1% av dykkerkontrollene (OR 3,46 [CI 1,03-11,6]).

De undersøkte dykkerne angir å tåle mindre alkohol nå enn før. 76,7% av de undersøkte dykkere rapporterte at de nå tåler mindre alkohol enn før, mot 37,0% av dykkerkontrollene (OR 5,60 [CI 2,87-10,9]).

Tabell 6. Alkoholforbruk nå

| Gjennomsnittlig alkohol-forbruk per uke | Undersøkt dykker | Dykkerkontroll |
|---|------------------|----------------|
| Totalt avholdende                       | 3 (2,26%)        | 8 (8,60%)      |
| < 6 enheter per uke                     | 80 (60,2%)       | 52 (55,9%)     |
| 6 – 12 enheter per uke                  | 34 (25,56%)      | 20 (21,5%)     |
| 12 – 18 enheter per uke                 | 8 (6,015%)       | 5 (5,38%)      |
| 18 – 24 enheter per uke                 | 6 (4,51%)        | 2 (2,15%)      |
| > 24 enheter per uke                    | 1 (0,75%)        | 5 (5,38%)      |
| Ubesvart                                | 1 (0,75%)        | 1 (1,08%)      |

Deltagerne har omtrent samme eller litt lavere alkoholforbruk nå enn tidligere. Alkoholforbruket hos de undersøkte dykkerne er ikke forskjellig fra alkoholforbruket i den generelle befolkning. Underrapportering er vel kjent, men vi har ikke forsøkt å undersøke det i mer detalj.

#### *Vektdifferanse nå - da du dykket*

Gjennomsnittlig vektdifferanse hos undersøkte dykkere var 7,2kg (SD 11,2) og hos dykkerkontrollene 6,4kg (SD 7,1), noe som ikke var forskjellig (p-verdi 0,54).

#### *Helseøkonomi*

##### Rapportert bruk av helsetjenester

- Bruk for fysioterapi p.g.a plager knyttet til dykking var hyppigere blant de undersøkte dykkerne (42,7%) enn hos dykkerkontrollene (11,2%), (OR 5,91 [2,89-12,4]).
- Bruk for hjemmesykepleie p.g.a plager knyttet til dykking var lav i begge gruppene, 3,2% blant dykkerne og 1,5% hos dykkerkontrollene.
- Bruk for legetjeneste p.g.a plager knyttet til dykking var hyppigere blant de undersøkte dykkerne (67,7%) enn hos dykkerkontrollene (25,4%), (OR 6,17 [3,33-11,5]).
- Bruk for psykolog p.g.a plager knyttet til dykking var hyppigere blant de undersøkte dykkerne (24,0%) enn hos dykkerkontrollene (3,7%), (OR 8,13 [2,84-28,3]).
- Bruk for sosionom p.g.a problemer knyttet til dykking var lav i begge gruppene, 7,3% blant dykkerne og 1,5% hos dykkerkontrollene.
- Sykehusopphold p.g.a plager knyttet til dykking var hyppigere blant de undersøkte dykkerne (30,2%) enn hos dykkerkontrollene (7,5%), (OR 11,2 [3,98-38,3]).

#### *Økonomiske konsekvenser på grunn plager knyttet til dykking*

##### Rapporterte økonomiske konsekvenser

- Tapt arbeidsfortjeneste var hyppigere blant de undersøkte dykkerne (62,2%) enn hos dykkerkontrollene (17,2%), (OR 8,04 [4,37-14,8]).
- Kostnader til behandling var hyppigere blant de undersøkte dykkerne (18,8%) enn hos dykkerkontrollene (3,7%), (OR 5,95 [2,01-21,2]).
- Kostnader til medisiner var hyppigere blant de undersøkte dykkerne (26,0%) enn hos dykkerkontrollene (4,5%), (OR 7,51 [2,81-23,3]).

Andre kostnader var like hyppig blant de undersøkte dykkerne (13,5%) som hos dykkerkontrollene (7,5%), (OR 1,94 [CI 0,74-5,19]).

## Resultater

### Undersøkte nordsjødykkere og ikke undersøkte nordsjødykkere (dykkerkontroller) sammenlignet med normalpopulasjonen

Gruppene besto av 96 undersøkte dykkere, 134 dykkerkontroller og 151 personer fra normalpopulasjonene.

#### Alder

Undersøkte dykkere var gjennomsnittlig 51,5 år (SD 6,9), dykkerkontrollene 52,0 (SD 6,6) og normalpopulasjonen 53,9 (SD 6,9). De undersøkte dykkerne var litt yngre enn normalpopulasjonen (p-verdi 0,006). Dykkerkontrollene var også litt yngre enn normalpopulasjonen (p-verdi 0,016). Siden det tilfeldige utvalget fra populasjonen var matchet på alderen til de undersøkte dykkerne, må høyere alder blant normalpopulasjonen skyldes at svarprosenten var høyere i de høyere aldersgruppene.

#### Sivil status

Dykkere var sjeldnere gift eller samboere (70,2%) enn normalpopulasjonen (86,7%) (OR 0,36 [CI 0,18-0,72]), og var oftere skilt (23,2%) enn disse (9,3%), (OR 2,82 [CI 1,27-6,34]). Andel gifte eller samboere blant dykkerkontrollene (81,7%) var ikke forskjellig fra normalpopulasjonen (86,7%), (OR 0,68 [CI 0,34-1,37]). Dykkerkontroller var også like ofte skilt (12,2%) som normalpopulasjonen (9,3%), (OR 1,36 [CI 0,59-3,15]).

Tabell 7. Sivilstatus etter alder blant undersøkte dykkere (UD), estimat for hele dykkerpopulasjonen (D) \*, normalpopulasjonen (NP) og den generelle norske befolkningen (GB) (1). Prosentvise andeler er angitt. Antall ugifte/enslige/enkemenn er for lite til at andeler kan sammenlignes.

| Alder      | Gift |    |    |    | Samboer |    |    |    | Skilt/separert |    |    |    |
|------------|------|----|----|----|---------|----|----|----|----------------|----|----|----|
|            | UD   | D  | NP | GB | UD      | D  | NP | GB | UD             | D  | NP | GB |
| 30 - 39 år | 60   | 56 | 67 | 45 | 0       | 22 | 0  | 30 | 20             | 11 | 17 | 9  |
| 40 - 49 år | 25   | 59 | 60 | 66 | 18      | 9  | 17 | 14 | 43             | 20 | 20 | 17 |
| 50 - 59 år | 65   | 75 | 76 | 74 | 19      | 11 | 16 | 7  | 14             | 13 | 6  | 22 |
| 60 - 69 år | 78   | 79 | 76 | 81 | 0       | 9  | 7  | 3  | 11             | 6  | 10 | 12 |

\*Antar at aldersfordeling og svar fra spørreskjema hos ikke undersøkte dykkere er representativ for alle de ikke undersøkte dykkerne. Estimater er beregnet ut fra at nordsjødykkerpopulasjonen er 375.

I aldersgruppen 40-49 år var en større andel av dykkerne skilt sammenlignet med den generelle befolkning (OR 3.66 [1.73-7.75] (1), og færre er gift (OR 0.17 [0.07-0.40]). For aldersgruppen 50-59 år lever en større andel i samboerskap enn vanlig (OR 3.16 [1.58-6.33]).

Alle dykkerne hadde barn så nær som to (spredning 0-6), og 79 av dem hadde 1-3 barn. Det var ingen forskjell mellom de tre gruppene som gjennomsnittlig hadde 2,4 barn.

## Utdanning

Tabell 8. Høyeste utdanningsnivå etter alder for undersøkte dykkere (UD), estimat for hele dykkerpopulasjonen (D)\*, normalpopulasjonen (NP) og den generelle norske befolkning (GB) (3). Prosentvise andeler er angitt.

|              | Alder      | UD   | D    | NP   | GB   |
|--------------|------------|------|------|------|------|
| Grunnskole   | 30 - 39 år | 0    | 0    | 0    | 8,4  |
|              | 40 - 49 år | 14,8 | 9,1  | 10,0 | 13,3 |
|              | 50 - 59 år | 15,4 | 7,7  | 10,0 | 20,1 |
|              | 60 - 66 år | 22,2 | 20,0 | 17,0 | 30,4 |
| Videregående | 30 - 39 år | 40,0 | 75,0 | 50,0 | 62,8 |
|              | 40 - 49 år | 59,2 | 25,5 | 36,6 | 59,8 |
|              | 50 - 59 år | 52,0 | 28,6 | 41,5 | 53,8 |
|              | 60 - 66 år | 44,4 | 17,6 | 24,4 | 49,5 |
| Høyskole     | 30 - 39 år | 40,0 | 25,0 | 16,7 | 20,3 |
|              | 40 - 49 år | 25,9 | 19,7 | 23,3 | 18,6 |
|              | 50 - 59 år | 28,8 | 29,6 | 24,7 | 17,1 |
|              | 60 - 66 år | 11,1 | 11,3 | 36,6 | 12,8 |
| Universitet  | 30 - 39 år | 20,0 | 12,5 | 33,3 | 8,7  |
|              | 40 - 49 år | 0    | 7,4  | 26,7 | 8,5  |
|              | 50 - 59 år | 3,8  | 6,0  | 23,6 | 9,2  |
|              | 60 - 66 år | 22,2 | 12,5 | 22,0 | 7,6  |

\*Antar at aldersfordeling og svar fra spørreskjema hos ikke undersøkte dykkere er representativ for alle de ikke undersøkte dykkerne. Estimater er beregnet ut fra at nordsjødykkerpopulasjonen er 375.

Tabell 9. Utdanning

|                    |     | Grunn Skole | Videregående Yrkeskole | Videregående allmennfag | Høyskole | Universitet | Mangler |
|--------------------|-----|-------------|------------------------|-------------------------|----------|-------------|---------|
| Undersøkte dykkere | ant | 14          | 30                     | 19                      | 25       | 5           | 1       |
|                    | %   | 14,9        | 31,9                   | 20,2                    | 26,6     | 5,3         | 1,1     |
| Dykkerkontroller   | ant | 20          | 21                     | 25                      | 49       | 18          | 1       |
|                    | %   | 14,9        | 15,7                   | 18,7                    | 36,6     | 13,4        | 0,8     |
| Normalpopulasjon   | ant | 16          | 31                     | 23                      | 43       | 38          |         |
|                    | %   | 10,6        | 20,5                   | 15,2                    | 28,5     | 25,2        |         |

Det var til sammen 14,9% av dykkerne som hadde grunnskole som høyeste utdanningsnivå. Det var 20,2% som hadde gått videregående allmennfaglig linje og 31,9% som hadde gått videregående yrkesrettet linje. Det var 26,6% som hadde utdanning på høyskolenivå og 5,3% på universitet. Dersom man grupperer slik at grunnskole og videregående skole kombineres, og tilsvarende høyskole og universitet, var det en overvekt av lavere utdanning blant dykkere i forhold til normalpopulasjonen (OR 2,43 [CI 1,37-4,34]). Det var ingen forskjell i utdanning mellom dykkerkontrollene og normalpopulasjonen (OR 1,14 [CI 0,70-1,87]). I forhold til den generelle befolkning er imidlertid alle tre gruppene velutdannet.

*Nåværende yrkesstatus*

Tabell 10. Arbeidssituasjon nå

|                    |         | Heltid | Deltid | Uføretrygd | Annet |
|--------------------|---------|--------|--------|------------|-------|
| Undersøkte dykkere | antall  | 22     | 5      | 34         | 33    |
|                    | prosent | 23,4   | 5,3    | 36,2       | 35,2  |
| Dykkerkontroller   | antall  | 96     | 4      | 10         | 24    |
|                    | prosent | 71,6   | 3,0    | 7,5%       | 17,9  |
| Normalpopulasjon   | antall  | 112    | 4      | 7          | 28    |
|                    | prosent | 74,2   | 2,7    | 4,6        | 18,5  |

Andel heltidsansatte var lavere blant de undersøkte dykkerne (23,4%) enn hos normalpopulasjonen (74,2%), (OR 0,11 [CI 0,05-0,20]), mens andel uføretrygdete (36,2%) var høyere (4,8%), (OR 11,66 [CI 4,70-32,57]). Andel med fulltidsansettelse var lik blant dykkerkontrollene (71,6%) og normalpopulasjonen (74,2%), (OR 0,88 [CI 0,50-1,54]). Det var heller ingen forskjell i andel uføretrygdete; 7,5% blant dykkerkontrollene og 4,6% blant normalpopulasjonen, (OR 1,66 [CI 0,55-5,29]).

Tabell 11. Prosent med innvilget uføretrygd etter alder og andel som mottar uføretrygd eller annen langtidsstønad (langtidssykemelding, attføring) etter alder hos undersøkte dykkere (UD), estimat for hele dykkerpopulasjonen (D)\*, normalpopulasjonen og den generelle norske befolkning (GB) (2).

| Alder      | Andel uføretrygdete |      |     | Uføre og midlertidig uføre |      |      |      |
|------------|---------------------|------|-----|----------------------------|------|------|------|
|            | UD                  | D    | K   | GB                         | UD   | D    | K    |
| 30 - 39 år | 20,0                | 12,5 | 0   | 3,1                        | 80,0 | 75,0 | 16,7 |
| 40 - 49 år | 22,2                | 3,5  | 0   | 6,1                        | 51,9 | 7,0  | 43,4 |
| 50 - 59 år | 41,2                | 14,9 | 1,1 | 14,4                       | 62,7 | 21,2 | 44,9 |
| 60 - 66 år | 66,7                | 12,5 | 2,5 | 36,0                       | 77,8 | 16,3 | 40,0 |

\*Antar at aldersfordeling og svar fra spørreskjema hos ikke undersøkte dykkere er representativ for alle de ikke undersøkte dykkerne. Estimater er beregnet ut fra at nordsjødykkerpopulasjonen er 375.

Andel uføretrygdete blant de undersøkte dykkerne er høyere enn forventet i alle aldersgrupper.

*Nåværende yrke*

Tabell 12. Nåværende yrke

|                         |     | Industri/<br>anlegg | Kontor/<br>Handel/<br>service | Adm<br>arbeid | Annet |
|-------------------------|-----|---------------------|-------------------------------|---------------|-------|
| Undersøkte dykkere (92) | Ant | 14                  | 1                             | 13            | 64    |
|                         | %   | 15,2                | 1,1                           | 14,1          | 69,6  |
| Dykkerkontroller (133)  | Ant | 19                  | 11                            | 32            | 71    |
|                         | %   | 14,3                | 8,3                           | 24,1          | 53,3  |
| Normalpopulasjon (155)  | Ant | 18                  | 24                            | 26            | 83    |
|                         | %   | 11,9                | 15,9                          | 17,2          | 55,0  |

Fordeling av nåværende yrker viste ikke markerte forskjeller blant gruppene.

#### *Innvilget yrkesskadetrygd*

Flere av de undersøkte dykkerne (12,8%) hadde fått innvilget yrkesskadetrygd, men kun 2,7% av normalpopulasjonen, (OR 5,31 [CI 1,53-23,1]). Dykkerkontroller hadde (5,2% ) ikke oftere innvilget yrkesskadetrygd enn normalpopulasjonen (2,7%), (OR 2,00 [CI 0,49-9,50]).

#### *Sykdom – ikke dykkerrelatert*

Bihulebetennelse, bruddskade, hodeskade, nevrologisk skade, leddgikt og psykiske problemer er rapportert hyppigere blant undersøkte dykkere enn normalpopulasjonen. Det er ingen forskjell i forekomst av sykdommer mellom dykkerkontrollene og normalpopulasjonen.

Tabell 13. Rapporterte sykdommer hos 96 undersøkte dykkere(UD), 134 dykkerkontroller (DK) og 151 normalpopulasjonen (NP)

| Sykdom             | ant      | ant      | Ant       | Undersøkte dykkere/ |           | Dykkerkontroller/ |           |
|--------------------|----------|----------|-----------|---------------------|-----------|-------------------|-----------|
|                    | (%)      | (%)      | (%)       | Normalpopulasjon    | OR        | CI                | OR        |
| Allergi            | 16(16,7) | 18(13,4) | 29 (19,2) | 0,84                | 0,43-1,65 | 0,65              | 0,34-1,24 |
| Bihulebetennelse   | 28(29,2) | 25(18,7) | 20(13,2)  | 2,70                | 1,42-5,14 | 1,50              | 0,79-2,85 |
| Astma              | 5(5,2)   | 5(3,7)   | 7(4,2)    | 1,13                | 0,35-3,67 | 0,80              | 0,25-2,57 |
| Høyt blodtrykk     | 21(21,9) | 13(9,7)  | 20(13,2)  | 1,83                | 0,93-3,60 | 0,70              | 0,34-1,48 |
| Hjertelidelse      | 13(13,5) | 8(6,0)   | 9(6,0)    | 2,47                | 1,01-6,03 | 1,00              | 0,38-2,68 |
| Sukkersyke         | 3(3,1)   | 1(0,7)   | 4(2,6)    | 1,19                | 0,26-5,42 | 0,28              | 0,03-2,50 |
| Bruddskade         | 34(35,4) | 25(18,7) | 34(22,5)  | 1,89                | 1,07-3,33 | 0,79              | 0,44-1,41 |
| Hodeskade          | 24(25,0) | 14(10,4) | 18(11,9)  | 2,46                | 1,25-4,84 | 0,86              | 0,41-1,81 |
| Nevrologisk skade  | 20(20,8) | 15(11,2) | 10(6,6)   | 3,71                | 1,65-8,33 | 1,78              | 0,77-4,10 |
| Epilepsi (få)      | 2(2,1)   | 1(0,7)   | 2(1,3)    | 1,59                | 0,22-11,5 | 0,56              | 0,05-6,25 |
| Migrene            | 6(6,3)   | 4(3,0)   | 7(4,6)    | 1,37                | 0,45-4,21 | 0,63              | 0,18-2,21 |
| Leddgikt           | 9(9,4)   | 4(3,0)   | 3(2,0)    | 5,10                | 1,35-19,4 | 1,52              | 0,33-6,91 |
| Kreft              | 4(4,2)   | 5(3,7)   | 2(1,3)    | 3,24                | 0,58-18,0 | 2,89              | 0,55-15,1 |
| Psykiske problemer | 38(39,6) | 11(8,2)  | 10(6,6)   | 9,24                | 4,32-19,8 | 1,26              | 0,52-3,07 |

Estimert forekomst for hele nordsjødykkerpopulasjonen (375) var:

Epilepsi (få)(1,0%), sukkersyke(1,3%), kreft(3,8%), migrene(3,8%), astma(4,1%), leddgikt(4,6%), hjertelidelse(7,9%), høyt blodtrykk (12,8%), nevrologisk skade(13,7%), hodeskade(14,1%), allergi(14,24%), psykiske problemer(16,2%), bihulebetennelse(21,4%), bruddskade(23,0%). Av de utfallene som var forskjellige i dykkergruppene og normalpopulasjonen, var den estimerte forekomsten større for psykiske problemer (OR 2,74 (CI 1,34-6,17), nevrologisk skade (OR 2,22 (CI 1,07-5,04) og bihulebetennelse (OR 1,78( CI 1,03-3,19).

I henhold til Statistisk årbok og levekårsundersøkelsene (1) er andelen av den generelle befolkningen med psykiske problemer av varig art 4% i aldersgruppen 25-44 år og 6% i aldersgruppen 45-66 år. Selv et konservativt anslag ved å beregne prevalens i forhold til alle 375 dykkerne, viser en overhyppighet av psykiske problemer/nervøse lidelser. Når det gjelder andre sykdommer, bortsett fra bruddskader, angir dykkerne en sykdomshyppighet som ikke synes å være forskjellig fra den generelle befolkningen, og tendensen er lavere blant annet for blodtrykkssykdom, hjertesykdom, astma og allergi.

### Aktuelle symptomer

Alle symptomene i spørreskjemaet var hyppigere hos de undersøkte dykkerne enn normalpopulasjonen. Flere symptomer forekommer imidlertid oftere blant dykkerkontrollene enn hos normalpopulasjonen: Skjelving, nummenhet, smerter hender/føtter, svimmel, øresus, hørselsnedsettelse, oppmerksomhetsproblemer, glemsomhet, irritabel og leddsmerter.

Tabell 14. Rapportere symptomer hos 96 undersøkte dykkere(UD), 134 dykkerkontroller (DK) og 151 normalpopulasjonen (NP)

| Symptom                 | ant      | Ant      | Ant      | Undersøkte dykkere/ |                  | Dykkerkontroller/ |            |
|-------------------------|----------|----------|----------|---------------------|------------------|-------------------|------------|
|                         | (%)      | (%)      | (%)      | Normalpopulasjon    | Normalpopulasjon | OR                | CI         |
|                         | UD       | DK       | NP       | OR                  | CI               | OR                | CI         |
| Hjertebank              | 42(43,8) | 15(11,2) | 10 (6,6) | 11,0                | 5,14-23,4        | 1,78              | 0,77-4,10  |
| Skjelving               | 41(42,7) | 16(11,9) | 7(4,6)   | 15,3                | 6,49-36,2        | 2,79              | 1,11-7,01  |
| Svetteing               | 42(43,8) | 21(15,7) | 14(9,3)  | 7,61                | 3,85-15,1        | 1,82              | 0,89-3,74  |
| Trykk for brystet       | 17(17,7) | 7(5,2)   | 4(2,6)   | 7,91                | 2,57-24,3        | 2,03              | 0,58-7,08  |
| Nummen                  | 62(64,6) | 46(34,3) | 19(12,6) | 12,7                | 6,70-24,0        | 3,63              | 2,00-6,61  |
| Smerter hender/føtter   | 51(53,1) | 24(17,9) | 9(6,0)   | 17,9                | 8,17-39,2        | 3,44              | 1,54-7,70  |
| Svakhet hender/føtter   | 45(46,9) | 8(6,0)   | 4(2,6)   | 32,4                | 11,1-94,6        | 2,33              | 0,69-7,93  |
| Ustø                    | 45(46,9) | 12(9,0)  | 9(6,0)   | 13,9                | 6,36-30,5        | 1,55              | 0,63-3,81  |
| Svimmel                 | 46(47,9) | 19(14,2) | 6(4,0)   | 22,2                | 8,95-55,2        | 3,99              | 1,54-10,3  |
| Øresus                  | 56(58,3) | 46(34,3) | 30(19,9) | 5,65                | 3,20-9,98        | 2,11              | 1,23-3,60  |
| Hørselsnedsettelse      | 57(59,4) | 55(41,0) | 35(23,2) | 4,84                | 2,78-8,44        | 2,31              | 1,38-3,85  |
| Reisesyke               | 17(17,7) | 8(6,0)   | 13(8,6)  | 2,28                | 1,05-4,95        | 0,67              | 0,27-1,68  |
| Oppmerksomhetsproblemer | 73(76,0) | 31(23,1) | 10(6,6)  | 44,8                | 20,2-99,0        | 4,24              | 1,99-9,04  |
| Glemsomhet              | 87(90,6) | 62(46,3) | 20(13,2) | 63,3                | 27,6-146,0       | 5,64              | 3,16-10,1  |
| Irritabel               | 66(68,8) | 31(23,1) | 8(5,3)   | 39,3                | 17,1-90,4        | 5,38              | 2,38-12,18 |
| Deprimert               | 58(60,4) | 15(11,2) | 8(5,3)   | 27,3                | 12,0-62,0        | 2,25              | 0,92-5,50  |
| Engstelig               | 35(36,5) | 8(6,0)   | 4(2,6)   | 21,1                | 7,19-61,9        | 2,33              | 0,69-7,93  |
| Trett                   | 71(74,0) | 24(17,9) | 15(9,9)  | 25,8                | 12,87-51,9       | 1,98              | 0,99-3,95  |
| Søvnvansker             | 58(60,4) | 19(14,2) | 12(7,9)  | 17,7                | 8,62-36,2        | 1,91              | 0,89-4,11  |
| Vannlatningsproblemer   | 28(29,2) | 8(6,0)   | 6(4,0)   | 9,95                | 3,94-25,2        | 1,53              | 0,52-4,54  |
| Hodepine                | 32(33,3) | 12(9,0)  | 10(6,6)  | 7,05                | 3,27-15,2        | 1,39              | 0,58-3,32  |
| Ryggsmerter             | 59(61,5) | 36(26,9) | 33(21,9) | 5,70                | 3,25-10,0        | 1,31              | 0,76-2,26  |
| Leddsmertter            | 68(70,8) | 38(28,4) | 25(16,6) | 12,24               | 6,62-22,6        | 2,00              | 1,13-3,53  |

Estimert forekomst for hele nordsjødykkerpopulasjonen (375) var: Trykk for brystet(8,4%), reisesyke(9,0%), vannlatningsproblemer (11,9%), engstelig(13,8%), hodepine(15,2%), svakhet hender/føtter(16,5%), ustø(18,7%), hjertebank(19,5%), skjelving(19,8%), svimmel(22,8%), svetteing(22,9%), deprimert(23,8%), søvnvansker(26,0%), smerter hender/føtter(26,9%), trett(32,26%), irritabel(34,8%), ryggsmerter(35,8%), oppmerksomhetsproblemer(36,6%), leddsmerter(39,3%), øresus(40,4%), nummen(42,1%), hørselsnedsettelse(45,7%), glemsomhet(57,6%).

Av de utfallene som var forskjellige blant dykkergruppene, var den estimerte forekomsten større for hjertebank (OR 3,41[CI 1,68-7,62]), svetteing (OR 2,91[CI 1,57-5,74]), trykk for brystet (OR 3,43 [CI 1,18-13,6]), svakhet i hender og føtter (OR 7,28[CI 2,62-28,0]), ustø



(OR 3,621 [CI 1,73- 8,47], deprimert (OR 5,56 [CI 2,60-13,6]), engstelig (OR 5,92 [CI 2,11-22,9]), trett (OR 4,32 [CI 2,39- 8,26]), søvnvansker (OR 4,10 [CI 2,15-8,47]), vannlatningsproblemer (OR 3,30 [CI 1,36-9,65], hodepine (OR 2,53 [CI 1,23-5,71]) og rygg smerter (OR 1,99 [1,26-3,19]).

Som det fremgår av tabellen opplever svært mange av de undersøkte dykkerne plager med glemsomhet, oppmerksomhetsvansker, tretthet og leddsmerter. Også irritabilitet, nummenhet i hender/føtter, rygg smerter, depressivitet og søvnvansker er høyfrekvente symptomer. Bildet domineres av sviktsymptomer fra nervesystemet, psykiske plager og smerteproblemer. Når det gjelder sykkelighet i den generelle befolkning angir levekårsundersøkelsen (1) i aldersgruppene 25-44 og 45-66 år av menn smertetilstander hos 15 og 21%, konsentrasjonsvansker hos 6 og 4%, nedstemthet/depresjon hos 6 og 8%, søvnproblemer hos 8 og 11%, og irritabilitet hos 7 og 6%. Angivelse av slike plager innenfor hele kohorten på 375 dykkere synes å være større enn i den generelle befolkningen, men man må ta forbehold om ulikheter i spørsmålsformuleringene og hvordan slike undersøkelser blir presentert.

#### Røyking

65,9% av dykkerne, 70,1% av dykkerkontrollene og 59,9% av normalpopulasjonen røykte eller hadde røykt. Det var ingen forskjell i røykevaner mellom undersøkte dykkere (OR 1,30 [CI 0,74-2,27]), og dykkerkontrollene når gruppene ble sammenlignet med normalpopulasjonen (OR 1,57 [CI 0,94-2,62]). Av de undersøkte dykkerne var det 31,3% av de undersøkte dykkerne som var aldri-røykere, 18,8% ble klassifisert som tidligere røykere som hadde sluttet for mer enn ett år siden, og 41,7%, inkludert de som hadde sluttet å røyke for mindre enn ett år siden, ble klassifisert som røykere. Åtte dykkere hadde ikke oppgitt røykestatus. Andelen aldri-røykere er litt lavere enn i den generelle befolkningen justert for alder.

#### Alkohol

I spørreskjemaet ble man spurt om å angi alkoholforbruk siste år. En alkoholenhet ble definert som 33cl øl = 10cl vin = 4cl sprit. Alkoholforbruk er sammenlignbart blant undersøkte dykkere og normalpopulasjonen. Dette viser analyse av forekomst under og over 12 enheter/uke i gruppene (OR 2,30 [CI 0,84-6,45]). Alkoholforbruk er også sammenlignbart blant dykkerkontroller og normalpopulasjonen, (OR 1,97 [CI 0,77-5,28]).

Tabell 15. Rapportere alkoholforbruk per uke 'nå' hos 96 dykkere, 134 dykkerkontroller og 151 normalpopulasjonen.

|                           | Totalavh | <6enh   | 7 –12enh | 13 –<br>18enh | 19 –<br>24enh | >24enh | Mangler |
|---------------------------|----------|---------|----------|---------------|---------------|--------|---------|
| Undersøkte dykkere ant    | 8        | 52      | 20       | 5             | 2             | 5      | 4       |
| %                         | 8,33 %   | 54,17 % | 20,83 %  | 5,21 %        | 2,08 %        | 5,21 % | 4,17 %  |
| Dykkerkontroller ant      | 3        | 80      | 34       | 8             | 6             | 1      | 1       |
| %                         | 2,24 %   | 59,7 %  | 25,37 %  | 5,97 %        | 4,48 %        | 0,74 % | 1,49 %  |
| Normal-<br>populasjon ant | 12       | 84      | 42       | 5             | 3             | 1      | 4       |
| %                         | 7,95 %   | 55,63 % | 27,81 %  | 3,31 %        | 1,99 %        | 0,66 % | 2,65 %  |

#### Vekt og høyde

Gjennomsnittsvekten blant dykkerne var høyere (88,4kg (SD 13,1)) enn hos normalpopulasjonen (84,7kg (SD 11,1)), (p-verdi 0,02). Det er ingen signifikante forskjeller i vekt blant dykkerkontroller (86,3 SD 10,5) og normalpopulasjonen. Høyden var ikke forskjellig i gruppene.

### Mosjon

I gjennomsnitt trente gruppene like mye. Det var ingen signifikant forskjell i antall timer trening per uke blant dykkerne (3,00), dykkerkontrollene (3,61) og normalpopulasjonen (3,18).

### Fysisk aktivitet

Spørreskjemaet hadde spørsmål om fysisk aktivitet som ble gradert som følger: Omtrent daglig, 4-5gg per uke, 2-3gg per uke, 1g per uke, 1-3g per mnd, Sjelden/aldri.

- Kortvarig fysisk aktivitet (mindre enn 20 min) som gjør deg andpusten – Det var ingen markante forskjeller mellom gruppene.
- Fysisk aktivitet over 20 min som gjør deg svett eller andpusten – Det var ingen markante forskjeller mellom gruppene, men flere av de undersøkte dykkerne mosjonerte sjelden (25,5%), færre blant normalpopulasjonen (14,6%) og færrest blant dykkerkontrollene (8,5%).
- Spasertur av minst 1 times varighet – Det var ingen markante forskjeller mellom gruppene.
- Tungt fysisk arbeid – Det var ingen markante forskjeller mellom gruppene, men 'sjeldent tungt arbeid' var hyppigere blant de undersøkte dykkerne (44,7%) enn i normalpopulasjonen (28,9%) og blant dykkerkontrollene (18,5%). Dette var som forventet, siden svært mange av de undersøkte dykkerne ikke er yrkesaktive.

### Gjennomsnittsskåring/sumskåring for fysisk aktivitet

Tabell 16. Gjennomsnittskåre:

|                         |                  | N   | Gjennomsnitt | SD   | p-verdi |
|-------------------------|------------------|-----|--------------|------|---------|
| Kortvarig               | Dykkere          | 82  | 3,22         | 1,74 | 0,63    |
| Fysisk aktivitet        | Dykkerkontroller | 114 | 2,84         | 1,59 | 0,02    |
|                         | Normalpopulasjon | 120 | 3,34         | 1,75 |         |
| Fysisk aktivitet >20min | Dykkere          | 83  | 3,88         | 1,67 | 0,52    |
|                         | dykkerkontroller | 129 | 3,45         | 1,36 | 0,10    |
|                         | Normalpopulasjon | 130 | 3,74         | 1,48 |         |
| Tur >1 time             | dykkere          | 85  | 4,14         | 1,66 | 0,46    |
|                         | dykkerkontroller | 115 | 4,12         | 1,32 | 0,44    |
|                         | normalpopulasjon | 134 | 3,99         | 1,42 |         |
| Tungt fysisk arbeid     | Dykkere          | 85  | 4,98         | 1,37 | 0,013   |
|                         | Dykkerkontroller | 119 | 4,24         | 1,39 | 0,15    |
|                         | normalpopulasjon | 128 | 4,49         | 1,39 |         |

Tungt fysisk arbeid signifikant forskjellig (p-verdi 0,013) ): Det var sjeldnere tungt fysisk arbeid blant de undersøkte dykkerne i forhold til normalpopulasjonen. Kortvarig fysisk aktivitet: dykkerkontrollene var i mer aktivitet enn normalpopulasjonen (p-verdi 0,02) .

*Livskvalitet/vurdering av egen helse*

Som det fremgår av tabell 17 vurderer de fleste av de undersøkte dykkerne sin egen helse som dårlig. I den generelle befolkningen av menn i aldersgruppen 45-66 år oppgir 74% sin egen helse som god.

Tabell 17. Stort sett vil du si din helse er:

|                    |     | Utmerket | Meget god | God   | Nokså god | Dårlig | Mangler |
|--------------------|-----|----------|-----------|-------|-----------|--------|---------|
| Undersøkte dykkere | Ant | 1        | 1         | 10    | 39        | 40     | 2       |
|                    | %   | 1,08     | 1,08      | 10,75 | 41,94     | 43,01  | 2,15    |
| Dykkerkontroller   | Ant | 10       | 41        | 45    | 30        | 6      | 2       |
|                    | %   | 7,46     | 30,60     | 33,58 | 22,39     | 4,48   | 1,49    |
| Normalpopulasjon   | Ant | 20       | 54        | 61    | 10        | 6      |         |
|                    | %   | 13,25    | 35,76     | 40,40 | 6,62      | 3,97   |         |

Ved å kategoriserer mellom 'god' og 'nokså god', var det færre blant de undersøkte dykkerne som var fornøyd med sin helse enn blant normalpopulasjonen (OR 0,02 [CI 0,01-0,04]). Det var også færre blant dykkerkontrollene enn blant normalpopulasjonen (OR 0,32 [CI 0,16-0,63]).

Tabell 18. Helse nå sammenlignet med for et år siden.

|                    |     | Mye bedre | Litt bedre | Omtrent det samme | Litt dårligere | Mye dårligere | Mangler |
|--------------------|-----|-----------|------------|-------------------|----------------|---------------|---------|
| Undersøkte dykkere | Ant | 2         | 1          | 43                | 32             | 12            | 3       |
|                    | %   | 2,15      | 1,08       | 46,24             | 34,41          | 12,90         | 3,23    |
| Dykkerkontroller   | Ant | 3         | 10         | 103               | 14             | 2             | 2       |
|                    | %   | 2,24      | 7,46       | 76,87             | 10,45          | 1,49          | 1,49    |
| Normalpopulasjon   | Ant | 3         | 14         | 124               | 9              |               | 1       |
|                    | %   | 1,99      | 9,27       | 82,12             | 5,96           |               | 0,66    |

Ved å kategoriserer mellom 'omtrent det samme' og 'litt dårligere', rapporterte flere av de undersøkte dykkere dårligere helse i år enn i fjor enn det normalpopulasjonen gjorde (OR 15,0 [CI 6,51-37,2]). Det var ingen forskjeller (OR 2,16 [CI 0,86-5,75]) mellom dykkerkontrollene og normalpopulasjonen.

Tabell 19. Fysiske eller psykiske problemers innvirkning på sosial omgang de siste 4 ukene

|                    |     | Ikke  | Litt  | En del | Mye   | Svært mye | Mangler |
|--------------------|-----|-------|-------|--------|-------|-----------|---------|
| Undersøkte dykkere | ant | 16    | 5     | 23     | 17    | 27        | 3       |
|                    | %   | 17,58 | 5,49  | 25,27  | 18,68 | 29,67     | 3,30    |
| Dykkerkontroller   | ant | 86    | 17    | 12     | 5     | 2         | 12      |
|                    | %   | 64,18 | 12,69 | 8,96   | 3,73  | 1,49      | 8,96    |
| Normalpopulasjon   | ant | 114   | 12    | 8      | 2     |           | 14      |
|                    | %   | 76,00 | 8,00  | 5,33   | 1,33  |           | 9,33    |

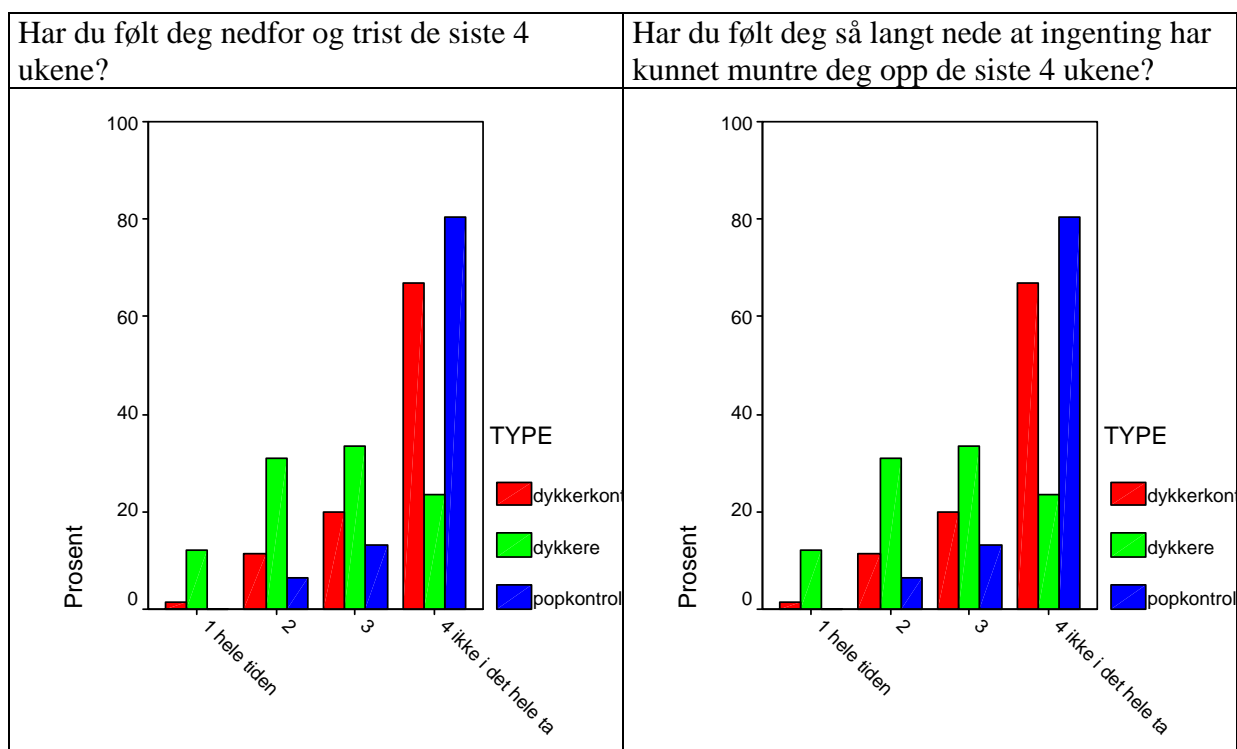
Ved å kategoriserer mellom 'en del' og 'mye' var det flere av de undersøkte dykkerne som rapporterte at fysisk/psykisk helse hadde stor innvirkning på sosial omgang enn normalpopulasjonen (OR 13,4 [CI 5,95-32,0]). Det var ingen forskjell mellom dykkerkontroller og normalpopulasjonen (OR 2,21 [CI 0,93-5,54]).

Av personer som angir negativ helsevurdering i den generelle befolkning (1), oppgir samtidig 9% av disse å ha vansker med sosiale aktiviteter som deltaking i fritidsaktiviteter eller foreningsaktiviteter, og 3% angir vansker med sosial kontakt. Av de som angir god helse er det bare 1% med tilsvarende problemer med disse typene aktivitet. De undersøkte dykkerne skiller seg her helt klart fra andre som opplever egen helse som dårlig.

### Depresjon

Spørsmålene om depresjon ble gradert etter fire kategorier. Resultatene er illustrert i figuren

Figur 1. Spørsmål fra spørreskjemaet som omhandler depresjon.



Plottene viser at de undersøkte dykkerne gjennomgående er mer deprimerede enn dykkerkontrollene og normalpopulasjonen.

### Smertes

Tabell 20. Har du vært plaget med kroppslige smerter de siste 4 ukene

|                       |     | Ingen | Meget | Svake | Moder | Sterke | Svært  | Mangle |
|-----------------------|-----|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|                       |     |       | svake |       | ate   |        | sterke | r      |
| Undersøkte dykkere    | ant | 6     | 3     | 9     | 37    | 26     | 7      | 4      |
|                       | %   | 6,52  | 3,26  | 9,78  | 40,22 | 28,26  | 7,61   | 4,35   |
| Dykkerkontroller      | ant | 51    | 15    | 19    | 40    | 4      | 2      | 3      |
|                       | %   | 38,06 | 11,19 | 14,18 | 29,85 | 2,99   | 1,49   | 2,24   |
| Normal-<br>populasjon | ant | 70    | 15    | 20    | 21    | 12     | 4      | 7      |
|                       | %   | 46,98 | 10,07 | 13,42 | 14,09 | 8,05   | 2,68   | 4,70   |

Ved å kategorisere mellom 'svake' og 'moderate', var flere av undersøkte dykkere påvirket av smerter enn normalpopulasjonen (OR 11,0 [CI 5,59-22,2]). Det var ingen forskjell mellom dykkerkontroller og normalpopulasjonen (OR 1,54 [CI 0,89-2,67]).

Tabell 21. Har smerter påvirket ditt arbeid de siste 4 ukene

|                    |     | Ikke  | Litt  | En del | Mye   | Svært mye | Mangler |
|--------------------|-----|-------|-------|--------|-------|-----------|---------|
| Undersøkte dykkere | Ant | 15    | 16    | 23     | 16    | 13        | 10      |
|                    | %   | 16,13 | 17,20 | 24,73  | 17,20 | 13,98     | 10,75   |
| Dykkerkontroller   | Ant | 85    | 21    | 17     | 2     | 3         | 6       |
|                    | %   | 63,43 | 15,67 | 12,69  | 1,49  | 2,24      | 4,48    |
| Normalpopulasjon   | Ant | 98    | 23    | 9      | 3     | 3         | 13      |
|                    | %   | 65,77 | 15,44 | 6,04   | 2,01  | 2,01      | 8,72    |

Ved å kategoriserer mellom 'en del' og 'mye' hadde smerter påvirket arbeidet til flere av de undersøkte dykkere enn normalpopulasjonen (OR 11,6 [CI 4,37-35,8]). Det var ingen forskjell mellom dykkerkontroller og normalpopulasjonen (OR 0,88 [CI 0,21-3,56]).

Tabell 22. Har helse begrenset deg i utførelsen av fysisk aktivitet

|                         |     | Ja, type aktivitet: |         |       |         |
|-------------------------|-----|---------------------|---------|-------|---------|
|                         |     | Anstrengende        | Moderat | Lett  | Mangler |
| Undersøkte dykkere (93) | Ant | 11                  | 28      | 44    | 10      |
|                         | %   | 11,83               | 30,11   | 47,31 | 10,75   |
| Dykkerkontroller (134)  | Ant | 1                   | 6       | 47    | 80      |
|                         | %   | 0,75                | 4,48    | 35,07 | 59,70   |
| Normalpopulasjon(149)   | Ant | 1                   | 3       | 56    | 89      |
|                         | %   | 0,67                | 2,01    | 37,58 | 59,73   |

Ved å kategorisert mellom 'moderat' og 'lett aktivitet' var det flere med alvorlige begrensninger i fysisk aktivitet blant undersøkte dykkere enn i normalpopulasjonen (OR 12,41 [CI 3,97-50,58]). Der var ingen forskjeller mellom dykkerkontroller og normalpopulasjonen (OR 2,09 [CI 0,49-10,3]).

*Plager - fysiske og psykiske*

Tabell 23. Har din fysiske eller psykiske helse ført til noen av disse problemene i løpet av de siste 4 ukene hos 96 undersøkte dykkere(UD), 134 dykkerkontroller (DK) og 151 normalpopulasjonen (NP)

|                               | ant(%)   | ant(%)   | ant(%)   | Undersøkte dykkere/<br>Normalpopulasjon |           | Dykkerkontroller/<br>normalpopulasjon |           |
|-------------------------------|----------|----------|----------|---|-----------|---------------------------------------|-----------|
|                               | DU       | DK       | NP       | OR                                      | CI        | OR                                    | CI        |
| <b>Fysisk helse</b>           |          |          |          |   |           |                                       |           |
| Red tid til andre aktiviteter | 28(29,2) | 8(6,0)   | 5(3,3)   | 12,02                                   | 4,45-32,5 | 1,85                                  | 0,59-5,81 |
| Utrettet mindre               | 69(71,9) | 29(21,6) | 18(11,9) | 18,88                                   | 9,73-36,7 | 2,04                                  | 1,08-3,88 |
| Hindret deg i aktiviteter     | 53(55,2) | 22(16,4) | 14(9,3)  | 12,06                                   | 6,10-23,8 | 1,92                                  | 0,94-3,83 |
| <b>Psykisk helse</b>          |          |          |          |   |           |                                       |           |
| Red tid til andre aktiviteter | 26(27,1) | 5(3,7)   | 4(2,6)   | 13,65                                   | 4,59-40,6 | 1,42                                  | 0,38-5,42 |
| Utrettet mindre               | 60(62,5) | 26(19,4) | 13(8,6)  | 17,69                                   | 8,76-35,7 | 2,56                                  | 1,25-5,21 |
| Hindret deg i aktiviteter     | 28(29,2) | 4(3,0)   | 3(2,0)   | 20,31                                   | 5,97-69,1 | 1,52                                  | 0,33-6,91 |

De undersøkte dykkerne rapporterer mer problemer enn normalpopulasjonen for samtlige spørsmål. Også dykkerkontrollene synes oftere at 'de får utrettet mindre' knyttet til både fysisk og psykisk helse enn normalpopulasjonen.

*Tretthet*

Sum tretthetsskåre er 44,7 (SD 10,3) hos de undersøkte dykkerne, 29,8 (SD14,1) hos dykkerkontroller og 26,3 (SD 9,7) hos normalpopulasjonen. Undersøkte dykkere er trette enn normalpopulasjonen (p-verdi <0,001), og dykkerkontrollene er litt trette enn normalpopulasjonen (p-verdi =0,02).

Tabell 24. Tretthetsskala, Fatigue Severity Scale

| Fatigue Severity Scale 1 – 7                                  | Gj.snittskåre (SD) |                  |                      |
|---|--------------------|------------------|----------------------|
|   | Undersøkte dykkere | Dykkerkontroller | Populasjonkontroller |
| Min motivasjon er mindre når jeg er trett                     | 6,4 (1,0)          | 6,5 (8,4)        | 5,5 (1,5)            |
| Fysisk aktivitet fører til tretthet                           | 5,4 (1,9)          | 4,0 (2,1)        | 3,9 (2,0)            |
| Jeg blir fort trett   | 5,7 (1,6)          | 3,5 (1,9)        | 3,0 (1,7)            |
| Trettheten reduserer min fysiske kapasitet                    | 6,0 (1,5)          | 4,2 (1,9)        | 4,1(1,8)             |
| Trettheten gir hyppige problemer for meg                      | 5,3 (1,6)          | 2,9 (1,7)        | 2,4 (1,8)            |
| Trettheten påvirker evnen til å utføre plikter og oppgaver    | 5,9 (1,5)          | 3,6 (1,9)        | 3,0 (1,9)            |
| Trettheten er ett av mine verste symptomer                    | 4,9 (2,0)          | 2,7(1,9)         | 2,3 (1,9)            |
| Trettheten påvirker mitt arbeid, familien og det sosiale liv. | 5,6 (1,7)          | 2,8(1,8)         | 2,4(1,8)             |

Det viser at de undersøkte dykkerne gjennomgående er trette enn de andre gruppene.

## Diskusjon/oppsummering

Av de 165 nordsjødykkerne som er henvist på grunn av helseproblemer er 96 undersøkt per 8.mars 2004. Det totale antallet tidligere nordsjødykkere er estimert til 375. Det er hele 44 % (165 av 375) av en populasjon som i utgangspunktet er selektert inn i et yrke med krav om god helse som er henvist av lege eller trygdekontor med spørsmål om helseskade.

Gruppen undersøkte dykkerne hadde gjennomsnittlig samme alder og dykkerutdanning som dykkerkontrollene (ikke henviste dykkere). Det var signifikante forskjeller mellom de to gruppene som indikerer en større kumulativ dykkeeksponering hos de undersøkte dykkerne. De undersøkte dykkerne begynte som dykkere i gjennomsnitt 2 år før den andre gruppen, og de var mer eksponert for alle typer dykking unntatt "bounce" dykking. De hadde også oftere hatt trykkfallsyke.

Deres nåværende alkoholforbruk var som hos begge kontrollgruppene, men flere undersøkte dykkere hadde høyt alkoholforbruk (>18 enheter per dag) i den perioden hvor de var i arbeid som dykkere. De undersøkte dykkerne rapporterte et høyere forbruk av tjenester fra fysioterapeut, lege og psykolog og hadde hyppigere sykehusopphold på grunn av plager de mener skyldes dykking. De rapporterte også oftere tapt arbeidsfortjeneste og høyere utgifter til medisinsk behandling og medikamenter.

Sammenlignet med dykkerkontrollene og en aldersmatchet gruppe menn tilfeldig trukket fra normalpopulasjonen, var de undersøkte dykkerne sjeldnere gift eller samboere. De undersøkte dykkerne skilte seg også signifikant fra disse to gruppene på en rekke andre variable. Blant de undersøkte var det en liten overvekt med lavere utdanning, men alle tre gruppene var velutdannet i forhold til det generelle utdanningsnivået i befolkningen. Det var en lavere andel heltidsansatte, høyere andel uføretrygdede, en høyere andel som hadde fått innvilget yrkesskadetrygd og de rapporterte mer sykdom, skader og symptomer. Videre var deres arbeid i større grad påvirket av deres fysiske og psykiske helse, de opplevde mer begrensninger i fysisk aktivitet, de var gjennomgående trette og hadde i høyere grad følt seg nedfor og trist de siste 4 ukene. På disse variablene var det imidlertid ingen påvisbar forskjell mellom dykkerkontrollene og kontrollgruppen fra normalpopulasjonen.

De undersøkte dykkerne ser med andre ord ut til å være betydelig sykere enn dykkerkontrollene, og kan neppe representere et gjennomsnitt av hele populasjonen nordsjødykkere. Dette kan dels skyldes at deres dykkeeksponering har vært høyere, gitt at høy dykkeeksponering gir økt risiko for sykdom og skade. De hadde også høyere forekomst av trykkfallsyke. De begynte å dykke i gjennomsnitt to år tidligere enn dykkerkontrollene og har dermed større eksponering fra den tidligste perioden av nordsjødykkingen. Den systematiske forskjellen mellom de to gruppene kan dels også forklares ved "recall bias" i og med at de undersøkte dykkerne har forberedt seg til en tre dagers lang utredning og sannsynligvis har skjerpet hukommelsen i forbindelse med dette. Man kan heller ikke se bort fra at noen kan ha overdrevet noe fordi det relativt tidlig var signaler fra myndighetene om at eventuell erstatning ville bli basert på diagnose og medisinsk invaliditet.

Bare 26,6% av gruppen aldersmatchede menn fra normalpopulasjonen samtykket til å delta i studien, og det ser ut til at svarresponsen var noe høyere i den eldste delen. Det er derfor grunn til å anta at kontrollgruppen fra normalpopulasjonen ikke er helt representative for den populasjonen de er trukket fra. Vi har forsøkt å undersøke dette nærmere ved å sammenligne gjennomsnittstall for enkelte parametere for denne gruppen med tilsvarende tall for

normalpopulasjonen hentet fra offentlige statistiske publikasjoner (1). I vår kontrollgruppe rapporterer flere å være gift og færre er samboere i aldergruppen 30-39 år (Tabell 7), og de ser ut til å ha noe høyere utdanning (Tabell 8). Forekomsten av allergi var 19,2% som samsvarer med den generelle normalpopulasjonen i henhold til en epidemiologisk undersøkelse fra Hordaland (3). Høyt blodtrykk ble rapportert av 13,2% av kontrollene. I en studie fra Oslo i 2003 som også inkluderte 438 personer fra normalpopulasjonen (alder  $43,2 \pm 9,4$  år, 81% menn), ble det funnet en prevalens av hypertensjon (målt ved konsultasjon) blant kontrollgruppen på 24% (4). En viss underrapportering kan ha skjedd i vår kontrollgruppe i og med at prevalensen av hypertensjon er basert på opplysning i spørreskjema. Imidlertid var kontrollgruppen i den studien ca 10 år yngre enn vår kontrollgruppe. Det kan se ut som om vår kontrollgruppe fra normalpopulasjonen kan være noe friskere enn den generelle befolkningen, men neppe betydelig.

Hvilken betydning kan da tidligere dykking i Nordsjøen i seg selv ha for dykkernes helse? De undersøkte dykkerne rapporterte signifikant høyere forekomst av sykdommer, skade og symptomer sammenlignet både med dykkerkontrollene og kontrollgruppen fra normalpopulasjonen. Når man beregnet forekomsten av sykdom i hele gruppen av tidligere nordsjødykkere basert på antagelsen om at de ikke henviste dykkerne var representative også for de dykkerne som ikke er undersøkt, så var den estimerte forekomst av psykiske problemer, nevrologisk skade og bihulebetennelse fortsatt signifikant høyere blant dykkerne enn blant kontrollgruppen. Forekomsten av ikke dykkerrelatert sykdom var den samme hos dykkerkontrollene og kontrollgruppen, men også dykkerkontrollene rapporterte signifikant oftere symptomene skjelving, nummenhet, smerter, svimmelhet, øresus, hørselsnedsettelse, oppmerksomhetsproblemer, glemsomhet, irritabilitet og leddsmerter. Når man på samme måte som overfor estimerte forekomst av symptomer i hele nordsjødykkerpopulasjonen, så fant man i denne populasjonen en signifikant høyere forekomst av hjertebank, trykk for brystet, svakhet i hender og føtter, ustøhet, depresjon, angst, tretthet, søvnevansker, vannlatingproblemer, hodepine og ryggmerter.

Det var signifikant færre både blant undersøkte dykkere og dykkerkontroller som var fornøyd med sin helse sammenlignet med kontrollgruppen. Mønsteret som går igjen er at det blant tidligere nordsjødykkere er økt forekomst av psykiske symptomer, smerter av ulik årsak og symptomer som kan henføres til nervesystemet, inkludert balanseorganene og hørsel. Dette mønsteret er i bra overensstemmelse med funn som er gjort i studier av dypdykkere av Todnem og Værnes (5), i en spørreundersøkelse av luftdykkere ved SINTEF 1994 (6), i en studie av sportsdykkere etter trykkfallsyke (7) og i en senere epidemiologisk undersøkelse av dykkere i Aberdeen (8). I og med at kontrollgruppen kan være friskere enn den generelle befolkningen i samme alder, og de undersøkte dykkerne sykere enn de ikke henviste dykkerne, så kan ikke vår studie gi mer nøyaktig svar på hvor stor den reelle forskjellen er mellom tidligere nordsjødykkere generelt og den generelle befolkningen. Ytterligere statistiske analyser av materialet kan imidlertid bidra til klargjøring av sammenheng mellom dykking og senere plager.

## Konklusjoner

Dykkerne rapporter en rekke symptomer fra nervesystemet, psykiske plager og smerteproblemer. Glemsomhet, oppmerksomhetsvansker, leddsmerter og tretthet er de dominerende symptomene, og prevalensen av disse plagene er høyere enn i den generelle befolkningen. Forekomsten er størst blant de undersøkte dykkerne, men de ikke henviste



dykkerne rapporterer også høyere forekomst av slike plager enn den generelle befolkning. Dykkerne opplever i større grad redusert livskvalitet med helseplager som hindrer deres livsutfoldelse både i arbeid og fritid, og som hindrer deres sosiale omgang i betydelig grad. De undersøkte dykkerne har større kumulativ dykkeeksponering og betydelig mer plager enn de ikke henviste.

## Referanser

1. Statistisk Årbok 2002, Statistisk sentralbyrå, Oslo, 2002. ([www.ssb.no](http://www.ssb.no))
2. Trygdestatistisk årbok 2002. Rikstrygdeverket, Oslo, 2002. ([www.trygdeetaten.no](http://www.trygdeetaten.no))
3. Bakke P, Gulsvik A, Eide GE. Hay fever, eczema and urticaria in southwest Norway. *Allergy* 1990;45:515-522.
4. Bergersen BM, Sandvik L, Dunlop O, Birkeland K, Bruun JN. Prevalence of hypertension in HIV-positive patients on highly active retroviral therapy (HAART) compared with HAART-naive and HIV-negative controls: Results from a Norwegian study of 721 patients. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 2003; 22: 731-736.
5. Todnem K, Værnes R Akutte og kroniske effekter på nervesystemet ved dypdykking. *Tidsskr Nor Lægeforen* 1993;113:36-9.
6. Brubakk A, Bolstad G, Jacobsen G. Helseeffekter av luftdykking. Yrkes- og sportsdykkere. Sintef Unimed, Trondheim. Rapportnr. STF23 A93053, 1994.
7. McQueen D, Kent G, Murrison A. Self-reported long-term effects of diving and decompression illness in recreational scuba divers. *Br J Sports Med* 1994; 28: 101-104.
8. Health & Safety Executive. Co-ordinated investigation into the possible long term health effects of diving at work. Prepared by University of Aberdeen for the Health & Safety Executive. Research Report 230, 2004.

## Kapittel 4

### Lungefunksjon og fysisk arbeidskapasitet hos tidligere nordsjødykkere

Einar Thorsen

Dykkeeksponeringen er multi-faktoriell og flere av de eksponeringsfaktorene som er omtalt i kapittel 1 har velkjente akutte effekter på lungefunksjon.

Partialtrykk av oksygen høyere enn 50 kPa resulterer i en effekt med reduksjon av lungenes vitalkapasitet avhengig av partialtrykket og tiden eksponeringen har funnet sted. Dose respons forholdet er godt karakterisert i studier av Clark og Lambertsen fra 1960 og 1970 årene (1), hvor enhetsdosen for toksisk effekt av oksygen på lungene ble definert (Unit Pulmonary Toxic Dose, UPTD). Disse studiene brukes fortsatt som en rettesnor for akseptabel oksygeneksponering ved dykkeoperasjoner. Senere studier i tilknytning til dype forskningsdykk til dybder på 300-450 meter, blant annet på Norsk Undervannsteknologisk Senter (NUTEK - nå Norsk Undervannsintervensjon, NUI) viste også akutte effekter på lungefunksjon av langvarig hyperoksieksponering til partialtrykk på 35-50 kPa (2,3).

Forekomst av venøse gassembolier er vanlig både ved metningsdykk og ved overflateorienterte luftdykk. Teknikken for påvisning av venøse gassbobler var ikke utviklet på 1970 tallet da "bounce" dykking var den vanligste dykketeknikken i Nordsjøen, men basert på det man i dag vet om bobledannelse ved ulike dykkeprofiler og den høye forekomsten av trykkfallssyke ved denne typen dykking, er det rimelig å anta at den kan ha vært betydelig. Venøse gassbobler filtreres i lungekretsløpet og gir dermed et lungeavsnitt med blokkert blodforsyning, men med opprettholdt ventilasjon inntil sekundære inflammasjonsmekanismer inntreffer. Dette resulterer i en akutt nedsettelse av blant annet lungenes diffusjonskapasitet (4).

Økt indre og ytre pustemotstand på grunn av økt gasstetthet, pustestyr og effektene sekundært til submersjon, gir en respirasjonsmuskeltrening som kan påvirke lungevolum (5). I motsetning til effektene av hyperoksi og venøse gassembolier på lungene som ledsages av inflammasjonsreaksjoner, antar man at disse effektene er rent mekanisk og fysiologisk betinget. Man må imidlertid ta høyde for at disse effektene modifierer effektene av andre eksponeringsfaktorer. På samme måten kan bronchokonstriksjon induisert av kald og tørr luft gi forbigående endringer i lungefunksjon som modifierer andre effekter (6). Det respiratoriske varmetapet kan bli betydelig ved høy gasstetthet og helium i pustegassen. De bronchomotoriske reaksjonene er hos normale individer ved normale omgivelser ubetydelige men ved dykking blir effektene relativt sett større selv hos individer med normal respons (7).

De akutte effektene av et dykk i seg selv og de ulike eksponeringsfaktorene er relativt godt karakterisert. I de tilfellene hvor oppfølging etter eksponering er gjort, er det som regel en normalisering eller nær normalisering av de målte lungefunksjonsvariablene 6-8 uker etter dykkene, men tidsforløpene for restitusjon er svært ulike for de forskjellige eksponeringsfaktorene. Effektene av submersjon og kald/tørr gass er normalisert etter ett døgn, mens effektene av hyperoksi sannsynligvis ikke er fullt normalisert etter 6-8 uker (2). I epidemiologiske studier av dykkere er det undersøkt om resteffekter etter enkeltdykk over tid akkumuleres til en langtidseffekt med reduksjon av lungefunksjon utover det som normalt forventes. Det foreligger flere tverrsnittstudier av dykkere fra Norge (8), Storbritannia (9,10), Tyskland (11), tidligere Sovjetunionen (12) og siste år også fra Japan (13). Det er

samsvarende resultater fra alle disse studiene ved at dykkerne har lavere maksimale ekspiratoriske strømningshastigheter på lave lungevolum i forhold til kontrollgruppene og normalt forventet. I de studiene hvor diffusjonskapasitet er målt, er også denne lavere enn forventet. Etter justering for høyde, alder og røykevaner har det vært en sammenheng mellom lungefunksjonsvariablene og kumulativ dykkeeksponering målt enten som antall dykk, antall døgn i metning eller antall år dykkeerfaring.

Tverrsnittsstudier gir bare en indikasjon på en eventuell årsakssammenheng mellom funksjonsvariabler og eksponeringsvariabler fordi de er retrospektive, og man kan bare anta eventuelle årsakssammenhenger mellom eksponerings- og effektvariabler. Det finnes bare en stor longitudinell oppfølgingsstudie av dykkere, fra de startet profesjonell dykkerutdanning og de påfølgende 6 år (14). Denne studien bekrefter indikasjonene fra tverrsnittsstudiene om dykkerrelatert reduksjon i maksimale ekspiratoriske strømningshastigheter og utvikling av luftvegsobstruksjon. To mindre oppfølgingsstudier på selekterte grupper av dykkere som har deltatt i eksperimentaldykk understøtter også disse funnene (15,16).

Både tverrsnittsstudiene og de longitudinelle studiene er gjort på dykkere som har vært aktive som dykkere på undersøkelsestidspunktet og i oppfølgingsperiodene. Det finnes ingen studier på lungefunksjon hos dykkere etter at de har avsluttet sin dykkekarriere.

## Metoder

Bakgrunn for studien, utvalget av tidligere nordsjødykkere inkludert i studien, og personlige karakteristika er detaljert beskrevet i kapittel 3. Nittifem av 96 dykkere gjennomførte lungefunksjonsundersøkelsene. Gjennomsnittsalder var 51.3 år (SD =6.9), høyde 179.7 cm (SD = 6.1) og vekt 90.3 kg (SD = 14.1). Det var 46% som var aldri-røykere (n=44), 20 % ble klassifisert som tidligere røykere som hadde sluttet for mer enn ett år siden (n=19), og 34 %, inkludert de som hadde sluttet å røyke for mindre enn ett år siden, ble klassifisert som røykere (n=33). Dykkeeksponeringen er beskrevet i kapittel 3.

Lungefunksjonsundersøkelsen inkluderte et strukturert intervju, klinisk undersøkelse av hjerte og lunger, måling av blodtrykk og registrering av standard 12 avlednings EKG. I tillegg ble det gjort lungefunksjonsmålinger inkludert maksimal flow-volum kurve, statiske lungevolum, transfer faktor for karbon monoksid ( $TL_{CO}$ ), og progressiv arbeidsbelastningstest med måling av oksygenopptak.

Intervju undersøkelsen omfattet registrering av røykevaner, atopisykdommer som atopisk eksem og rhino-conjunctivitt og annen selvrapportert allergi, registrering av annen yrkeseksponering relevant for lungefunksjon som sveising (både hyperbar og ikke hyperbar), anleggsarbeid med kvarts, asbest og annen støveksponeering, og spørsmål om symptomer fra lunger og luftveger i henhold til spørreskjema distribuert ved Hordalandsundersøkelsen i 1985-1987 (17). Dette var en omfattende undersøkelse av lungesyntomer, lungesykdom, yrkeseksponering og objektiv lungefunksjonsmåling på et tilfeldig utvalg på 1.8 % av den generelle befolkningen i Hordaland på 18-67 år (4992 personer).

### *Flow-volum kurve*

Maksimale ekspiratoriske strømningshastigheter ble målt på et Sensormedics integrert testutstyr for lungefunksjonsundersøkelse med minst tre tilfredsstillende forserte ekspiratoriske manøvre. Målingene ble gjort med forsøkspersonene sittende og med

nese-klype. Forsert vitalkapasitet (FVC), forsert ekspirert volum i ett sekund ( $FEV_1$ ) og maksimal ekspiratorisk strømningshastighet (peak expiratory flow - PEF) ble målt som de beste verdiene oppnådd ved de gjennomførte manøvrene. Maksimal strømningshastighet ved 25, 50 og 75 % av ekspirert volum ( $FEF_{25\%}$ ,  $FEF_{50\%}$ ,  $FEF_{75\%}$ ), samt midlere strømningshastighet mellom 25 og 75 % ekspirert volum ( $FEF_{25-75\%}$ ), ble tatt som beste verdier fra flow-volum kurver hvor FVC ikke var mer enn 5% lavere enn største FVC. Alt i henhold til den europeiske standarden for spirometri-undersøkelse utarbeidet av European Respiratory Society (18).

#### *Transfer faktor for karbon monoksid ( $Tl_{CO}$ )*

$Tl_{CO}$  ble målt med den såkalte "single-breath" metoden på samme Sensormedics testutstyr. En testgass med 0.3 % karbon monoksid, 0.3 % metan og rest luft, ble inhalert fra lungenes restvolum til total lungekapasitet (TLC) i løpet av 2-2.5 sek. Etter å ha holdt pusten ved TLC i 10 sek ble det gjort en kontrollert ekspirasjon. Metan og CO konsentrasjoner ble målt i inspirert og ekspirert gass og mengden CO diffundert over lungealveolene per tidsenhet -  $Tl_{CO}$  - ble beregnet. Det alveolære volum ( $V_A$ ) som gassoverføringen foregikk i ble beregnet ved fortyningen av metan, og gass transfer per volumenhet lungevev beregnet som  $Tl_{CO}/V_A$  ( $K_{CO}$ ). Alle prosedyrer og beregninger ble gjort i henhold til den europeiske standarden utarbeidet av ERS (18).

#### *Statiske lungevolum*

Intrathoracalt gassvolum (Thoracic gas volume,  $V_{tg}$ ) ble målt ved kroppspletysmografi knyttet til det samme Sensormedics testutstyret. Ved korreksjon for nivået hvor luftvegene ble lukket og frekvente respirasjonsbevegelser påbegynt, ble funksjonell residualkapasitet (FRC) beregnet. Ved etterfølgende langsom vitalkapasitetsmanøver ble total lungekapasitet (TLC), restvolum (RV) og langsom vitalkapasitet (SVC) beregnet. Testprosedyren ble gjentatt minst tre ganger.

#### *Arbeidsbelastningstest*

Arbeidsbelastning ble gjort med progressivt økende belastning med 15 Watt/min på en elektromagnetisk bremsset ergometersykel type Jaeger (Erich Jaeger GmbH, Hannover, Tyskland). Arbeidsbelastningen ble avbrutt når forsøkspersonen selv ikke klarte ytterligere belastningsøkning, eller ved en hjertefrekvens på ca 85 % av forventet maksimal hjertefrekvens. Maksimal hjertefrekvens ble beregnet som  $HR_{max} = 220 - \text{alder}$ . Dykkere som anga tidligere eller aktuell hjertesykdom gjennomgikk ikke arbeidsbelastningstest. Under belastning ble hjertefrekvens monitorert kontinuerlig fra en 3-punkts EKG avledning. Pustefrekvens, tidevolum, oksygen og karbondioksid konsentrasjon i ekspirert gass ble målt på et Sensormedics integrert arbeidsbelastningsutstyr, og minuttventilasjon ( $V_E$ ), oksygenopptak ( $V_{O_2}$ ) og karbon dioksid utskillelse ( $V_{CO_2}$ ) ble beregnet og midlet over intervaller på 20 sek. Forholdet mellom karbon dioksid utskillelse og oksygenopptak (respiratory exchange ratio - RER) ble beregnet.

#### *Forventede verdier*

Forventet prevalens av obstruktiv lungesykdom basert på selvrapporterte symptomer og på spirometriundersøkelse (FVC og  $FEV_1$ ), justert for alder, røykevaner og støveksponering er hentet fra Hordalandsundersøkelsen (17). Fra det samme materialet er det utarbeidet forventede verdier for FVC,  $FEV_1$  og  $Tl_{CO}$  basert på et utvalg av aldri-røykende, lungefriske individer (19,20). For øvrige parametre fra flow-volum kurven og statiske lungevolum er forventede verdier basert på den felles europeiske standarden fra European Respiratory Society fra 1993 (18). For arbeidsbelastningsrespons er høyeste oppnådde oksygenopptak

sammenlignet med forventede verdier utarbeidet av Jones (21) basert på menn uten lungesykdom.

### Statistiske analyser

Prevalens av selvrapporterte luftvegssymptomer og objektivt målt spirometrisk luftvegsostruksjon ble sammenlignet mot forventede prevalensestimater med chi-square test. Aktuelle lungefunksjonsvariabler og arbeidsbelastningsvariabler ble sammenlignet med forventede verdier ved parett-test. Innbyrdes sammenligning av lungefunksjonsvariabler mellom undergrupper av de undersøkte dykkerne ble gjort med uparet t-test. For å undersøke mulig sammenheng mellom lungefunksjon og kumulativ dykkeeksponering ble det gjort multiple regresjonsanalyser hvor år dykkeerfaring eller antall "bounce" og overflateorienterte luftdykk og antall døgn i metning inngikk. Ved disse analysene ble det også korrigert for alder, høyde, røykevaner, erfaring med sveising og atopi inkludert som uavhengige variabler. Alle volum ved lungefunksjonstestene er korrigert til BTPS betingelser (Body Temperature Pressure Saturated), men oksygen og karbon dioksid opptak/utskillelse ved arbeidsbelastning er angitt ved STPD betingelser (Standard Temperature Pressure Dry). Alle resultater er angitt som gjennomsnitt og ett standardavvik (SD), eller som median og spredning hvor variablene ikke var normalfordelt. En sannsynlighet mindre enn 5% for at resultatet skyldes en tilfældighet,  $p < 0.05$ , ble ansett som statistisk signifikant.

## Resultater

Det var i alt 34 av de 96 undersøkte dykkerne som rapporterte minst to luftvegssymptomer i form av enten vedvarende hoste ( $n=18$ ), tung pust ved fysisk aktivitet ( $n=27$ ) eller pipelyder i brystet ( $n=8$ ). Dette utgjør 9.1% av hele kohorten på 375 dykkere. Justert for alder, røykevaner og arbeid med eksponering for støv inkludert sveising, er den forventede prevalensen (17) av selvrapportert symptombasert kronisk obstruktiv lungesykdom i denne gruppen 4.5% ( $p < 0.01$ ).

FVC var sammenlignet med norske forventningsverdier normal, mens den undersøkte gruppen hadde en  $FEV_1$  som var signifikant lavere enn forventet, Tabell 1. Sammenlignet med den felles europeiske standarden (18) var imidlertid lungefunksjonsmålene ikke forskjellig fra forventet bortsett fra midlere maksimal strømningshastighet ( $FEF_{25-75\%}$ ). Andelen av 375 dykkere med spirometrisk definert luftvegsostruksjon som en  $FEV_1 < 80\%$  av forventet og en  $FEV_1/FVC$  ratio  $< 0.7$  var 5.1% ( $n=19$ ) mot forventet 1.8% ( $p < 0.01$ ) (17).

Tabell 1. Dynamiske og statiske lungevolum, og diffusjonskapasitet ( $\pm 1SD$ ) sammenlignet med norske og felles europeiske forventningsverdier.

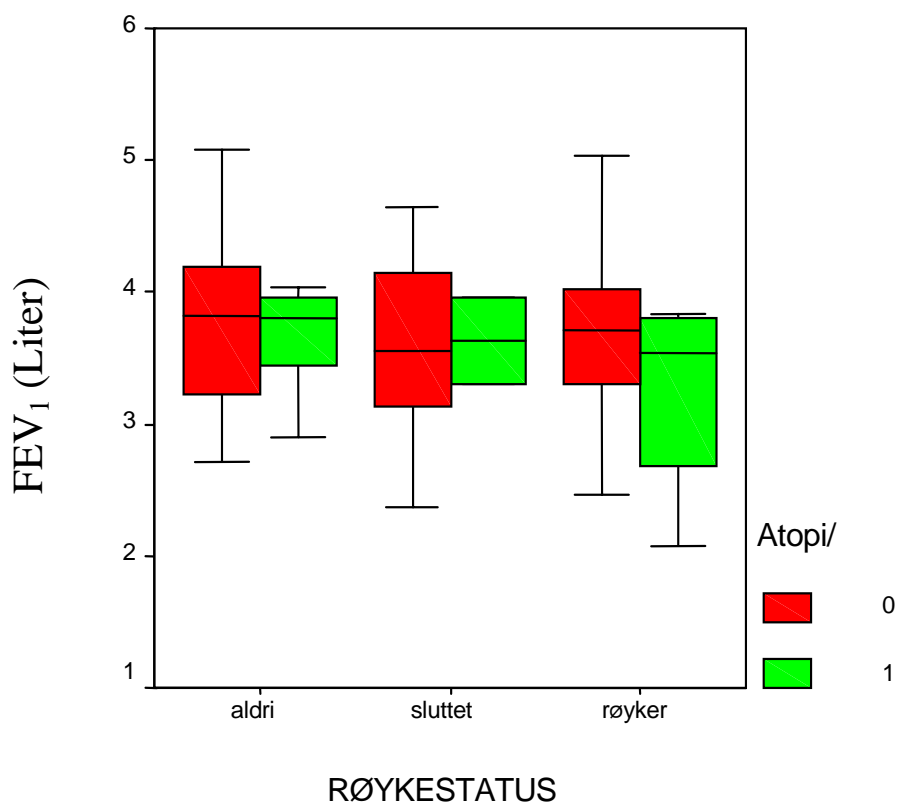
| Lungefunksjonsmål         | Absoluttverdi   | % forventet norske verdier | % forventet europeiske verdier | p-verdi                   |
|---------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| FVC (liter)               | 4.99 $\pm$ 0.83 | 96.7 $\pm$ 13.5            | 107.6 $\pm$ 14.3 <sup>□</sup>  | $p < 0.01$ <sup>□</sup>   |
| $FEV_1$ (liter)           | 3.66 $\pm$ 0.71 | 86.3 $\pm$ 14.7*           | 97.8 $\pm$ 16.3                | $p < 0.001$ *             |
| $FEV_1/FVC$ (%)           | 73.3 $\pm$ 6.9  | 88.4 $\pm$ 12.6*           | 93.7 $\pm$ 12.8 <sup>□</sup>   | $p < 0.001$ <sup>*□</sup> |
| $FEF_{25-75\%}$ (liter/s) | 3.00 $\pm$ 1.00 |                            | 75.4 $\pm$ 30.1 <sup>□</sup>   | $p < 0.001$               |
| PEF (liter/s)             | 8.92 $\pm$ 1.80 |                            | 99.5 $\pm$ 19.7                |                           |

|                                  |              |              |                          |         |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------------------|---------|
| TLC (liter)                      | 7.45 ± 0.99  |              | 103.0 ± 13.8             |         |
| FRC (liter)                      | 3.67 ± 0.81  |              | 103.4 ± 15.3             |         |
| RV (liter)                       | 2.33 ± 0.71  |              | 105.5 ± 22.5             |         |
| RV/TLC (%)                       | 34.0 ± 2.7   |              | 103.9 ± 8.0 <sup>⌘</sup> | p<0.05  |
| SVC (liter)                      | 5.08 ± 0.85  |              | 104.9 ± 15.1             |         |
|                                  |              |              |                          |         |
| Tl <sub>CO</sub> (mmol/min/kPa)  | 10.34 ± 2.05 | 95.1 ± 13.9* | 99.4 ± 14.1              | p<0.05* |
| K <sub>CO</sub> (mmol/min/kPa/l) | 1.48 ± 0.29  |              |                          |         |
| V <sub>A</sub> (liter)           | 7.05 ± 0.98  |              |                          |         |

\*: signifikant forskjellig fra norske forventningsverdier.

⌘: signifikant forskjellig fra felles europeiske forventningsverdier.

Ved multipel regresjonsanalyse var det ingen av de kjente forklaringsfaktorene for obstruktiv lungesykdom som med sikkerhet kunne tilskrives den lavere FEV<sub>1</sub> og FEF<sub>25-75%</sub>. Heller ikke dykkeeksponeringsdata kunne forklare lave lungefunksjonsverdier bortsett fra at det var en tendens (p<0.1) til lavere FEV<sub>1</sub> som kunne tilskrives interaksjonen "bounce"dykking og metningsdykking - dvs at de som hadde erfaring med begge disse dykkemetodene så ut til å komme noe dårligere ut en de som hadde erfaring med bare en av metodene.



Figur 1. FEV<sub>1</sub> etter røykevaner og allergi/atopi forekomst.

Lungenes diffusjonskapasitet var noe lavere enn forventet i tråd med tidligere studier av dykkeres lungefunksjon, men reduksjonen kunne ikke tilskrives dykkeeksponering. Det var en signifikant effekt av røyking ved at dagligrøykere hadde lavere  $Tl_{CO}$  og  $K_{CO}$  enn aldrirøykere som forventet.

Når det gjelder statiske lungevolum finnes ikke norske normalverdier. Det kan være en trend til økning av residualvolumet når man sammenligner med de felles europeiske forventningsverdiene. Dette understøtter i så fall at det foreligger en reell luftvegsostruksjon.

Det var 63 dykkere som gjennomførte arbeidsbelastningstest. Resultatene er gitt i tabell 2. 54 dykkere oppnådde en hjerterefrekvens som var 85% av forventet eller høyere. De hadde på dette stadiet av arbeidsbelastningstesten et oksygen opptak som allerede var som forventet og respirasjonskvotienten (RER) var 1.01, hvilket også skulle tilsi at de hadde en liten gjenværende reserve før de hadde nådd sin maksimale yteevne. Av de som ikke gjennomførte testen (n=33) var det to tester som måtte avbrytes pga tekniske problemer og 3 tester kunne ikke gjennomføres på grunn av utskifting av utstyrsenheter. Det var 8 som ikke utførte testen pga kjent hjertesykdom, 6 pga sykdom i muskel/skjelett som gjorde sykling umulig eller uforholdsmessig smertefullt, 4 av andre årsaker, mens 11 ikke ønsket å gjennomføre testen.

Tabell 2. Resultater fra arbeidsbelastningstest (n=63). Høyeste verdier oppnådd ved avbrytelse av testen før eller ved 85% av forventet maksimal hjerterefrekvens.

|                    |                 | % av forventet max |
|--------------------|-----------------|--------------------|
| $V_{O_2}$ (l/min)  | $2.61 \pm 0.58$ | $104.9 \pm 19.2$   |
| $V_{CO_2}$ (l/min) | $2.66 \pm 0.69$ |                    |
| RER (forholdstall) | $1.01 \pm 0.08$ |                    |
| HR (slag/min)      | $145 \pm 14$    | $86.2 \pm 5.4$     |
| $V_E$ (l/min)      | $71.0 \pm 17.0$ |                    |

I multipl regressjonsanalyse var det en signifikant negativ sammenheng mellom kumulativ dykkeeksponering målt som antall døgn under trykk og oksygenopptak, mens røykevaner og  $FEV_1$  ikke var korrelert til oppnådd oksygenopptak.

## Diskusjon

Denne studien er en undersøkelse av tidligere nordsjødykkere som er blitt henvist til en yrkesmedisinsk avdeling på grunn av manifest sykdom eller symptomer som kan tyde på sykdom. Tilbudet til dykkerne om undersøkelse er gitt av statlige myndigheter og knyttet til eventuelle trygdemessige rettigheter og menerstatning. Det er dermed de antatt sykeste av den tidligere nordsjødykker-populasjonen som er undersøkt. Vanligvis vil et slik studiedesign ikke gi et riktig bilde av forekomst av sykdom og eventuell sammenheng med yrkeseksponering.

Nordsjødykker-populasjonen har man imidlertid forholdsvis god oversikt over ved at det siden 1978 er ført register over godkjente dykkere i Oljedirektoratet. Man vet derfor ganske

nøyaktig størrelsen på den populasjonen undersøkelsen er rettet mot, jfr. kapittel 3. Forekomst av sykdom, eller prevalens, kan derfor beregnes i forhold til det totale antall individer gruppen inneholder. De prevalenser som man beregner på dette grunnlaget blir da å betrakte som minimumsanslag. Man vil imidlertid ikke kunne gjøre pålitelige dose-respons analyser med tanke på om størrelsen på eventuelle funksjonsutfall samvarierer med kumulativ dykkeeksponering. Da måtte man i så fall ha undersøkt et tilfeldig utvalg av populasjonen, eventuelt hele.

Det var ikke noen klare sammenhenger mellom dykkeeksponeringsvariable og funksjonsvariable. Det var imidlertid heller ikke noen sammenheng med kjente risikofaktorer for lungefunksjonsnedsettelse som røykevaner og forekomst av atopi/allergi eller annen yrkeseksponering som for eksempel sveising. Dette utelukker selvfølgelig ikke effekter av disse faktorene, men de er ikke påvisbare i dette utvalget. Bare når det gjaldt oppnådd oksygenopptak kunne det se ut som om at de som hadde dykket mest hadde lavere resultat.

En tverrsnittsstudie ville uansett ikke være egnet til dette formålet selv om den hadde vært basert på undersøkelse av hele eller et tilfeldig utvalg av populasjonen. Tverrsnittsstudier er retrospektive, og spesielt når man undersøker en gruppe hvor eksponeringen ligger langt tilbake i tid, i gjennomsnitt ca 12 år, blir det svært vanskelig å kontrollere for andre faktorer som kan påvirke organfunksjon på samme måte, og som også kan ha funnet sted etter at dykkeeksponeringen opphørte. I tillegg kommer vanskene med å beregne den kumulative dykkeeksponeringen, jfr. kapittel 1.

Sett opp mot den totale populasjonen ( $n=375$ ) er forekomsten av symptomer på kronisk obstruktiv lungesykdom i form av kronisk hoste, tungpustethet ved fysisk anstrengelse og piping i brystet hyppigere enn hva som ellers er funnet i den generelle norske befolkningen (17). Dette gjelder både forekomsten av symptomer og objektivt målt lungefunksjon ved enkel spirometri. Dette er forenlig med de tidligere tverrsnittsstudiene av aktive dykkere, inkludert den norske studien fra 1990 som omfattet bare nordsjødykkere. I disse studiene ble det funnet signifikante sammenhenger mellom funksjonsvariablene og kumulativ dykkeeksponering.

Man merker seg også at ved sammenligning med forventningsverdiene, spesielt de europeiske, så har de tidligere nordsjødykkerne nå lungefunksjonsmål som er lik eller lavere enn forventet, mens man i tidligere tverrsnittsstudier alltid har rapportert lungevolum som var høyere enn forventet og diskutert mulige årsaker til dette, som at for eksempel respirasjonsmuskeltrening knyttet til dykkingen kunne gi større vitalkapasitet og dermed en diskrepans mellom FVC og FEV<sub>1</sub>. De dykkerne som inngikk i den norske tverrsnittsstudien i 1987-88 og som på det tidspunktet var aktive, hadde en FEV<sub>1</sub> som var 108% og en FVC som var 115% av forventet i forhold til de felles europeiske forventningsverdiene, mens dette utvalget har FVC og FEV<sub>1</sub> på henholdsvis 97 og 107 %. Da er det justert for aldring. Ved avslutning av aktiv dykking bortfaller respirasjonsmuskeltreningen som tenderer til å holde lungevolumene høye, men vi vet ikke på hvilket tidspunkt etter avsluttet dykking denne reduksjonen eventuelt fant sted.

På Godøysund konferansen (22) konkluderte man med at dykking hadde en effekt på lungefunksjon, at forandringene i de fleste tilfellene var små, men at forandringene kunne ha betydning for fremtidig helse. Med den aldringen som har funnet sted siden den gang, ser det nå ut til at lungefunksjon er ytterligere redusert og at den er av tiltagende klinisk betydning.



## Konklusjon

Forekomsten av spirometrisk målt luftvegsobstruksjon er høyere hos tidligere nordsjødykkere enn i den generelle norske befolkningen. Dette kan ikke forklares ved ellers kjente årsaksfaktorer som røykevaner, atopi eller annen yrkeseksponering. Funnet er forenlig med tidligere studier som har vist en dykkerrelatert reduksjon i lungefunksjon. Til tross for dette opprettholder de undersøkte nordsjødykkerne et generelt høyt fysisk aktivitetsnivå, og det er symptomer fra andre organsystemer som dominerer det generelle sykdomsbildet.

Sammenlignet med resultatene fra den foreløpige rapporten som var basert på 81 dykkere, fremkommer det ikke nye funn nå ved inklusjon av i alt 96 dykkere.

## Referanser

1. Clark JM, Lambertsen CJ. Pulmonary oxygen toxicity: a review. *Pharmacol Rev* 1971; 23: 37-133.
2. Thorsen E, Hjelle J, Segadal K, Gulsvik A. Exercise tolerance and pulmonary gas exchange after deep saturation dives. *J Appl Physiol* 1990; 68: 1809-1814.
3. Thorsen E, Segadal K, Reed JW, Elliott C, Gulsvik A, Hjelle JO. Contribution of hyperoxia to reduced pulmonary function after deep saturation dives. *J Appl Physiol* 1993; 75: 657-662.
4. Thorsen E, Risberg J, Segadal K, Hope A. Effects of venous gas microemboli on pulmonary gas transfer function. *Undersea Hyperbaric Med* 1995; 22: 347-353.
5. Crosbie WA, Reed JW, Clarke MC. Functional characteristics of the large lungs found in commercial divers. *J Appl Physiol* 1979; 46: 639-645.
6. Burnet H, Lucciano M, Jammes Y. Respiratory effects of cold gas breathing in humans under hyperbaric environment. *Respir Physiol* 1990; 81: 413-424.
7. Rønnestad I, Thorsen E, Segadal K, Hope A. Bronchial response to breathing dry gas at 3.7 MPa ambient pressure. *Eur J Appl Physiol* 1994; 69: 32-35.
8. Thorsen E, Segadal K, Kambestad B, Gulsvik A. Divers' lung function: small airways disease? *Br J Ind Med* 1990; 47: 519-523.
9. Watt S. Effect of commercial diving on ventilatory function. *Br J Ind Med* 1985; 42: 59-62.
10. Elliott C, Reed JW, Cotes JE, Robinson NG, King J. Narrowing of small airways in commercial divers. In: Sterk W, Geeraedts L, eds. Proceedings of 16<sup>th</sup> annual meeting of the European Biomedical Society, Amsterdam 1990: 197-202.
11. Tetzlaff K, Friege L, Reuter M et al. Expiratory flow limitation in compressed air divers and oxygen divers. *Eur Respir J* 1998; 12: 895-899.
12. Dmitrouk AI, Gulyar SA, Ilyin VN, Moiseenko EV. Physiological mechanisms of adaptation of divers to the condition of deepwater in the antarctic. In: Sterk W, Geeraedts L, eds. Proceedings of 16<sup>th</sup> annual meeting of the European Biomedical Society, Amsterdam 1990: 311-319.
13. Suzuki S, Thorsen E. Long term effects of diving on pulmonary function - reduction in FEF<sub>50%</sub> and FEF<sub>75%</sub> in the early period of the diving career. In: Proceedings of the 30<sup>th</sup> Annual meeting of the European Undersea and Hyperbaric Society (eds. Germonpre P, Balestra C). Brugge 2002: 27.
14. Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T, Kjuus H. Lung function over six years in professional divers. *Occup Environ Med* 2002; 59: 629-633.

15. Thorsen E, Kambestad BK. Persistent small airways dysfunction after exposure to hyperoxia. *J Appl Physiol* 1995; 78: 1421-1424.
16. Thorsen E, Segadal K, Kambestad BK, Gulsvik A. Pulmonary function one and four years after a deep saturation dive. *Scand J Work Environ Health* 1993; 19: 115-120.
17. Bakke P, Baste V, Hanoa R, Gulsvik A. Prevalence of obstructive lung disease in a general population: relation to occupational title and exposure to some airborne agents. *Thorax* 1991; 46: 863-870.
18. Eurorean Respiratory Society. Standardized lung function testing. *Eur Respir J* 1993; 6 (Suppl 16).
19. Gulsvik A, Tosteson T, Bakke P, Humerfelt S, Weiss ST, Speizer FE. Expiratory and inspiratory forced vital capacity and one-second forced volume in asymptomatic never smokers in Norway. *Clin Physiol* 2001; 22: 1-13.
20. Gulsvik A, Bakke P, Humerfelt S et al. Single breath transfer factor for carbon monoxide in an asymptomatic population of never-smokers. *Thorax* 1992; 47: 167-173.
21. Jones NL, Makrides L, Hitchcock C, Chypchar T, McCartney N. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *Am Rev Respir Dis* 1985; 131: 700-708.
22. Hope A, Lund T, Elliott DH, Halsey M, Wiig H. Long term health effects of diving. An international consensus conference. Godøysund 6.-10. June 1993. John Grieg forlag A/S, Bergen 1994: 387-391.

## Kapittel 5

### Dykkerrelaterte symptomer og sykdommer hos tidligere Nordsjødykkere.

Endre Sundal, Ågot Irgens, Harald Nyland, Marit Grønning

Nevrologiske symptomer og skader i tilslutning til yrkesdykking ble første gang beskrevet i Norge for 100 år siden. I 1904 ble det i *Medicinsk Revue* (1) gitt en detaljert klinisk omtale av nevrologisk trykkfallsyke med patologisk-anatomisk kartlegging av skadene i ryggmargen hos tre dykkere som forulykket under anleggsdykking. Det skulle gå 50 år før de første systematiske registreringer av komplikasjoner til yrkesdykking ble gjennomført i en populasjon av "caisson-workers" som arbeidet med tunnelarbeid (2).

Flere faktorer ved dykking er vist å kunne ha akutte virkninger på sentralnervesystemet, som omtalt i kapittel 1. Når det gjelder sentralnervesystemet er det spesielt trykkfallsyke som kan gi akutte nevrologiske utfall med fare for langtidssekvele. Høytrykksnervesyndromet (HPNS) gir en rekke sentralnervøse utfall som starter i kompresjonsfasen av dykk dypere enn ca 150-180 meter, men avtar vanligvis i løpet av få dager ved stabilt trykk.

Alle former for dykking medfører et dekompresjonsstress som kan føre til dannelse av mikrobobler lokalt i vev og i den venøse blodsirkulasjonen. Selv ved aksepterte dykkeprosedyrer oppstår det ofte gassbobledannelse i venøs sirkulasjon. Ved stor gassbelastning vil bobler kunne transporteres direkte gjennom lungene pga trykkøkningen i lungekretsløpet. Dersom det er en åpning mellom hjertets forkamrer, såkalt patent foramen ovale, som forekommer hos ca. 30% av befolkningen, eller karmisdannelser i lungene, vil gassbobler kunne passere direkte over til arteriesystemet. Luftdykking med lange bunntider ved dybder større enn 25- 35 meter synes å gi økt risiko for bobledannelse og dermed for trykkfallsyke (3). I forbindelse med dype forsøksdykkdykk til 360 meter ble det påvist gassbobler i venesirkulasjonen kontinuerlig fra 3.-5. døgn under dekompresjonen, som varte i 13 døgn, hos alle 18 forsøkspersonene (4).

Gassbobler kan føre til sirkulasjonsforstyrrelse med celledød og arrvevsdannelse. Gassbobler kan videre påvirke immunologiske prosesser med aktivering av komplementfaktorer, som igjen kan gi inflammatorisk skade. Disse mekanismene bidrar sannsynligvis til at utvikling av dekompresjonssykdom kan variere betydelig fra individ til individ.

Trykkfallsyke oppstår som regel mot slutten av dekompresjonsfasen eller i løpet av de første timene etter avsluttet dykk. Trykkfallsyke har tradisjonelt vært delt inn i type I og type II. Type I omfatter symptomer fra muskel-skjelett-systemet, hud og lymfe, hvor smerter fra ledd eller hud er vanligst. Type II omfatter nevrologiske, kardiovaskulære, audiovestibulære og/eller respiratoriske (chokes) symptomer (5).

Nevrologisk trykkfallsyke gir et sammensatt klinisk bilde hvor symptomene er avhengig av hvilke deler av nervesystemet som rammes. Dersom hjernen rammes er vanlige symptomer hodepine, tretthet, synsforstyrrelser, svimmelhet og hukommelses- og konsentrasjonsvansker. Dersom ryggmargen rammes er vanlige symptomer varierende grad av lammelser, forstyrrelse av følesans nedenfor skadestedet, påvirkning på urinblære, tarmfunksjon og seksualfunksjon. Ved affeksjon av hjernestammen kan symptomer som synsforstyrrelse, svimmelhet, kvalme, ustøhet, skjelving og hørselsforstyrrelser med øresus opptre. At cerebrale symptomer som

hodepine, tretthet og konsentrasjonsvansker kan være uttrykk for trykkfallsyke med affeksjon av hjernen er imidlertid først blitt generelt akseptert de senere årene. Synet på hva som kan være symptomer på nevrologisk trykkfallsyke har således endret seg i løpet av årene nordsjødykkerne har vært profesjonelt aktive (6,7).

I tillegg til sykdom og symptomer knyttet til dekompresjon, kan nevrologiske symptomer ha oppstått i forbindelse med hendelser dykkerne har vært utsatt for, kfr. kapittel 1. Gasskutt kan ha gitt hypoksi med potensiell skade av sentralnervesystemet, og ekstremitets-, nakke- og rygktraumer kan ha gitt perifere eller spinale nevrologiske skader.

I dette kapitlet rapporteres forekomsten av trykkfallsyke og andre hendelser og skader i forbindelse med dykking knyttet til symptomatologien som dykkerne har angitt i tilslutning til dette. Dette er dykkerrelatert sykdom og skade som potensielt kan gi langtidsskade i sentralnervesystemet.

## Metode

Det er 96 tidligere nordsjødykkere som er undersøkt og inkludert. De er beskrevet i detalj i kapittel 2 og 3. Informasjonen i dette kapitlet er dels hentet fra nevrologisk journal og dels fra det generelle spørreskjemaet. I forbindelse med nevrologisk undersøkelse ble det gjennomført et semistrukturert intervju (anamnese), og klinisk nevrologisk undersøkelse ble foretatt av spesialister i nevrologi som har journalført opplysningene på tradisjonell måte (ES, MG, HN).

Forekomst av symptomer/plager i tilslutning til dykk og utviklingen av disse over tid ble vektlagt. Opplysningene fra journalene ble systematisert ved at to nevrologer uavhengig av hverandre (HN/MG eller ES/HN) leste journalene på nytt og registrerte de i et hjelpeskjema. Skjemaene ble deretter gjennomgått av de samme to som da kom frem til et konsensus som så ble brukt i analysen. Resultatene fra det generelle spørreskjemaet vedrørende forekomst av trykkfallsyke, type, antall, og behandling rapporteres også i dette kapitlet.

Symptomer som dykkerne kan tilbakeføre til dykkeaktivitet ble kategorisert på følgende måte:

1. Symptomer forenlig med trykkfallsyke
2. Symptomer oppstått i forbindelse med gasskutt
3. Symptomer oppstått i forbindelse med fysisk traume knyttet til hendelser i forbindelse med dykkeaktivitet.
4. Symptomer i forbindelse med dykk uten at det ble av dykkeren oppfattet som trykkfallsyke.

## Resultater

### *Egenrapportert trykkfallsyke*

Bare 10 deltagere angir at de aldri har hatt trykkfallsyke. Seks dykkere besvarte ikke dette spørsmålet. Den hyppigst angitt form for trykkfallsyke er leddbends som 61 av de 96 deltagerne angir å ha hatt. (Tabell 1). De fleste har hatt slike bends flere ganger (gjennomsnittlig 5,8). Også hudbends har forekommet svært hyppig (50.2%).

Førtien av de undersøkte dykkerne (43%) angir at få eller ingen av tilfellene med trykkfallsyke ble behandlet av lege. Dykkerne med rapportert trykkfallsyke oppga at de gjennomsnittlig hadde 3,0 behandlede tilfeller og 6,3 ikke behandlede. Rapporteringen gjelder både antall tilfeller diagnostisert av lege, og tilfeller diagnostisert i samråd med meddykker/supervisor eller tilsvarende og hvor det kan være satt i gang rekompresjonsbehandling på eget initiativ.

**Tabell 1:** Trykkfallsyke rapportert i spørreskjema. N=96. Prosentandel angitt i parentes

| Type trykkfallsyke       | Antall dykkere (prosent) | Gjennomsnittlig antall | Median (spredning) |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|
| Leddbends                | 61 (63,5)                | 5,8                    | 3,0 (1-50)         |
| Hudbends                 | 50 (50,2)                | 4,9                    | 2,0 (1-25)         |
| Spinal/cerebral bends    | 18 (18,8)                | 1,3                    | 1,0 (1-3)          |
| Annen type               | 12 (12,5)                | 1,8                    | 1,0 (1-5)          |
| Aldri hatt trykkfallsyke | 10 (11,1)                |                        |                    |

### **Intervjurapportert trykkfallsyke**

Ved intervjuet oppga 80 dykkere å ha hatt symptomer som er forenlig med trykkfallsyke en eller flere ganger. Sekstiseks dykkere (68,8%) oppga symptomer i forbindelse med dykk som ikke ble vurdert som trykkfallsyke på det aktuelle tidspunkt, og som heller ikke kan knyttes til andre konkrete forhold ved de gjennomførte dykkene. Symptomer som angst og pustevansker er da ikke tatt med. Problemer i forbindelse med nedkjøling er heller ikke tatt med.

Tabell 2 viser forekomsten av symptomer ved diagnostisert trykkfallsyke, og symptomer knyttet til dykk hvor trykkfallsyke ikke ble vurdert som mulig forklaring. Pareser, sensibilitetsforstyrrelser og leddsmerter dominerer i kategorien diagnostisert trykkfallsyke. Dette er de klassiske symptomene ved trykkfallsyke slik den ble oppfattet i 1960 og 1970 årene (6). Hodepine, tretthet, angst, svimmelhet og ulike smertetilstander dominerer i kategorien som ikke ble vurdert som trykkfallsyke. Dette er symptomer som man i dag i større grad ville oppfattet som tegn på trykkfallsyke (7).

I denne kategorien rapporteres også mange tilfeller av bevissthetstap, i alt 20, men årsaksforholdene er her meget uklare.

Tabell 2. Oversikt over symptomer i forbindelse med trykkfallsyke og i tilslutning til dykk ellers blant 96 Nordsjødykkere.

| Symptomtype               | I forbindelse med trykkfallsyke, n=96 |      | I tilslutning til dykk ellers, n=96 |      |
|---------------------------|---------------------------------------|------|-------------------------------------|------|
|                           | Antall                                | %    | Antall                              | %    |
| Bevissthetstap            | 1                                     | 1,0  | 20                                  | 20,8 |
| Hodepine                  | 7                                     | 7,3  | 17                                  | 17,7 |
| Svimmelhet                | 6                                     | 6,3  | 10                                  | 10,4 |
| Kvalme                    | 3                                     | 3,1  | 7                                   | 7,3  |
| Øresus                    |                                       |      | 4                                   | 4,2  |
| Skjelving                 |                                       |      | 2                                   | 2,1  |
| Tretthet                  |                                       |      | 14                                  | 14,6 |
| Dobbeltsyn                | 1                                     | 1,0  |                                     |      |
| Tåkesyn                   | 8                                     | 8,3  | 3                                   | 3,1  |
| Pareser (lammelse)        | 8                                     | 8,3  | 1                                   | 1,0  |
| Sensibilitetsforstyrrelse | 37                                    | 38,5 | 10                                  | 10,4 |
| Balansevansker            | 4                                     | 4,2  | 4                                   | 5,2  |
| Angst                     | 1                                     | 1,0  | 25                                  | 26,0 |
| Smerter                   | 7                                     | 7,3  | 18                                  | 18,8 |
| Pustevansker              | 2                                     | 2,1  | 11                                  | 11,5 |
| Leddsmertter              | 52                                    | 54,2 | 17                                  | 17,7 |
| Nedkjøling                |                                       |      | 21                                  | 21,9 |

#### *Gasskutt*

Bevissthetstap i forbindelse med dykking ble rapportert av 34 dykkere hvorav 13 sier at dette skyldtes gasskutt.

Det rapporteres ingen andre spesifikke nevrologiske symptomer i forbindelse med dette, men angst (3 dykkere) og pustevansker (1 dykker) angis av noen få.

#### *Fysiske traumer*

Fire dykkere (4,2%) har vært bevisstløse i forbindelse med fysisk traume. Lammelser(1 dykker), angst(1 dykker) og smerter(3 dykkere) er øvrige symptomer rapportert i forbindelse med fysiske traumer.

#### *Vedvarende symptomer*

Tabell 3 viser forekomst av vedvarende plager etter et bestemt dykk, oftest ulike smertetilstander. En dykker er registrert med flere vedvarende symptomer. Trykkfallsyke er hovedårsaken til de fleste persisterende symptomene.

Tabell 3. Symptomer som har vedvart fram til i dag hos enkelte av de 96 dykkerne og som kan tilbakeføres til et bestemt dykk.

| Symptomtype               | Antall dykkere | %   |
|---------------------------|----------------|-----|
| Smerte                    | 5              | 5,2 |
| Leddsmarter               | 2              | 2,1 |
| Hodepine                  | 2              | 2,1 |
| Øresus                    | 2              | 2,1 |
| Tretthet                  | 1              | 1,0 |
| Dobbeltsyn                | 1              | 1,0 |
| Tåkesyn                   | 1              | 1,0 |
| Parese (lammelse)         | 1              | 1,0 |
| Sensibilitetsforstyrrelse | 1              | 1,0 |

### Diskusjon

Intervju og nevrologisk undersøkelse er foretatt av en av tre spesialister i nevrologi. Dykkerne har vært til undersøkelse hos flere andre spesialister i andre fagfelt over en tredagers utredningsperiode. Det gir en mulighet for at dykkerne selektivt kan ha informert/ikke informert i ulike situasjoner.

Til sammen 34 (35,4%) av de undersøkte dykkerne har vært bevisstløs under dykking en eller flere ganger, særlig i forbindelse med gasskutt. Andre årsaker til bevissthetstap under dykk kan tenkes å være udiagnostisert trykkfallsyke, valsalva induisert synkope (16), annen bradykardi (17) eller nær- drukning. Man må anta at slike episoder kan ha medført økt risiko for hjerneskade hos dykkeren, spesielt ved hypoksi- episoder ved gasskutt.

Trykkfallssyke ledsaget av EEG- forandringer i form av generalisert elektrisk cerebral dysrytmi ble første gang beskrevet her i landet i 1955 hos 2 dykkere med kliniske tegn på bends, men uten cerebrale symptomer (8). Nevrologisk trykkfallsyke viser seg å være en alvorlig tilstand som kan ramme hele sentralnervesystemet og føre til varige seinfølger hos dykkerne (9). I tillegg har undersøkelser før og etter dykk vist en økt forekomst av nye nevrologiske funn umiddelbart etter dype dykk (300- 360 m.) hos dykkere uten mistanke om trykkfallsyke (10,11).

Todnem et al. (12) undersøkte til sammen 40 aktive metningsdykkere (24- 49 år) som på det tidspunktet utgjorde alle norske dypdykkere bortsett fra en. Til sammen 26 hadde hatt trykkfallsyke og av disse hadde 14 hatt symptomer fra nervesystemet. Åtte rapporterte at de hadde hatt bevissthetstap i forbindelse med dykking. To dykkere hadde hatt krampeanfall etter dypdykkene. De 40 dykkerne hadde flere symptomer fra sentralnervesystemet, hvor konsentrasjonsvansker og parestesier var de mest uttalte. Våre tall samsvarer med dette selv om vi har intervjuet eldre dykkere med en mulig lengre dykkekarriere. Det er trolig at vi har undersøkt noen av disse 40 dykkerne i vår studie og at vi derfor må ta dette med i betraktning når vi sammenligner resultatene.

Trykkfallsyke har forekommet hos ca. 80% av dykkerne en eller flere ganger, tabell 2. Leddsmarter er det hyppigste symptomet ved trykkfallsyke og rapporteres av mer enn halvparten av dykkerne. Sensibilitetsforstyrrelser er det mest vanlige symptom ved nevrologiske trykkfallsyke. Det kliniske bildet ved trykkfallsyke er det samme som i andre

studier. De symptomene som er rapportert i forbindelse med trykkfallsyke viser et klinisk bilde som samsvarer med det som Todnem et al. beskriver i 1991 (13). En Australsk studie av trykkfallsyke hos dykkere på tunfiskanlegg (14), viser et klinisk bilde som samsvarer med det vi har registrert for Nordsjødykkerne.

Hodepine er relativt vanlig hos metningsdykkere og 1/3 rapporterte hodepine etter avsluttet dekompresjon (15). I tillegg har 17,7% av dykkerne i vårt materiale rapportert hodepine i tilslutning til dykk ellers. Hodepine ble rapportert hos 7 av dykkerne (7,3%) i forbindelse med trykkfallsyke. Til sammenligning er det rapportert hos 4% av dykkerne i 1964 (6), og 16% i materialet fra Divers Alert Network fra år 2000 (7).

Som vist i tabell 2 ser det ut til at dykkerne også har hatt symptomer fra hjernen ved dykk uten at det har vært vurdert som trykkfallsyke. I studien ved Todnem et al. rapporterte 33% av dykkerne at de hadde hatt symptomer fra hjernen eller ryggmargen i tilslutning til dekompresjon, men som ikke ble oppfattet som trykkfallsyke(18). Dette kan skyldes den kunnskapen man hadde om trykkfallsyke på 1970 og 80- tallet, og at de diffuse symptomene ble lagt mindre merke til. Det er derfor grunn til å anta at det foreligger underrapportering av nevrologisk trykkfallsyke. Det er også grunn til å anta at også andre forhold ved dykking enn dybde og dekompresjon kan gi effekter på sentralnervesystemet.

## Konklusjon

Symptomer fra nervesystemet i forbindelse med dykking ble hyppig rapportert av de nordsjødykkerne som har deltatt i denne studien. Særlig alvorlig er opptreden av bevissthetstap i tilslutning til dykk Dykkerne rapporterte høy forekomst av diagnostisert trykkfallsyke og i tillegg har de nesten like ofte hatt symptomer i tilslutning til dykk som kan representere underrapportert trykkfallsyke.

## Referanser

1. Lie HP. Om faren ved at dykke på dypt vann. *Medicinsk Revue*, 1904; 21: 204- 216.
2. Rozahegyi I. Late consequences of the neurological forms of decompression sickness. *Br J Ind Med*, 1959; 16: 311- 317.
3. Shields TS, Duff PM, Wilcock SE. Decompression sickness from commercial off-shore air diving operations on the UK continental shelf 1982-1988. Robert Gordon Institute of Technology, Aberdeen. 1989.
4. Thorsen E, Hjelle J, Segadal K et al. Exercise tolerance and pulmonary gas exchange after deep saturation dives. *J Appl Physiol* 1990; 68: 1809-1814.
5. Francis TJR, Mitchell SJ. Manifestations of Decompression Disorders. In: Bennett and Elliott's *Physiology and Medicine of diving* (eds. Brubakk AO, Neuman TS). Saunders, Edinburgh, 2003: 578- 599.
6. Rivera JC. Decompression sickness among divers: an analysis of 935 cases. *Mil Med* 1963; 129: 314-334.
7. Vann R, Uggucioni D (eds). Report on diving accidents and fatalities, 2000 edition, based on 1998 data. Durham NC: Divers Alert Network, 2000.
8. Albretsen CS. Bends ved trykkfallsyke(dykkersyke). *Tidsskrift Nor Lægeforen* 1955;2:50-51.



9. Brew S et al. The outcome of 125 divers with dysbaric illness treated by recompression in HMNZS PHILOMEL. South Pacific Undersea Medical Society, SPUMS Journal 1990; 20: 226- 230
10. Aarli JA, Værnes R, Brubakk AO, Nyland H, Skeidsvoll H, Tønjum S. Central nervous dysfunction associated with deep- sea diving. Acta Neurol Scand 1985; 71: 2-10.
11. Todnem K, Nyland H, Dick APK, Lind O, Svihus R, Molvær OI, Aarli JA. Immediate neurological effects of diving to a depth of 360 meters. Acta Neurol Scand 1989; 80: 333-340.
12. Todnem K, et al. Akutte og kroniske effekter på nervesystemet ved dypdykking. Tidsskr Nor Lægeforen 1993; 113: 36- 39.
13. Todnem K, et al. Neurologisk trykkfallsyke. Tidsskr Nor Lægeforen 1991; 111: 2091-2094.
14. Whyte P et al. Decompression illness in the tuna farm divers of South Australia. South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS) Journal Volume 31 NO. 1 March 2001.
15. Englund M, Risberg J. Self reported headache during saturation diving. Aviat Space Envir Med 2003; 74: 236- 241.
16. Diehl RR, Linden D, Bunger B, Schafer M, Berlitz P. Valsalva- induced syncope during apnea diving. Clin Auton Res 2000 Dec; 10(6):343- 5.
17. Bove AA et al. Diving bradycardia as a factor in underwater blackout. Aerosp Med 1973; 44(3): 245-8.
18. Todnem K, et al. Influence of occupational diving upon the nervous system: an epidemiological study. Br J Ind Med 1990; 47: 708- 714.

## Kapittel 6

### Nevrologiske symptomer og funn hos tidligere nordsjødykkere.

Endre Sundal, Ågot Irgens, Harald Nyland og Marit Grønning

Metningsdykking ble utviklet som dykketeknikk på slutten av 1960-årene og ble brukt i norsk sektor i Nordsjøen fra slutten av 1970-årene. Den første tiden i Nordsjøen benyttet man såkalt "bounce"-dykking med blandingsgass av helium-oksygen. På mindre dybder dykket man med luft. Nevrologiske symptomer kunne oppstå både ved trykkfallsyke og i tilslutning til dykk hvor muligheten for trykkfallsyke ikke var vurdert, se kapittel 4. Dette kapitlet omhandler dykkernes nåværende nevrologiske symptomer og kliniske status. Resultatene sammenlignes med en kontrollgruppe som er beskrevet i kapittel 2.

Følgetilstander etter alvorlig nevrologisk trykkfallsyke (decompression sickness, DCS type II) er angitt til å forekomme hos 24- 80% av dykkerne (1-5). Det er spesielt de dykkerne som har hatt spinal trykkfallsyke som synes å utvikle alvorlig funksjonssvikt. Et kombinert klinisk bilde i den akutte fasen med både motoriske og sensoriske utfall, spesielt når underekstremitetene er involvert, er prognostisk ugunstig (4). Tidlig hyperbar oksygenbehandling reduserer forekomsten av varige seinfølger, men i de mest alvorlige tilfellene hjelper ikke behandling selv med rekompresjon over flere døgn. Whyte et al. (4) beskriver varige seinfølger i form av smerter, kognitiv svikt, tretthet og humørsvingninger hos 25- 52% av 22 dykkere behandlet for trykkfallsyke.

Trykkfallsyke var en relativt hyppig komplikasjon hos arbeidere i tunnellanlegg, "caisson-workers" i 1950 og 1960-årene. Rozsahegyi fant ved klinisk nevrologisk undersøkelse flere funn fra nervesystemet hos tunnellarbeidere som hadde hatt nevrologisk trykkfallsyke sammenlignet med tunnellarbeidere som hadde hatt trykkfallsyke type I og friske kontrollpersoner (6).

Nye nevrologiske funn etter dype metningsdykk er rapportert både av Aarli og medarbeidere og av Todnem og medarbeidere (7,8). Todnem og medarbeidere fant dessuten hos aktive dykkere at forekomst av nevrologiske symptomer og funn økte med økende antall år dykkeeksponering (9).

Når man kan påvise akutte effekter av en gitt eksponering, er det mulighet for resteffekter som akkumuleres til en langtidseffekt. Som tidligere referert i denne rapporten konkluderte man ved Godøysundkonferansen "Long term effects of diving. An International Consensus Conference" med at det er holdepunkter for effekter av dykking på nervesystemet som ikke kan forklares ved kjent dykkerrelatert sykdom og skade eller annen yrkesrelatert eksponering (10).

#### Metode

De 96 dykkerne som er inkludert i undersøkelsen er beskrevet i kapittel 2 og 3. Fire ble ekskludert fra enkelte statistiske analyser på grunn av kreft, hjerneinfarkt eller gjennomgått hjerteoperasjon, to på grunn av ryggmargsskade av annen årsak.

Et semistrukturert intervju og klinisk nevrologisk undersøkelse ble utført av tre spesialister i nevrologi som har journalført opplysningene (ES, MG, HN). Det semistrukturerte intervjuet ble systematisert som angitt i foregående kapittel.

Den klinisk nevrologiske undersøkelsen er utført som beskrevet av Monrad Krohn (11) og omfatter følgende delundersøkelser:

*Mental status* som omfatter en beskrivelse av de mentale funksjoner som observeres i løpet av undersøkelsen. Det legges vekt på å registrere pasientens oppmerksomhet, persepsjon og forståelse, orientering i tid og sted, hukommelse for nye og eldre begivenheter, resonnerende evne og en enkel regneprøve, samt emosjonell status.

*Hjernenerveundersøkelsen* omfatter en undersøkelse av luktesans, synsfelt, pupillreaksjon og øyebevegelse, ansiktsmuskulatur og hudsensibilitet i ansiktet, undersøkelse av nervus facialis, stemmegaffelprøve, svelgfunksjon, artikulasjon og tungens bevegelse. Testing av nervus accessorius inngår i motilitetsundersøkelsen. Talefunksjonen registreres.

*Motilitetsundersøkelsen* omfatter inspeksjon for deformiteter eller atrofier, muskeltonus, en systematisk undersøkelse av kraftprestasjoner og tempo.

*Koordinasjon og cerebellære prøver* omfatter koordinasjon av ekstremiteter i form av pekefinger-nesetipprøve, kne-hælprøve og inspeksjon for tremor, videre cerebellære prøver som undersøkelse av spontandeviasjon, dysdiadokokinesi, Stewart-Holmes prøve, hypotoni og også balanseprøver ved stående stilling i form av Rombergs prøve og skjerpet Rombergs prøve med lukkede øyne.

*Sensibilitetsundersøkelsen* omfatter den overfladiske sensibilitet, berøring med bomull og stikkfølelse, de dype sansekvaliteter i form av leddsans og vibrasjonssans.

*Refleksundersøkelsen* omfatter de dype senereflekser, biceps, triceps, radialis periost, patellar og achilles, i tillegg de overfladiske hudreflekser; plantarreflekser og abdominalreflekser.

Ved undersøkelse av ryggen registreres krumninger, bevegelsesutslag og holdningsendringer.

Bortsett fra reflekser ble funn ved den enkelte undersøkelse vurdert som normal eller unormal. Dype senereflekser ble gradert i fem kategorier. Både ikke- utløsbar/svekket refleks og hyperrefleksi ble vurdert som unormale reflekser. I tillegg ble refleksasymmetri vurdert som unormalt. Abdominalreflekser ble kategorisert som normal, svekket eller fraværende i alle tre nivåer på begge sider. Plantarreflekser ble kategorisert i nedadvent, ikke utløsbar eller invertert medialt og lateralt begge ben.

#### *Kontrollgruppe*

Kontrollgruppe til prosjektet ble tilfeldig trukket ut fra normalpopulasjonen som angitt i kapittel 2. Av disse ble en tilfeldig gruppe på 52 personer som var matchet på alder fordelt til nevrologisk undersøkelse. En av disse hadde hatt kreftsykdom og en var hjerteoperert.

Kontrollpersonene gjennomgikk klinisk nevrologisk undersøkelse som beskrevet over og resultatene ble registrert på samme måte som for dykkerne. Dykkerne ble sammenlignet med kontrollgruppen både med og uten eksklusjonskriteriene.

## Resultater

### *Sykdom i familien*

Hjerte- kar sykdom var den hyppigste rapporterte sykdommen i dykkernes familier (Tabell 1). Dette inkluderer hypertensjon, og forekomsten er som ellers i befolkningen eller lavere (12).

Tabell 1. Forekomst av sykdommer i slekten

|                        | Antall dykkere | %    |
|------------------------|----------------|------|
| Demens i slekten       | 5              | 5,2  |
| Reumatisk sykdom       | 3              | 3,1  |
| Hjerte- kar sykdom     | 23             | 24,0 |
| Cerebrovaskulær sykdom | 3              | 3,1  |

### *Sykdom og skade ikke relatert til dykking*

Førtiåtte dykkere (50%) hadde vært utsatt for skader også utenom dykkeaktiviteten, hyppigst rapportert var hodetraume med og uten bevissthetstap samt ekstremitetstraume. Nesten 20% oppga kardiovaskulær sykdom først og fremst i form av høyt blodtrykk. Under "Annet" kommer en rekke tilfeldige sykdommer og tilstander som dykkerne har hatt opp gjennom årene, som for eks. pneumoni, appendicitt.

Tabell 2. Forekomst av andre sykdommer og skader som i utgangspunktet ikke oppfattes å være dykkerrelaterte hos gruppen av dykkere

|                                | Antall dykkere | %    |
|--------------------------------|----------------|------|
| Hodetraume med bevissthetstap  | 23             | 24,0 |
| Ekstremitetstraume             | 22             | 22,9 |
| Kardiovaskulær sykdom          | 18             | 18,8 |
| Hodetraume uten bevissthetstap | 14             | 14,6 |
| Ryggtraume                     | 9              | 9,4  |
| Revmatisk sykdom               | 5              | 5,2  |
| Nakketraume                    | 3              | 3,1  |
| Annet, med forekomst $\leq 3$  | 53             | 55,2 |

### *Dykkernes aktuelle symptomer*

Tabell 3 viser at mer enn 3 av 4 dykkere rapporterte kognitiv svikt i form av hukommelses- og konsentrasjonsvansker. I tillegg har de redusert kapasitet i form av tretthet og utmattelsesfølelse. En stor del av dykkerne rapporterte psykiske vansker i form av irritabilitet, humørsvingninger, depresjon og angst. Nevrologiske symptomer i form av sensibilitetsforstyrrelser, hodepine, svimmelhet, balanseproblemer med klossethet og skjelving var også vanlig.

Tabell 3. Symptomer rapportert ved konsultasjon på undersøkelsestidspunktet

|  | Antall dykkere | %    |
|--|----------------|------|
| Hukommelsesvansker                           | 80             | 83,3 |
| Konsentrasjonsvansker                        | 70             | 72,9 |
| Søvnvansker                                  | 66             | 68,8 |
| Tretthet                                     | 57             | 59,4 |
| Leddsmarter                                  | 52             | 54,2 |
| Irritabilitet                                | 47             | 49,0 |
| Depresjon                                    | 44             | 45,8 |
| Korsryggsmarter                              | 43             | 44,8 |
| Sensibilitetsforstyrrelser (nedsatt følelse) | 39             | 40,6 |
| Hodepine                                     | 39             | 40,6 |
| Øresus                                       | 39             | 40,6 |
| Balanseproblemer                             | 33             | 34,4 |
| Angst  | 30             | 31,3 |
| Svimmelhet                                   | 29             | 30,2 |
| Utmattelse                                   | 22             | 22,9 |
| Muskelsmarter                                | 20             | 20,8 |
| Nakkesmarter                                 | 20             | 20,8 |
| Klossethet                                   | 16             | 16,7 |
| Humørsvingninger                             | 13             | 13,5 |
| Skjelving                                    | 13             | 13,5 |
| Sosial isolasjonstendens                     | 11             | 11,5 |
| Pustevansker                                 | 10             | 10,4 |
| Tåket syn                                    | 7              | 7,3  |
| Pareser (lammelser)                          | 7              | 7,3  |
| Økt snubletendens                            | 6              | 6,3  |
| Kvalme                                       | 2              | 2,1  |
| Dobbeltsyn                                   | 1              | 1,0  |

Tabell 4 viser resultatene hentet fra spørreskjema om helse for dykkerne (ref. kapittel 3) sammenlignet med resultatene hentet fra opplysninger fra dykkernes journaler. Tabellen viser forekomsten av symptomene som er beskrevet begge steder. I opplysninger hentet fra journal finner man et tilsvarende mønster som i spørreskjemaet med gjennomgående litt lavere prosentandel, bortsett fra hodepine og søvnvansker. Dette kan skyldes at man ved journalopptaket har stillet flere detaljspørsmål om søvn og hodepine. I intervjuet har dykkerne fortalt fritt om sine plager i tillegg til å svare på spørsmål. I varierende grad kan opplysninger om og spørsmål om enkelte symptomer og plager uteblitt.

Tabell 4. Symptomer som dykkerne rapporterer i spørreskjema og ved journalopptak

| Symtomtype              | Opplysninger fra spørreskjema |      | Opplysninger fra journal |      |
|-------------------------|-------------------------------|------|--------------------------|------|
|                         | Antall                        | %    | Antall                   | %    |
| Glemsomhet/huk. vansk.  | 87                            | 90,6 | 80                       | 83,3 |
| Oppmerksomhetsprobl.    | 73                            | 76,0 | 70                       | 72,9 |
| Trett                   | 71                            | 74,0 | 57                       | 59,4 |
| Leddsmertes             | 68                            | 70,8 | 52                       | 54,2 |
| Irritabilitet           | 66                            | 68,8 | 47                       | 49,0 |
| Nummen/nedsatt følesans | 62                            | 64,6 | 39                       | 40,6 |
| Ryggsmerter             | 59                            | 61,5 | 43                       | 44,8 |
| Deprimert               | 58                            | 60,4 | 44                       | 45,8 |
| Søvnvansker             | 58                            | 60,4 | 66                       | 68,8 |
| Øresus                  | 56                            | 58,3 | 39                       | 40,6 |
| Svimmel                 | 46                            | 47,9 | 29                       | 30,2 |
| Ustø/balanseprobl.      | 45                            | 46,9 | 33                       | 34,4 |
| Skjelving               | 41                            | 42,7 | 13                       | 13,5 |
| Engstelig               | 35                            | 36,5 | 30                       | 31,3 |
| Hodepine                | 32                            | 33,3 | 39                       | 40,6 |

I gruppen undersøkte dykkere er det signifikant større forekomst av alle symptomer som ble rapportert i spørreskjema, sammenlignet med kontrollgruppen fra normalpopulasjonen, tabell 5.

Tabell 5. Rapporterte symptomer hos 96 undersøkte dykkere(UD) og 151 menn fra normalpopulasjonen (NP) matchet på alder.

| Symptom                 | ant      | ant      | Undersøkte dykkere/<br>normalpopulasjon |            |
|-------------------------|----------|----------|---|------------|
|                         | (%)      | (%)      | OR                                      | CI         |
| Hjertebank              | 42(43,8) | 10 (6,6) | 11,0                                    | 5,14-23,4  |
| Skjelving               | 41(42,7) | 7(4,6)   | 15,3                                    | 6,49-36,2  |
| Svetteing               | 42(43,8) | 14(9,3)  | 7,61                                    | 3,85-15,1  |
| Trykk for brystet       | 17(17,7) | 4(2,6)   | 7,91                                    | 2,57-24,3  |
| Nummen                  | 62(64,6) | 19(12,6) | 12,7                                    | 6,70-24,0  |
| Smerter hender/føtter   | 51(53,1) | 9(6,0)   | 17,9                                    | 8,17-39,2  |
| Svakhet hender/føtter   | 45(46,9) | 4(2,6)   | 32,4                                    | 11,1-94,6  |
| Ustø                    | 45(46,9) | 9(6,0)   | 13,9                                    | 6,36-30,5  |
| Svimmel                 | 46(47,9) | 6(4,0)   | 22,2                                    | 8,95-55,2  |
| Øresus                  | 56(58,3) | 30(19,9) | 5,65                                    | 3,20-9,98  |
| Hørselsnedsettelse      | 57(59,4) | 35(23,2) | 4,84                                    | 2,78-8,44  |
| Reisesyke               | 17(17,7) | 13(8,6)  | 2,28                                    | 1,05-4,95  |
| Oppmerksomhetsproblemer | 73(76,0) | 10(6,6)  | 44,8                                    | 20,2-99,0  |
| Glemsomhet              | 87(90,6) | 20(13,2) | 63,3                                    | 27,6-146,0 |
| Irritabel               | 66(68,8) | 8(5,3)   | 39,3                                    | 17,1-90,4  |

|                       |          |          |       |            |
|-----------------------|----------|----------|-------|------------|
| Deprimert             | 58(60,4) | 8(5,3)   | 27,3  | 12,0-62,0  |
| Engstelig             | 35(36,5) | 4(2,6)   | 21,1  | 7,19-61,9  |
| Trett                 | 71(74,0) | 15(9,9)  | 25,8  | 12,87-51,9 |
| Søvnvansker           | 58(60,4) | 12(7,9)  | 17,7  | 8,62-36,2  |
| Vannlatningsproblemer | 28(29,2) | 6(4,0)   | 9,95  | 3,94-25,2  |
| Hodepine              | 32(33,3) | 10(6,6)  | 7,05  | 3,27-15,2  |
| Ryggsmerter           | 59(61,5) | 33(21,9) | 5,70  | 3,25-10,0  |
| Leddsmerter           | 68(70,8) | 25(16,6) | 12,24 | 6,62-22,6  |

Data ble analysert med tanke på en eventuell assosiasjon mellom forekomsten av de mentale symptomene, de nevrologiske funnene og samtidig kardiovaskulær sykdom (som regel hypertensjon), tidligere hodetraume med bevissthetstap eller tidligere og nåværende alkoholvaner og alder, årsaksfaktorer som ikke er dykkerrelatert. Odds ratio (OR) ble beregnet og ble ikke funnet signifikant for noen av forklaringsvariablene. Se tabell 6.

Som vist i kapittel 3 er alkoholforbruk sammenlignbart blant undersøkte dykkere og normalpopulasjonen. Dette viser analyse av forekomst under og over 12 enheter/uke i gruppene (OR 2,30 [CI 0,84-6,45]).

Tabell 6. Odds ratio og 95% konfidensintervall for mulige sammenhenger mellom nevrologiske symptomer og funn og aktuelle forklaringsvariabler

|                       | Kardio-vaskulær sykdom | Hodetraume med bevissthetstap | Alkoholforbruk >5 enheter per uke | Alder            |
|-----------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| <b>Symptomer</b>      |                        |                               |                                   |                  |
| Hukommelse            | 0,64 (0,18-2,30)       | 0,93 (0,27-3,20)              | 2,40 (0,63-9,30)                  | 1,07 (0,99-1,16) |
| Konsentrasjonsvansker | 2,09 (0,55-7,90)       | 3,07 (0,83-11,4)              | 1,09 (0,41-2,92)                  | 0,99 (0,93-1,06) |
| Søvnvansker           | 1,23 (0,39-3,80)       | 0,81 (0,30-2,18)              | 2,22 (0,83-5,95)                  | 1,00 (0,94-1,07) |
| Tretthet              | 1,09 (0,38-3,12)       | 1,09 (0,42-2,87)              | 0,80 (0,34-1,91)                  | 0,96 (0,90-1,02) |
| <b>Funn</b>           |                        |                               |                                   |                  |
| Hjernenervefunn       | 0,57 (0,12-2,77)       | 1,07 (0,31-3,70)              | 0,64 (0,19-2,19)                  | 1,02 (0,94-1,11) |
| Motilitetsfunn        | 1,27 (0,44-3,66)       | 1,02 (0,38-2,74)              | 1,20 (0,49-2,93)                  | 0,98 (0,92-1,04) |
| Sensibilitetsfunn     | 2,73 (0,93-8,00)       | 0,84 (0,33-2,15)              | 1,80 (0,76-4,27)                  | 1,06 (1,00-1,12) |
| Koordinasjonsfunn     | 1,04 (0,35-2,91)       | 1,24 (0,48-3,18)              | 0,96 (0,40-2,29)                  | 1,02 (0,96-1,08) |

### *Nevrologiske funn*

74 (77%) av dykkerne hadde ett eller flere nevrologiske funn. Dette gir en forekomst på 19,3% dersom antall funn fordeles på det beregnede antall nordsjødykkere på 375. Av 35 dykkere i vår gruppe med alder under 50 år hadde 26 (74%) ett eller flere nevrologiske funn. Det er for de undersøkte dykkerne ikke signifikant forskjellig forekomst av nevrologiske funn hos dem med alder over 50 år sammenlignet med dykkerne under 50 år.

Resultat fra den kliniske nevrologiske undersøkelsen viser at sensibilitetstap og sviktende koordinasjon og cerebellar funksjon er de vanligste funn hos over 40% av de undersøkte

dykkerne. Refleksasymmetri ble påvist hos ca. 1/3 av dykkerne. De refleksundersøkelsene som kan påvise mulig sentralnevrologisk utfall eller skade hos dykkerne viser forandringer hos ca. 40% (for eksempel hyperrefleksi, svekket abdominalrefleks).

De nevrologiske delundersøkelsene er gruppert slik at alle tester på motilitet er samlet. Dette er gjort tilsvarende for sensibilitetsundersøkelsene, hjernenerver, koordinasjon og reflekser.

Tabell 7. Oppsummering av nevrologiske funn

|                                       | Antall dykkere med unormale funn | Andel av 96 dykkere | Andel av 375 dykkere |
|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|
| Mental status                         | 23                               | 24,0%               | 6,1%                 |
| Hjernenerver                          | 16                               | 16,7                | 4,3                  |
| Motilitet                             | 33                               | 34,4                | 8,8                  |
| Koordinasjon og cerebellære prøver    | 42                               | 43,8                | 11,2                 |
| Sensibilitet                          | 45                               | 46,9                | 12,5                 |
| Gangfunksjon                          | 8                                | 8,3                 | 2,1                  |
| Refleksasymmetri                      | 28                               | 29,2                | 7,5                  |
| Refleksforandring (sentralt betinget) | 40                               | 41,7                | 10,7                 |

Refleksasymmetri omfatter asymmetri som skyldes affeksjon av både perifere og sentrale nervesystem. Refleksforandring(sentralt betinget) omfatter kun resultater som kan påvise sentralnevrologisk affeksjon.

Det kunne heller ikke påvises noen assosiasjon mellom nevrologiske funn og hjerte/kar sykdom, hodetraume, alkoholforbruk eller alder.

I tabell 8 sammenlignes forekomsten av nevrologiske funn hos dykkerne med forekomst av funn hos kontrollgruppen. Det er statistisk signifikant forskjell for alle de nevrologiske delundersøkelser bortsett fra hjernenerveundersøkelsene. Det er størst forskjell mellom gruppene for sensibilitetsutfall men også store forskjeller for koordinasjonsforstyrrelser og motoriske utfall.

I kontrollgruppen hadde en person kreftsykdom, en hadde vært hjerteoperert. I dykkegruppen hadde 2 personer kreftsykdom, en hadde gjennomgått hjerteoperasjon(by-pass operasjon), og en oppga i journal at han hadde hatt hjerneslag. Resultatene ble ikke forandret nevneverdig da man tok ut fra dykkegruppen og kontrollgruppen de personene som hadde en av eksklusjonsdiagnosene. To dykkere hadde ryggmargskade av annen årsak enn dykking. Data ble analysert med også disse 2 ekskludert (N=90) som vist i tabell 9.



Tabell 8. Nevrologiske funn hos dykkerne vs. kontrollgruppen uten og med eksklusjonsdiagnosene.

|  | Dykkere<br>N=96<br>(%) | Kontroller<br>N=52<br>(%) | OR og CI        | Dykkere<br>uten<br>ekskl.diagn<br>N=90 (%) | Kontroller<br>uten<br>ekskl.diag<br>N=50<br>(%) | OR og CI         |
|--|------------------------|---------------------------|-----------------|--|---|------------------|
| Mental status                            | 24,0                   | 0,0                       | -               | 24,4                                       | 0,0   |                  |
| Hjernenerver                             | 16,7                   | 5,8                       | 3,27(,86-18,3)  | 16,7                                       | 6,0   | 3,13(0,82-17,66) |
| Motilitet                                | 34,4                   | 5,8                       | 8,56(2,43-45,6) | 32,2                                       | 6,0   | 7,45(2,09-40,04) |
| Koordinasjon<br>og cerebellære<br>Prøver | 43,8                   | 5,8                       | 12,7(3,64-67,2) | 43,3                                       | 6,0   | 12,0(3,39-63,65) |
| Sensibilitet                             | 46,9                   | 1,9                       | 45,0(5,97-339)  | 44,4                                       | 2,0   | 39,2(6,02-1618)  |
| Gangfunksjon                             | 8,3                    | 0,0                       | -               | 5,6  | 0,0   |                  |
| Refleksasym-<br>metri                    | 29,2                   | 19,2                      | 1,73(0,72-4,40) | 27,7                                       | 20,0  | 1,54(0,63-3,98)  |
| Refleks-<br>forandringer<br>(sentr.)     | 41,7                   | 21,2                      | 2,66(1,16-6,43) | 40,0                                       | 22,0  | 2,36(1,02-5,78)  |

Tabell 9 viser en oversikt over refleksforandringer som kan tale for affeksjon av sentralnervesystemet hos dykkerne sammenlignet med kontrollgruppen. Tabellen viser en statistisk signifikant forskjell på abdominalrefleksen der dykkerne har hyppigere svekket eller utslukket refleks. Dette kan indikere at dykkerne har hyppigere affeksjon av hjerne og spesielt ryggmarg.

Tabell 9. Refleksforandringer fra sentralnervesystemet hos dykkerne vs. kontrollgruppen uten eksklusjonsdiagnosene

| Type refleks                            | Antall dykkere med unormal refleks, n=96 |      | Kontroller N=52 |      | OR CI             |
|---|--|------|-----------------|------|-------------------|
|   | Antall                                   | %    | Antall          | %    |                   |
| Hyperrefleksi                           | 11                                       | 11,5 | 2               | 3,8  | 3,24(0,66- 31,01) |
| Svekket el. utslukket abdominal refleks | 33                                       | 34,4 | 8               | 15,4 | 2,88(1,16- 7,87)  |
| Invertert plantarrefleks                | 5  | 5,2  | 1               | 1,9  | 2,80(0,30- 135,1) |
| Sideforskjell plantarrefleks            | 9  | 9,4  | 3               | 5,8  | 1,69(0,40- 10,12) |

I tilsvarende analyse hvor 6 dykkere og 2 kontroller er ekskludert på grunn av hjertesykdom, kreft, hjerneinfarkt eller ryggmargskade, var ikke forskjellen mellom dykkere og kontroller lengre signifikant mht. svekket eller utslukket abdominalrefleks (OR=2,50. CI: 0,98- 6,91).

Tabell 10 viser en oversikt over dykkernes nevrologiske funn i forhold til hvor mye de har utført av luftdykking, bounce- dykking, metningsdykking, dypdykking og lengde på dykkekarriere. For de dykkerne som er med i denne studien er det en trend mot at mengden luftdykking de har utført kan ha hatt betydning for graden av nevrologiske funn.

Tabell 10. Trendanalyse for nevrologiske funn hos dykkerne i forhold til hvor mye de har dykket. Basert på opplysninger i spørreskjema.

| Nevrologiske funn          |       |           |           |           | Test for trend |
|----------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| <b>Antall år dykking</b>   | <25%  | 25-50%    | 50-75%    | >75%      |                |
| Antall                     | 12    | 22        | 13        | 13        |                |
| Prosent                    | 20,0% | 36,7%     | 21,7%     | 21,7%     |                |
| OR                         | 1     | 3,67      | 3,61      | 2,71      | 0,17           |
| CI                         |       | 0,87-16,7 | 0,67-24,5 | 0,56-14,8 |                |
| <b>Antall luftdykk</b>     | <25%  | 25-50%    | 50-75%    | >75%      |                |
| Antall                     | 9     | 12        | 18        | 15        |                |
| Prosent                    | 16,7% | 22,2%     | 33,3%     | 27,8%     |                |
| OR                         | 1     | 3,33      | 10,0      | 4,17      | 0,02           |
| CI                         |       | 0,65-19,0 | 1,54-106  | 0,84-23,1 |                |
| <b>Antall metningsdøgn</b> | <25%  | 25-50%    | 50-75%    | >75%      |                |
| Antall                     | 18    | 17        | 12        | 12        |                |
| Prosent                    | 30,5% | 28,8%     | 20,3%     | 20,3%     |                |
| OR                         | 1     | 0,54      | 0,38      | 1,33      | 0,96           |
| CI                         |       | 0,10-2,62 | 0,07-1,94 | 0,16-16,8 |                |
| <b>Antall bouncedykk</b>   | <25%  | 25-50%    | 50-75%    | >75%      |                |
| Antall                     | 15    | 14        | 11        | 14        |                |
| Prosent                    | 27,8% | 25,9%     | 20,4%     | 25,9%     |                |
| OR                         | 1     | 0,7       | 0,37      | 1,40      | 1,00           |
| CI                         |       | 0,09-5,02 | 0,05-2,25 | 0,14-18,9 |                |
| <b>Maksimal dybde</b>      | <25%  | 25-50%    | 50-75%    | >75%      |                |
| Antall                     | 18    | 17        | 14        | 16        |                |
| Prosent                    | 27,7% | 26,2%     | 21,5%     | 24,6%     |                |
| OR                         | 1     | 1,08      | 1,04      | 1,78      | 0,54           |
| CI                         |       | 0,27-4,35 | 0,25-4,55 | 0,40-9,55 |                |

## Diskusjon

Undersøkelsene og intervjuene er utført av 3 spesialister i nevrologi med samme kliniske bakgrunn, utdanning og erfaring innen dykkemedisin og utredning av langtidseffekter. Selve den kliniske nevrologiske undersøkelsen er standardisert og man har delt funnene i normalt eller ikke normalt. En viss ulikhet mellom nevrologene med hensyn til utførelse av den kliniske undersøkelsen kan ikke utelukkes. Med unntak av refleksene er det ikke tatt stilling

til grad av avvik fra det normale. Det er en mulighet for at dykkerne selektivt kan ha informert/ikke informert i ulike situasjoner der de har vært gjennom et 3 dagers program med undersøkelser og intervjuer hos flere ulike spesialister.

Vi har benyttet den systematiske kliniske undersøkelsen slik den er beskrevet av Monrad Krohn (11). I tillegg til detaljert anamnese beskrives den mentale status slik den observeres i løpet av undersøkelsen, og videre gjennomføres en systematisk og strukturert registrering av de kliniske funn.

Dykkerne i denne studien utgjør 96 av 104 undersøkte dykkere som ble henvist på grunn av helseplager. De er ikke representative for alle de ca. 375 dykkerne man antar har dykket i Nordsjøen. Kontrollgruppen består av tilfeldig utvalgte personer fra folkeregisteret matchet på alder med dykkerne. Disse er eldre enn kontrollpersoner i andre studier man kan sammenligne med. Skre (13) viste i sin undersøkelse med den samme systematiske metode av et utvalg fra normalbefolkningen at det hos friske menn i aldersgruppen 44-53 år ikke var mental svikt eller refleksforandringer, derimot var der redusert posisjonssans hos 7,6% og tegn til ataksi hos 2,4%. Todnem et al (9) observerte tilsvarende lav forekomst av nevrologiske funn på 1% hos 100 friske kontrollpersoner med gjennomsnittsalder 34 år i den første systematiske nevrologiske kartleggingen av en gruppe yrkesdykkere.

I vår kontrollgruppe finner vi høyere forekomst av nevrologiske funn, spesielt refleksforandringer (22%) men også koordinasjonsutfall (6%) og motoriske utfall (6%). Høyere alder enn i sammenlignbare studier kan være en forklaring på dette.

I Todnems studie (9) var det en klar forskjell i forekomst av kliniske nevrologiske funn hos dykkerne sammenlignet med friske kontroller. I denne studien finner vi også en klar forskjell i forekomst av kliniske nevrologiske funn hos dykkerne sammenlignet med kontrollene. Det var ingen med mental svikt i kontrollgruppen, men ellers var det en høyere forekomst av nevrologiske funn både i dykkegruppen og i kontrollgruppen. Dette kan skyldes at det er gjennomgående eldre personer vi har undersøkt. For dykkerne i vår studie kan det også skyldes at de har gjennomsnittlig en lengre dykkekarriere med flere dykk bak seg. Vi finner refleks(asymmetri)forandringer hos 40 dykkere av 96, tilsvarende 10,7% av hele kohorten på 375 dykkere.

Mellom 30 og 40% rapporterte nåværende problem med øresus, balanse og svimmelhet. Ved undersøkelse hadde 43.8% ulike grader av koordinasjonssvikt. Dette kan både tyde på skade i likevektorganene i indre øre og skade i hjernestamme/lillehjernen.

Over halvparten sliter med leddsmerter og mange har andre smertesyndromer i tillegg. En stor andel har hatt symptomer på trykkfallsyke i ledd og kan ha sekvele av denne grunn. Andre kan ha belastningsslidelse av annen årsak. Aseptisk beinnekrose er ikke systematisk undersøkt. Det er foretatt røntgenundersøkelse av ledd og lange rørben på indikasjon (smerter).

Denne studien viser en meget høy forekomst av trykkfallsyke, gasskutt og andre hendelser i tilslutning til dykking i Nordsjøen, kfr. kapittel 5. Dykkerne forteller i undersøkelsessituasjonen om et bredt spekter av nevrologiske symptomer som nå påvirker dagliglivet og livskvaliteten. Så vel nevrologisk trykkfallsyke og perioder med hypoksi/anoksi i forbindelse med hendelser som gasskutt kan være mulige forklaringer på de beskrevne symptomer og funn.

Det foreligger studier som viser nevrologiske funn hos dykkere knyttet til forekomst av trykkfallsyke men hvor effekter av dykking utenom trykkfallsyke også er en mulighet (6, 14). Dolmierski et al.(14) undersøkte 150 yrkesdykkere nevrologisk, nevropsykologisk og med EEG . Disse hadde gjennomsnittlig alder 36 år, hadde dykket i gjennomsnitt 14 år og maksimal dybde var 60 meter. Førte hadde hatt trykkfallsyke og av disse hadde 29 fortsatt nevrologiske symptomer og funn. Også 16 av de resterende 110 hadde nevrologiske symptomer og funn.

Rozsahegyi sammenlignet en gruppe arbeidere som hadde hatt nevrologisk trykkfallsyke med en gruppe som hadde hatt type I trykkfallsyke og en kontrollgruppe (6). Refleksasymmetri ble funnet hos henholdsvis 24, 18 og 3%, og ataksi hos henholdsvis 32, 12 og 8%.

Nevropsykologiske undersøkelser av metningsdykkere har også vist at 20% av dem hadde redusert kognitiv funksjon etter 3,5 år ordinær metningsdykking i Nordsjøen. Variasjon mellom individene i de nevropsykologiske funksjonene som hukommelse, oppmerksomhet, tremor, og autonom reaktivitet korrelerte med metningsdykking parametere. Høyere antall metningsdykk ga økt forekomst av nevropsykologiske utfall (15).

Todnem et al. gjennomførte en tverrsnittsundersøkelse av 156 hovedsaklig metningsdykkere og sammenlignet dem med kontroller i samme alder (100 ikke-dykkende oljearbeidere og politimenn) (9). Dykkernes gjennomsnittsalder var 33.6 år og gjennomsnittlig dykkekarriere var 9 år. På tidspunktet for undersøkelsen hadde 31 (20%) av dykkerne sluttet å dykke, og seks hadde mistet dykkersertifikatet på grunn av nevrologiske problemer, men alle var i annet arbeid. I sykehistoriene rapporterte dykkerne oftere nevrologiske symptomer og tegn. De hadde også oftere virusinfeksjoner, men ellers var det ingen forskjell i forekomst av hodeskader eller andre sykdommer og skader. Sammenliknet med kontrollene rapporterte dykkerne hyppigere nevrologiske symptomer som konsentrasjons- og hukommelsesvansker og nummenhet i hender og føtter. Femten dykkere(9%) og en kontroll(1%) hadde funn ved nevrologisk undersøkelse forenlig med dysfunksjon i ryggmargen. I tillegg hadde syv dykkere(5%) og en kontroll (1%) funn forenlig med lett polynevropati i beina. De nevrologiske symptomene og funnene var uavhengig signifikant korrelert med dykkeeksponeringen, prevalens av trykkfallsyke og alder.

I denne studien er det rapportert høyere forekomst av nevrologiske symptomer hos dykkerne enn i studien til Todnem et al.(9). Dette kan skyldes at de dykkerne vi har undersøkt har dykket mer, men også at de er eldre. Todnem et al undersøkte også 40 norske dykkere som hadde drevet metningsdykking dypere enn 180 meter og sammenlignet funnene med de samme 100 kontrollene som er omtalt ovenfor (16). 26 dykkere hadde hatt trykkfallsyke hvorav 14 (35%) hadde hatt nevrologisk trykkfallsyke. Dykkerne anga signifikant flere symptomer fra nervesystemet, oftest konsentrasjonsproblemer og parestesier i føtter og hender. De hadde også flere unormale funn fra nervesystemet forenlig med dysfunksjon i ryggmargen eller i nerverøtter. De nevrologiske symptomer og funn korrelerte med eksponeringen for ulike former for dykking. Nevrologisk trykkfallsyke, metningsdykking, tidligere hjerneryselse og lumboisjialgi var uavhengig korrelert med nåværene nevrologiske symptomer. Luftdykking og alder var uavhengig korrelert med unormale nevrologiske funn. I denne studien er det en signifikant trend mot at de dykkerne som har utført mye luftdykking har flere nevrologiske funn.

Shields et al undersøkte blodgjennomstrømningen i ulike regioner av hjernen med HMPAO-SPECT hos 28 yrkesdykkere som hadde hatt trykkfallsyke, 26 yrkesdykkere som ikke hadde

hatt trykkfallsyke og 19 kontroller som ikke dykket (17). 28% av dykkerne viste bilder av blodgjennomstrømningen som var utenfor forventet verdi mot 16% i kontrollgruppen. Det ble ikke funnet noen assosiasjon mellom et bestemt unormalt mønster for blodgjennomstrømning og trykkfallsyke, dykking eller andre tidligere neurologiske skader. Dykkerne hadde en signifikant lavere indeks for gjennomsnittlig grå substans ("mean grey level, MGL" - et uttrykk for antall nerveceller) enn ikke-dykkerne. Dykkere som hadde opplevd trykkfallsyke hadde mindre MGL enn de som ikke hadde hatt trykkfallsyke. Dykkere med 14 års profesjonell dykking eller mer enn 100 dekompressions-dager/år hadde sikkert lavere MGL enn de andre. Funnene gjør det meget sannsynlig at trykkfallsyke hadde medført neurologisk skade, men forfatteren mener at funnene også indikerer at dykking i seg selv kunne ha medført subklinisk neurologisk skade.

I flere av de studiene det er referert til her er det høy forekomst av trykkfallsyke hos dykkerne. Det er også en høy forekomst av neurologisk trykkfallsyke (6, 9, 14, 17). Dette samsvarer med våre resultater der 80 dykkere av 96 har hatt trykkfallsyke og 18 dykkere oppgir at de har hatt neurologisk trykkfallsyke (ref.kap 5). Våre tall gjenspeiler at dykkerne vi har undersøkt har gjennomsnittlig lenger dykkekarriere med flere dykk.

Det at en relativt stor andel av dykkerne har hatt trykkfallsyke gjør det problematisk å fastslå i hvor stor grad dykking i seg selv uten slik hendelse kan føre til skade i nervesystemet. Imidlertid får men et klart inntrykk av at det var stor risiko for trykkfallsyke. Et interessant spørsmål er da om manifestasjon av trykkfallsyke er enden av et kontinuum hvor man kan tenke seg subklinisk skade på lavere nivåer og derved akkumulering av effekter etter lengre tids eksponering. Det vil bli gjort ytterligere analyser av våre data der vi blant annet vil se på om det er forskjell på dykkere med og uten neurologisk trykkfallsyke med hensyn til neurologiske symptomer og funn.

## Konklusjon

En stor andel av dykkerne har en subjektivt opplevd helsesvikt som preges av mental svikt, redusert kapasitet og energi, psykiske vansker og neurologiske symptomer inklusive kroniske smerter. Den kliniske neurologiske undersøkelsen viser også tegn til affeksjon av nervesystemet. Det påvises signifikant flere neurologiske symptomer og funn i dykkegruppen sammenlignet med kontrollgruppen.

## Referanser

1. Reul J, et al. Central nervous system lesions and cervical disc herniations in amateur divers. *Lancet* 1995; 345: 1403- 1405
2. Brew S et al. The outcome of 125 divers with dysbaric illness treated by recompression in HMNZS PHILOMEL. *SPUMS J* 1990; 20:226- 230.
3. Queen DM, Kent G, Murrison A. Self reported long- term effekts of diving and decompression illness in recreational SCUBA divers. *Br J Sp Med* 1994; 28(2): 101- 104
4. Whyte P et al. Decompression illness in the tuna farm divers of South Australia. *South Pasific Underwater Medicine Society (SPUMS) Journal* 2001, 31;1:2- 15.
5. Kelleher PC , et al. Outcome of neurological decompression illness: Development of a manifestation based model. *Aviation, Space, and Environmental Med.* 1996; 67: 654- 658.

6. Rozsahegyi I. Late consequences of the neurological forms of decompression sickness. *Brit J Ind med* 1959;16: 311- 317.
7. Aarli JA, Værnes R, Brubakk AO, Nyland H, Skeidsvoll H, Tønjum S. Central nervous dysfunction associated with deep- sea diving. *Acta Neurol Scand* 1985; 71: 2-10.
8. Todnem K, et al. Akutte og kroniske effekter på nervesystemet ved dypdykking. *Tidsskr Nor Laegeforen* 1993; 113: 36- 39.
9. Todnem K, et al. Influence of occupational diving upon the nervous system: an epidemiological study. *Brit j Ind Med* 1990; 47: 708- 714.
10. Hope , et al. Long term health effects of diving . An international consensus conference Godøysund, Norway 6- 10 June 1993, Bergen 1994; 391.
11. Monrad-Krohn GH. *Clinical examination of the Nervous System*. Lewis, London 1962.
12. Bergersen BM, Sandvik L, Dunlop O, Birkeland K, Bruun JN. Prevalence of Hypertension in HIV-positive Patients on Highly Active Retroviral therapy (HAART) Compared with HAART- Naive and HIV- Negative Controls: Results from a Norwegian study of 721 Patients. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* (2003) 22: 731- 736
13. Skre H. Neurological signs in a normal population. *Acta Neurol Scand* 1972; 48: 575-606.
14. Dolmierski R et al. Neurological, psychiatric and psychological examination of divers in the light of their professional work. *Bull Inst Marit Trop Med Gdnya* 1981; 32: 141-152.
15. Værnes RJ , et al. Neuropsychologic effects of saturation diving. *Undersea Biomed Res* 1989; 16: 233- 251.
16. Todnem K, Nyland H, Skeidsvoll H, Svihus R, Rinck P, Kambestad BK, Riise T, and Aarli JA. Neurological long term consequences of deep diving. *Br. J Ind Med* 1991; 48: 258- 266.
17. Shield TG, et al. Correlation between Tc- HMPAO- SPECT brain image and a history of decompression illness or extent of diving experience in commercial divers. *Occup Environ Med* 1997; 54: 247- 253.

## Kapittel 7

### Klinisk nevrofysiologi

Håvard Skeidsvoll og Ågot Irgens

Klinisk nevrofysiologi er en medisinsk spesialitet som benytter spesifikke undersøkelsesteknikker for å objektivisere og blant annet tallfeste normale eller patologiske funksjoner i sentralnervesystemet, perifere nerver og muskler. Man benytter seg av forskjellige typer stimulerings- og registreringsapparater for å kartlegge og diagnostisere funksjonssvikt. Ved å gjennomføre repeterte undersøkelser kan man ved hjelp av disse målemetodene følge med sykdomsutvikling for å se bedring eller eventuelt forverring.

Historisk har moderne nevrofysiologiske teknikker vært sentrale i studier av både eksperimentelle og kliniske arbeider med dykkerrelaterte sykdommer. Invasive metoder er brukt for å studere nevrologisk trykkfallsyke i dyremodeller og disse studiene har gitt oss kunnskap og et faglig grunnlag for å behandle dykkere med trykkfallsyke (1). I tillegg har undersøkelser av mulige subkliniske skader i sentralnervesystemet tatt i bruk nevrofysiologiske metoder og gitt informasjon om langtidsvirkninger av dykking (2).

Hos dykkere som har hatt akutt, alvorlig trykkfallsyke med bevissthetstap eller andre nevrologiske symptomer er det opptreden av generell langsom aktivitet ved EEG-registrering (3). I tillegg har EEG vært anvendt for å følge effekten av behandling slik at dykkeren får et tilstrekkelig antall behandlinger med hyperbar oksygen (4, 7).

Nevrofysiologiske teknikker har særlig vært brukt for å studere det såkalte høytrykksnervesyndromet, high pressure nervous syndrome (6, 8). Det opptrer endringer i EEG i form av langsom aktivitet, såkalte thetabølger ved dybder større enn 300 m, og disse forandringene blir stadig mer uttalt og de kan vedvare i 10-12 timer etter kompresjonsfasen. De klassiske symptomene ved denne tilstanden er skjelving, kvalme og svimmelhet, konsentrasjonsvansker, dels også mer alvorlige symptomer i form av hallusinose og myoklone rykninger (7). I tillegg til forandringene i EEG er der påvist endringer i fremkalte responsundersøkelser, økt forsinkelse ved den såkalte P300 og også ved somatosensoriske responser (5, 8). Nevrofysiologiske teknikker har også vært anvendt for å studere mulige langtidseffekter av dykking. Større populasjoner av yrkesdykkere har vært undersøkt, og i en studie av 90 dykkere ble det påvist forandringer hos 41 % av dykkerne (3). I en annen studie er der hos 150 dykkere funnet EEG-forandringer hos 65, 43 %, hovedsakelig i form av langsomme såkalte thetabølger og disse forandringene korrelerte til antall år i yrkesaktivitet (10). Tilsvarende resultater er publisert i en stor oppfølgende studie fra dykkere som arbeidet med tunnelanlegg i Ungarn hvor der var hyppig forekomst av trykkfallsyke og som samsvarte godt med EEG-forandringer (1). I en større studie fra Haukeland Sykehus er det påvist forandringer i form av unormal EEG hos 27 av 150 dykkere, 18 %, sammenholdt med 5 normale kontroller, 5 %. Det dreide seg da om langsom aktivitet og dels også skarpe potensialer (2).

## Metode

### *Dykkere*

Til sammen 81 dykkere var inkludert i undersøkelsen, alle deltok i en større utredning av medisinske problemer tilknyttet yrkesskade. Dykkerne var henvist til undersøkelse og undersøkt i stabil fase etter å ha fått skriftlig orientering. De fikk også muntlig orientering ved starten av undersøkelsen. Ytterligere 15 dykkere ble undersøkt høsten 2004, men disse inngår ikke i dette materialet. Jfr. Kapittel 2.

### *Normalpopulasjon - kontrollgruppe.*

De 100 første dykkerne som ble undersøkt, ble sortert etter alder, og deretter gruppert i par. Normalpopulasjonen som skulle brukes til nevrofysiologiundersøkelsen måtte være matchet på både alder og høyde (+/- 5cm). En dykker (indeksdykker) ble derfor trukket tilfeldig fra hvert par, deretter ble det valgt personer (totalt 50) fra den tilfeldig valgte normalpopulasjonen som matchet indeksdykkernes kriterier.

### Sammenligning av undersøkte dykkere og normalpopulasjonen

Matching på alder og høyde var av stor viktighet for nerveledningshastighet (SER nervus medianus og SER nervus tibialis). Forskjeller mellom gruppene ble derfor undersøkt ved å analysere parvise forskjeller (differanser) mellom matchete par. Dette ble foretatt ved parvis student's t-test og ikkeparametriske metoder for to parvis relaterte utvalg (der fordelingene var svært skjeve). Datamaterialet besto av 33 slike par. Noen av disse hadde ikke registreringer for alle variablene.

Variable knyttet til EEG og P300 var ikke avhengig av matching på høyde. Forskjeller mellom gruppene ble derfor undersøkt ved å analysere data fra alle tilgjengelige dykkere (n=75) mot alle fra normalpopulasjonen (n=42). Både parametriske og ikkeparametriske metoder ble benyttet.

### *Elektroencefalografi (EEG)*

EEG er en undersøkelse som registrerer spontan aktivitet i form av ulike typer elektriske bølger og enkeltpotensialer fra hjernen. Undersøkelsen vil kunne avklare tilstedeværelse av funksjonsforandringer som uttrykk for hjerneskade, encefalopati, med fokale eller generaliserte funksjonsforstyrrelser i hjernen.

Alle dykkerne ble undersøkt i samme laboratorium med samme typer digitale EEG-maskiner (Nervus; Taugagreining, Island). Elektrodeoppsett med 21 elektroder montert etter det internasjonale 10-20 systemet. En tilleggs kanal ble satt av til hjertermonitorering (EKG) med avledning fra armene (14). Alle undersøkelser varte 20 minutter og inneholdt samme løpende provokasjonsprogram som åpning/lukking av øyne, siffertesting, hyperventilasjon, lysblinkstimulering og en stillere periode der pasienten ble overlatt til seg selv.

Registreringene ble analysert etter at undersøkelsen var avsluttet, men alltid samme dag av tre av avdelingens erfarne leger. Alle kurvene er digitalt lagret og kan senere reanalyseres, også med spesifikke kvantitative teknikker.

### *Kognitiv fremkalt respons (P300)*

P300 (event related potential) er en annen teknikk som benyttes til å avdekke cerebral funksjonssvikt, men denne retter seg mer mot spesifikk oppmerksomhet, motivasjon, sorterings- og reaksjonsevne, kort sagt såkalte kognitive funksjoner. Vi benyttet en teknikk



der pasienten fikk anledning til å reagere på ulike lydimpulser via øretelefoner på begge ører der han fikk i oppgave å neglisjere en hyppig opptredende lyd. En sjelden opptredende pipelyd (annen lydfrekvens enn den førstnevnte) skulle han derimot reagere på ved å trykke så snart han kunne på en trykknapp som han holdt i dominant hånd. Lydene kom med tilfeldig intervall fra 1-3 sekunder. På grunn av den lave spenningen i de cerebrale bølger måtte stimuleringen med de ulike pipetonene gjøres mange ganger. Bølgene samles og lagres i hver sin "bank", blir der gjennomsnittsbehandlet og resultatet er normalt to svært så forskjellige kurvemønstre som resultat på de to ulike lydene (14). På denne måten fremkommer hjernens primære eller basale reaksjonstid på den sjeldne tonen, hvilket normalt fremkommer i hjernen etter ca 300 ms med en positiv spenningsretning (derav navnet på testen). Samtidig registrerte vi pasientens motoriske reaksjonstid som naturlig nok kommer tidsmessig noe etter at hjernen har "oppdaget" signalet den skal respondere på.

Alle dykkere ble undersøkt med samme oppsett og utstyr, Keypoint som er levert av Dantec, DK. Alle resultater er digitalt lagret i database.

#### *Somatosensorisk fremkalt respons (SER)*

Undersøkelsen er basert på registrering av innoverledende sensoriske impulser som settes i gang ved å stimulere en perifer nerve. I prinsippet kan hvilken som helst nerve undersøkes, men vanlig standard er nervus medianus i armene og nervus tibialis i beina. På "faste stasjoner" langs de lange banene impulsene passerer i det perifere og sentrale nervesystemet plasseres "lytte-elektroder". På den måten kan funksjonsendringer i de innoverledende sensoriske baner i perifert og sentralt løp avdekkes.

Registrering ble foretatt i tråd med avdelingens standardoppsett etter beskrivelse i Retningslinjer for metoder i klinisk nevrofysiologi, Dnlf 1997 (14). Nervus medianus ble bilateralt stimulert på håndledds nivå og det ble registrert responser fra plexus brachialis, cervikalt samt fra kortikalt nivå (C3' resp. C4').

Nervus tibialis ble stimulert bilateralt på området bak mediale malleol på ankelen og registreringsstasjoner var lumbalt nivå, andre spinalt og kortikalt (Cz) nivå. Latenser fra stimuleringsstidspunkt ble målt i ms på hver stasjon. På kortikalt nivå ble i tillegg amplituden (spenningen) målt i  $\mu\text{V}$ . Hver ekstremitet ble stimulert på hver side i to omganger for å sikre god reproducerbarhet, 500 stimuli med stimuleringsfrekvens 5 Hz. Intensiteten av stimuli ble satt til terskelen der man kunne se tydelig motorisk respons i relevant muskulatur.

Samme utrustning og lagring som ved ovennevnte undersøkelse ble benyttet, Keypoint, Dantec, DK.

## **Resultat hos undersøkte dykkere**

### *EEG*

12 (16,0 %) av de 75 undersøkte dykkerne hadde patologisk eller lett patologisk EEG. I normalpopulasjonen var det kun 1 (2,4%) av 42. Analyse med eksakte metoder (StatXact) viser økt forekomst av patologisk EEG blant de undersøkte dykkerne: OR 7,81 (CI 0,99-342 p-verdi 0,04). De fleste forandringene ble vurdert som lette, og kun 1 pasient viste mer markerte patologiske funksjonsforandringer.

I EEG er det slående at dykkerne meget raskt utvikler døsighet. Etter få minutters ro med lukkede øyne opptrer svært ofte forandringer i EEG kurven som varsler om innsettende søvn. Dette er langt hyppigere enn det man ser ved en ”vanlig” pasientpopulasjon. Selv pasienter med patologisk EEG som sluttresultat frembyr ikke, som gruppe, så mye døsighetspreg som dykkergruppen.

Hos 29 (38,7%) av de undersøkte dykkerne er grader av døsighetsfluktasjoner anført mot 12 (28,6%) i populasjonskontrollen. I kontrollgruppen er det også tatt med meget lette forandringer, men forskjellen i aktuelt materiale når ikke statistisk signifikans, men antyder dog en trend.

### SER

Ved SER fra nervus medianus er i prinsippet alle registreringer normale på perifert og sentralt nivå. SER fra nervus tibialis viser imidlertid forskjeller mellom gruppene.

Forskjeller i nerveledningshastighet ble beregnet på grunnlag av 33 par matchet ut fra høyde og alder.

Tabell 1. Forskjeller (differanser) i nerveledningshastighet hos matchete par beregnet ved parret student's t-test.

| Matchet (dykker-normalpopulasjon)   | Gjennomsnitt | SD   | 95% CI differanse |       | df | p-verdi |
|-------------------------------------|--------------|------|-------------------|-------|----|---------|
|                                     |              |      | nedre             | øvre  |    |         |
| <b>VENSTRE SIDE</b>                 |              |      |                   |       |    |         |
| Plx. brachialis lateens, n.medianus | -0,24        | 1,10 | -0,75             | 0,28  | 19 | ,347    |
| Cervical latens n.med.              | -0,86        | 2,77 | -2,15             | 0,44  | 19 | ,184    |
| Corticalt latens n.med.             | -0,16        | 0,93 | -0,60             | 0,27  | 19 | ,438    |
| Cortical amplitude uV n. med.       | -0,17        | 2,31 | -1,35             | 1,02  | 16 | ,767    |
| Plexus-cortical laten n.med.        | 0,36         | 1,61 | -0,39             | 1,11  | 19 | ,331    |
| Cervical-cortical latens, n.med.    | 0,69         | 2,63 | -0,54             | 1,92  | 19 | ,256    |
| Corticalt latens, tibialis          | 1,27         | 6,22 | -1,14             | 3,69  | 27 | ,289    |
| Cortical amplitude uV, n. tib.      | -0,40        | 2,40 | -1,52             | 0,73  | 19 | ,468    |
| Lumbal-cortical lat. , n.tib.       | 3,42         | 6,39 | 0,79              | 6,06  | 24 | 0,013   |
| Nedre spinal-cortical lat, n.tib.   | 3,58         | 6,28 | 0,79              | 6,36  | 21 | 0,014   |
| <b>HØYRE SIDE</b>                   |              |      |                   |       |    |         |
| Plx. brachialis latens, n.medianus. | -0,15        | 1,18 | -0,72             | 0,42  | 18 | ,580    |
| Cervical latens, n.med.             | -0,58        | 1,09 | -1,09             | -0,06 | 19 | ,030*   |
| Cortical latens, n.med              | -0,35        | 1,14 | -0,88             | 0,19  | 19 | ,193    |
| Cortical amplitude uV, n.med.       | -0,34        | 2,49 | -1,62             | 0,93  | 16 | ,577    |
| Plexus-cortical lat., n.med.        | 0,05         | 1,29 | -0,58             | 0,67  | 18 | ,876    |
| Cervical-cortical lat., n.med.      | 0,21         | 0,69 | -0,11             | 0,54  | 19 | ,188    |
| Corticalt latens                    | -0,03        | 5,25 | -2,07             | 2,01  | 27 | ,977    |
| Cortical amplitude uV, n. tibialis  | -0,24        | 2,28 | -1,34             | 0,86  | 18 | ,654    |
| Lumbal-cortical lat., n. tib.       | 1,98         | 4,99 | 0,01              | 3,95  | 26 | 0,049   |
| Nedre spinal-cortical lat.,n.tib.   | 2,19         | 5,77 | -0,31             | 4,68  | 22 | 0,083   |

Her fremkommer at dykkergruppen har forsinket konduksjonstid eller latens ved stimulering på perifer nerve i bena fra målingspunktene nederst i ryggen til primære corticale nivå. Dette taler for forsinkelse i de sentrale innoverledende banene. Tilsvarende stimulering av perifer nerve i armene gav ingen forskjell mellom gruppene. Der var ingen signifikante forskjeller mellom gruppene med tanke på responsenes spenning over hjernebarken.

#### *P300 ("event" relatert cortical respons)*

Cognitiv fremkalte responser på frontalt, sentralt og parietalt nivå viste latensverdier i begge registreringsomganger som var temmelig like for den enkelte, både hos dykkerne og kontrollene. Våre data synes således å være temmelig robuste.

P300 latens ligger i snitt i forventet normalområde, men noen dykkere har en distinkt forsinkelse og verdien på den corticale "mean amplitude" ligger hos gruppen klart i nedre forventet normalområde.

Motorisk reaksjonstid på de relevante lydstimuli er i dykkergruppen betydelig forsinket i forhold til forventet. Her er enkeltpersoner med raske motoriske svar som er godt under gjennomsnittsverdien på vårt nåværende normalmateriale. Spredning på motorisk reaksjonstid er fra 260 til 850 ms.

Ca. 60 % av dykkerne hadde mindre enn 95 % korrekte "treff" på den relevante sjeldne lyden de skulle respondere på. Lav korrekt treffprosent blant kontroller ble sett bare hos henholdvis 5% og 21 % ved registreringsomgang en og to. 20 dykkere (29%) hadde 6 eller flere feil ("falske treff") ved første registreringsomgang. Ved registrering nr. 2 var antall dykkere med flere enn 6 falske treff redusert til 21 %. Blant kontrollene var det kun en som hadde 6 feil i hver registreringsomgang, dvs. 2,3%.

Variable knyttet til kognitiv fremkalt respons (P300) er ikke avhengig av matching på høyde. Forskjeller mellom gruppene kunne derfor undersøkt ved å analysere data fra alle tilgjengelige dykkere (75) mot alle fra normalpopulasjonen (42).

Tabell 2. Forskjeller i variable relatert til P300 hos 75 undersøkte dykkere og 42 fra normalpopulasjonene beregnet ved uavhengig student's t-test.

|                  |            | N  | Gjennsnitt | SD     | CI av differanse |        | pverdi     |
|------------------|------------|----|------------|--------|------------------|--------|------------|
|                  |            |    |            |        | nedre            | øvre   |            |
| Frontal latens I | dykkere    | 70 | 354,36     | 46,94  | 1,09             | 28,72  | 0,035 \$\$ |
|                  | kontroller | 42 | 339,45     | 26,83  |                  |        |            |
| Frontal amp. I   | dykkere    | 70 | 9,73       | 6,27   | -8,21            | -3,30  | 0,000      |
|                  | kontroller | 42 | 15,49      | 6,47   |                  |        |            |
| Central lat. I   | dykkere    | 70 | 358,79     | 48,54  | 0,94             | 29,68  | 0,037 \$\$ |
|                  | kontroller | 42 | 343,48     | 28,20  |                  |        |            |
| Central amp. I   | dykkere    | 69 | 11,75      | 7,35   | -10,45           | -4,64  | 0,000      |
|                  | kontroller | 42 | 19,29      | 7,73   |                  |        |            |
| Parietal lat. I  | dykkere    | 70 | 364,17     | 45,78  | 3,82             | 31,62  | 0,013      |
|                  | kontroller | 42 | 346,45     | 28,45  |                  |        |            |
| Parietal amp. I  | dykkere    | 70 | 13,50      | 7,28   | -9,75            | -4,06  | 0,000      |
|                  | kontroller | 42 | 20,40      | 7,49   |                  |        |            |
| Motorisk         | dykkere    | 71 | 537,51     | 152,21 | 109,10           | 193,01 | 0,000      |

|                          |            |    |        |        |        |        |          |
|--------------------------|------------|----|--------|--------|--------|--------|----------|
| reaksjonstid I           |            |    |        |        |        |        |          |
|                          | kontroller | 42 | 386,45 | 71,46  |        |        |          |
| Korrekt treff I          | dykkere    | 71 | 81,07  | 25,01  | -22,76 | -10,86 | 0,000    |
|                          | kontroller | 42 | 97,88  | 1,84   |        |        |          |
| Feil treff I             | dykkere    | 71 | 4,45   | 5,31   | 0,85   | 3,58   | 0,002    |
|                          | kontroller | 42 | 2,24   | 1,76   |        |        |          |
| Frontal lat II           | dykkere    | 70 | 358,79 | 64,93  | -0,48  | 33,43  | 0,057 \$ |
|                          | kontroller | 42 | 342,31 | 23,11  |        |        |          |
| Frontal amp II           | dykkere    | 70 | 8,35   | 6,34   | -8,56  | -3,50  | 0,000    |
|                          | kontroller | 42 | 14,38  | 6,85   |        |        |          |
| Central lat II           | dykkere    | 70 | 372,89 | 66,61  | 6,87   | 42,00  | 0,007    |
|                          | kontroller | 42 | 348,45 | 25,04  |        |        |          |
| Central amp II           | dykkere    | 70 | 11,01  | 7,74   | -10,25 | -4,16  | 0,000    |
|                          | kontroller | 42 | 18,22  | 8,09   |        |        |          |
| Parietal lat II          | dykkere    | 70 | 376,79 | 54,35  | 12,55  | 42,78  | 0,000    |
|                          | kontroller | 42 | 349,12 | 25,86  |        |        |          |
| Parietal amp II          | dykkere    | 70 | 13,39  | 8,07   | -9,28  | -3,10  | 0,000    |
|                          | kontroller | 42 | 19,58  | 7,83   |        |        |          |
| Motorisk reaksjonstid II | dykkere    | 68 | 540,85 | 137,90 | 96,89  | 179,82 | 0,000    |
|                          | kontroller | 42 | 402,50 | 81,44  |        |        |          |
| Korrekt treff II         | dykkere    | 71 | 81,03  | 23,42  | -21,36 | -10,11 | 0,000    |
|                          | kontroller | 42 | 96,76  | 3,15   |        |        |          |
| Feil treff II            | dykkere    | 69 | 3,77   | 4,89   | 0,69   | 3,23   | 0,003    |
|                          | kontroller | 42 | 1,81   | 1,64   |        |        |          |

Student t-test for to uavhengige grupper viser forskjeller for samtlige utfall bortsett fra Frontal lat II (\$). Ikke-parametriske tester (for skjeve fordelinger) gir de samme resultatene for alle utfall bortsett fra Frontal lat II og Central lat II (\$\$) som ikke lengre er signifikante.

Man noterer seg at dykkerne har klart lavere spenning på alle de corticale avledninger sammenlignet med kontrollgruppen. Likeså har de lengre cortical latens/reaksjonstid, og lengre motorisk reaksjonstid. Dykkerne gjør også flere feil både med hensyn til antall riktige treff og antall "tapte signaler".

## Diskusjon

Døsighet i forbindelse med EEG registrering er ikke patologisk i seg selv. Dette er normalfysiologiske forandringer som opptrer hos alle mennesker når "søvnighetstrykket" tiltar. Det er mange medisinske og spesifikke nevrologiske tilstander som gir opphav til økt søvnbehov. Vi finner i denne dykkergruppen et "søvnighetstrykk" som overstiger hva vi forventer sammenlignet med en kontrollgruppe. Det er rimelig å se dette i relasjon til dykkernes opplevelse av hukommelsessvikt, konsentrasjonsproblemer og senket grad av oppmerksomhet.

Formell kvantifisering av døsigheten i løpet av registreringen er ikke gjennomført og var i utgangspunktet ikke den viktigste intensjonen med registreringen, men dette planlegges ved en reanalyse av materialet.

En tenkbar forklaring på dykkernes døsighetstendens kan ligge i tilpasning til yrkets vesen. Arbeidet preges av betydelig fysisk og psykisk belastning med behov for full oppmerksomhet i den konkrete arbeidssituasjon. Mellom øktene er det derfor stort behov for hvile og søvn. Der er også lange vente- og hvileperioder i forbindelse med arbeidsoperasjonene samt i de ofte meget lange dekompresjonsperiodene. Man kan tenke seg at når anledningen til å hvile byr seg, venner man seg i dette yrket til å slappe så godt av at dykkerne utvikler en slags betinget søvnrefleks hver gang man legger seg ned og lukker øynene.

En annen tenkbar forklaring er økt søvnbehov som uttrykk for en cerebral funksjonssvikt, encefalopati. En diffus skade av hjernen kan medføre redusert utholdenhet, mental utmattelseeffekt og raskt innsettende konsentrasjonssvikt og søvnighet etter alle typer fysiske og psykiske anstrengelser. En annen mulig forklaring til redusert våkenhet ved fravær av ytre stimuli kan være en mer fokalt betinget dysfunksjon i hjernestammens aktiveringssystem.

Patologiske EEG forandringer ble sett hos 16 % av dykkerne mot 2,4% i kontrollgruppen. Det registrerte avviket ble hos den enkelte vurdert som beskjedent, men indikerer likevel diffuse cerebrale funksjonsforandringer uten åpenbare fokale trekk. Det ser ikke ut til å være noen sammenheng mellom døsighet og patologi hvilket taler for at døsighet opptrer som et selvstendig fenomen.

Hos et stort antall dykkere ble det påvist ganske betydelig forsinkelse av corticale hjernerensponser ved stimulering av nervus tibialis på beina, mens det samtidig var overveiende normal ledningstid i tilsvarende innoverledende baner fra armene. Dette taler for at forsinkelsen foreligger i sentralnervesystemet på medullært spinalt nivå (ryggmargen). Det er nærliggende å sette dette i sammenheng med de symptomene som dykkerne ofte klager over ved trykkfallsyke, så som ubehagelige sensoriske fenomener i kroppen og i beina. Vi vet at blodsirkulasjonen til ryggmargen er sårbar gjennom et ofte marginalt utviklet blodårenett og begrensede alternative anastomoser. Hvis en antar at luftbobler ved trykkfallsyke bidrar til forstyrrelse av og eventuell blokkering med mikroembolier i ryggmargens sirkulasjon, kan de forandringer som her påvises være en dokumentasjon på nettopp dette. Det kan derfor se ut til at mens symptomene fra akutt trykkfallsyke går over i løpet av kort tid, synes forandringene som her påvises å være permanente.

Ved P300, eller såkalt "event-related" potensialer, som sier noe om kognitive funksjoner, er det et tydelig trekk at dykkerne, som gruppe, gjør flere feil og oppdager færre relevante signaler enn forventet, også i forhold til kontrollgruppen. Videre er det et påfallende trekk at hos dykkerne som gruppe tar det signifikant lengre tid før hjernen "oppdager" og behandler de relevante signalene, og ytterligere lengre tid før de gjennomfører den viljestyrte motoriske responsen. En mulig forklaring på dette er en frakopling eller manglende evne til å omsette relevant cerebrale input eller informasjon til adekvat motorisk utførelse. Det er tenkbart at evnen til diskriminering mellom ultrakorte stimuli svikter, og at der videre kommer en ytterligere forsinkelse til når motorisk utførende program skal igangsettes. Denne argumentasjonen støttes av et annet funn ettersom her også kan påvises en signifikant lavere spenning på de corticale responsene hos dykkerne enn hos kontrollene, hvilket oppfattes som uttrykk for en lavere grad av cortical aktivering og beredskap hos dykkerne. Alternativ forklaring kunne være en svikt i innlæring av nye enkle funksjoner, men dette er neppe tilfelle. Det begrunnes med at trend på motoriske latens under selve testen blir mer langsom etter som testen fremskrider. Hvis lang motorisk latens skyldtes et innlæringsproblem, skulle man forvente det motsatte. Det er mer nærliggende å anta at de beskrevne forandringene skyldes en forsinkelse i den cerebrale overføring av et registrert imperativt signal til et

motorisk frontalt program. Sviktende konsentrasjonsevne over tid vil også å kunne bidra til progressiv reaksjonstidsøkning.

## Konklusjon

Den undersøkte dykkergruppen viser i EEG hyppigere funksjonsforandringer enn forventet sammenlignet med relevant kontrollgruppe. Dette trekker i retning av øket forekomst av encefalopati, men denne er oftest av lett type. I tillegg har gruppen tilbøyelighet til økt døsigheit som overstiger den forventede. Denne tendensen leder naturlig til spørsmålet om det her foreligger en spesifikk sekundær søvnsykdom eller om søvnighetstendensen er uttrykk for en cerebral utmattelsestilstand hvilket muligvis kan være en selvstendig indikator på cerebral funksjonsreduksjon.

P300 eller "event relaterte" auditive responser viser klart forsinket og dempet hjernerrespons samt motorisk forsinket reaksjonstid med økt feilreaksjon, hvilket støtter teorien om øket forekomst av encefalopati i gruppen. Undersøkelsen taler for en forsinket oppfatningsevne og funksjonssvikt i overføringsleddet mellom sensorisk stimulus til effektiv utførelse gjennom motorisk program. Man kan således antyde en svikt i den frontale cerebrale planleggings- og utføringsfasen.

Måling av innoverledende sensoriske impulser fra armer og bein taler for en funksjonssvikt i de oppadstigende baner i medulla spinalis. Dette støtter antagelsen om at spinale bends er hyppig forekommende hos denne populasjonen, selv hos dykkere som har hatt mindre kliniske symptomer, og at funksjonsforandringene er målbare og varer ved. Selv om dykkerne subjektivt er blitt symptomfrie, er det tydelige spor etter redusert funksjon i sentralnervesystemet.

## Referanser

1. Rozahegyi I, Roth B. Participation of the Central Nervous System in Decompression. *Ind Med Surg* 1966;35: 101-10
2. Todnem K et al. Electroencephalography, evoked potentials and MRI brain scans in saturation divers. An epidemiological study. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991;79: 322-29.
3. Kwiatkowski SR. Analysis of the EEG record among divers. *Bull Inst Med Morsk* 1979; 2: 131-5.
4. Corriol J et al. What EEG Criteria for Diving Fitness? *Aviat Space Environ Med* 1976; 46: 868-72.
5. Værnes RJ, Hammerborg D. Evoked potential and other CNS reactions during a heliox dive to 360 msw. *Aviat Space Environ Med* 1989; 60: 550-7.
6. Værnes R et al. CNS reactions at 51 ATA on trimix and heliox and during decompression. *Undersea Biomed Res* 1985; 12: 25-39.
7. Sipinen SA, Halonen JP. Effects of recompression treatment on EEG in diving accidents. *Undersea Hyperbaric Med Soc* 1987; 887-92.
8. Bennett PB, Rostain JC. The high pressure nervous syndrome. In: Elliott D and Bennett P. *The Physiology and Medicine of Diving*. 1993; pp194-237.
9. Török Z. Diving: occupation of physiological experiment? Recent advances in deep diving physiology: the compression profile. *J Roy Soc Med* 1989;82: 72-4.

10. Elliott DH, Moon RE. Long-term health effects of diving. In: Elliott D and Bennett P. *The Physiology and Medicine of Diving*. 1993; pp 585-604.
11. Yiannikas C, Beran R. Somatosensory evoked potentials, electroencephalography and CT scan in the assessment of the neurological sequelae of decompression sickness. *Clin Exp Neurol* 1988;25: 91-6.
12. Aarli JA et al. Central nervous system dysfunction associated with deep diving. *Acta Neurol Scand* 1985;71: 2-10.
13. Murrison AW. The contribution of neurophysiologic techniques to the investigation of diving-related illness. *Undersea Hyperbaric Med* 1993;20: 347-69.
14. Retningslinjer for metoder i klinisk neurofysiologi. Skriftserie for leger: Utdanning og kvalitet. Den norske lægeforening. Oslo 1997.
15. American Electroencephalographic Society Guidelines in EEG, 1-7 8 Revised 1985. *J Clin Neurophysiol* 1986;3: 131-68 (reprinted 1994;11: 1-39).
16. Guidelines for recording clinical EEG on digital media. *J Clin Neurophysiol* 1994;11: 114-5.
17. Barret G. Clinical applications of event-related potentials. In: Halliday AM. *Evoked potentials in clinical testing*. Churchill Livingstone, Edinburgh, 1993.
18. Goodin DS. Event-related (endogenous) potentials. In: Aminoff MJ. *Electrodiagnosis in clinical neurology*. Churchill Livingstone, Edinburgh, 1986.
19. Chiappa KH. *Evoked potentials in clinical medicine*. New York: Raven Press, 1990.

## Kapittel 8

### Nevro-radiologisk undersøkelse (MR)

Gunnar Moen

Det er kjent at hendelser ved akutt dekompresjonssykdom kan gi nevrologiske utfall. Slike episoder kan også resultere i et betydelig restsekvele. Fravær av slike utløsende hendelser i anamnesen har gjort at osteonekrose, redusert lungefunksjon og muligens redusert hørsel lenge har vært de eneste kliniske utfall man sikkert har kunnet relatere til langtidsdykking. Det hersker usikkerhet og uenighet om hvilken klinisk relevans ulike funn har på bl.a. magnetomografi (MR). MR-undersøkelsen av denne gruppen er gjort for å kunne sammenligne funn fra MR med kliniske utfall. MR-funnene sammenlignes også med en kontrollgruppe.

Økt forekomst av skader i hvit substans (Mørk 1988) samt fokal degenerasjon av grå substans (Palmer 1990/ -92) er påvist hos dykkere ved obduksjon. Videre er kroniske forandringer i ryggmargen (Palmer 1987) påvist ved obduksjon. Retinal fluorescein-angiografi som er en bildefremstilling av blodkarene i øyenbunnen samt netthinne har vist dilaterte arterioler og mikroaneurysmer, samt lavere kapillærtetthet hos dykkere enn hos ikke-dykkere (Polkinghorne et al.1988). I og med at netthinnen er en del av sentralnervesystemet, er det naturlig å tenke seg at disse manifestasjonene kan tenkes påtruffet intracranielt.

MR for å avdekke forekomst av flekkvise signalavvik i hvit substans har i noen undersøkelser ikke vist økt forekomst av slike forandringer hos dykkere (Rinck et al.1991, Todnem et al. 1991, Hutzelmann 2000). Andre (Yanagawa 1998, Tetzlaff 1999) påviste noe økt forekomst av slike signalavvik i hvit substans hos dykkere. MR for å avdekke signalavvik i medulla spinalis (ryggmargen) er ikke tidligere blitt publisert utover kasuistikker etter akutt dekompresjonssykdom.

Mulige mekanismer for skader av sentralnervesystemet etter lang tids dykking kan være knyttet til eksponering for høyt trykk, toksiske reaksjoner på forhøyet partialtrykk av oksygen og dannelse/tilstedeværelse av ikke umiddelbart symptomgivende bobler i blodbanen under dekompresjon (Behnke 1942 ; Spencer et al. 1969). Små bobler kan passere lungekapillærene. Videre har 25-30% av normalbefolkningen inter-atrial shunt. (Moon et al. 1989; Wilmhurst et al. 1989/ -90). Begge deler kan forklare luftembolier i det systemisk kretsløpet, blant annet til sentralnervesystemet. Videre kan små luftbobler skade blod-hjerne barrieren (Hallenbeck and Andersen, 1982) uten nødvendigvis å kile seg fast som embolier (Helps et al 1990, Hills and James 1991). Et ubesvart spørsmål er om såkalte "stumme" mikrobobler (silent bubbles) kan forklare flere av de patologiske forandringene i CNS som er påvist hos dykkere.

Skader oppstått akutt kan også tenkes å gi langtidsskader. Resultatet i CNS er infarkter. Bildekorrelatet er gliotiske, arr-aktige områder. Skademekanismen det kan dreie seg om er en akkumulativ encephalo-myelopati som et resultat av gjentatte asymptomatiske dykk. Mekanismen bak kan være de små luftblærene som skader BBB. (Hallenbeck and Andersen, 1982). I likhet med transitoriske iskemiske atakk (TIA) kan man tenke seg forbigående nevrologiske utfall ved slike asymptomatiske dykk, men uten at det etterlater klinisk



erkjennbare utfall. Gjentatte dykk kan gi en kumulativ effekt med degenerasjon av CNS til følge. Dette vil sannsynligvis primært være en vaskulært betinget skade på CNS.

Man kan også tenke seg skade på endotelet i blod-hjerne-barrieren (BBB) og i cerebrale/spinale kapillærer som medfører væskelekkasje og eventuelt blødninger i hjernevevet. Det kan vise seg som punktformige blødninger hos dykkerne. En lignende mekanisme for nevrotoksisitet med skade av BBB er påvist for immunosuppressive medikamenter (Wijdicks 2001, Dietemann et al 2004) der skade av BBB gir punktate blødninger i CNS ?

Hovedmålsetning for denne undersøkelsen har vært å kartlegge helsestatus hos tidligere Nordsjødykkere. Det viktigste delmålet for MR-undersøkelsen i dette kapittel har vært å avdekke billedmessige avvik i struktur i hjerne og ryggmarg, samt billedmessig avvik i funksjon i hjerne. Man har kartlagt bildefunn hos gruppen dykkere og sammenlignet med kontrollgruppen.

## Metode

Nittiseks dykkere og 50 kontroller er inkludert i denne beskrivelse. Alle er blitt undersøkt på Radiologisk avdeling, Haukeland Universitetssykehus, i perioden fra mai 2001 til oktober 2004.

Alle personer som inngikk, ble undersøkt i MR-maskin av type Siemens Magnetom Vision Plus 1,5 T ( T =Tesla). Som injeksjonssprøyte for kontrast ble anvendt Medrad Spectris MR injector. Som kontrastmiddel ble anvendt Gadovist ® (Schering) i styrke 1.0 mmol/ml, som ble injisert i en dose på 0,2ml/kg kroppsvekt.

### *Sekvensvalg på MR - Hodet*

Axiale T2 (inkl. proton), Axiale FLAIR (hele hodet), Coronale T2 (3mm/3mm gjennom hippocampus), Axiale HEMO, Axiale ADC/ DWI, Sagitale MPRAGE samt perfusjonsserie (axialt) (PWI). De diffusjonsvektede snittseriene (ADC/ DWI) anatomisk sammenfallende med perfusjonssnittseriene (PWI).

### *Sekvensvalg på MR - Ryggmarg og ryggstøyle*

Sagitale T2 (3mm/3mm) gjennom cervicalmedulla og cervical-columna  
Sagitale T2 (3mm/3mm) gjennom thoracalmedulla (inkl. conus) og thoracal-columna  
Axiale T2 (3mm/3mm) gjennom evt. område med signalavvik.

### *Personell involvert*

MR-opptak ble gjort av to faste radiografer (LBM og JBS). Postprosessering av alle perfusjonsseriene samt volumopptak (MPRAGE) ble utført av to faste fykere (LERS og KS), og totalgjennomgang av alle bilder/undersøkelser ble gjort av to nevreradiologer (JK og GM).

### *Databearbeidelse og statistikk*

Signalavvik i hjernen hos dykkere og kontroller ble analysert ved student's t-test. Det er blitt utført voxelbasert gruppe-analyse (ved hjelp av Statistical Parametric Mapping SPM) av volumopptak og perfusjonsoptak.

## Resultater

### *Strukturelle avvik i snittseriene*

MR bildeseriene ble lest av to nevrologer uavhengig av hverandre. Ved diskrepans mellom disse to ble bildeseriene igjen gjennomgått av begge radiologene sammen og konsensus om resultatet inngått.

Analyse av antall høysignalgivende forandringer i hvit substans hos dykkere vs kontroller er gitt i tabell 1.

Tabell 1 : Funn av hvite flekker etter konsensus mellom to radiologer.

|                             | Undersøkte dykkere |         |                      | Populasjonskontroller |         |                      |
|-----------------------------|--------------------|---------|----------------------|-----------------------|---------|----------------------|
|                             | Ant m/<br>flekker  | Prosent | Range ant<br>flekker | Ant m/<br>flekker     | Prosent | Range ant<br>flekker |
| Høyre cerebrale hemisfære   | 35                 | 41,7    | 1-23                 | 24                    | 54,6    | 1-39                 |
| Venstre cerebrale hemisfære | 43                 | 51,2    | 1-24                 | 26                    | 59,1    | 1-33                 |
| Hjernestamme                | 3                  | 3,6     | 1-2                  | 1                     | 2,3     | 1                    |
| Høyre cerebellære hemisf.   | 0                  | 0       |                      | 3                     | 6,8     | 1                    |
| Venstre cerebellære hemisf. | 1                  | 3,6     | 1                    | 1                     | 2,3     | 1                    |

Risiko for å ha hvite flekker i de ulike områdene var ikke statistisk forskjellig for gruppene. Dette er sammenfallende med resultatene som Todnem et al. også kom frem til i sin tid.

Analyse av forekomsten av punktformige blødninger i hjernevevet hos dykkere vs kontroller er gitt i tabell 2.

Tabell 2. Funn av blødninger etter konsensus mellom to radiologer.

|                               | Undersøkte dykkere |         |                      | Populasjonskontroller |         |                      |
|-------------------------------|--------------------|---------|----------------------|-----------------------|---------|----------------------|
|                               | Ant m/<br>flekker  | Prosent | Range ant<br>flekker | Ant m/<br>flekker     | Prosent | Range ant<br>flekker |
| Høyre cerebrale hemisfære     | 3                  | 3,6     | 1-3                  | 2                     | 4,5     | 1                    |
| Venstre cerebrale hemisfære   | 3                  | 3,6     | 1-2                  | 3                     | 6,8     | 1-2                  |
| Hjernestamme                  | 1                  | 1,2     | 1                    | 1                     | 2,3     | 1                    |
| Høyre cerebellære hemisfære   | 0                  | 0       |                      | 0                     | 0       |                      |
| Venstre cerebellære hemisfære | 0                  | 0       | 1                    | 0                     | 0       |                      |

Risiko for å ha hatt blødning i de ulike områdene av hjernen var ikke statistisk forskjellig for de to gruppene.

Analyse av antall høysignalgivende lesjoner i medulla spinalis (ryggmargen) er gitt i tabell 3.

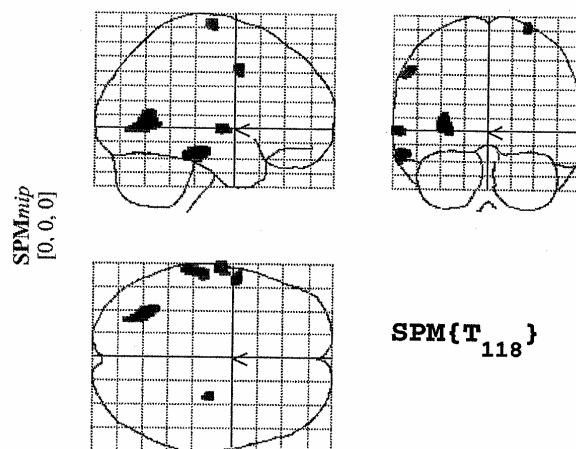
Tabell 3 Funnet av signalavvik i ryggmargen etter konsensus mellom to radiologer.

|                 | Undersøkte dykkere  |         | Populasjonskontroller |         |
|-----------------|---------------------|---------|-----------------------|---------|
|                 | Ant m/ signal avvik | Prosent | Ant m/ signal avvik   | Prosent |
| Cervicalmedulla | 3                   | 3,5     | 0                     | 0       |
| Thoracalmedulla | 4                   | 4,7     | 0                     | 0       |
| Medulla         | 7                   | 8,3     | 0                     | 0       |

Signalavvik cervicalt ble funnet hos 3,5% av dykkerne, men ingen i normalpopulasjonen. Signalavvik thoracalt ble funnet hos 4,7% av dykkerne, men heller ikke her hos noen i gruppen av populasjonskontroller. Ingen av dykkerne hadde både signalavvik cervicalt og thoracalt, slik at 8,3% av dykkerne hadde signalavvik i medulla mot ingen i normalpopulasjonen. Det er således påvises økt antall lesjoner i ryggmargen hos dykkerne vs kontrollene.

### Volum-analyse av hjernevev

Voxelbasert gruppemorfometri (SPM-analyse) av vevsmengde av grå substans hos dykkerne vs kontrollene viser at dykkergruppen har flekkvis redusert mengde hjernesubstans overfladisk i venstre temporallapp (grå hjernesubstans), sentralt i venstre occipitallapp (hvit hjernesubstans) og overfladisk i venstre temporallapp. Figur 1.



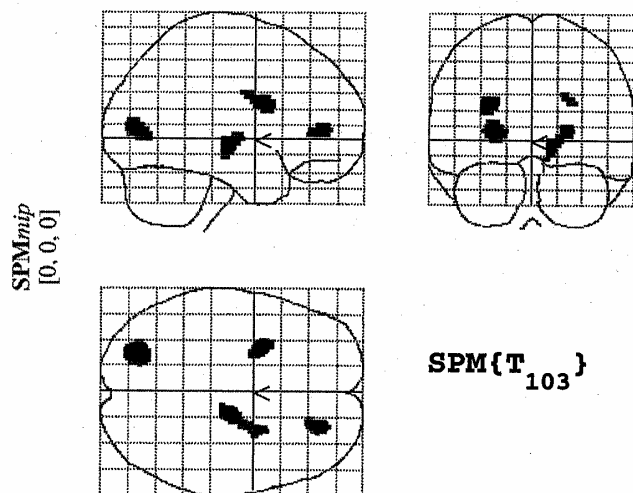
Figur 1. Voxelbasert gruppemorfometri (SPM-analyse) av vevsmengde av grå substans hos dykkerne vs kontrollene. Områder i hjernen hvor dykkerne har mindre vevsmengde er markert.

### Perfusjonsanalyser

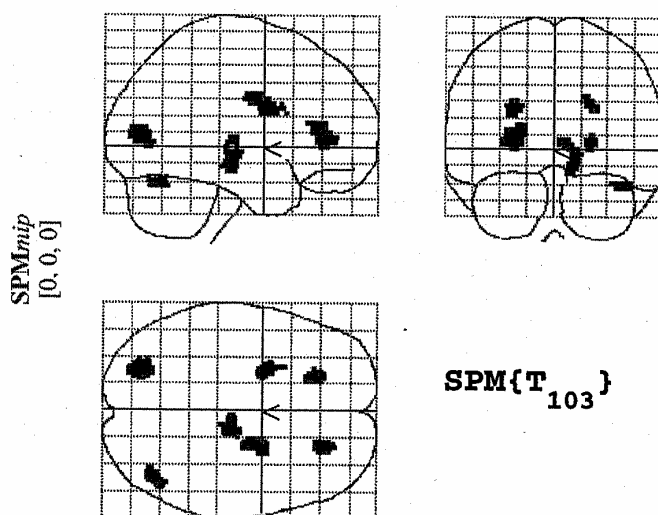
Voxelbasert gruppe-analyse av perfusjonsdata (SPM-analyse) avspeiler / kvantitiserer sirkulasjonen i hjernevevet hos dykkere vs kontroller. Den beskrives ved hjelp av tre parametre som er regional cerebral blodflow (rCBF) eller regional blodgjennomstrømning, regionalt cerebralt blodvolum (rCBV), og mean transit time (MTT) som er forholdet mellom disse to.

Analysen viser forskjeller mellom dykkergruppen og kontrollgruppen ved at blodgjennomstrømningen er nedsatt i områder av hjernen hos dykkerne sammenlignet med

kontrollene (både rCBF og rCBV) lokalisert sentralt i begge pannelapper (frontallapper) og venstre occipitallapp. MTT er signifikant redusert hos dykkerne svarende til utbredelsesområdet for arteria cerebri media. Figur 2 og 3.



Figur 2. Cerebral blodgjennomstrømning hos dykkere versus kontroller. Områder hvor blodgjennomstrømningen er lavere hos dykkerne er markert.



Figur 3. Cerebralt blodvolum hos dykkerne versus kontroller. Områder hvor blodvolumet lavere hos dykkerne er markert.

## Diskusjon

Standardiserte og reproduserbare MR-prosedyrer er fulgt for å sikre bildekvaliteten. Objektive bilde-diagnostiske kriterier er definert og to radiologer har lest bildeseriene uavhengig av hverandre. I de fleste tilfellene med uenighet mellom radiologene var denne grunnet i angivelse av ulikt antall signalavvik eller såkalte hvite flekker i hjernehemisfærene, ikke hvoviddt signalavvik var tilstede eller ikke tilstede. Ved billedgranskningen var radiologene blindet med hensyn på om bildene representerte dykker eller kontroll.

Undersøkelsene ble gjort av et begrenset antall personer (fysikere/ radiografer/radiologer) for å ivareta standardiserte prosedyrer for opptak og prosessering, og dermed redusere feilkildene som introduseres ved ulikheter mellom involvert personell.

Sammenlignet med tidligere MR undersøkelser av dykkere, er denne undersøkelsen gjort med nyere MR skanner med bedre tekniske kvaliteter sammenlignet med tidligere, og bedre kontrastmiddel enn tidligere for å muliggjøre perfusjonsseriene. Nyutviklet software har gjort midling av grupper av forsøkspersoner mulig slik at sammenligninger både av regionalt hjernevolum, blodvolum og blodgjennomstrømning har vært mulig.

Sammenlignet med tidligere studier finner heller ikke vi noen forskjell i forekomsten av signalavvik eller hvite flekker i hjernen. Imidlertid viser opptak av den forlengede marg og de funksjonelle undersøkelsene forskjeller mellom dykkerne og kontrollene som kan være et patofysiologisk korrelat til nevrologiske utfall hos dykkere.

## Konklusjon

Forandringene i ryggmargen samt funksjonell MR illustrerer at gruppen dykkere både strukturelt og perfusjonsmessig avviker fra kontrollgruppen. Det er ikke økt antall hvite flekker eller punktate blødninger i hjernen hos dykkerne i forhold til kontrollene. Derimot påvises flekkvis substans tap av grått hjernevev og områder med perfusjonsavvik hos dykkerne sammenlignet med kontrollene.

## Referanser

Mørk, S. (1988) CNS-findings from 40 diver autopsies. In Report of an open meeting of the MRC Decompression sickness Panel's long term health effects working group at the University of Hawaii, Second International symposium. Man in the Sea. London Medical research Council.

Palmer AC, Calder IM & Hughes JT (1987) Spinal cord degeneration in a case of 'recovered' spinal decompression sickness. Br.Med.J. 283, 888.

Palmer AC, Calder IM & Yates PO (1992) Cerebral vasculopathy in divers. In EUBS Annual Scientific Meeting pp. 137 –144. Ed. W. Sterk & L. Geeraedts. Amsterdam: European Undersea Biochemical Society.

Palmer AC, Calder IM & Yates PO (1992) Cerebral vasculopathy in divers. Neuropathology. Appl. Neurobiol. 18; 113-124.

Polkinghorne PJ, Sehmi K, Cross MR, Minassian D & Bird AC (1988) Ocular fundus lesions in divers. *Lancet* ii, 1381-1383.

Macleod MA, Adkisson GH, Fox MJ, Pearson RR & Houston AS (1988). 99mTC-HMPAO single photon emission tomography in the diagnosis of cerebral barotrauma. *Br. Med Journal* 61, 1106-1109.

Adkisson GH, Hodgson M, Macleod MA, Sykes JJW & Pearson RR (1989a) Cerebral perfusion deficits in dysbaric illness: Follow-up studies in 18 divers. In Proc.EUBS Scientific Meeting, pp. 55-60. Ed. N. Bilterman & R. Lincoln. Israel: European Undersea Biomedical Society.

Adkisson GH, Hodgson M, Macleod MA, Sykes JJW, Smith F, Strack C, Torok Z & Pearson RR (1989b) Cerebral perfusion deficits in dysbaric illness. *Lancet* ii, 119-122.

Moon RE, Hoffman JM, Hanson MW, Reiman RE, Coleman RE, Theil DR, Fawcett TR, Francis JJ, Gorbach MS & Massey EW (1991) 18F-deoxyglucose positron emission tomography (PET) in the evaluation of neurological decompression illness. *Undersea Biomed. Res.* 18 (suppl) , 18.

Camporesi EM, Moon RE, Djang WT & Warren P: (1987) Neuroimaging in severe decompression sickness and air embolism. In *Diagnostic Techniques in Diving Neurology*, pp. 37-40. Ed. DH Elliot & MJ Halsey. Workshop of long-term health effects working group of the MRC Decompression Sickness Panel. London: Medical Research Council.

Warren LP, Djang WT, Moon RE, Camporesi EM, Sallee DS, Anthony DC, Massey EW, Burger PC, & Heinz ER. (1988) Neuroimaging of the scuba diving injuries to the CNS. *Am.J.Roent.* 151, 1003-1008.

Shields TG, Smith PW & Svihus R (1987) MIR aberrations in a random group of divers. In *Diagnostic Techniques in Diving Neurology*, pp. 43-46. Ed. DH Elliot & MJ Halsey. Workshop of longterm health Effects Working Group of the MRC Decompression Sickness Panel. London: Medical Research Council.

Rinck PA, Svihus R & de Francisco P (1991) MR imaging of the central nervous system in diving. *J. Magnetic Resonance Imaging* 1, 293-299.

Todnem K, Nyland H, Dick APK, Lind O, Svihus R, Molvær OI & Aarli JA (1989) Immediate neurological effects of diving to a depth of 360metres. *Acta Neurol. Scand.* , 80: 333- 340.

Todnem K, Nyland H, Kambestad BK & Aarli JA (1990) Influence of occupational diving upon the nervous system. *Br. J. Ind. Med* 47: 708-714.

Todnem K, Nyland H, Skeidsvoll H, Svihus R, Rinck P, Riise T, Kambestad BK & Aarli JA (1991) Neurological long term consequences of deep diving *Br. J. Ind. Med* 48: 258-266.

- Todnem K, Skeidsvoll H, Svihus R, Rinck P, Riise T, Kambestad BA & Aarli JA (1991) Electroencephalography, evoked potentials and MRI brain scans in saturation divers: An epidemiological study. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 79: 322-329.
- Reul J, Weis J, Jung A, Willmes K & Thron A (1995) Central nervous system lesions and cervical disc herniations in amateur divers. *Lancet*, Jun 3; 345(8962): 1403-5.
- Reuter M, Tetzlaff K, Hutzelmann A, Fritsch G, Steffens JC, Bettinghausen E & Heller M (1997) MR imaging of the central nervous system in diving-related decompression illness. *Acta Radiol Nov.*; 38 (6): 940-4.
- Yanagawa Y, Okada Y, Terai C, Ikeda T, Ishida K, Fukuda H, Hirata F, Fujita K (1998) MR imaging of the central nervous system in divers. *Aviat Space Environ Med Sep*; 69(9): 892-5.
- Tetzlaff K, Friege L, Hutzelmann A, Reuter M, Holl D & Leplow B (1999) Magnetic resonance signal abnormalities and neuropsychological deficits in elderly compressed-air divers. *Eur Neurol*; 42(4):194-9.
- Hutzelmann A, Tetzlaff K, Reuter M, Muller-Hulsbeck S & Heller M (2000) Does diving damage the brain? MR control study of divers' central nervous system. *Acta Radiol Jan*;41(1):18-21.
- Aksoy FG (2003) MR imaging of subclinical cerebral decompression sickness. Case report. *Acta Radiol. Jan*; 44(1):108-110.
- Tourette JH, Le Vot J, Solacroup JC, Leonetti P, Muyard B, Gueguen E, Clavel G, Colineau X & Abony E (1995) Role of MRI in spinal and spinal cord emergencies. *J Radiol. Aug*; 76(8):501-9.
- Manabe Y, Sakai K, Kashihara K & Shohmori T. (1998) Presumed venous infarction in spinal cord decompression sickness. *AJNR Am J Neuroradiol. Sep*;19(8): 1578-80.
- Bartsch T, Cordes P, Keil R, Reuter M, Hutzelmann A, Tetzlaff K & Deuschl G. (2001) Cervico-thoracic disc protrusions in controlled compressed-diving: clinical and MRI findings. *J Neurol. Jun*; 248(6):514-6.
- Wijdicks EF (2001) Neurotoxicity of immunosuppressive drugs. *Liver Transpl.*, Nov; 7(11):937-42.
- Dietemann JL et al (2004) Neuroimaging in acute toxic encephalopathy. *J Neuroradiol. Sep*; 31(4): 313-26.

## Kapittel 9

### Hørsel og balanse

Frederik Goplen og Stein Helge Glad Nordahl

#### Innledning

I rapport til Sosialdepartementet datert juli 2003 (1), ble det dokumentert forekomst av hørselssvekkelse og redusert balansefunksjon hos 81 tidligere nordsjødykkere. Det ble i tillegg gjort funn som kunne tyde på at en del av dykkerne kunne ha fått skader av balanseorganet i det indre øret. Betydningen av disse funnene var imidlertid vanskelig å vurdere, siden det på det tidspunktet ikke forelå noe kontrollmateriale. Dette foreligger nå. Målsettingen med denne delundersøkelsen har vært å kartlegge årsaksforhold og dose-effektsammenheng mellom eksponering og påvist svekkelse av hørsel- og balansefunksjon.

#### Metode

Materialet av dykkere (N = 92) og kontrollpersoner samt eksklusjonskriterer er gjort rede for i kapittel 1 og 2. Av de 50 kontrollpersonene som ble innkalt, møtte 42 opp til undersøkelse. 4 av disse ble ekskludert på grunnlag av opplysninger som fremkom på undersøkelsestidspunktet. Dykkere og kontrollpersoner ble undersøkt ved Øre-nese-halsavdelingen, Haukeland Universitetssykehus. Undersøkelsen bestod av følgende deler:

1. Gjennomgang av relevante opplysninger om dykkeerfaring, eksponeringsdata, utdanning og skader i forbindelse med dykking, i tillegg til andre helsemessige forhold, med spesiell vekt på øre-nese-halsområdet. Støyeksponering og støykilder ble også registrert.
2. Klinisk øre-nese-hals- og otonevrolgisk undersøkelse. Denne inkluderte undersøkelse av ører, nese, svelg, strupe og hals, i tillegg til hjernenervestatus, koordinasjonsprøver, undersøkelse av balanse og nystagmus (ufrivillige øyebevegelser som ses bl.a. ved skader i balanseorganet i det indre øret).
3. Hørselsmålingene inkluderte standard rentoneaudiometri (500, 1000, 2000, 3000, 4000 og 6000 Hz) og måling av talediskriminasjon for enstavelsesord. I denne rapporten blir kun luftledningshørselen diskutert.
4. Otonevrolgisk laboratorieundersøkelse. Denne inkluderte følgende:
  - Statisk stabilometri (balanseplattform). Prinsippet for denne undersøkelsen er at dykkeren står på en plattform som inneholder tre trykkmålere. Signalene fra plattformen bearbeides av en datamaskin som beregner trykksentrum under føttene til dykkeren. Trykkpunktvandringen registreres mens dykkeren står i ro på plattformen i 60 sekunder med åpne og 60 sekunder med lukkede øyne. Lengden dette punktet flytter seg i løpet av 60 sekunder kalles kurvelengden og brukes som et mål på graden av ustøhet (2).
  - Registrering av spontan- og posisjonsnystagmus. De følgende registreringene av øyebevegelser ble utført ved hjelp av elektronystagmografi (ENG). På to dykkere ble det benyttet video- i stedet for elektronystagmografi. Nystagmus ble registrert i 30 graders hevet ryggleie med hodet rett frem, rotert mot høyre og venstre.
  - Kalorisk prøve. Bitermal kalorisk prøve ble utført etter standardprosedyre beskrevet i tidligere studier (Nordahl *et al* 1995, Fitzgerald og Hallpike 1942).
  - Okulær følgetest. Øyebevegelsene ble registrert med ENG mens dykkeren skulle følge et lyspunkt i bevegelse med konstant hastighet fra side til side.
  - Sakkadetest. Også her ble øyebevegelsene registrert med ENG, men dykkeren skulle følge et lys som beveget seg i horisontale sprang med forskjellig amplitude.



Kontrollgruppen gjennomgikk et intervju med henblikk på å avdekke symptomer på sykdom i øre-nese-halsområdet, inkludert svimmelhet, øresus og hørselstap, i tillegg til punkt 3 og 4 ovenfor.

I den statistiske gjennomgangen av hørselsdataene ved rentoneaudiometri ble det for hvert individ regnet ut et mål for hørsel svarende til PTA (pure tone average: gjennomsnittlig høreterskel for frekvensene 500, 1000, 2000 og 4000 Hz) på høyre og venstre øre summert og delt på to. I beregningen av medisinsk invaliditet som følge av hørselstap, ble RTVs regelverk (3) fulgt.

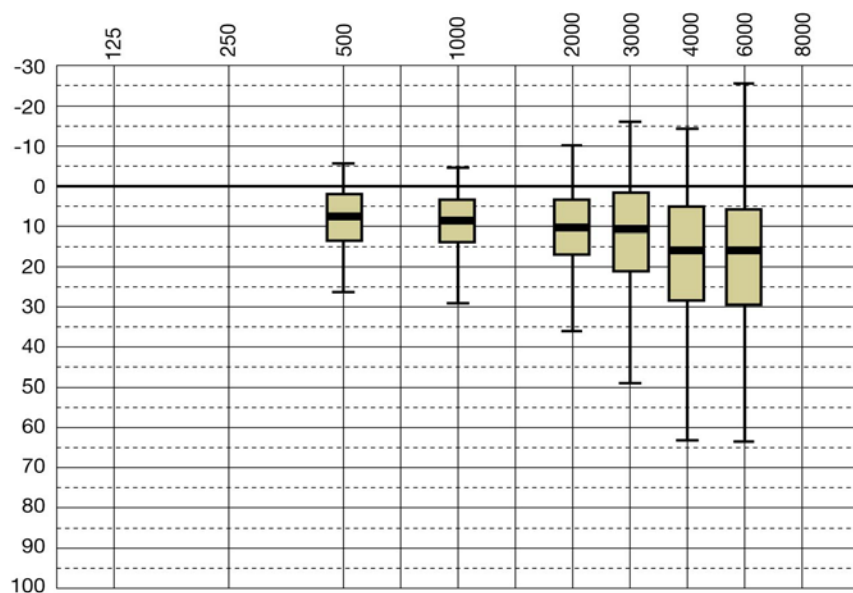
ISO 7029 (4) definerer median høreterskel i en befolkning av allment friske individer som verken har symptomer eller tegn på øresykdom eller har vært utsatt for overdreven støy, heretter kalt "normalbefolkningen". Høretersklene er korrigert for alders- og kjønnsforskjeller. For å sammenligne hver dykker/kontroll med forventet hørsel i henhold til ISO7029, ble Wilcoxons rangsumtest for parede utvalg benyttet. For å påvise forskjell mellom dykkerne og kontrollgruppen, ble Mann-Whitney-test for uavhengige utvalg benyttet. Binomialfordelingen ble benyttet for å beregne signifikansen av hørselstap i forskjellige frekvenser.

I den statistiske gjennomgangen av balansedataene, ble kurvelengdene log-transformert for å oppnå tilnærmet normalfordeling av verdiene, og deretter sammenlignet med Students t-test for uavhengige utvalg eller variansanalyse (ANOVA). Øvre 95-persentiler ble beregnet for kurvelengde med åpne og lukkede øyne i kontrollmaterialet. Kjikkvadratter ble brukt for å undersøke forskjeller i forekomsten av patologiske ENG-funn i dykker- og kontrollgruppen.

Det ble også gjort analyser for å påvise eventuelt dose-responsforhold mellom dykkeksponering, hørsel og balanse. Det ble her benyttet alderskorrigerte hørselsdata (ISO 7029). Eksponeringsvariablene var antall år som yrkesdykker, antall luftdykk, antall døgn i metning, antall døgn i metningstrykk større enn 180 msw, antall bounce-dykk og maksimal dykkedybde. Eksponeringsvariablene ble kategorisert i 3-4 grupper med tilnærmet likt antall dykkere. Forskjeller mellom gruppene ble analysert ved hjelp av kjikkvadratter og variansanalyse (ANOVA på logtransformerte høreterskler og kurvelengder).

## Resultater

*Hørselsmålinger:* Det ble utført rentoneaudiometri på 88 dykkere. Dykkergruppen hørte dårligere enn kontrollgruppen (Mann-Whitney-test:  $p < 0,0005$ ). Imidlertid hørte både kontrollgruppen og dykkergruppen dårligere enn "normalbefolkningen" i henhold til ISO 7029 (Wilcoxons rangsumtest:  $p < 0,0005$ ). Figur 1 viser hørselstap blant dykkerne fordelt etter frekvens ved rentoneaudiometri. Høretersklene er korrigert for alder og kjønn (ISO 7029). I forhold til forrige rapport (1), er det minimale endringer. Dersom det ikke hadde vært noen forskjell mellom dykkerne og normalbefolkningen ville det ha vært like mange dykkere over som under nullinjen i figuren. Sannsynligheten for at 75 % eller flere av dykkerne ( $N = 88$ ) skulle høre dårligere enn nullinjen ville da i henhold til binomialfordelingen være mindre enn  $10^{-6}$ . Av figur 1 går det frem at minst 75 % av dykkerne hører dårligere enn normalpopulasjonen i alle frekvenser. Resultatet har altså høy statistisk signifikans. Både dykkerne og kontrollpersonene hørte dårligere på venstre enn på høyre øre (Wilcoxons rangsumtest: p-verdier hhv 0,03 og 0,01).

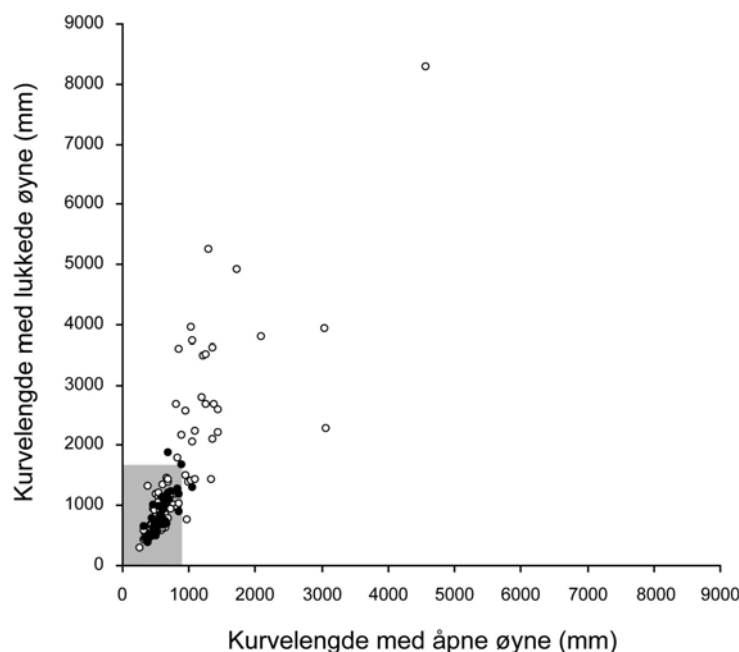


Figur 1. Høreterskel ( $\text{dB}_{\text{ISO 7029}}$ ) ved rentoneaudiometri etter frekvens (Hz) for 88 undersøkte dykkere (gjennomsnitt av høyre og venstre øre). Verdiaksen viser hver enkelt dykkers avvik fra forventet hørsel i henhold til alder og kjønn (ISO 7029). Tykke, horisontale linjer er medianverdier. Grå bokser med "antenner" viser henholdsvis kvartiler og variasjonsbredde. "Avstikkere" eller ekstremverdier, definert som verdier som ligger mer enn 1,5 bokslengde utenfor boksene, er ekskludert.

I beregningen av medisinsk invaliditet som følge av hørselstap, krever Rikstrygdeverket at det utregnes binauralt hørselstap for tale etter korreksjon med Lidéns hørselsindeks for eventuelt diskriminasjonstap. Det var utført taleaudiometri på 81 av dykkerne. Disse hadde dårligere utregnet binaural taleoppfattelse enn kontrollmaterialet ( $p = 0,004$ ). For at det skal kunne beregnes medisinsk invaliditet, kreves det at det utregnede hørselstapet etter denne metoden er 35 dB eller større. 3 dykkere (3,7 %) og 1 kontrollperson (2,6 %) hadde etter denne definisjonen invalidiserende hørselstap. Under kartleggingen av støyeksposering, fremkom at så godt som alle dykkerne hadde vært utsatt for kraftige støykilder, som f.eks. bruk av hydraulisk verktøy og høytrykkspylere under vann. Det var imidlertid ikke mulig å foreta noen objektiv gradering av støyeksposeringen for å skille mellom de enkelte dykkerne.

Det ble ikke påvist noen dose-effekt-sammenheng mellom hørselstap og eksponeringsvariablene (ANOVA), unntatt antall døgn i metningstrykk større enn 180 msw ( $p = 0,041$ ).

*Målinger av balansefunksjon ved statisk stabilometri:* Det foreligger stabilometridata på 88 dykkere og 42 kontrollpersoner. Figur 2 viser ustøhet i stående stilling med åpne og lukkede øyne. Store kurvelengder er uttrykk for ustøhet. 30 dykkere (34 %) hadde kurvelengder som oversteg 95-persentilen i kontrollmaterialet.



Figur 2. Spredningsdiagram som viser ustøhet i stående stilling (kurvelengde) med åpne og lukkede øyne. Hvert punkt representerer ett individ. Kontrollpersoner ( $n = 38$ ) er markert med svarte sirkler, dykkere ( $n = 88$ ) med åpne sirkler. Den grå boksen representerer 95-persentilen i kontrollmaterialet.

Forskjellen mellom dykker- og kontrollgruppen var statistisk signifikant både for målingene med åpne ( $p = 0,005$ ) og lukkede ( $p < 0,0005$ ) øyne. Det var ingen forskjell i ustøhet mellom gruppen av dykkere med og uten svimmelhet angitt som symptom, enten de anga svimmelhet i spørreskjema eller direkte til øre-nese-halslegen ( $p > 0,4$ ).

Det var ingen dose-effekt-sammenheng mellom ustøhet (kurvelengde med åpne/lukkede øyne) og eksponeringsvariablene (ANOVA).

*Nystagmusregistrering:* Nystagmus ble funnet hos 26 % av dykkerne og 24 % i kontrollmaterialet. Forskjellen var ikke signifikant (kjikvadrattest:  $p = 0,82$ ).

*Kalorisk prøve:* Den bitermale kaloriske prøven ble analysert automatisk av et dataprogram for å beregne side- og retningsdifferanse. En direkte visuell vurdering av kurvene ble utført som en kvalitetskontroll av dataanalysen. Den samlede vurderingen ga 28 % forekomst av kanalparese hos dykkerne mot 16 % i kontrollmaterialet. Forskjellen var ikke signifikant ( $p = 0,18$ ). 8 % av dykkerne hadde patologisk retningsdifferanse mot ingen i kontrollmaterialet. Heller ikke denne forskjellen var statistisk signifikant ( $p = 0,08$ ).

*Okulær følgetest:* I forbindelse med den okulære følgetesten ble det registrert antall firkantbølger og forekomst av innhentingssakkader som tyder på nedsatt følgerate. Det var ingen forskjell mellom dykker- og kontrollgruppen i antallet firkantbølger (Mann-Whitneytest:  $p = 0,15$ ). Det var heller ingen forskjeller mellom de to gruppene i forekomsten av nedsatt følgerate ved okulær følgetest (kjikvadrattest:  $p = 0,53$ ).

*Sakkadeundersøkelser:* Upresise sakkader (hypometrier eller hypermetrier) ble registrert i forbindelse med kalibreringen før elektronystagmografi. Blant dykkerne hadde 15 % hypometrier og 5 % hypermetrier. Forekomsten i kontrollmaterialet var henholdsvis 11 % og

0 %. Forskjellene var ikke statistisk signifikante. Maksimal sakkadehastighet ble beregnet ut fra et diagram som fremstiller de eksponentielle sammenhengen mellom sakkadeamplitude og -hastighet. Gjennomsnittlig maksimal sakkadehastighet mot høyre og venstre var høyere blant dykkerne enn i kontrollmaterialet. Forskjellen var statistisk signifikant (t-test på logtransformerte data:  $p = 0,001$ ).

## Diskusjon

Det som her dokumenteres, er funn hos yrkesdykkere som har vært henvist til oss på grunn av varierende helseplager. I forhold til yrkesdykkere generelt, må de antas å være både høyt eksponerte og blant de sykeste. Bredden i materialet kan derfor være for liten til å påvise et dose-responsforhold mellom eksponering og sykелighet.

Dykkerne hadde dårligere hørsel enn både kontrollmaterialet og normalmaterialet i henhold til ISO 7029. Fordelingen av hørselstap i de forskjellige frekvensområdene indikerer at støy er en viktig årsak, men signifikante hørselstap i bassområdet kan indikere andre medvirkende faktorer. Støybetinget hørselstap er vanlig i mange yrkesgrupper, og Rikstrygdeverkets regler krever et utregnet binauralt tap (ved talediskriminasjon) på 35 dB eller høyere før det kan beregnes medisinsk invaliditet for støyskade. Tre (3,7 %) av de undersøkte dykkerne hadde så dårlig hørsel. Det kom frem under samtale med dykkerne at så godt som alle hadde vært eksponert for kraftige støykilder under arbeid, men det var ikke mulig å gradere denne eksponeringen objektivt.

Dykkerne var mer ustø enn kontrollmaterialet. 22 av dykkerne hadde kurvelengder større enn 2000 mm med lukkede øyne, hvilket tilsier markert ustøhet. Årsaker til ustøhet kan være mange, inkludert sykdommer i det indre øret, balansenerven, det sentrale eller perifere nervesystemet og i muskel-skjelettsystemet. Funn som kan tyde på affeksjon av balanseorganet i det indre øret er svimmelhet, nystagmus og kanalparese. Det viste seg imidlertid at det ikke var noen sammenheng mellom ustøhet og svimmelhet blant dykkerne. Det var heller ikke signifikant høyere forekomst av nystagmus eller kanalparese blant dykkerne enn i kontrollpopulasjonen. Man kan ut fra de foreliggende funnene ikke konkludere med at forekomsten av perifer vestibulær sykdom er høyere blant dykkerne enn i normalbefolkningen. Funnet av redusert balanse hos dykkerne kan skyldes andre mekanismer, deriblant skader i det sentrale eller perifere nervesystemet.

Patologi ved okulær følge- og sakkadetest kan ha en rekke årsaker. Firkantbølger regnes oftest som normalt eller som et tegn på nedsatt konsentrasjon. Nedsatt følgerate kan ses ved sykdommer i lillehjerne og hjernestamme, men er et uspesifikt funn. Det samme gjelder de mindre dysmetriene som ble påvist hos noen av de undersøkte nordsjødykkerne. Et overraskende funn var den signifikant økte maksimale sakkadehastigheten blant dykkerne, et funn som har usikker patologisk betydning.

Det ble i denne undersøkelsen ikke påvist noen dose-effektsammenheng mellom påvist tap av hørsel eller balansefunksjon og eksponering. De dykkerne som hadde vært lengst i yrket eller hadde flest og dypest dykk hadde altså ikke dårligere hørsel eller balanse enn de andre. En enkel signifikant p-verdi (for hørsel i forhold til antall døgn i metningstrykk større enn 180 msw) kan ikke tillegges vekt. Den manglende dose-effektsammenhengen kan skyldes en seleksjon. Dykkere kan ikke, som i et kontrollert forsøk, randomiseres til forskjellige eksponeringsgrupper. En dykker som blir syk vil kunne tas ut av yrket eller settes til lettere

oppdrag. En dykker som klarer seg godt, vil kunne fortsette i yrket og settes til mer belastende oppdrag. Hørselstap og balanseforstyrrelser er ikke bare avhengig av tid, antall dykk og dybde, men også akutte hendelser, som like gjerne kan oppstå i begynnelsen av karrieren, samt individuelle forskjeller i toleranse for støy- og trykkpåvirkning.

## Konklusjon

Nordsjødykkerne hadde som gruppe dårligere hørsel enn forventet ut fra alder. Fordelingen av hørselstapet i de høye frekvensene indikerer støyskade, men andre typer hørselstap forekom også. Dykkerne hadde dårligere balansefunksjon enn kontrollgruppen; 24 % hadde markert ustøhet. Man kan ikke ut fra de foreliggende funnene konkludere med at denne ustøheten skyldes at yrkesdykkerne har en overhyppighet av skader i balanseorganet i det indre øret. Det kunne i dette materialet ikke påvises noen dose-effektsammenheng mellom dykkingen og hørselstap/ubalanse.

## Referanser

1. Goplen F, Nordahl SHG. Hørsel og balanse. I: Thorsen E, Troland K, red. Helsestatus hos tidligere nordsjødykkere - Rapport til Sosialdepartementet. Bergen: Yrkesmedisinsk avdeling, Haukeland Universitetssykehus, 2003.
2. Nordahl SHG, Aasen T, Molvær OI. Balance testing in saturation diving. *Aviat Space Environ Med* 1995; 66: 1031-6.
3. Rikstrygdeverket. Vurdering av hørsel, hørselstap og invaliditet. RTV 1984.
4. International organization for standardization. Acoustics - Threshold of hearing by air conduction as a function of age and sex for otologically normal persons. ISO 7029, 2nd ed, 2000.
5. Molvær OI, Albrektsen G. Hearing deterioration in professional divers: an epidemiologic study. *Undersea Biomed Res* 1990; 17: 231-46.
6. Molvær OI, Lehmann EH. Hearing acuity in professional divers. *Undersea Biomed Res* 1985; 12: 333-49.
7. Molvær OI. Effects of diving on the human cochleovestibular system. Doctoral thesis, University of Bergen, Norway 1988: I-16-17.

## Kapittel 10

### Nevropsykologisk undersøkelse

Kari Troland og Jude T. Nicholas

De forhold ved dykking som kan føre til skader på sentralnervesystemet er grundig beskrevet i kapitlene 1 og 4. En rekke undersøkelser har rapportert om symptomer fra sentralnervesystemet hos dykkere. Nevropsykologiske symptomer som oppmerksomhetsvansker, hukommelsessvansker og psykomotoriske vansker er blant de hyppigst rapporterte. Dette gjelder både studier som bare har kartlagt subjektive symptomer fra spørreskjema eller intervju (Brubakk, Bolstad og Jacobsen, 1994; Todnem, Nyland, Kambestad og Aarli, 1990; Macdiarmid et al 2001) og studier som rapporterer objektive nevropsykologiske undersøkelsesfunn (Peters, Levin og Kelly, 1977; Værnes, Kløve og Ellertsen, 1989).

At en kan finne strukturelle skader og funksjonssvikt i hjernen etter trykkfallsyke synes etter hvert å være ukontroversielt. I siste utgave av den toneangivende læreboken i dykkemedisin "Bennett og Elliott's Physiology and Medicine of diving" oppsummeres relevant litteratur om emnet (Dutka, 2003). Symptomene er ifølge forfatteren oftest milde, ikke invalidiserende og bedres over tid, men det gis få spesifikke referanser til nevropsykologiske undersøkelsesfunn.

En av undersøkelsene som refereres er Værnes og Eidsviks undersøkelse fra 1982, der nevropsykologiske testresultater (Halstead-Reitan batteri) viste sviktende funksjon på flere prøver hos 8 av 9 som hadde vært utsatt for dykkerulykker. Fem av disse viste spesifikk hukommelsessvikt, vansker med vedvarende oppmerksomhet, emosjonell labilitet og lav autonom reaktivitet. Artikkelen omhandler imidlertid dykkeulykker med forskjellige ulykkesårsaker. Karbondioksid forgiftning var mistenkt som årsak for 3 av dykkerne, hypoksi for 1 og emboli for 6. Inspeksjon av tabellen som fremstiller data, avdekker imidlertid ikke systematiske forskjeller verken i type eller antall funksjonsutfall avhengig av antatt ulykkesårsak.

Det er adskillig større kontrovers omkring langtidsvirkninger av dykking uten kjent trykkfallsyke eller annen dykkerrelatert hendelse. Dutka (2003) starter kapitlet som omhandler dette emnet med å slå fast at "Folklore refers to a dementia among occupational diving groups as "punch drunk" divers...". Han refererer en rekke studier, hvorav de fleste var grunnlagsmateriale for konsensus i Godøysundkonferansen i 1993. Av nyere studier trekker han i tillegg fram en studie fra 1999 der Tetzlaff et al. konkluderte med risiko for langtids effekter av luftdykking selv uten kjent trykkfallsyke på bakgrunn av MRI funn og svakere nevropsykologiske testresultater hos eldre dykkere enn hos tilsvarende kontroller.

Dutka (2003) konkluderer med at studier av dykkere uten trykkfallsyke har gitt motstridende resultater, der studier av utvalgte dykkere som mistenker at de er skadd, viser subtile funn på nevropsykologiske tester, mens studier av uselekterte dykkere ikke viser slike funn. Han hevder videre at patologiske funn er uten klinisk betydning og at selv om mange studier har funnet symptomer hos dykkere, er det ikke dokumentert noen signifikant eller progressiv svikt som har betydning for daglige aktiviteter.

En studie som ble lagt fram ved Godøysundkonferansen var Curley, Wallick og Amersons (1994) studie fra U.S Navy. Fra en større database, plukket de ut individer som hadde hatt repeterte nevropsykologiske målinger (2 – 5 målinger, med ukjent tidsintervall). De fant gjennomgående bedring i testresultater og konkluderte med at en ikke kan finne noen

kumulativ intellektuell svekkelse som resultat av gjentatt og/eller ”excessive” dykking uten trykfallssyke av betydelig omfang.

En annen studie som dannet basis for diskusjonene ved Godøysundkonferansen er Værnes, Kløve og Ellertsens (1989) studie som rapporterte data fra metningsdykkere. Dykkerne ble testet med utvidet Halstead-Reitan nevropsykologiske testbatteri. Forfatterne fant vedvarende svekkede prestasjoner (> 10 % reduksjon) hos ca 20% av dypdykkere ett år etter dykk og tilsvarende etter 3,5 år vanlig metningsdykking. De fant individuelle variasjoner i nevropsykologiske funksjoner som hukommelse, oppmerksomhet, tremor og autonom reaktivitet som korrelerte med dykke-eksponering. I diskusjonsinnlegg på Godøysundkonferansen formidlet Værnes at data på individnivå ikke viste patologiske funn. Han satte imidlertid fram en hypotese om at de milde forandringene en fant kunne indikere starten på en patologisk prosess ("mild encephalopathy") (Værnes, 1994).

Sedgwick, Murrison, Carr, Glasspool og Safarazi (1994) rapporterte lignende funn med endringer i affekt, hukommelse, konsentrasjon og psykomotorisk funksjon, men presiserte at det var snakk om små endringer der hvor det ikke hadde vært en dykkeulykke eller trykfallssyke.

Dutkas's sammenfatning står i kontrast til konsensus fra Godøysund hvor en konkluderte at:

*“There is evidence that changes in bone, the central nervous system and the lung can be demonstrated in some divers who have not experienced a diving accident or other established environmental hazards. The changes are in most cases minor and do not influence the diver's quality of life. However, the changes are of a nature that may influence the diver's future health”.* Hope et al (1994)

I denne undersøkelsen har vi sett på dykkere fra den samme kohorten som Todnem et al (1990) og Værnes et al. (1989) bygger sin arbeider på. Et tiår er gått siden Godøysundkonferansen og slik sett representerer dette en undersøkelse av ”future health” . Hvis de nevropsykologiske forandringene en så etter 3,5 års metningsdykking indikerte begynnelsen på en patologisk prosess, vil en vente å finne mer slike funn hos dykkerne ti år senere. I tråd med dette vil en vente å finne sviktende funksjon på prøver som er følsomme for oppmerksomhet, hukommelse (spatial hukommelse), tempo og psykomotorisk funksjon.

## Metode

Utvalget av 96 tidligere Nordsjødykkerne er grundig beskrevet i kapittel 3. Kontrollgruppen besto av 60 personer matchet på alder og utdanning til 60 tilfeldig utvalgte dykkere (indeksdykker). Prosedyren er grundigere beskrevet i kapitel 2 Dykkerne gjennomgikk utvidet Halstead Reitan testbatteri, som er et omfattende og standardisert nevropsykologisk testbatteri (Lezak , 1995). Kontrollgruppen gjennomgikk utvalgte deler av samme testbatteri.

Testbatteriet er særlig sensitivt for hjernens organiske integritet og mye brukt i klinisk diagnostikk. Testbatteriet vurderes normativt (sammenligning med referansemateriale) og ideografisk (sammenligning av ulike funksjoner hos samme individ). En vurderer også tegn på lateralisering og patognomoniske skadetegn (for eksempel synsfeltutfall, neglect, afasi) (Reitan og Wolfson, 1993; Heaton, Grant og Matthews, 1991). Testbatteriet besto av:

Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS) med 6 verbale og 5 ikke-verbale sub-skalaer som samlet gir en verbal-skåre, en utførings-skåre og en total-skåre.

Wechsler Memory Scale-Revised – med 2 verbale og 3 visuelle prøver som gir en skåre for innlæring og umiddelbar verbal hukommelse, visuell hukommelse og totalskåre, 4 prøver gjentatt etter ½ time gir grunnlag for skåre for utsatt hukommelse og 3 prøver gir skåre for oppmerksomhet/ konsentrasjon.

Halstead-Reitan tester på adaptive ferdigheter:

Category Test som krever evne til abstraksjon, begreps-danning og hypotesetesting.

Tactual Performance Test (TPT) – en kompleks psykomotorisk problemløsningsoppgave som stiller krav til taktil-spatiale ferdigheter, samme test gir også TPT figurminne og spatialminne;

Trail Making Test A og B som stiller krav til psykomotorisk tempo og mental fleksibilitet i tillegg til oppmerksomhet, visuell ”scanning” og persepsjon og øye-hånd koordinering;

Seashore rytme test som stiller krav til auditiv diskriminasjons-evne og vedvarende oppmerksomhet.

Finger tapping test som måler motorisk tempo i hendene (index finger)

Reitan-Indiana aphasia screening test består av en rekke enkle språklige prøver som benevning, ord-bilde kobling, muntlig og skriftlig staveprøve samt identifikasjon av riktige og uriktige utsagn muntlig og skriftlig. I tillegg inngår kopiering av geometriske figurer samt høyre-venstre diskrimineringsprøve.

Reitan-Kløve sensorisk-perseptuelle undersøkelse består av:

Sensoriske prøver tester evne til å oppfatte sansestimuli taktilt, auditivt og visuelt når disse presenteres henholdsvis unilateralt og bilateralt simultant.

Perseptuelle prøver tester taktil fingergjenkjenning (fingeragnosi), taktil gjenkjenning av symboler skrevet på fingertuppene, taktil formgjenkjenning og taktil ruhetsdiskriminering.

Kløve-Matthews motoriske prøver består av prøver på motorisk koordinering (Maze Coordination Test), statisk stødighet (Steadiness Test), kinetisk stødighet (Grooved Steadiness Test), fin finger-ferdighet og psykomotorisk tempo - pinnebrettprøve (Grooved Pegboard Test), gripestyrke (Dynamometer) og motorisk tempo i hender og føtter (Finger tapping og Foot tapping Test)

Supplerende prøver. I den grad tiden tillot ble det også utført en del supplerende prøver:

Knox cube test som stiller krav til oppmerksomhet og visuelt arbeidsminne.

Wisconsin card sorting test som er et mål på hypotesetesting og abstraksjon i tillegg til evne til å skifte eller opprettholde svarmønstre.

COWAT (FAS) Fonetisk ordassosiasjonsoppgave som stiller krav til verbal flyt og mentalt tempo og fleksibilitet.

Stroop Test (Hugdahl versjon) med 3 delprøver, farge-benevning, fargeord og farge-ord interferens-oppgave som er følsomme for mentalt tempo, evne til å inhibere responser og selektiv oppmerksomhet.

Testbatteriet for kontrollgruppen besto av: WAIS-deltestene Informasjon, Likheter, Koding og Tallspenn, WMS-R deltestene Figurminne, Mental kontroll, Tallspenn og Visuelt minnespenn, Tactual Performance Test, Trail Making Test A og B, Stroop Test, Knox Cube Test, COWAT (FAS), Fingertapping, Dynamometer, Steadiness Test, Grooved Pegboard Test, fingeragnosiprøve, taktil symboldiskriminering og taktil formgjenkjenning.



For de fleste testene omregnes råskårer til standardiserte skårer for å lette sammenligning mellom forskjellige prestasjoner innbyrdes hos samme individ. Forskjellige tester har noe forskjellige standardskårer:

- T-skåre hvor gjennomsnitt er 50 og st.avvik 10.
- Wechsler skårer der gjennomsnitt er 100 og st. avvik 15.
- Skalerte skårer der gjennomsnitt er 10 og st.avvik 3
- Z-skårer der gj.snitt er 0 og st.avvik angis som +1 eller -1.

En uttømmende fremstilling av skåringsmetoder er gitt i Lezak (1995).

I beskrivelse av dykkegruppens prestasjoner er generelt evnenivå satt som forventningsnivå for øvrige nevropsykologiske tester. For de prøver som har kontinuerlige data er sviktende funksjon konvensjonelt definert som prestasjon mer enn 1.st.avvik svakere enn norm.

Betydelig svikt er definert som skårer mer enn 2 st.avvik under norm (Heaton et al, 1991),.

Testresultater for 60 kontrollpersoner fra normalpopulasjonen ble sammenholdt med resultatene for 60 indeks-dykkere ved hjelp av Students T-test. I noen få tilfeller er det brukt ikke-parametriske analyser fordi data ikke tilfredstiller kravene til T-test. Det ble foretatt tilsvarende analyse der kontrollpersoner og dykkere som hadde hatt hjerteoperasjoner, kreft, slag, alvorlig hodetraume eller betydelig alkoholforbruk var ekskludert. Disse analysene ga ikke vesentlig annerledes resultater og vi har derfor valgt å bruke data fra hele kontrollgruppen.

I det nedenstående er de nevropsykologiske testene gruppert etter funksjonsområde. Det er imidlertid viktig å presisere at ingen av testene er rene funksjonsmål. For eksempel stiller WAIS koding, som her er satt under gruppen prosesseringshastighet, like mye krav til oppmerksomhet / konsentrasjon og arbeidsminne i tillegg til visuell persepsjon. Det er altså flere alternative måter å gruppere testene på. Uansett klassifisering vil det være sterkt misvisende å gi inntrykk av at testprestasjonen er avhengig av bare én kognitiv prosess. (Zakzanis, Leach og Kaplan, 1999).

## Resultater

### *Generelt evnenivå*

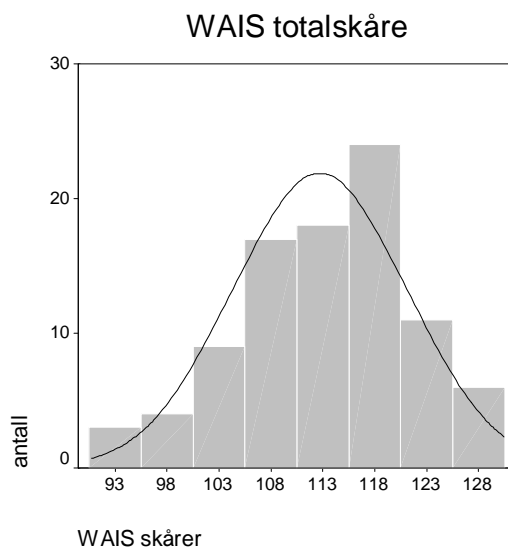
Tabell 1 viser dykkernes gjennomsnittskårer på IQ-test. Gruppen som helhet skårer i øvre del av normativt gjennomsnitt på generelle evneprøver i tråd med utdanningsnivå.

Tabell1 : Resultater på generell evnetest.

| Test                | (N) | <u>Gj.snittskåre ± 1 SD</u> |       |
|---------------------|-----|-----------------------------|-------|
| WAIS Verbal skåre   | 92  | 110,6                       | ± 9,9 |
| WAIS Utføringsskåre | 92  | 112,8                       | ± 8,8 |
| WAIS totalskåre     | 92  | 112,2                       | ± 8,4 |

Som figur 1 viser ligger de aller fleste individuelle skårer over det normative gjennomsnitt. Forventningsnivået for de øvrige nevropsykologiske prøvene er gruppens gjennomsnittskåre – som altså ligger i det øvre normative gjennomsnitt. 1.st.avvik under normativt gjennomsnitt opprettholdes konservativt som grenseverdi for sviktende funksjon på de øvrige testene.

Figur 1



Figur 1 illustrerer fordelingen av WAIS resultater i gruppen.

### Hukommelse og innlæring

Tabell 2. Dykkegruppens prestasjoner på prøver på innlæring og hukommelse.

| Test              | N  | Skåre    | Gj.snitt ± 1SD | % - andel av utvalget |                 |
|-------------------|----|----------|----------------|-----------------------|-----------------|
|                   |    |          |                | Svikt                 | Betydelig svikt |
| WMS-R verbal      | 94 | Wechsler | 103,0 ± 17,0   | 16                    | 4,3             |
| WMS-R visuell     | 94 | Wechsler | 100,7 ± 15,2   | 16                    | 2,1             |
| WMS-R huk.        | 94 | Wechsler | 102,7 ± 18,1   | 16                    | 5,3             |
| WMS-R utsatt huk. | 93 | Wechsler | 101,5 ± 19,9   | 20,4                  | 7,5             |
| TPT figurminne    | 94 | T-skåre  | 47,4 ± 9,7     | 30,9                  | 3,2             |
| TPT spatial minne | 94 | T-skåre  | 46,5 ± 8,9     | 14,9                  | 0               |
| Koding hukommelse | 84 | Råskåre  | 5,5 ± 2,4      | 41,5                  |                 |

Som vist i tabell 2 skårer gruppen som helhet som gjennomsnitt på en sammensatt hukommelsesprøve mht. umiddelbar verbal og visuell hukommelse (innlæring) samt for utsatt hukommelse. Dette er omtrent som forventet ut fra generelt evnenivå. Figurminne og spatialminne ligger i nedre del av gjennomsnittsområdet og er litt svakere enn forventningsnivå. Det finnes ikke normer for Koding hukommelse, råskåre 6 regnes imidlertid

som klinisk grenseverdi og har vist seg å kunne skille mellom demente og deprimerte pasienter (Lezak,1995). Koding hukommelse ligger svakere enn anbefalt klinisk grenseverdi. 30,9% av dykkere skårer svakere enn grenseverdien på TPT figurminne (hvorav 3,2% i betydelig grad), 14,9% på TPT spatial minne og 41,5 på Koding hukommelse. Figurminne, spatialminne og Koding hukommelse er alle oppgaver som stiller krav til incidentiell hukommelse - dvs hvor mye personen får med seg og husker av å utføre en oppgave uten eksplisitt å ha blitt instruert om å huske.

#### *Oppmerksomhet, konsentrasjon og arbeidsminne*

Tabell 3 viser at gruppens resultater mht. oppmerksomhet , konsentrasjon og arbeidsminne er svakere enn forventet. Resultatene ligger i nedre del av gjennomsnitt eller under gjennomsnitt med unntak av Seashore rytmetest hvor resultatet er middels. En betydelig andel av gruppen viser svake prestasjoner på oppmerksomhetskrevede oppgaver.

Tabell 3. Dykkegruppens prestasjoner på prøver som er følsomme for oppmerksomhet, konsentrasjon og arbeidsminne

| Test               | N  | Skåre    | Gj.snitt ± 1SD |      | % - andel av utvalget |                 |
|--------------------|----|----------|----------------|------|-----------------------|-----------------|
|                    |    |          |                |      | Svikt                 | Betydelig svikt |
| WMS-R attention    | 94 | Wechsler | 89,5           | 17,9 | 39,4                  | 12,8            |
| WAIS tallspenn     | 92 | Skalert  | 7,7            | 3,1  | 30,4                  | 4,3             |
| Seashore rytmetest | 93 | T-skåre  | 48,9           | 11,8 | 18,3                  | 6,5             |
| Knox Cube Test     | 78 | T-skåre  | 40,4           | 11,6 | 46,2                  | 12,8            |

#### *Prosesseringshastighet*

Tabell 4 viser at dykkernes resultater på prøver som krever hurtig informasjonsbearbeiding er svakere enn forventet. Resultatene ligger under eller i nedre del av gjennomsnittsområdet.

Tabell 4. Dykkegruppens prestasjonene på oppgaver som stiller krav til mentalt tempo.

| Test                | N  | Skåre      | Gj.snitt ± 1SD |      | % - andel av utvalget |                 |
|---------------------|----|------------|----------------|------|-----------------------|-----------------|
|                     |    |            |                |      | Svikt                 | Betydelig svikt |
| WAIS koding         | 94 | Skalert    | 7,3            | 1,5  | 29,8                  | 1,1             |
| Stroop farge        | 45 | Råskåre(Z) | 33,8 (-2)      | 5,8  | 86,7                  | 17,8            |
| Stroop ord          | 45 | Råskåre(Z) | 19,7(-1)       | 4,4  | 44,4                  | 20,0            |
| Trail Making Test A | 94 | T-skåre    | 45,7           | 15,8 | 25,5                  | 12,8            |

Som det går fram av tabell 4 brukte en betydelig andel av deltagere lengre tid enn grenseverdien på tempobaserte prøver. Dette gjelder særlig på Stroop test og WAIS koding.

### *Komplekse problemløsning og mental fleksibilitet.*

Som vist i tabell 5, skårer dykkergruppen som helhet gjennomsnittlig på komplekse problemløsningsoppgaver som krever evne til abstraksjon, hypotesetesting, begrepsdanning og taktil-spatiale ferdigheter. På tross av at gjennomsnittskåren er bra har 22,3 % av dykkerne skårer i svikt-området på Category test.

Tabell 5. Dykkergruppens resultater på komplekse problemløsningsoppgaver og mental fleksibilitet.

| <b>Test</b>          | <b>N</b> | <b>Skåre</b> | Gj.snittskåre ± 1SD |      | % - andel av utvalget |                 |
|----------------------|----------|--------------|---------------------|------|-----------------------|-----------------|
|                      |          |              |                     |      | Svikt                 | Betydelig svikt |
| Category test        | 94       | T-skåre      | 49,3                | 11,5 | 22,3                  | 4,3             |
| WCST Pers.resp.      | 55       | T-skåre      | 48,1                | 9,8  | 18,3                  | 1,8             |
| Tactual Perform Test | 94       | T-skåre      | 50,0                | 9,6  | 11,7                  | 4,3             |
| Trail Making Test B  | 94       | T-skåre      | 44,3                | 10,7 | 33,0                  | 8,5             |
| Stroop interference  | 45       | Råskåre      | 64,6                | 18,7 | 57,8                  | 33,3            |
| COWAT                | 46       | Råskåre      | 33,8                | 10,4 | 32,6                  | 4,3             |

Trail Making test B som stiller krav til mental fleksibilitet, lå imidlertid svakere enn forventningsnivået. Det samme gjelder Stroop Interferens-oppgave som krever evne til selektivt å inhibere responser. På denne prøven ligger resultatet 1 ½ - 2 st.avvik svakere enn gjennomsnitt. Henholdsvis 33% og 57,8% av dykkerne presterte svakere enn grenseverdien på disse prøvene. Gruppen som helhet presterte i nedre gjennomsnitt på en fonetisk ordassosiasjonsprøve og 32,6 % av utvalget presterte svakere enn grenseverdien på prøven, slik det fremgår av tabell 5.

### *Impairment index*

På basis av testene i Halstead-Reitan batteriet beregnes en svikt-indeks som gir et samleuttrykk for nevropsykologisk svikt. Indeksen har høyere reliabilitet enn enkelt-tester hver for seg. Skalaen går fra .0 til 1.0, der .0 representerer den perfekt normale skåre. Konvensjonelt utgjør 0.4 grenseverdien for sviktende nevropsykologisk funksjon. Skårer i området .5 - .7 utgjør mild til moderat svikt og .8 til 1.0 alvorlig nevropsykologisk svikt. Dykkergruppen som helhet oppnådde en gjennomsnittskåre på .4 (± .2). 35,2 % av utvalget fikk skårer over denne grenseverdien, av disse lå 12,1% i området for alvorlig svikt.

### *Manuell deksteritet, motorisk tempo og stødighet*

Gruppens gjennomsnittsresultater lå i øvre gjennomsnittsområde eller over for tempo og styrke i hendene. Statisk stødighet og koordinering viste også omtrent gjennomsnittlige resultater. Det er likevel 18 – 20 % av utvalget som har skårer i sviktområdet på disse prøvene. En kompleks psykomotoriske prøve (Grooved Pegboard) som krever fin fingerferdighet viste resultat i nedre gjennomsnittsområde og under forventningsnivå. 35,9% av deltagere viste sviktende funksjon på denne prøven (dominant hånd) hvorav 13 % i betydelig grad. Resultatene er vist i tabell 6.

Tabell 6. Dykkergruppens resultater på motoriske prøver

| Test                  | N  | Skåre   | Gj.snitt ± 1SD |      | % - andel av utvalget |                 |
|-----------------------|----|---------|----------------|------|-----------------------|-----------------|
|                       |    |         |                |      | Svikt                 | Betydelig svikt |
| Fingertapping høyre   | 91 | T-skåre | 51,6           | 10,0 | 11,0                  | 4,4             |
| Fingertapping venstre | 90 | T-skåre | 52,9           | 10,7 | 10,0                  | 3,3             |
| Gripestyrke høyre     | 86 | T-skåre | 61,4           | 9,4  | 2,3                   | 0               |
| Gripestyrke venstre   | 86 | T-skåre | 61,9           | 9,8  | 2,3                   | 0               |
| Statisk stødighet hø  | 85 | T-skåre | 49,4           | 13,3 | 18,8                  | 11,8            |
| Statisk stødighet ve  | 85 | T-skåre | 48,6           | 11,3 | 20,0                  | 11,8            |
| Maze koord. hø        | 66 | T-skåre | 51,0           | 14,7 | 10,6                  | 10,6            |
| Maze koord. ve        | 66 | T-skåre | 49,5           | 16,1 | 19,7                  | 13,6            |
| Grooved Pegboard hø   | 92 | T-skåre | 44,7           | 13,7 | 35,9                  | 13,0            |
| Grooved Pegboard ve   | 91 | T-skåre | 45,9           | 13,5 | 25,3                  | 7,7             |

*Sensorisk-perseptuelle prøver*

I tabell 7 nedenfor er gruppens resultater på sensorisk perseptuelle prøver fremstilt. Tabellen viser antall deltagere som har utfall på testene. Ett utfall på en test betraktes som et tilfeldig funn og er ikke med i denne fremstillingen, unntatt for taktil formgjenkjenning, der selv 1 feil vil være av signifikant betydning.

Tabell 7. Dykkergruppens resultater på sensorisk-perseptuelle prøver

| Test                                     | N  | Antall deltagere   |                     |
|--|----|--------------------|---------------------|
|  |    | utfall høyre( ≥ 2) | utfall venstre(≥ 2) |
| Visuell (bilateral simultan stimulering) | 91 | 2                  | 5                   |
| Auditiv " " "                            | 86 | 2                  | 5                   |
| Taktil " " "                             | 93 | 2                  | 4                   |
| Fingergjenkjenning                       | 93 | 26                 | 17                  |
| Symboldiskriminering feil                | 93 | 39                 | 35                  |
| Ruhetsdiskriminering feil                | 92 | 35                 | 34                  |
| Taktil formgjenkjenning feil             | 94 | 3                  | 3                   |
| Taktil formgjenkjenning anvendt tid      | 94 |                    |                     |
| mild svikt / betydelig svikt             |    | 64/10              | 60/10               |

Som tabell 7 viser er det kun få utfall på basale sensoriske prøver. En betydelig andel av deltagerne viste imidlertid mildt svekket taktil persepsjon som manifesterte seg på flere prøver. Det var 39 deltagere som hadde vansker med å gjenkjenne symboler skrevet på fingrene og klassifiserte ≥2 feil i høyre hånd. 26 deltagere hadde vansker med taktil fingergjenkjenning og klassifiserte ≥2 feil. Det var 64 dykkere som brukte lang tid på taktil

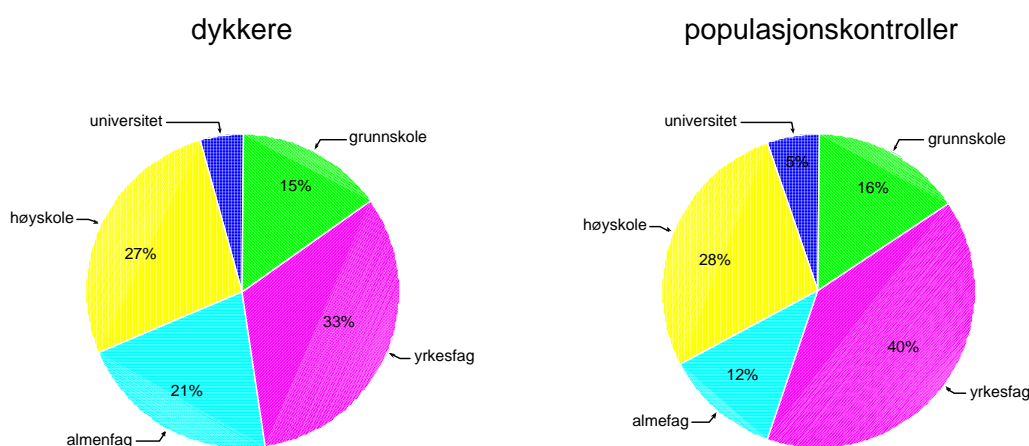
formgjenkjenning ( $> 1$  st.avvik under norm). Av disse viste 10 betydelig svikt ( $> 2$ .st. avvik under norm).

Kjente risikofaktorer som alder, alkoholforbruk, hodetraumer eller cerebrovaskulær sykdom synes ikke systematisk å kunne forklare den funksjonssvikt vi finner på noe funksjonsområde (multippel regresjonsanalyse). En finner heller ikke systematiske korrelasjoner til eksponeringsvariable som antall luftdykk, metningsdøgn, antall bouncedykk, dykkedybde og heller ikke til selvrapporterte trykkfallsyke, verken behandlet eller ubehandlet.

En fant ingen signifikant sammenheng mellom selvrapportert glemsomhet og oppmerksomhetsvansker, og testresultater på hukommelse, oppmerksomhet, konsentrasjon og tempo. Dette kan skyldes at gruppen som rapporterte symptomer er meget stor i forhold til gruppen som ikke rapporterte symptomer.

#### *Sammenligning med kontrollgruppe*

Dykkerne og kontrollgruppen var godt matchet på utdanning, med litt lavere utdanningsnivå hos kontrollgruppen enn hos dykkerne, som det frem går av figur 2.



Figur 2. Fordeling på utdanning for de undersøkte dykkerne (N=96) og kontrollpersonene (N=60)

#### *Generelt evnenivå*

Som forventet, ut fra en nær perfekt match på alder og utdanningsnivå, lå dykkergruppen og kontrollgruppen på samme nivå på prøver som stiller krav til etablert kunnskap, verbal forståelse og abstraksjonsevne. Slike ferdigheter er i liten grad påvirkelig av lette endringer i hjernens funksjon.

Tabell 8 Delprøver på generelt evnenivå for Nordsjødykkere og kontrollpersoner

| Test             | Gjennomsnitt $\pm$ 1 SD |           |            |           | P  |
|------------------|-------------------------|-----------|------------|-----------|----|
|                  | Dykkere                 | N = 59    | Kontroller | N= 58     |    |
| WAIS informasjon | 11,7                    | $\pm$ 1,9 | 11,3       | $\pm$ 1,8 | ns |
| WAIS likheter    | 12,7                    | $\pm$ 3,0 | 12,5       | $\pm$ 3,4 | ns |

Testresultatene er angitt som skalerte skårer

*Innlæring og hukommelse*

Tabell 9 viser dykkergruppens og kontrollgruppens resultater på utvalgte prøver på innlæring og hukommelse., Det var ikke signifikant forskjell mellom gruppene, med unntak av delprøven figurminne fra WMS-R der dykkerne skåret svakere enn kontrollene.

Tabell 9. Prestasjoner på delprøver på innlæring og hukommelse for dykkere og kontrollere.

| Test                     | Gjennomsnitt ± 1 SD |       |                  |       | P    |
|--------------------------|---------------------|-------|------------------|-------|------|
|                          | Dykkere N = 59      |       | Kontroller N= 58 |       |      |
| TPT figurminne           | 7,2                 | ± 1,4 | 6,3              | ± 2,0 | ns   |
| TPT spatialminne         | 3,7                 | ± 2,0 | 3,0              | ± 2,0 | ns   |
| Koding incidentelt minne | 5,3                 | ± 2,3 | 6,1              | ± 2,1 | .052 |
| WMS-R figurminne         | 6,4                 | ± 1,4 | 7,2              | ± 1,4 | .003 |

Testresultatene er angitt som råskårer

*Oppmerksomhet, konsentrasjon og arbeidsminne*

Tabell 10 viser dykkergruppens prestasjoner på de utvalgte prøver på oppmerksomhet, konsentrasjon og arbeidsminne, sammenlignet med kontrollgruppens. Med unntak av Knox Cube Test, presterte dykkerne signifikant svakere enn kontrollene på alle prøvene.

Tabell 10. Prestasjoner på prøver på oppmerksomhet, konsentrasjon og arbeidsminne for dykkere og kontrollere

| Test                      | Skåre | Gjennomsnitt ± 1 SD |        |                  |        | P    |
|---------------------------|-------|---------------------|--------|------------------|--------|------|
|                           |       | Dykkere N = 59      |        | Kontroller N= 58 |        |      |
| WMS oppmerksomhets indeks | I     | 86,9                | ± 15,3 | 96,9             | ± 16,8 | .006 |
| Mental kontroll           | R     | 4,3                 | ± 1,4  | 4,9              | ± 1,8  | .045 |
| WAIS tallspenn            | R     | 9,4                 | ± 2,2  | 10,5             | ± 2,2  | .004 |
| Visuelt minnespenn        | R     | 15,3                | ± 3,1  | 17,7             | ± 4,4  | .001 |
| Knox cube                 | R     | 11,7                | ± 2,0  | 12,3             | ± 2,3  | ns   |

(I) - testresultatet er angitt som Indeksskåre (R) – testresultatene er angitt som råskårer

*Prosesseringshastighet*

Tabell 11 viser dykkergruppens og kontrollgruppens prestasjoner på oppgaver som krever hurtig informasjonsbearbeiding. Stroop testene krever verbal respons, mens WAIS koding og Trail Making A krever psykomotorisk respons. Som det fremgår av tabellen presterte dykkerne signifikant svakere enn kontrollene på WAIS koding og Stroop fargebenevning, og nær signifikant på Stroop lesehastighet. På Trail Making Test var det ikke sign. forskjell mellom gruppene.

Tabell 11. Prestasjoner på prøver på prosesseringshastighet for dykkere og kontrollere

| Test                | Gjennomsnitt ± 1 SD |        |                  |        | P    |
|---------------------|---------------------|--------|------------------|--------|------|
|                     | Dykkere N = 59      |        | Kontroller N= 58 |        |      |
| WAIS koding         | 38,4                | ± 9,9  | 45,6             | ± 10,7 | .001 |
| Stroop farge        | 33,0                | ± 4,5  | 30,4             | ± 6,1  | .050 |
| Stroop ord          | 19,9                | ± 4,1  | 18,1             | ± 3,5  | .056 |
| Trail Making Test A | 35,6                | ± 12,9 | 35,3             | ± 14,1 | ns   |

Testresultatene er angitt som råskårer

### *Kompleks problemløsning og mental fleksibilitet*

Som det fremgår av tabell 12, var det ikke signifikant forskjell mellom dykkere og kontrollere når det gjelder taktil-spatial problemløsning (TPT). Heller ikke når det gjelder fonetisk ordassosiasjonsevne (COWAT), var gruppene signifikant forskjellige. På oppgaver som i særlig grad krever kognitiv fleksibilitet, selektiv oppmerksomhet og evne til og å inhibere irrelevante responser (Trail Making Test B og Stroop interferensoppgave) presterte dykkerne signifikant svakere enn kontrollene.

Tabell 12.

| Test                     | Gjennomsnitt $\pm$ 1 SD |            |                  |            | P    |
|--------------------------|-------------------------|------------|------------------|------------|------|
|                          | Dykkere N = 59          |            | Kontroller N= 58 |            |      |
| Tactual Performance Test | 6,3                     | $\pm$ 2,3  | 6,7              | $\pm$ 3,1  | ns   |
| Trail Making Test B      | 95,9                    | $\pm$ 30,5 | 81,5             | $\pm$ 35,3 | .023 |
| Stroop Interference      | 65,3                    | $\pm$ 16,7 | 57,1             | $\pm$ 17,2 | .046 |
| COWAT                    | 34,2                    | $\pm$ 8,7  | 37,5             | $\pm$ 29,7 | ns   |

Testresultatene er angitt som råskårer

### *Manuell deksteritet, motorisk tempo og stødighet*

Tabell 13 viser dykkergruppens og kontrollgruppens resultater på motoriske prøver. Dykkergruppen hadde signifikant svakere fingertempo og signifikant mer tremor i begge hender enn kontrollgruppen. Dykkergruppen viste svakere fingerferdighet i venstre hånd enn kontrollgruppen. For høyre hånd var det imidlertid ikke sign. forskjell mellom gruppene. Tremor (statisk stødighet) var ikke normalfordelt verken i dykkergruppen eller kontrollgruppen. I begge grupper er det et mindre antall som har vesentlig tremor og drar skåren opp. Andelen med tremor er større i dykkergruppen. Disse har også vesentlig mer tremor enn kontrollgruppen.

Tabell 13. Resultatet på prøver på manuell deksteritet, motorisk tempo og stødighet for dykkergruppen og kontroll-gruppen.

| Test                      | Gjennomsnitt $\pm$ 1 SD |            |                  |            | P       |
|---------------------------|-------------------------|------------|------------------|------------|---------|
|                           | Dykkere N = 59          |            | Kontroller N= 58 |            |         |
| Fingertapping høyre       | 47,6                    | $\pm$ 9,9  | 51,7             | $\pm$ 6,3  | .009    |
| Fingertapping venstre     | 45,0                    | $\pm$ 9,0  | 49,0             | $\pm$ 6,4  | .009    |
| Gripestyrke høyre         | 47,1                    | $\pm$ 12,8 | 49,0             | $\pm$ 7,4  | ns      |
| Gripestyrke venstre       | 46,3                    | $\pm$ 11,3 | 46,5             | $\pm$ 8,5  | ns      |
| Statisk stødighet høyre   | 110,8                   | $\pm$ 97,5 | 53,7             | $\pm$ 41,4 | <.001*  |
| Statisk stødighet venstre | 120,8                   | $\pm$ 78,8 | 60,9             | $\pm$ 41,4 | <.001 * |
| Pinnebrett høyre          | 74,5                    | $\pm$ 13,2 | 69,6             | $\pm$ 17,0 | ns      |
| Pinnebrett venstre        | 77,5                    | $\pm$ 12,3 | 72,1             | $\pm$ 13,7 | .029    |

Testresultatene er angitt som råskårer

\* Beregnet med Mann-Whitney U-Test.

### *Perseptuelle ferdigheter*

Tabell 14 viser perseptuelle ferdigheter hos dykkergruppen og kontrollgruppen. Dykkergruppen viste signifikant svakere taktil persepsjonsevne enn kontrollgruppen ved større vansker med taktil formgjenkjenning og vansker med å skjelne symboler skrevet på fingertuppene.



Tabell 14. Resultat på prøver på perseptuelle ferdigheter for dykkergruppen og kontrollgruppen.

| Test                            | Gjennomsnitt $\pm$ 1 SD |           |                  |           | P     |
|---------------------------------|-------------------------|-----------|------------------|-----------|-------|
|                                 | Dykkere N = 59          |           | Kontroller N= 58 |           |       |
| Fingeragnosi høyre              | 0,8                     | $\pm$ 1,1 | 0,6              | $\pm$ 1,1 | ns *  |
| Fingeragnosi venstre            | 0,5                     | $\pm$ 1,0 | 0,7              | $\pm$ 1,3 | ns *  |
| Symboldiskriminering høyre      | 1,8                     | $\pm$ 2,2 | 1,1              | $\pm$ 1,6 | .06 * |
| Symboldiskriminering venstre    | 1,7                     | $\pm$ 2,3 | 0,4              | $\pm$ 0,8 | <.01* |
| Taktil formgjenkjenning høyre   | 18,8                    | $\pm$ 5,2 | 17,4             | $\pm$ 3,8 | ns    |
| Taktil formgjenkjenning venstre | 17,7                    | $\pm$ 4,6 | 15,7             | $\pm$ 3,2 | <.01  |

Testresultatene er angitt som råskårer

\* Beregnet med Mann-Whitney U-Test.

## Diskusjon

De undersøkte dykkerne synes å ha intakt evnenivå og intakt evne til kompleks problemløsning der hvor oppgavene ikke stiller spesielle krav til hurtighet. På denne typen oppgaver avvek dykkerne ikke fra kontrollgruppen som var godt matchet på alder og utdanning. Gjennomsnittlig prestasjon mht motorisk tempo, kraft og stødighet var likeledes normalt. Resultatene på stødighetsoppgaver var imidlertid ikke normalfordelte og et utvalg av dykkerne hadde betydelig tremor. Dykkergruppen presterte signifikant svakere enn kontrollgruppen på tempo og stødighetsoppgaver. Dykkergruppen som helhet viste noe svakere prestasjoner enn forventet på oppgaver som krever oppmerksomhet, konsentrasjon, arbeidsminne, mentalt tempo og fleksibilitet, samt fin fingerferdighet. I tillegg viste de mildt til moderat svekket taktil persepsjonevne. Dykkergruppen skåret signifikant svakere enn kontrollgruppen på de fleste av disse prøvene.

Resultatene er så langt i hovedsak i overensstemmelse med det vi ventet å finne på bakgrunn av tidligere studier av dykkere. Funnene er også slik en venter å finne ved diffuse encephalopathier, som for eksempel post-commotio syndrom eller løsemiddel-encefalopati (Troland, Krüger, Leira og Aaserud, 1997).

Når en sammenligner våre data med det som rapporteres av Værnes et al (1989) og Sedgwick et al (1994) finner vi funksjonssvikt innenfor de samme funksjonsområdene. Det er mest naturlig å sammenligne våre data med Værnes et als studie (1989) fordi vi har undersøkt individer fra samme kohort, i noen tilfeller samme individer. I tillegg har vi i all hovedsak benyttet samme nevropsykologiske testbatteri.

Vi finner ikke tremor, slik Værnes et al rapporterte, når vi sammenholder hele dykkergruppens gjennomsnittskåre med normativt gjennomsnitt. Imidlertid er data mht tremor meget skjevfordelte, og et utvalg av dykkene viste betydelig tremor, og dykkergruppen som helhet presterte svakere enn sine matchete populasjonskontroller. Værnes et al rapporterte ikke sviktende taktil persepsjon, som er tydelig i utvalget nå.

I motsetning til det Værnes (1994) rapporterte, har vi flere klart patologiske funn. For hvert av funksjonsområdene er det en større andel av deltagerne som presterer i sviktområde. På de aktuelle hukommelsesprøvene (figur, spatial og incidentell hukommelse) viste mellom 16 – 39% av utvalget svekket prestasjon, hvorav 2,1 – 7,5% i betydelig. For oppmerksomhet var

det mellom 18,3 og 46,2 % av de som var testet som viste svekket funksjon, hvorav 4,3 – 12,3% i betydelig grad, for mentalt tempo var tallene 25,5 – 86,7 % hvorav 1,1 – 20,0 % i betydelig grad; og for psykomotorisk tempo og fin fingerferdighet var de tilsvarende tallene 35,9% og 13%. På taktile persepsjonstester viste mellom 18 - 68% av utvalget mild - moderat svekket funksjon. På en samleindeks for nevropsykologisk funksjonssvikt (Impairment Index) viste 23,1 % av dykkerne mild til moderat svikt, og 12,1 % alvorlig svikt. Det er derfor nærliggende å mene at resultatene bekrefter Værnes et al's (1989) hypotese om at deres funn kunne være begynnelsen på en patologisk prosess. Det er vanskelig å svare konklusivt på dette på bakgrunn av de nevropsykologiske data alene. Resultatene fra MR undersøkelsene og de nevrofysiologiske undersøkelsene (Kapittel 7 og 8), viser imidlertid også patologiske funn som er forenlig med samme hypotese.

I tiden som er gått siden Værnes et al's studie er personene blitt eldre og kunne i mellomtiden har pådratt seg andre lidelser som kan forklare deres funksjonssvikt. Dykkerne presterte imidlertid svakere enn alders- og utdannings-matchede kontroller med tilsvarende sannsynlighet for andre lidelser. Vi fant heller ingen systematisk effekt av alder, hodetraumer, eller vaskulær tilstand ved multippel regresjonsanalyse av dykkergruppens data. På den annen side fant vi ved slike analyser heller ingen systematisk effekt av forskjellige dykke-eksponeringsvariable som døgn i metning, antall luftdykk, antall bouncedykk eller dykkedybde. Heller ikke behandlede eller ubehandlede trykkfallsyke viste systematisk sammenheng med funksjonssvikt.

Værnes et al (1989) kritiseres av Dutka (2003) for at en ved sammenligning mellom multiple variable, tilsynelatende uten korreksjon, kan ha funnet signifikante sammenhenger ved ren tilfeldighet. Imidlertid fant Værnes et al ikke bare uendrede prestasjoner, men faktisk forverring ved gjentatte målinger hos 20% av dypdykk-gruppen, på tester hvor manglende bedring i prestasjon i seg selv bør betraktes som effekt (McCaffrey et al, 2000). Deres konklusjoner er i lys av dette snarere for forsiktige enn for bastante. Vår studie bekrefter de funn Værnes et al gjorde, funnene er nå mer omfattende og dykkergruppen avviker signifikant fra kontrollgruppen. Våre data gir ikke grunn til å trekke konsensus fra Godøysundkonferansen i tvil, eller avvise den slik Dutka (2003) gjør. Designet på studien er imidlertid ikke egnet til å kunne si noe konklusivt om langtidseffektene av dykking. Utvalget er selektert, og representerer den delen av kohorten som føler seg syke. I tillegg har alle deltagerne en betydelig dykke-eksponering. De fleste har hatt trykkfallsyke, og/eller tilfeller av suspekt trykkfallsyke. Disse forholdene gjør det umulig å foreta noen dose-respons analyser på dette utvalget av dykkere. Signifikant svakere prestasjoner hos dykkere enn kontroller sannsynliggjør at den svikt en ser hos dykkerne er dykkerrelatert. Den kan tilskrives langtidseffekter av dykkingen i seg selv, eller sekvele etter trykkfallsyke. Det er i så fall verdt å merke seg at forekomsten av trykkfallsyke med langtids effekt på nervesystemet, må være vesentlig høyere enn tidligere antatt. Funnene kan også tenkes å kunne tilskrives andre forhold ved dykkingen, som for eksempel traumatiserende opplevelser, med påfølgende funksjonsendring, evt. en kombinasjon av flere faktorer.

## Oppsummering

Av det undersøkte utvalget av tidligere dykkere, med betydelig dykkeeksponering, viste 23,1 % mild til moderat og 12,1% alvorlig svikt på en nevropsykologisk samleindeks. Dykkerne har redusert oppmerksomhet, konsentrasjon, arbeidsminne, mentalt / psykomotorisk tempo og mental fleksibilitet. De viser også mer tremor i tillegg til mild til moderat svikt i taktil persepsjon sammenlignet med en alders- og utdanningsmatchet kontrollgruppe fra den generelle befolkning. For en del av utvalget er det klart patologiske

funn på et eller flere funksjonsområder. Lignende funn er rapportert i tidligere studier av metningsdykkere. Testresultater sammen med det dykkerne selv rapporterer om sin helsetilstand og livssituasjon gir absolutt grunn til å konkludere med redusert livskvalitet hos denne pasientgruppen og står i klar motstrid til Dutka's (2003) vurdering av at de funn som gjøres hos dykkere er uten klinisk signifikans og betydning for daglige aktiviteter. Hvorvidt funnene best kan tilskrives langtidseffekter av dykking i seg selv, sekvele etter trykkfallsyke, konsekvenser av traumatiserende hendelser evt. kombinasjoner av flere slike faktorer, er fortsatt ikke mulig å si med sikkerhet.

## Referanser

Brubakk, A.O., Bolstad, G., Jacobsen, G. (1994). *Helseeffekter av luftdykking. Yrkes- og sporsdykkere*. (SINTEF-rapport nr. STF23 A93053). Trondheim: SINTEF UNIMED.

Curley M.D., Wallick M.T., Amerson T.L. Long term effects of US Navy diving. In: Hope, A., Lund, T., Elliot, D.H., Halsey, M.J. & Wiig H. (1994). *Long Term Health Effects of Diving: An International Concensus Conference, Godøysund, Norway, 6 – 10 June 1993*. Bergen: Norwegian Underwater and Technology Centre.

Dutka A.J. (2003). *Long Term Effects on the Central Nervous System*. In A.O. Brubakk & T.S. Neuman (eds) *Bennett & Elliott's Physiology and Medicine of Diving*. Edinburgh: Saunders

Heaton R.K, Grant, I., Matthews C.G. (1991). *Comprehensive Norms for an Expanded Halstead-Reitan Battery: Demographic Corrections, Research Findings, and Clinical Interpretations*. PAR.

Hope, A., Lund, T., Elliot, D.H., Halsey, M.J. & Wiig H. (1994). *Long Term Health Effects of Diving: An International Concensus Conference, Godøysund, Norway, 6 – 10 June 1993*. Bergen: Norwegian Underwater and Technology Centre.

Lezak, M. (1995). *Neuropsychological Assessment, (Third Edition)*, New York: Oxford University Press.

Macdiarmid J.I., Ross J.A.S., Watt S., Osman L., Lawson A., Godden D., Stephenson R. (2001). *Potential Long Term Health Effects of Diving at Work: Health Related Symptoms Reported by Professional Divers*. Poster presented at Thirty-fourth Annual Undersea and Hyperbaric Medical Society Scientific Meeting, San Antonio, Texas.

McCaffrey, Duff og Westervelt, (2000). *Practitioner's Guide to Evaluating Change with Neuropsychological Assessment instruments*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Peters, B.H. Levin, H.S., Kelly, P.J. (1977). Neurologic and psychologic manifestations of decompression in divers. *Neurology*, 27, 125 –127.

Reitan, R.M., Wolfson, D. (1993). *The Halstead-Reitan Neuropsychological Test Battery: Theory and clinical interpretation (Second edition)*. Tucson: Neuropsychology Press.

Sedgwick E.M., Murrison A., Carr C., Glasspool, Safarazi (1994) Evoked potentials and psychometric tests in fit, experienced divers. In Hope, A., Lund, T., Elliot, D.H., Halsey, M.J. & Wiig H.(1994). *Long Term Health Effects of Diving: An International Concensus Coference, Godøysund, Norway, 6 – 10 June 1993*. Bergen: Norwegian Underwater and Technology Centre.

Tetzlaff, K., Friege, L., Hutzelmann,A., Reuter, M., Holl,D., & Leplow,B. (1999). Magnetic resonance signal abnormalities and neuropsychological deficits in elderly compressed-air divers. *European Neurology*, 42, 194-9

Todnem, K., Nyland, H. Kambestad B.K., Aarli J.A. (1990). Influence of occupational diving upon the nervous system: an epidemiological study. *Br J Ind Med* 47: 708-714.

Troland, K., Krüger, K., Leira, H.L. og Aaserud, O. (1997). Oppsummering fra Løsemiddelseminaret i Bergen 16.-17. april 1997, Ramazzini.

Værnes, R.J. (1994). Neuropsychological Effects of Saturation Diving: A Result Summary. In A. Hope, T. Lund, D.H. Elliot, M.J. Halsey, & H. Wiig.(1994) *Long Term Health Effects of Diving: An International Concensus Coference, Godøysund, Norway, 6 – 10 June 1993*. (ss. 243 –253). Bergen: Norwegian Underwater and Technology Centre.

Værnes, R.J. & Eidsvik, S. (1982). Central Nervous Dysfuncions After Near-Miss Accidents in Diving, *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 53, 803-807.

Værnes R.J., Kløve, H. & Ellertsen, B (1989). Neuropsychologic effects of saturation diving. *Undersea and Biomedical Research* ,16, 233-251.

Zakzanis, K.K, Leach, L. & Kaplan, E. (1999) . *Neuropsychological Differential Diagnosis*. Lisse: Swets & Zeitlinger.

## Kapittel 11

### Psykiske stressreaksjoner

Kari Troland og Einar Thorsen

Dykkingen i seg selv og arbeidsoppgavene knyttet til dykkeoperasjonene er av en slik art at flere dykkere har opplevd eller vært vitne til en eller flere situasjoner hvor det har vært alvorlig fare for liv og helse. I tillegg til farefulle situasjoner knyttet til vanlige arbeidsrutiner, har svært mange av dykkerne vært involvert i redningsarbeid og søk etter forulykkede. Det er veldokumentert at traumatiske hendelser av denne art kan ha langvarige, psykisk invalidiserende konsekvenser (Posttraumatic stress disorder - PTSD). PTSD er i International Classification of Diseases - Tenth Revision (ICD-10) (WHO,1992) definert som en belastningsrelatert tilpasningslidelse. Diagnosen er altså en etiologisk diagnose med to hovedkomponenter: a) opplevd traume og b) symptomatisk sekvele. Lidelsen består av 3 symptom"clustre": a)påtrengende minner eller gjenopplevelse av hendelsen b)unngåelse av aktiviteter og situasjoner som kan minne om traumet samt generelt innskrenket affektiv evne og c) hyperaktivering eller psykisk alarmberedskap. Forskningen kan tyde på at tilstanden oppstår som en konsekvens av overlevelsesmekanismer (Friedman, 1999). Komorbiditet med andre lidelser og rusmisbruk er vanlige fenomen (Jenkins, Langlais, Delis & Cohen, 2000).

Tilstanden har vært studert særlig hos krigsveteraner (KZ-syndrom, krigsseiler syndrom, Vietnam-veteran-syndrom ), hos overlevende etter naturkatastrofer, hos offer for tortur, terror og voldskriminalitet, og hos ofre for voldtekt og seksuelle overgrep. Etter hvert har det også kommet en del studier av arbeidstakere som er særlig utsatt for stressende hendelser i sitt yrke. PTSD har vært studert hos en rekke utsatte yrkesgrupper i brannvesen, politi, redningstjeneste og helsepersonell (Rick , Perryman, Young, Guppy og Hillage, 1998). Tilstanden er godkjent som grunnlag for yrkesskade-erstatning.

Asmundson et al (1994) fant at en stor andel av arbeidstakere som var utsatt for arbeidsulykker utviklet symptomer forenlige med PTSD. En stor dansk undersøkelse (Rasmussen, Lauritsen, Nørby Hansen og Carstensen, 1999) av alle alvorlige arbeidsulykker innrapportert til arbeidstilsynet i løpet av ett år, viser symptomer forenlig med PTSD hos 4,3%, mens 2,8% av de spurte fullt ut tilfredstilte kriteriene for PTSD 1 - 2 år etter ulykken. Prevalensen var adskillig høyere (7,5%) ved de mest alvorlige ulykkene. I en oversiktsartikkel over arbeids-relaterte trauma, vurderes de mest sannsynlige estimer til en prevalens på 0.5 prosent og en "life-time" insidens på 1,3 i den generelle befolkning (Rick , Perryman, Young, Guppy og Hillage, 1998).

Ved omfattende litteratursøk har vi bare funnet én empirisk studie på dykkere med henblikk på PTSD (Leffler & Dembert, 1998). Denne omhandler redningsarbeid etter en stor flyulykke. En fant ingen forskjell i stress-symptomer mellom redningsdykkerne og kontrolldykkere, men begge gruppene skåret i "range of medium clinical concern" på Impact of Event Scale (IES) og forfatterne diskuterer hvorvidt disse skårene reflekterer pre-eksisterende eller kumulativt stress hos yrkesdykkere.

Når det gjelder undersøkelsen av psykiske stressreaksjoner ble dykkernes fremstilling preget av den foreløpige rapporten fra juli 2003, slik at vi ikke kunne inkludere nye dykkere i denne analysen etter at den foreløpige rapporten ble offentliggjort. Derfor er dette kapitlet uendret fra den foreløpige rapporten.

## Metode

Respondentene fylte ut spørreskjema med spørsmål om hvorvidt de som dykker hadde vært utsatt for livstruende ulykke/nestenulykke og i tilfelle hvor mange ganger. De ble i tillegg bedt om å beskrive den eller de hendelsene som de opplevde som mest dramatisk eller skremmende. Spørreskjema inneholdt også et spørsmål om hvorvidt de hadde sett arbeidskamerater utsatt for livsfare, antall ganger og på samme måte bedt om å beskrive disse hendelsene. Spørreskjemaet inneholdt videre spørsmål om psykisk belastende arbeidsoppgaver som det å hente opp forulykkede og om dykkeren hadde følt seg utrygg på dem som skulle assistere fra overflaten ved dykking og om de hadde gjennomgått debriefing i forbindelse med psykisk belastende situasjoner. Ved de kliniske undersøkelsene ble deltagerne systematisk intervjuet om dramatiske og skremmende hendelser de hadde vært utsatt for eller vært vitne til i sin dykkerkarriere.

Hendelsene som var beskrevet i fritekst i hhv spørreskjema eller journal ble skåret på hjelpeskjema utviklet for dette formålet. Kategoriene i hjelpeskjemaet ble utformet på bakgrunn av systematisk innholdsanalyse av 10 tilfeldig utvalgte journaler. To kategorier hendelser, som ikke forekom i disse 10 journalene, ble lagt til senere. Materialet ble gransket av to av prosjektmedarbeiderne (KT,ET) uavhengig av hverandre og hendelsene angitt som tilstede/ikke tilstede. Det ble deretter gitt en konsensus-skåre som er brukt i den videre analysen.

Traumatisk stress og psykiske symptomer ble kartlagt ved hjelp av Impact of Event Scale - Revised (IES-R), Minnesota Multiphasic Personality Inventory, 2. utg. (MMPI-2), samt et semi-strukturert intervju basert på Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fourth edition (DSM-IV) kriterier for PTSD (APA, 1994). Syv deltagere hadde ikke besvart, blant disse to deltagere som ville blitt ekskludert pga annen traumatisk erfaring. Det var 64 deltagere hadde besvart MMPI-2.

- Impact of Event Scale ble laget som et selvrappormål på stressreaksjoner etter en spesifikk traumatisk hendelse (Horowitz, Wilner og Alvares, 1979). Skalaen består av 15 testledd. Subskalaen *Intrusion* har 7 testledd om påtrengende minner og gjenopplevelse og subskalaen *Avoidance* har 8 testledd om unngåelsesadferd. IES-Revised (Weiss og Marmar, 1997) inkluderer 7 nye testledd, 6 testledd som omhandler hyperaktivering og utgjør subskalaen *hyperarousal* og 1 testledd som beskriver flashback-lignende gjenopplevelse. Den opprinnelige Impact of Event Scale (Horowitz, Wilner og Alvares, 1979) har demonstrert gode psykometriske egenskaper både i internasjonale (Sundin og Horowitz, 2002) og norske studier (Eid, Thayer og Johnsen, 1999). Deltagerne svarer "aldri", "sjelden", "av og til" eller "ofte" på disse 22 spørsmål om plager de siste 7 dagene. Svaralternativene vektes 0-1-3-5. Totalskåren er summen av enkeltskårer. For å kunne sammenligne både med tidligere studier som har brukt IES og studier som har brukt IES-R, har vi kalkulert totalskåre for begge. IES totalskåre er summen av skårer for de opprinnelige 15 testledd. IES-R totalskåre er summen av skårer for alle 22 testledd. Etter den opprinnelige inndeling gir IES-totaltskåre i området 8,6 – 19 grunnlag for klinisk oppfølging (medium level of clinical concern), totalskåre over 19 indikerer signifikant posttraumatisk stress (high level of clinical concern), mens totalskåre over 30 er ekstreme (Leffler og Dembert, 1998, Nurmi, 1999). Neal et al. (1994) fant at en IES totalskåre på 35 korrekt klassifiserte 89% av et heterogent utvalg henvist med spørsmål

om PTSD og anbefaler dette som cut-off skåre. Vi har valgt Neal et als skåre som sammenligningsgrunnlag for vårt utvalg.

- MMPI / MMPI-2 er internasjonalt det mest benyttede spørreskjema om personlighet og psykiske helse (Lezak, 1995). Respondentene svarer riktig eller galt på 567 utsagn om tanker, følelser, handlinger og holdninger. Besvarelsen skåres på 10 kliniske skalaer, konstruert etter statistisk diskriminasjonsmetode. Eleverte skalaskårer og profilkonstellasjoner reflekterer et vidt spekter av kliniske problemer som depresjon, angst, mistenksomhet, hypomani, tankeforstyrrelser, sosial isolasjon og psykosomatiske plager. MMPI-2 er en revidert utgave av testen, med utskifting av umoderne testledd og utvidet normmateriale. For alle skalaer konverteres råskårer til standardiserte skårer (T-skåre), der 50 representerer det statistiske gjennomsnitt og 10 T-skårer utgjør ett standard avvik. Skårer over T-skåre 65 indikerer problem i det område skalaen dekker. I tillegg til de opprinnelige 10 kliniske skalaene er det konstruert en rekke innholdsskalaer og supplement-skalaer for forskjellige formål. Blant disse er en skala med henblikk på å fange opp PTSD problematikk mer spesifikt MMPI-PK (Keane, Malloy og Fairbank, 1984). Skalaen har i 46 testledd. Keane et al (1984) anbefalte opprinnelig råskåre 30 som cut-off skåre. Senere studier har vist at en grenseverdi på 23 ga god spesifisitet og sensitivitet i utvalg av krigsveteraner og 19 i sivile utvalg (Fullerton, Ursano og Epstein, 2000). Neal et al (1994) fant råskåre 21 som optimal cut-off verdi i et heterogent utvalg. Vi har valgt Neal et als optimale grenseverdi som sammenligningsgrunnlag for vårt utvalg.

## Resultater

### *Traumatiske hendelser*

Bare 3 av i alt 74 deltagere rapporterte at de aldri hadde vært utsatt for noen livstruende hendelse i løpet av sin tid som dykker. Det var 37 % som anga å ha vært utsatt for slike hendelser mer enn 5 ganger, mens 39 % av dykkerne hadde vært utsatt for slike hendelser 1 - 5 ganger og 23% ikke hadde angitt noe antall. Typen hendelser fordelte seg slik:

Tabell 1. Hendelser dykkerne selv hadde opplevd.

| <u>Type hendelse</u>               | <u>Antall ( % ) Respondenter</u> |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Gasskutt/luftkutt                  | 46 (56,8 %)                      |
| Henge fast                         | 39 (48,1 %)                      |
| Fallende gjenstander               | 33 (40,7 %)                      |
| Avdrift/tatt av strøm              | 25 (30,9 %)                      |
| Nedkjøling                         | 20 (24,7 %)                      |
| Ukontrollert kjøring klokke/basket | 16 (18,5 %)                      |
| Feil gassblanding                  | 12 (14,8 %)                      |
| Mistet maske/hjelm                 | 10 (12,3 %)                      |
| Ukontrollert oppstigning           | 9 (11,1 %)                       |
| Propellnærhet                      | 7 ( 8,6 %)                       |
| Eksplisjon                         | 7 ( 8,6 %)                       |
| Sugd inn/ ut                       | 6 ( 7,4 %)                       |
| Mistet kommunikasjon               | 6 ( 7,4 %)                       |
| Klemskade                          | 5 ( 6,2 %)                       |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| Vann i klokke             | 5 ( 6,2 %) |
| Mistet retning            | 4 ( 4,9 %) |
| Ukontrollert trykksetting | 4 ( 4,9 %) |
| Angrep av dyr/menneske    | 4 ( 4,9 %) |
| Lekkasje                  | 2 ( 2,5 %) |
| Strømgjennomgang          | 1 ( 1,2 %) |
| Overoppheting av kammer   | 1 ( 1,2 %) |
| Evakuering av dykkefartøy | 1 ( 1,2 %) |
| Lost bell                 | 1 ( 1,2 %) |

Som det fremgår av tabell 1 hadde over halvparten av deltagerne opplevd kutt i tilførsel av luft eller annen pustegass, 39 hadde opplevd å bli hengende fast under vann, 33 hadde vært i umiddelbar nærhet av fallende gjenstander som for eksempel armeringsjern og sementblokker. Det var 25 som hadde opplevd å bli dratt av posisjon enten pga strøm eller på grunn av bevegelse i dykkefartøy mens de var ute av dykkerklokken, og 20 hadde opplevd kraftig nedkjøling.

Hele 66 deltagere (81,5%) anga å ha sett dykkerkamerater utsatt for livsfare, 23 deltagere anga å ha vært vitne til slike hendelser mer enn 5 ganger, 22 deltagere 1 - 5 ganger, mens 36 ikke hadde angitt noe antall. Hendelser som dykkerne hadde vært vitne til fordelte seg slik:

Tabell 2. Hendelser som deltagerne hadde vært vitne til

| Type hendelse                                | Antall ( % ) Respondenter |
|--|---------------------------|
| Bevisstløshet                                | 14 (17,3 %)               |
| Propellnærhet                                | 13 (16,0 %)               |
| Henge fast                                   | 10 (12,3 %)               |
| Gasskutt/luftkutt                            | 9 (11,1 %)                |
| Fallende gjenstander                         | 9 (11,1 %)                |
| Mistet maske/hjelm                           | 7 ( 8,6 %)                |
| Avdrift/tatt av strøm                        | 6 ( 7,4 %)                |
| Feil gassblanding                            | 6 ( 7,4 %)                |
| Ukontrollert oppstigning                     | 5 ( 6,2 %)                |
| Mistet kommunikasjon                         | 4 ( 4,9 %)                |
| Ekspløsjon                                   | 3 ( 3,7 %)                |
| Sugd inn/ ut                                 | 3 ( 3,7 %)                |
| Klemskade                                    | 3 ( 3,7 %)                |
| Lost bell/ukontrollert kjøring klokke/basket | 2 ( 2,5 %)                |
| Vann i klokke                                | 2 ( 2,5 %)                |
| Angrep av dyr/menneske                       | 1 ( 1,2 %)                |

Det var 23 (28,4 %) som rapporterte at en slik hendelse hadde ført til dødsfall. I tillegg til de hendelser de hadde vært vitne til rapporterte 21 (25,9 %) dykkerulykker eller dødsfall som de ikke selv hadde vært direkte vitne til som psykisk belastende. Ni dykkere (11,1 %) ga uttrykk for at kollegers suicid virket psykisk belastende på dem.



Hele 63 dykkere rapporterte å ha deltatt i psykiske belastende arbeidsoppgaver som å lete etter eller hente opp forulykkede. Av disse hadde 12 hentet opp en venn eller kollega. Flere av dykkerne hadde deltatt i rednings- eller opprydnings-arbeidet etter Alexander Kielland ulykken. Majoriteten av dykkerne (65) hadde aldri gjennomgått debriefing i forbindelse med psykisk belastende situasjoner.

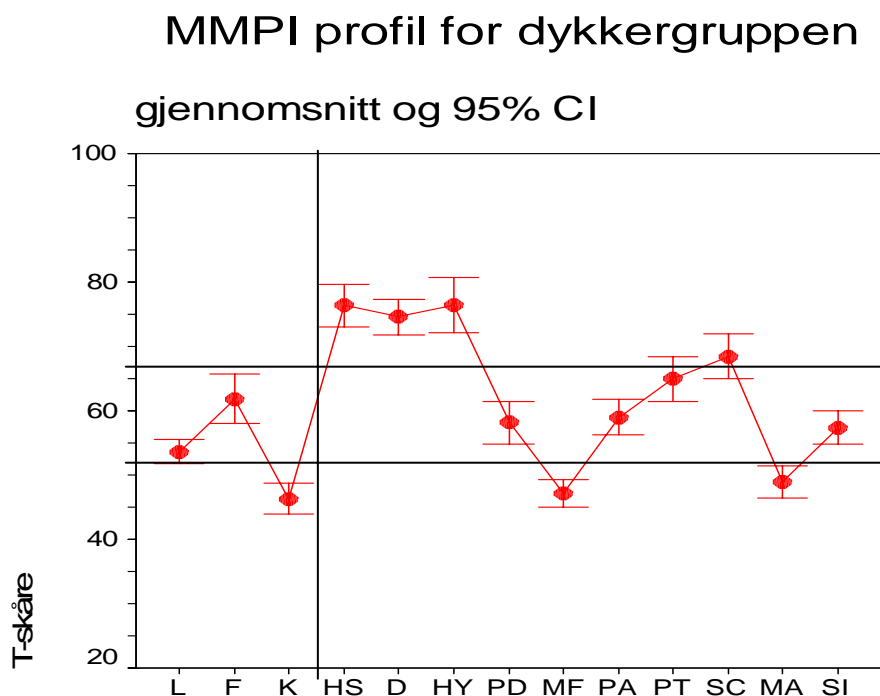
Bare 4 dykkere hadde aldri følt seg utrygg på dem som skulle assistere under dykkingen, mens 13 andre var sjelden utrygg, og majoriteten hadde følt seg utrygg av og til (N=40), ofte (N=18) eller nesten alltid (N=2). De forhold som ga grunnlag for utrygghet var sviktende kompetanse, kommunikasjons- eller språk- problemer, og uaktsomhet, skjødesløshet eller rusproblem hos supervisor. 17 av dykkerne hadde opplevd farlige feil eller mangler ved dykkerutstyret, og 13 fortalte om manglende eller feil innrapportering av hendelser.

### *Psykiske stressreaksjoner*

Tabell 3. Dykkegruppens skårer på Impact of Event Scale - Revised skalaskårer og totalskåre, samt MMPI –PT skåre (Keane PTSD Scale). Antall deltagere som skårer over kritisk grense anbefalt av Neal et al, (1994) er også angitt.

| Test                              | N  | Gj.snittskåre | Grense-<br>verdi | Antall deltagere<br>med skårer over<br>kritisk grense |
|-----------------------------------|----|---------------|------------------|---|
| IES Intrusion Scale (7 ledd)      | 74 | 19,57 ± 5,75  |                  |   |
| IES Avoidance Scale (8 ledd)      | 74 | 18,52 ± 5,35  |                  |   |
| IES-R Hyperarousal Scale (6 ledd) | 74 | 13,14 ± 3,89  |                  |   |
| IES totalskåre                    | 74 | 38,10 ± 10,55 | 35               | 48 ( 65%)   |
| MMPI –PT råskåre                  | 63 | 16,1 ± 7,7    | 21               | 17 (27%)  |

Som det fremgår av tabellen ligger utvalgets gjennomsnittskåre over Neal et als optimale grenseverdi på IES. Forskjellen er signifikant ved one-sample t-test ( $t = 2,7$ , d.f.80,  $p < .01$ ). Flertallet av de som hadde besvart (48 eller 65 %) hadde skårer over den kritiske grenseverdien. Utvalget skåret høyest på Intrusion, dernest Avoidance og lavest på Hyperarousal, også når en korrigerer for forskjellen i antall testledd. Påtrengende minner ser dermed ut til å være det mest fremtredende symptom"cluster". Syv av deltagerne svarte "ofte" og 20 "av og til" på et spørsmål om flashbacklignende opplevelser. Gruppens gjennomsnittskåre ligger under den kritiske grenseverdien på Keane's PTSD skala (MMPI-PT), men hele 17 (27%) av de som hadde besvart, lå over den kritiske grenseverdien.



Figur 1 fremstiller gruppens gjennomsnittlige MMPI-2 profil. Klinisk grenseverdi for de kliniske skalaene ligger på T-skåre 65, og gruppen som helhet skårer i klinisk område på skalaene Hs, D, Hy, Pt og Sc. Dette indikerer at gruppen manifesterer problemer i retning av depressive plager, somatiske eller psykosomatiske plager, engstelse og bekymring for egen kognitiv funksjon. Tabell 4 viser at over halvparten av de som har gjort testen, ligger i klinisk område på disse skalaene, noen har også klinisk eleverte skårer på andre skalaer. metningsdykkere

Tabell 4: MMPI-2 kliniske skalaer.

| MMPI-2 skala | N  | Antall deltagere med skårer i klinisk område |
|--------------|----|--|
| L            | 64 | 7 (< 5 %)                                    |
| F            | 64 | 20 (31 %)                                    |
| K            | 64 | 1 (< 2 %)                                    |
| HS           | 64 | <b>52 (81 %)</b>                             |
| D            | 64 | <b>52 (81 %)</b>                             |
| Hy           | 64 | <b>49 (77 %)</b>                             |
| Pd           | 64 | 16 (26 %)                                    |
| Mf           | 64 | 1 (< 2%)                                     |
| Pa           | 64 | 18 (28 %)                                    |
| Pt           | 64 | <b>35 (55 %)</b>                             |
| Sc           | 64 | <b>39 (60 %)</b>                             |
| Ma           | 64 | 5 ( 8 %)                                     |
| Si           | 64 | 17 (28 %)                                    |

Tabell 5. Sammenheng mellom IES skåre og MMPI-skalaskårer

|         | IES   | MMPI-<br>PK | MMPI-<br>HS | MMPI-<br>D | MMPI-<br>HY | MMPI-<br>PT | MMPI-<br>SC |
|---------|-------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| IES     | 1.00  |             |             |            |             |             |             |
| MMPI-PK | .50** | 1.00        |             |            |             |             |             |
| MMPI-HS | .26*  | .29*        | 1.00        |            |             |             |             |
| MMPI-D  | .41** | .59**       | .65**       | 1.00       |             |             |             |
| MMPI-HY | .29*  | .29*        | .85**       | .63**      | 1.00        |             |             |
| MMPI-PT | .53** | .65**       | .55**       | .73**      | .55**       | 1.00        |             |
| MMPI-SC | .47** | .73**       | .37*        | .48**      | .41*        | .72**       | 1.00        |

\*:  $p < 0.05$ . \*\*:  $p < 0.01$

Tabell 5 viser korrelasjoner mellom IES totalskåre og MMPI-2 skalaene PK(PTSD-skala) Hs, D, Hy, P og Sc. IES korrelerer signifikant med alle de klinisk eleverte MMPI-skalene. Korrelasjonene viser liten til middels effektstørrelse for de fleste skalaene og høy effektstørrelse for Pt som særlig representerer angstsymptomer (Cohen, 1992). MMPI-PK (PTSD-skala) korrelerer signifikant med IES og samtlige av de eleverte MMPI-2 skalaene.

Det var 22 av dykkerne som rapporterte suicidaltanker. Flere deltagere har hatt ett eller flere suicidforsøk bak seg.

## Diskusjon

Deltagerne har i sin yrkeskarriere vært omfattende eksponert for plutselige og uunnvikelige hendelser som representerer en absolutt trussel mot deres liv eller fysiske integritet. I tillegg har majoriteten av dem vært eksponert for psykisk belastende arbeid som å hente opp forulykkede, stundom sine egne venner eller arbeidskolleger. Flere av dykkerne hadde deltatt i rednings- eller opprydningsarbeidet etter Alexander Kielland ulykken. En undersøkelse utført 9 md. etter den ulykken viste at 62% av rednings-arbeiderne opplevde ulykken som den verste hendelsen i sitt liv (Ersland, Weisaeth og Sund, 1989).

Litteraturen antyder at type og grad av traumatiske opplevelser påvirker prevalensen og symptomatologien i PTSD. Det er imidlertid ikke noe enkelt dose-respons forhold. Studier av rednings-arbeidere i forskjellige situasjoner indikerer at faktorer som omfanget av ulykken, typen stressor, at en ikke klarer å redde overlevende, identifikasjon med offeret, isolasjon, fysisk stress og utmattelse og at en selv er i fare under redningsarbeidet - bidrar til å øke sjansen for å utvikle post-traumatiske stresssymptomer - mens faktorer som forberedelse, erfaring og sosial støtte bidrar til å minske faren (Leffler & Dembert, 1998). For dykkergruppen har det i meget liten grad vært lagt vekt på arbeid som kan minimalisere ettereffektene av dramatiske hendelser, som systematisk debriefing, sosial støtte etc. Tvert om fortalte flere av dykkerne at det ikke var del av kulturen å snakke om hendelser med kolleger og overordnede. Flere fortalte at de heller aldri hadde snakket med sine ektefeller eller andre nære personer om det som hadde skjedd med dem. Gruppen representerer en meget klar risikogruppen mht utvikling av ptsd. Majoriteten av deltagerne skårer sign. høyere enn den

kritiske grenseverdi på IES, og rapporterer særlig påtrengende minner og gjenopplevelse. Noen rapporterer også flahsbacklignende symptomer

MMPI skalaene indikerer at gruppen manifesterer mer generaliserte problemer i retning av depressive plager, somatiske eller psykosomatiske plager, engstelse og bekymring for egen kognitiv funksjon. Gruppens gjennomsnittsprofil beskrives som karakteristisk for pasienter som oppsøker yrkesmedisinsk ekspertise pga opplevde kognitive plager. Morrow, Ryan, Goldstein og Hodgson (1989). Den beskrivelse som profilen genererer har lite til felles med den spenningssøkende ”dykkerpersonligheten” slik den beskrives i litteraturen. Beckman, Lall og Johnson (1996) beskriver f.eks. dykkere i US Navy som ”optimistic, independent, self-serving, analytical, and tending toward social aggressiveness”. Waters (2001) gi karakteristikken “adventurous, assertive, self-assured, emotionally stable, and tough minded” om dykkere i South African Navy. Gruppens MMPI-profil er også vesentlig forskjellig fra det Værnes et al (1989) finner hos unge metningsdykkere fra den samme kohorten som dykkerne i vår undersøkelse. Forfatterne rapporterer lett elevasjon av skalaene K, Pd og Ma og finner indikasjon på introvert og risikosøkende individualister med motstand mot autoriteter.

Vi finner som ventet signifikant korrelasjon mellom MMPI-2 skalaer og IES, og samvariasjonen som er tilstede ligger på et nivå som indikerer at PTSD er et selvstendig bidrag, som opptrer sammen med mer generelle psykiske vansker. Det kan være flere uavhengige mekanismer bak disse.

### **Konklusjon:**

I dette utvalget av tidligere nordsjødykker finner vi betydelige psykiske plager. De fleste deltagerne har vært utsatt for eller vitne til dramatiske og livstruende hendelser knyttet til dykkeaktiviteten. En betydelig andel viser psykiske stressreaksjoner knyttet til disse hendelsene, og et betydelig antall tilfredsstillende fullt ut kriteriene for posttraumatisk stress syndrom - PTSD. Alvorlige posttraumatiske stressreaksjoner er generelt assosiert med økt suicidalfare.

### **Referanser**

American Psychiatric Association (1994) *Diagnostic and statistical Manual of Mental Disorders (Fourth Edition)*. Washington DC: Author.

Asmundson, G.J.G, Norton , G.r. Allardings, M.D. Norton, P.J. Larsen D.K. (1994) Posttraumatic stress disorder in victims of civilian trauma and criminal violence. *Psychiatric Clinics of North America*, 17 (2), 289-299.

Beckman,T.J.,Lall,R., Johnson,W.B.( 1996).Salient personality characteristics among Navy divers. *Military-Medicine*. 161(12,717-719.

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological bulletin*, 112(1).155-159.

Eid, J., Thayer , J.F. & Johnsen, B.H. (1999). Measuring post-traumatic stress: a psychometric evaluation of symptom- and coping questionnaires based on a Norwegian sample. *Scandinavian Journal of Psychology*, 40,101 –108.

- Ersland, S., Weisaeth I., & Sund, A. (1989). The stress upon rescuers involved in and oil rig disaster "Alexander L Kielland". *Acta Psychiatr Scand*, 80, (suppl.355), 38 – 49.
- Friedman, M.J. (1999). Progress in psychobiology of posttraumatic stress disorder: an overview. *Seminars of Cincial Neuropsychiatry*, 4, 230-233.
- Horowitz, M., Wilner, N. & Alvares, W. (1979). Impact of Event Scale: a measure of subjective stress. *Psychosom. Med.* 41, 209 –218.
- Jenkins, M.A., Langlais, P.J. Delis, D. & Cohen, R.A. (2000) Attention dysfunction associated with posttraumatic stress disorder among rape survivors. *The Clinical Neuropsychologist*, 14, 7-12.
- Keane, T., Malloy, P.F, and Fairbank, J.A. (1984). Empirical development of an MMPI subscale for the assessment of combat related post traumatic stress disorder. *J. Consult.Clin. Psychol.* 52, 881-891.
- Leffler, CT & Dembert, M.L.(1998) Posttraumatic stress symptoms among U.S. navy divers recovering TWA flight 800. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 186,574-577.
- Lezak, M. (1995). *Neuropsychological Assessment, (Third Edition)*, New York: Oxford University Press.
- Lyons J., & Keane,T. (1992). Keane PTDS Scale. MMPI and MMPI-2 update. *Journal of Traumatic Stress*, 5, 111-117.
- Morrow, L.A., Ryan C.M., Goldstein, G. & Hodson, M.J. (1989). A distinct pattern of personality disturbance following exposure to mixtures of organic solvents. *Journal of Occupational Medicine*, 31, 743 –746.
- Neal, L.A., Busuttil, W., Rollings, J. & Herpath,R.S. (1994). Convergent validity of measures of post traumatic stress disorder in a mixed military and civilian poulation, *Journal of traumatic stress*, 7 (3), 447-455.
- Norris F.H., & Riad, J.K (1997). Standardized Self-report Measures of Civilian Trauma and Posttraumatic Stress Disorder. I J.P. Wilson & T.M. Keane (Eds), *Assessing Psychological Trauma and PTSD*. New York: Guilford Press.
- Rasmussen, K., Lauritsen J.M., Nørby Hansen O., Carstensen O. (1999) Post-traumatisk stress etter arbeidsulykker. *Ugeskr. Læger*, 161, 1253-1257.
- Rick J, Perryman S., Young,K., Guppy a., and Hillage J. (1998). *Workplace trauma and its mangement: Review of the literature*. Brighton: HSE books
- Sundin, E. & Horowitz, M.J. (2002). Impact of Event Scale: psychometric properties. *British Journal of Psychiatry*, 180, 205 – 209.
- Værnes R.J., Kløve, H. & Ellertsen, B (1989). Neuropsychologic effects of saturation diving. *Undersea and Biomedical Research* ,16, 233-251.

Waters,-Adele-H (2001) Psychological attributes of South African Navy Underwater Sabotage Device Disposal operators. *Military-Medicine*. 2001 Dec; Vol 166(12): 1069-1073

Weiss D.S. & Marmar C.R. (1997) The Impact of Event Scale- Revised. I J.P. Wilson & T.M. Keane (Eds), *Assessing Psychological Trauma and PTSD*. New York: Guilford Press.

World Health Organization (1992) *The ICD-10 Classification of Mental and Behavioural disorders: Clinical descriptions and diagnostic guidelines*. Geneva: Author

Spørreskjema om helse  
for dykkere



Yrkesmedisinsk Avdeling  
Haukeland Sykehus  
5021 BERGEN

Kari Troland, Marit Grønning og Harald Nyland

Desember 1999

# Spørreskjema om helse for dykkere

del 2  
om ulykker og psykiske belastninger



Yrkesmedisinsk Avdeling  
Haukeland Sykehus  
5021 BERGEN

Kari Troland og Marit Grønning

Desember 1999