

JURNAL  
**RESPIROLOGI**  
INDONESIA

Majalah Resmi Perhimpunan Dokter Paru Indonesia  
Official Journal of The Indonesian Society of Respiriology



Kejadian Hipoksemia dan Faktor Yang Berpengaruh Pada Tindakan Bronkoskopi Diagnostik Kasus Tumor Paru

Peningkatan Kadar KL-6/MUC1 Serum, Netrofil dan Limfosit Sputum Pada Pekerja di Pasar Burung Splendid Malang

Pengaruh Pemberian Vitamin C Terhadap Perbaikan Foto Toraks Pada Pasien Tuberkulosis Paru Fase Intensif di Kota Medan

Prevalensi dan Determinan Kejadian Depresi pada Pasien *Multi-Drug Resistance Tuberculosis*: Studi di RSUP Dr. Kariadi Semarang

Karakteristik dan Faktor yang Mempengaruhi Angka Tahan Hidup Satu Tahun Pasien Tumor Sel Germinal Mediastinum

Pengaruh Tekanan dan Lama Penyelaman Terhadap Faal Paru Pada Penyelam Profesional dan Bukan Penyelam Profesional

Hubungan Antara Ekspresi MAGE-A3 dengan Gambaran Histopatologi Pada Penderita NSCLC

Penyakit Virus Corona 2019

# JURNAL RESPIROLOGI INDONESIA

Majalah Resmi Perhimpunan Dokter Paru Indonesia  
Official Journal of The Indonesian Society of Respiriology

---

## **SUSUNAN REDAKSI**

### **Penasehat**

M. Arifin Nawas

Faisal Yunus

### **Penanggung Jawab / Pemimpin Redaksi**

Feni Fitriani

### **Wakil Pemimpin Redaksi**

Winariani

### **Anggota Redaksi**

Amira Permatasari Tarigan

Jamal Zaini

Farih Raharjo

Mia Elhidsi

Ginangjar Arum Desianti

Irandi Putra Pratomo

Fanny Fachrucha

### **Sekretariat**

Yolanda Handayani

Suwondo

SST : Surat Keputusan Menteri Penerangan RI

No.715/SK/DitjenPPG/SST/1980 Tanggal 9 Mei 1980

### **Alamat Redaksi**

PDPI Jl. Cipinang Bunder, No. 19, Cipinang Pulo Gadung

Jakarta Timur 13240 Telp: 02122474845

Email : [editor@jurnalrespirologi.org](mailto:editor@jurnalrespirologi.org)

Website : <http://www.jurnalrespirologi.org>

### **Diterbitkan Oleh**

Perhimpunan Dokter Paru Indonesia (PDPI)

Terbit setiap 3 bulan (Januari, April, Juli & Oktober)

### **Jurnal Respiriologi Indonesia**

Akreditasi A

Sesuai SK Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan

Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia

Nomor: 2/E/KPT/2015 Tanggal 1 Desember 2015

Masa berlaku 15 Desember 2015 - 15 Desember 2020

# JURNAL RESPIROLOGI INDONESIA

Majalah Resmi Perhimpunan Dokter Paru Indonesia  
Official Journal of The Indonesian Society of Respiriology

VOLUME 40, NOMOR 2, April 2020

---

## DAFTAR ISI

---

### Artikel Penelitian

- Kejadian Hipoksemia dan Faktor Yang Berpengaruh Pada Tindakan Bronkoskopi Diagnostik Kasus Tumor Paru 66  
*Andre Prawira Putra, Menaldi Rasmin, Wahyu Aniwidyaningsih*
- Peningkatan Kadar KL-6/MUC1 Serum, Netrofil dan Limfosit Sputum Pada Pekerja di Pasar Burung Splendid Malang 75  
*Zam Zam Firmansyah, Tri Wahyu Astuti, Garinda Alma Duta*
- Pengaruh Pemberian Vitamin C Terhadap Perbaikan Foto Toraks Pada Pasien Tuberkulosis Paru Fase Intensif di Kota Medan 82  
*Budi Jefri, Bintang YM Sinaga, Parluhutan Siagian, Putri Chairani Eyanoer*
- Prevalensi dan Determinan Kejadian Depresi pada Pasien *Multi-Drug Resistance Tuberculosis*: Studi di RSUP Dr. Kariadi Semarang 88  
*Mahalul Azam, Arulita Ika Fibriana, Fitri Indrawati, Indah Septiani*
- Karakteristik dan Faktor yang Mempengaruhi Angka Tahan Hidup Satu Tahun Pasien Tumor Sel Germinal Mediastinum 97  
*Elisna Syahrudin, Mia Elhidsi, Erni Mudhiati, Jamal Zaini*
- Pengaruh Tekanan dan Lama Penyelaman Terhadap Faal Paru Pada Penyelam Profesional dan Bukan Penyelam Profesional 103  
*Jerry Indra Setiawan, Suradi, Yusup Subagio Sutanto*
- Hubungan Antara Ekspresi MAGE-A3 dengan Gambaran Histopatologi Pada Penderita NSCLC 112  
*Mokhammad Mukhlis, Isnin Anang Marhana*
- ### Tinjauan Pustaka
- Penyakit Virus Corona 2019 119  
*Diah Handayani, Dwi Rendra Hadi, Fathiyah Isbaniah, Erlina Burhan, Heidy Agustin*

# Pengaruh Tekanan dan Lama Penyelaman Terhadap Faal Paru Pada Penyelam Profesional dan Bukan Penyelam Profesional

Jerry Indra Setiawan, Suradi, Yusup Subagio Sutanto

Departemen Pulmonologi dan Kedokteran Respirasi Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret,  
RSUD dr. Moewardi, Surakarta

## Abstrak

**Latar belakang:** Penyelam profesional memiliki volume paru yang lebih besar dibandingkan bukan penyelam profesional, sehingga mempengaruhi nilai kapasitas vital paksa (KVP) dan volume ekspirasi paksa detik pertama (VEP<sub>1</sub>). Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh tekanan penyelaman dan lama penyelaman terhadap perubahan faal paru pada penyelam profesional dan bukan penyelam profesional.

**Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian potong lintang yang dilakukan pada personel penyelam Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut (TNI AL) Dislambair Koarmada II Surabaya dan personel Rumah Sakit Angkatan Laut (RSAL) dr. Ramelan di Lakesla Surabaya pada bulan Maret-April 2019. Sampel diambil secara purposive sampling. Penelitian ini menggunakan subjek tidak berpasangan dengan uji statistik independent t-test jika data berdistribusi normal dan uji Mann-Whitney U jika data tidak berdistribusi normal.

**Hasil:** Terdapat perbedaan bermakna pada kelompok penyelam profesional dibandingkan bukan penyelam profesional pada nilai KVP ( $P=0,042$ ) dan VEP<sub>1</sub> ( $P=0,040$ ) di tekanan 1,3 ATA selama 10 menit dan nilai VEP<sub>1</sub> ( $P=0,049$ ) selama 20 menit. Tidak ada perbedaan bermakna pada nilai KVP ( $P=0,092$ ) di tekanan 1,3 ATA selama 20 menit. Tidak ada perbedaan bermakna pada nilai KVP ( $P=0,865$ ), VEP<sub>1</sub> ( $P=0,659$ ) di tekanan 1,5 ATA selama 10 menit dan nilai KVP ( $P=0,858$ ) dan VEP<sub>1</sub> ( $P=0,857$ ) selama 20 menit.

**Kesimpulan:** Perubahan tekanan pada kelompok bukan profesional menurunkan nilai VEP<sub>1</sub>. Terdapat perbedaan pada nilai KVP pada kelompok penyelam profesional dengan bukan penyelam profesional pada tekanan 1,5 ATA selama 10 menit. (**J Respir Indo. 2020; 40(2): 103-11**)

**Kata kunci:** penyelam profesional, penyelam bukan profesional, KVP, VEP<sub>1</sub>, VEP<sub>1</sub>/KVP

## The Role of Pressure and Diving Duration on Lung Physiology in Professional and Non-Professional Divers

### Abstract

**Backgrounds:** Professional divers have a greater lung volume than non-professional divers in higher force vital capacity (FVC) and force expiratory flow in 1 second (FEV<sub>1</sub>) values. The purpose of this study is to analyse the effect of pressure and duration of diving on changes in lung physiology in professional divers and non-professional divers.

**Methods:** This is a cross sectional study on the personnel of the Indonesian Navy Dislambair Koarmada II Surabaya and RSAL personnel of dr. Ramelan Navy Hospital in Lakesla Surabaya in March-April 2019. Samples was collected with purposive sampling. This study used unpaired subjects with the independent t-test statistic analysis if the data is normally distributed and the Mann-Whitney U test if the data is not normally distributed

**Results:** There was a significant difference in the professional divers group compared to non-professional divers group in the values of FVC ( $P=0.042$ ) and FEV<sub>1</sub> ( $P=0.040$ ) at 1.3 ATA for 10 minutes and the FEV<sub>1</sub> ( $P=0.049$ ) for 20 minutes. No significant differences in FVC ( $P=0.092$ ) at 1.3 ATA pressure for 20 minutes. There were no significant differences in FVC ( $P=0.865$ ), FEV<sub>1</sub> ( $P=0.659$ ) at 1.5 ATA pressure for 10 minutes and FVC ( $P=0.858$ ) and FEV<sub>1</sub> ( $P=0.857$ ) for 20 minutes.

**Conclusions:** The different pressure in non-professional group could reduce the FEV<sub>1</sub> value. There was a difference in the FVC value of the professional diver group and non-professional divers at a pressure of 1.5 ATA for 10 minutes. (**J Respir Indo. 2020; 40(2): 103-11**)

**Keywords:** professional divers, non-professional divers, FVC, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC

## PENDAHULUAN

Penyelaman digunakan sejak dahulu untuk kepentingan militer dan komersial. Militer melakukan aktivitas penyelaman untuk tujuan tanggap bencana seperti kapal tenggelam dan pesawat jatuh di laut. Penyelam dibutuhkan untuk evakuasi korban serta mencari kompartemen penting untuk investigasi penyebab bencana. Namun saat ini penyelaman banyak diminati sebagai pilihan olahraga dan wisata.<sup>1-4</sup>

Berdasarkan data dari Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif Indonesia pada tahun 2017, terjadi peningkatan sebesar 15% atau sebanyak 45.726 wisatawan lokal datang ke Teluk Maumere untuk menyelam. Selain wisata, menyelam banyak diminati sebagai sarana olahraga, namun olahraga menyelam berhubungan dengan berbagai risiko sehingga akan meningkatkan kebutuhan akan surat rekomendasi dokter terutama yang berhubungan dengan kemampuan respirasi. Tingginya aktivitas penyelaman memerlukan perhatian lebih mengenai pengaruhnya terhadap tubuh.<sup>1-4</sup>

Penyelaman adalah kegiatan yang dilakukan pada tekanan lebih dari 1 atmosfer absolut (ATA) baik di dalam air maupun di dalam ruangan bertekanan tinggi (RUBT). Penyelam akan terpajan oleh faktor yang dapat mempengaruhi fungsi paru. Sesuai dengan kedalaman, paru akan terpajan oleh peningkatan tekanan parsial oksigen. Bila penyelam turun semakin dalam, maka akan menyebabkan terbentuknya mikroemboli dan menyebabkan dekompresi paru.<sup>4-6</sup>

Penyelam dilatih mewaspadaai cedera akibat aktivitas selam. Ketidaktahuan batas penyelaman dan kemampuan paru dan faal tubuh memicu kejadian cedera. Penyelam amatir untuk tujuan rekreasi berpeluang cedera lebih besar dibanding penyelam profesional. Penyelam profesional atau penyelam militer diduga memiliki perbedaan faal dibandingkan penyelam amatir atau penyelam rekreasi.<sup>4-6</sup>

Penyelam profesional akan memiliki volume paru yang lebih besar daripada bukan penyelam

profesional. Peningkatan usaha napas dan densitas gas akibat penyelaman akan menyebabkan peningkatan kerja otot napas dan kapasitas vital (KV). Efek menahan napas saat menyelam dan tahan saat bernapas selama penyelaman menyebabkan kapasitas vital paksa (KVP) akan lebih besar nilainya dibanding volume ekspirasi paksa pada detik pertama ( $VEP_1$ ) yang menyebabkan penurunan nilai  $VEP_1/KVP$ . Tekanan yang tinggi selama penyelaman dapat diperbaiki dengan memberikan asupan gas yang berasal dari tabung melalui *self-contained underwater breathing apparatus* (SCUBA) yaitu dengan mengirimkan gas pernapasan melalui selang tekanan ke helm atau masker penyelam.<sup>6-8</sup>

Efek menyelam pada sistem pernapasan dapat menumpuk secara bertahap dari waktu ke waktu. Belum terdapat bukti apakah fungsi paru akan normal kembali segera setelah menyelam sehingga memerlukan penelitian untuk mengetahui fungsi paru setelah penyelaman dalam berbagai kondisi. Penelitian ekperimental penyelaman sebaiknya dilakukan di dalam ruang kompresi kering untuk mempermudah simulasi dan kondisi dengan tekanan 1,3 ATA yang merupakan batas atas aman sebelum muncul cedera akibat tekanan. Penelitian penyelaman menggunakan RUBT bertujuan mengontrol pengaruh fisik dan suhu terhadap penyelam sehingga didapatkan paparan yang seragam.<sup>7,9,10</sup>

Penelitian perbandingan efek tekanan penyelaman terhadap faal paru antara penyelam profesional dengan penyelam amatir jarang dilakukan. Penelitian oleh Lemaitre dkk tahun 2006 menunjukkan perubahan faal paru yaitu penurunan  $VEP_1$  dan penurunan arus puncak ekspirasi (APE), tetapi ditemukan KVP normal. Hal ini terjadi setelah penyelaman 10 menit pada kedalaman 3 meter atau setara 1,3 ATA pada RUBT.<sup>7,9,10</sup>

Pengaruh tekanan penyelaman terhadap manusia bukan penyelam profesional juga jarang dilakukan. Penelitian ini bertujuan meneliti pengaruh tekanan penyelaman dan lama penyelaman terhadap perubahan faal paru pada penyelam profesional dan bukan penyelam profesional

menggunakan udara biasa yaitu oksigen (O<sub>2</sub>) 20% dan nitrogen (N<sub>2</sub>) 80% pada kedalaman 1,3 ATA dan 1,5 ATA di dalam RUBT. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi panduan pengetahuan mengenai dampak tekanan penyelaman terhadap perubahan faal paru serta menjadi rekomendasi batasan pada aktivitas penyelaman untuk mencegah cedera dan gangguan faal paru akibat efek samping aktivitas penyelaman.<sup>10,11</sup>

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian potong lintang dengan pendekatan observasi pre-test dan post-test. Penelitian dilaksanakan di Lembaga Kesehatan Kelautan (Lakesla) Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut (TNI AL) Drs. Med. R. Rijadi S., Phys di Surabaya pada bulan Maret hingga April 2019. Populasi target penelitian ini adalah personel penyelam TNI AL yang berdinasi di Dinas Penyelamatan Bawah Air (Dislambair) Komando Armada II (dua) Surabaya dan personel TNI AL yang berdinasi di Rumah Sakit Angkatan Laut (RSAL) dr. Ramelan.

Penelitian ini melibatkan 48 subjek penelitian yang terdiri dari dua kelompok yaitu kelompok penyelam profesional dan kelompok bukan penyelam profesional. Subjek penelitian dipilih menggunakan metode *purposive sampling* yang ditentukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Subjek penelitian masing-masing kelompok terdiri dari 24 subjek dan dibagi menjadi 4 kelompok, masing-masing kelompok terdiri dari 6 subjek. Setiap kelompok mendapatkan perlakuan tekanan dan waktu yang berbeda yaitu Kelompok I dengan tekanan 1,3 ATA selama 10 menit, Kelompok II dengan tekanan 1,3 ATA selama 20 menit, Kelompok III dengan tekanan 1,5 ATA selama 10 menit, dan Kelompok IV dengan tekanan 1,5 ATA selama 20 menit.

Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah laki-laki berusia 25–45 tahun dan merupakan penyelam profesional yang tergabung di dalam pasukan penyelam TNI AL dan aktif sebagai penyelam minimal 1 tahun serta personel TNI AL yang bukan

penyelam. Subjek penelitian telah memenuhi syarat pemeriksaan spirometri dengan ketentuan spirometri faal paru subjek memiliki nilai KVP  $\geq 80\%$  dan VEP<sub>1</sub>  $\geq 75\%$ . Serta bersedia mengikuti penelitian dengan persetujuan tertulis. Kriteria eksklusi pada penelitian ini adalah penyelam yang memiliki riwayat penyakit jantung, asma, penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) dan operasi paru, memiliki kontraindikasi pemeriksaan spirometri, tidak sehat pada pemeriksaan fisik, tidak bisa mengikuti prosedur, tidak datang saat pemeriksaan serta hasil spirometri tidak dapat diterima.

Subjek penelitian datang ke Lakesla Surabaya dan diberikan penjelasan mengenai maksud dan tujuan penelitian. Calon subjek penelitian mengisi kuesioner dan lembar persetujuan penelitian (*informed consent*) mengikuti penelitian. Subjek yang memenuhi kriteria inklusi diberikan edukasi, dicatat identitas, nomor telepon, riwayat pendidikan, riwayat pekerjaan dan riwayat merokok. Subjek kemudian menjalani pengukuran berat badan, tinggi badan, dihitung indeks massa tubuh (IMT), dan menjalani pemeriksaan spirometri. Subjek dibagi menjadi 4 kelompok dan hasil pemeriksaan uji faal paru sebelum masuk ke dalam RUBT diperlukan sebagai data dasar atau pre-test.

Subjek penelitian, baik penyelam profesional dan bukan penyelam profesional masuk ke dalam RUBT kemudian diberi tekanan dan waktu dengan udara biasa sesuai kelompok yang telah ditentukan lalu kembali menjalani pemeriksaan faal paru di dalam RUBT setelah pemberian tekanan dan waktu yang dicatat sebagai data post-test. Data dan hasil pre-test dicatat didalam buku penelitian kemudian dilakukan analisis.

Analisis data dilakukan dengan memakai *Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 19 for Windows* dan penyajian data menggunakan *Microsoft Office 2010*. Dilakukan uji normalitas data terhadap seluruh data penelitian menggunakan uji normalitas *Shapiro-Wilk* karena sampel berjumlah  $< 50$  subjek. Data akan dianalisis menggunakan *independent t-test* jika data berdistribusi normal dan uji *Mann-Whitney U* jika data tidak berdistribusi normal.

## HASIL

Subjek penelitian ini semua laki-laki baik pada kelompok penyelam profesional dan bukan penyelam profesional. Rerata umur pada kelompok penyelam profesional adalah  $30,50 \pm 3,44$  tahun sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $34,38 \pm 7,90$  tahun, secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna ( $P=0,373$ ). Rerata IMT kelompok penyelam profesional yaitu  $23,91 \pm 1,66$  kg/m<sup>2</sup>, sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional yaitu  $25,08 \pm 2,58$  kg/m<sup>2</sup>. Hasil ini menunjukkan bahwa IMT pada kelompok penyelam profesional cenderung dalam kategori normal dibandingkan dengan kelompok bukan penyelam profesional, namun secara statistik tidak menunjukkan bermakna ( $P=0,068$ ).

Riwayat merokok kategori ringan ditemukan pada 12 subjek (50,0%) kelompok penyelam profesional dan pada 13 subjek (54,2%) kelompok bukan penyelam profesional, namun tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik ( $P=0,794$ ). Tidak ada subjek yang mengkonsumsi obat selama 3 bulan terakhir dan tidak ada subjek yang memiliki riwayat asma, operasi paru dan gangguan RUBT. Karakteristik subjek penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik subjek penelitian

Karakteristik	Kelompok		P
	Penyelam	Bukan Penyelam	
Jenis kelamin			
Laki-laki	24 (100,0%)	24 (100,0%)	
Perempuan	0 (0,0%)	0 (0,0%)	
Umur	$30,50 \pm 3,44$	$34,38 \pm 7,90$	0,373 <sup>b</sup>
IMT	$23,91 \pm 1,66$	$25,08 \pm 2,58$	0,068 <sup>a</sup>
Riwayat Merokok			0,794
Tidak merokok	10 (41,7%)	8 (33,3%)	
Ringan	12 (50,0%)	13 (54,2%)	
Sedang	2 (8,3%)	3 (12,5%)	
Berat	0 (0,0%)	0 (0,0%)	
Riwayat Penyakit			
Konsumsi obat 3 bulan terakhir	0 (0,0%)	0 (0,0%)	-
Asma	0 (0,0%)	0 (0,0%)	-
Operasi paru	0 (0,0%)	0 (0,0%)	-
Gangguan RUBT	0 (0,0%)	0 (0,0%)	-
KVP (1 ATM)	$4049,17 \pm 482,78$	$3817,08 \pm 512,66$	0,113 <sup>a</sup>
VEP <sub>1</sub> (1 ATM)	$3413,75 \pm 369,56$	$3220,83 \pm 470,85$	0,121 <sup>a</sup>
VEP <sub>1</sub> /KVP (1 ATM)	$84,48 \pm 3,40$	$84,18 \pm 5,16$	0,992 <sup>b</sup>

Ket: <sup>a</sup>Uji *t-test*, <sup>b</sup>Uji *Mann-Whitney*, <sup>c</sup>Uji *Chi-square*;

1 ATM= tekanan 1 atmosfer;

IMT=indeks massa tubuh;

KVP=kapasitas vital paksa;

VEP<sub>1</sub>=volume ekspirasi paksa detik pertama.

Dapat dilihat pada Tabel 1, rerata KVP pada 1 ATM kelompok penyelam profesional adalah  $4049,17 \pm 482,78$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $3817,08 \pm 512,66$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa rerata KVP pada tekanan 1 ATM pada kelompok penyelam profesional lebih besar dibandingkan dengan kelompok bukan penyelam profesional, tetapi secara statistik tidak bermakna ( $P=0,113$ ).

Rerata VEP<sub>1</sub> pada tekanan 1 ATM pada kelompok penyelam profesional  $3413,75 \pm 369,56$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $3220,83 \pm 470,85$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa rerata VEP<sub>1</sub> pada tekanan 1 ATM pada kelompok penyelam profesional lebih besar dibandingkan dengan kelompok bukan penyelam akan tetapi secara statistik tidak bermakna ( $P=0,121$ ).

Rerata VEP<sub>1</sub>/KVP pada tekanan 1 ATM adalah  $\pm 3,40$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $84,18 \pm 5,16$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai VEP<sub>1</sub>/KVP pada tekanan 1 ATM pada kelompok penyelam profesional lebih besar dibandingkan kelompok bukan penyelam profesional, tetapi secara statistik tidak bermakna ( $P=0,992$ ). Dengan demikian, tidak ditemukan perbedaan bermakna pada nilai KVP, VEP<sub>1</sub> dan VEP<sub>1</sub>/KVP pada tekanan 1 ATM antara kelompok penyelam profesional dan bukan penyelam profesional dalam penelitian.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa rerata KVP kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,3 ATA selama 10 menit  $4458,33 \pm 422,30$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $3760,00 \pm 599,60$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai KVP kelompok penyelam profesional lebih tinggi dibandingkan kelompok bukan penyelam profesional dan secara statistik berbeda bermakna ( $P=0,042$ ).

Rerata VEP<sub>1</sub> kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,3 ATA selama 10 menit adalah  $3610,00 \pm 324,35$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $3066,67 \pm 462,33$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai VEP<sub>1</sub> pada

kelompok penyelam profesional lebih tinggi dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional dan secara statistik bermakna ( $P=0,040$ ).

Rerata  $VEP_1/KVP$  pada kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,3 ATA selama 10 menit adalah  $81,11 \pm 5,35$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $81,94 \pm 8,71$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $VEP_1/KVP$  pada kelompok penyelam profesional lebih rendah dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional dan secara statistik tidak bermakna ( $P=0,745$ ).

Tabel 2. Perbedaan nilai KVP,  $VEP_1$  dan  $VEP_1/KVP$  kelompok penyelam profesional dengan kelompok bukan penyelam profesional pada tekanan 1,3 ATA selama 10 menit

Kelompok 1 1,3 ATA/10'	KVP (ml)	$VEP_1$ (ml)	$VEP_1/KVP$ (ml)
Penyelam profesional	$4458,33 \pm 422,30$	$3610,00 \pm 324,35$	$81,11 \pm 5,35$
Bukan penyelam profesional	$3760,00 \pm 599,60$	$3066,67 \pm 462,33$	$81,94 \pm 8,71$
<i>P</i>	0,042 <sup>a</sup>	0,040 <sup>a</sup>	0,745 <sup>a</sup>

Ket: <sup>a</sup>independent *t*-test; KVP=kapasitas vital paksa;  $VEP_1$ =volume ekspirasi paksa detik pertama

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa rerata KVP kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,3 ATA selama 20 menit adalah  $4035,00 \pm 326,24$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $3735,00 \pm 220,98$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai KVP kelompok penyelam profesional lebih tinggi dibandingkan kelompok bukan penyelam profesional namun secara statistik tidak bermakna ( $P=0,092$ ).

Rerata  $VEP_1$  kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,3 ATA selama 20 menit adalah  $3391,67 \pm 222,30$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $3115,00 \pm 204,33$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $VEP_1$  kelompok penyelam profesional lebih tinggi dibandingkan kelompok bukan penyelam profesional dan secara statistik berbeda bermakna ( $P=0,049$ ).

Nilai rerata  $VEP_1/KVP$  kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,3 ATA selama 20 menit adalah  $84,28 \pm 5,21$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $83,50 \pm 5,06$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $VEP_1/KVP$  kelompok

penyelam profesional lebih tinggi dibandingkan kelompok bukan penyelam profesional, namun secara statistik tidak bermakna ( $P=0,798$ ).

Tabel 3. Perbedaan nilai KVP,  $VEP_1$  dan  $VEP_1/KVP$  kelompok penyelam profesional dengan kelompok bukan penyelam profesional pada tekanan 1,3 ATA selama 20 menit

Kelompok 2 1,3 ATA/20'	KVP (ml)	$VEP_1$ (ml)	$VEP_1/KVP$ (ml)
Penyelam profesional	$4035,00 \pm 326,24$	$3391,67 \pm 222,30$	$84,28 \pm 5,21$
Bukan penyelam profesional	$3735,00 \pm 220,98$	$3115,00 \pm 204,33$	$83,50 \pm 5,06$
<i>P</i>	0,042 <sup>a</sup>	0,040 <sup>a</sup>	0,745 <sup>a</sup>

Ket: <sup>a</sup>independent *t*-test; KVP=kapasitas vital paksa;  $VEP_1$ =volume ekspirasi paksa detik pertama

Pada Tabel 4 diketahui bahwa rerata KVP kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,5 ATA selama 10 menit adalah  $3863,33 \pm 477,35$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $3805,00 \pm 665,09$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai KVP pada kelompok penyelam profesional lebih tinggi dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional, namun secara statistik tidak bermakna ( $P=0,865$ ).

Tabel 4. Perbedaan nilai KVP,  $VEP_1$  dan  $VEP_1/KVP$  kelompok penyelam profesional dengan kelompok bukan penyelam profesional pada tekanan 1,5 ATA selama 10 menit

Kelompok 3 1,5 ATA/10'	KVP (ml)	$VEP_1$ (ml)	$VEP_1/KVP$ (ml)
Penyelam profesional	$3863,33 \pm 477,35$	$3156,67 \pm 364,45$	$81,91 \pm 4,53$
Bukan penyelam profesional	$3805,00 \pm 665,09$	$3045,00 \pm 477,32$	$80,29 \pm 2,81$
<i>P</i>	0,865 <sup>a</sup>	0,659 <sup>a</sup>	0,473 <sup>a</sup>

Ket: <sup>a</sup>independent *t*-test; KVP=kapasitas vital paksa;  $VEP_1$ =volume ekspirasi paksa detik pertama

Rerata  $VEP_1$  kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,5 ATA selama 10 menit adalah  $3156,67 \pm 364,45$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $3045,00 \pm 477,32$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $VEP_1$  kelompok penyelam profesional lebih tinggi dibandingkan kelompok bukan penyelam profesional namun secara statistik tidak bermakna ( $P=0,659$ ).

Rerata  $VEP_1/KVP$  kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,5 ATA selama 10 menit adalah  $81,91 \pm 4,53$  ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional  $80,29 \pm 2,81$  ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai  $VEP_1/KVP$  kelompok

penyelam profesional lebih tinggi dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional, namun secara statistik tidak bermakna ( $P=0,473$ ).

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa rerata KVP kelompok penyelam profesional pada tekanan 1 ATM 3983,33±382,81 ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional 4125,00±650,78 ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai KVP pada tekanan 1 ATM pada kelompok penyelam profesional lebih rendah dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional, namun secara statistik tidak bermakna ( $P=0,656$ ).

Tabel 5. Perbedaan nilai KVP, VEP<sub>1</sub> dan VEP<sub>1</sub>/KVP kelompok penyelam profesional dan kelompok bukan penyelam profesional pada tekanan 1 ATM

Kelompok 4 1,5 ATA/10'	KVP (ml)	VEP <sub>1</sub> (ml)	VEP <sub>1</sub> /KVP (ml)
Penyelam profesional	3983,33±382,81	3398,33±236,34	85,51±2,77
Bukan penyelam profesional	4125,00±650,78	3586,67±530,27	85,36±4,22
<i>P</i>	0,865 <sup>a</sup>	0,659 <sup>a</sup>	0,473 <sup>a</sup>

Ket: <sup>a</sup>*independent t-test*; KVP=kapasitas vital paksa; VEP<sub>1</sub>=volume ekspirasi paksa detik pertama

Rerata VEP<sub>1</sub> kelompok penyelam profesional pada tekanan 1 ATM 3398,33±236,34 ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional 3586,67±530,27 ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai VEP<sub>1</sub> pada tekanan 1 ATM kelompok penyelam profesional lebih rendah dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional, namun secara statistik tidak bermakna ( $P=0,445$ ).

Nilai rerata VEP<sub>1</sub>/KVP kelompok penyelam profesional pada tekanan 1 ATM 85,51±2,77 ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional 85,36±4,22 ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai VEP<sub>1</sub>/KVP pada tekanan 1 ATM kelompok penyelam profesional lebih tinggi dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional, namun secara statistik tidak bermakna ( $P=0,942$ ).

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa rerata KVP kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,5 ATA selama 20 menit 4050,00±404,47 ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional 4110,00±688,42 ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai KVP pada tekanan 1,5 ATA selama 20

menit kelompok penyelam profesional lebih rendah dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional, namun secara statistik tidak bermakna ( $P=0,858$ ).

Tabel 6. Perbedaan nilai KVP, VEP<sub>1</sub> dan VEP<sub>1</sub>/KVP kelompok penyelam profesional dan kelompok bukan penyelam profesional pada tekanan 1,5 ATA selama 20 menit

Kelompok 4 1,5 ATA/10'	KVP (ml)	VEP <sub>1</sub> (ml)	VEP <sub>1</sub> /KVP (ml)
Penyelam profesional	4050,00±404,47	3400,00±264,20	84,20±4,82
Bukan penyelam profesional	4110,00±688,42	3448,33±583,56	83,95±3,59
<i>P</i>	0,858 <sup>a</sup>	0,857 <sup>a</sup>	0,921 <sup>a</sup>

Ket: <sup>a</sup>*independent t-test*; KVP=kapasitas vital paksa; VEP<sub>1</sub>=volume ekspirasi paksa detik pertama

Rerata VEP<sub>1</sub> kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,5 ATA selama 20 menit 3400,00±264,20 ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional 3448,33±583,56 ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai VEP<sub>1</sub> pada tekanan 1,5 ATA selama 20 menit kelompok penyelam profesional lebih rendah dibandingkan kelompok bukan penyelam profesional, namun secara statistik tidak bermakna ( $P=0,857$ ).

Rerata VEP<sub>1</sub>/KVP kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,5 ATA selama 20 menit 84,20±4,82 ml sedangkan pada kelompok bukan penyelam profesional 83,95±3,59 ml. Hal ini menunjukkan bahwa nilai VEP<sub>1</sub>/KVP pada tekanan 1,5 ATA selama 20 menit pada kelompok penyelam profesional lebih tinggi dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional, namun secara statistik tidak bermakna ( $P=0,921$ ).

## PEMBAHASAN

Nilai faal paru yaitu nilai KVP, VEP<sub>1</sub> dan rasio VEP<sub>1</sub>/KVP subjek penelitian pada tekanan 1 ATM tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna sehingga karakteristik subjek penelitian penyelam profesional maupun bukan penyelam profesional dalam penelitian ini homogen. Masing-masing kelompok terdiri dari 24 subjek dan dibagi menjadi 4 kelompok perlakuan kemudian dilakukan pemeriksaan spirometri di dalam RUBT.

Secara umum penyelam profesional akan memiliki volume paru lebih besar dari pada

penyelam bukan profesional. Mekanisme peningkatan volume paru yang lebih besar pada penyelam profesional terjadi akibat mekanisme adaptasi. Bentuk adaptasi yang terjadi adalah ukuran paru yang lebih besar dari ukuran semula dan otot pernapasan yang lebih kuat sehingga memudahkan udara masuk lebih banyak kedalam paru. Nilai faal paru potensial pada penyelam profesional akan menjadi besar hal ini berbeda dengan subjek yang tidak melakukan pelatihan. Seperti hasil penelitian ini terlihat bahwa nilai KVP pada tekanan 1,3 ATA selama 10 menit ( $P=0,042$ ) dan  $VEP_1$  ( $P=0,040$ ) pada kelompok penyelam profesional lebih besar dibandingkan kelompok bukan penyelam profesional dan secara statistik bermakna.

Sedangkan nilai  $VEP_1/KVP$  pada tekanan 1,3 ATA selama 10 menit penyelam profesional lebih kecil dibanding bukan penyelam profesional. Hasil ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa mekanisme adaptasi paru pada penyelam profesional menyebabkan lebih besarnya kapasitas vital paru penyelam profesional dibanding bukan penyelam profesional. Hal ini sesuai dengan penelitian Crosbie dkk yang menyatakan bahwa pada penyelam profesional terjadi peningkatan nilai KVP dan penurunan nilai  $VEP_1/KVP$ . Proses peningkatan KVP berhubungan dengan proses adaptasi paru terhadap kedalaman dan lama waktu penyelaman.<sup>12,13</sup>

Nilai faal paru yaitu KVP dan  $VEP_1$  pada kelompok penyelam bukan profesional yang lebih rendah dari kelompok penyelam profesional dan perbedaan tersebut bermakna sehingga menunjukan faal paru pada penyelam profesional lebih baik dibanding penyelam bukan profesional. Penyelam bukan profesional diharapkan mempersiapkan diri sebelum melakukan penyelaman agar mampu beradaptasi terhadap kedalaman dan lama waktu penyelaman.<sup>13-15</sup>

Penelitian ini juga melakukan penilaian pada nilai KVP,  $VEP_1$  dan  $VEP_1/KVP$  pada tekanan 1,3 ATA selama 20 menit. Nilai KVP di tekanan 1,3 ATA selama 20 menit pada kelompok penyelam profesional lebih besar dibandingkan pada

kelompok bukan penyelam profesional, namun secara statistik tidak bermakna terhadap nilai faal paru antar kedua kelompok ( $P=0,092$ ).

Penyelam profesional yang terlatih memiliki adaptasi tubuh yang baik untuk mengkompensasi pernapasan didalam air. Berbeda dengan penyelam bukan profesional yang tidak didahului dengan pelatihan dan pengetahuan mengenai teknik pernapasan dalam penyelaman. Hal tersebut sesuai dengan teori bahwa proses adaptasi mempengaruhi peningkatan nilai faal paru yang lebih baik. Penyelaman yang dilakukan secara tiba-tiba dapat menyebabkan adaptasi yang cepat sehingga dapat mempengaruhi faal paru.<sup>14,15</sup>

Nilai  $VEP_1$  pada kelompok penyelam profesional lebih besar dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional dan secara statistik bermakna ( $P=0,049$ ). Hasil tersebut menunjukkan perbedaan nilai faal paru yang bermakna, yaitu penyelam bukan profesional memiliki risiko lebih besar mengalami bronkokonstriksi sehingga menurunkan nilai faal paru.<sup>15,16</sup>

Penelitian ini juga mengkaji nilai KVP,  $VEP_1$  dan  $VEP_1/KVP$  pada tekanan 1,5 ATA selama 10 menit. Nilai KVP ( $P=0,865$ ) dan  $VEP_1$  ( $P=0,659$ ) pada kelompok penyelam profesional lebih besar dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional namun secara statistik tidak bermakna terhadap nilai faal paru pada tekanan 1,5 ATA selama 10 menit antar kedua kelompok.

Kegiatan menyelam pada penyelam profesional dilakukan dengan frekuensi yang sering sehingga menyebabkan paru lebih mudah beradaptasi serta mengkompensasi keadaan lingkungan di dalam tekanan yang lebih tinggi dibandingkan pada penyelam bukan profesional. Hal ini tampak pada pengukuran nilai faal paru pada spirometri. Penyelam profesional memiliki risiko terjadi obstruksi napas lebih kecil daripada penyelam bukan profesional yang ditandai dengan lebih besarnya nilai KVP pada penyelam profesional.<sup>16,17</sup>

Nilai faal paru KVP,  $VEP_1$  dan  $VEP_1/KVP$  pada kelompok penyelam profesional lebih besar

dibandingkan kelompok penyelam bukan profesional namun perbedaan tersebut tidak bermakna, sehingga penyelaman pada tekanan 1,5 ATA selama 10 menit tidak memberikan pengaruh pada nilai faal paru antara penyelam profesional maupun penyelam bukan profesional. Latihan dalam penyelaman dapat mengurangi risiko terjadinya barotrauma, penyakit dekompresi dan penyakit akibat penyelaman lainnya yang dapat menurunkan nilai faal paru.<sup>17,18</sup>

Penyelam profesional memiliki faal paru lebih besar daripada penyelam bukan profesional akibat ekspansi paru yang lebih besar sehingga volume udara meningkat dan kemampuan menampung udara juga meningkat. Namun banyak faktor yang dapat mempengaruhi nilai faal paru termasuk umur, IMT, riwayat merokok dan riwayat penyakit paru seseorang sehingga menyebabkan proses adaptasi faal paru tidak berjalan dengan baik. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian.

Nilai KVP ( $P=0,858$ ) dan  $VEP_1$  ( $P=0,857$ ) pada kelompok penyelam profesional lebih rendah dibandingkan pada kelompok bukan penyelam profesional namun secara statistik tidak bermakna terhadap nilai faal paru antar kedua kelompok di tekanan 1,5 ATA selama 20 menit.

Nilai dasar faal paru kelompok penyelam profesional ketika pada tekanan 1 ATM juga lebih rendah. Hal ini dapat dilihat ketika pada tekanan 1 ATM didapatkan nilai KVP ( $P=0,656$ ) dan  $VEP_1$  ( $P=0,445$ ) pada kelompok penyelam profesional lebih rendah namun secara statistik tidak bermakna terhadap nilai faal paru antar kedua kelompok.

Kelompok penyelam profesional pada tekanan 1,5 ATA selama 20 menit mampu beradaptasi dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan nilai KVP dan  $VEP_1$  dari tekanan 1 ATM menjadi tekanan 1,5 ATA selama 20 menit. Sedangkan kelompok penyelam bukan profesional pada tekanan 1,5 ATA selama 20 menit tidak mampu beradaptasi dengan baik walaupun nilai KVP dan  $VEP_1$  pada kelompok ini lebih besar dibandingkan kelompok penyelam profesional. Kelompok penyelam bukan penyelam profesional mengalami penurunan nilai KVP dan  $VEP_1$  dari

tekanan 1 ATM menjadi tekanan 1,5 ATA selama 20 menit. Pada penyelaman dengan tekanan 1,5 ATA selama 20 menit, tidak ada efek perubahan nilai faal paru yang berbeda pada kedua kelompok. Hal ini terlihat dari hasil KVP dan  $VEP_1$  yang tidak berbeda secara bermakna.<sup>19-21</sup>

## KESIMPULAN

Pada tekanan 1,3 ATA selama 10 menit terdapat perbedaan bermakna pada nilai KVP dan  $VEP_1$ , namun tidak bermakna pada nilai  $VEP_1$ /KVP pada kelompok penyelam profesional dibandingkan bukan penyelam profesional. Sedangkan pada tekanan 1,3 ATA selama 20 menit hanya bermakna pada nilai  $VEP_1$ , namun tidak bermakna pada nilai KVP dan  $VEP_1$ /KVP pada kelompok penyelam profesional dibandingkan bukan penyelam profesional. Sementara pada tekanan 1,5 ATA selama 10 menit maupun 20 menit tidak terdapat perbedaan bermakna pada nilai KVP,  $VEP_1$  dan  $VEP_1$ /KVP pada kelompok penyelam profesional dibandingkan bukan penyelam profesional.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim. Teluk Maumere Destinasi Menyelam Terpopuler [internet]. 2017 [cited on March 2019] Available from: <https://investor.id/national/teluk-maumere-destinasi-menyelam-terpopuler>.
2. Lembaga Kesehatan Angkatan Laut. Ilmu Kesehatan Hiperbarik. In: Lembaga Kesehatan Angkatan Laut, ed. Ilmu Kesehatan Penyelaman Dan Hiperbarik. 3<sup>rd</sup> ed. Surabaya: Lembaga Kesehatan Angkatan Laut; 2016. p. 3-56.
3. United States Navy, U.S. Navy Diving Manual. [internet]. 2017 [cited on March 2019] Available from: [https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/SUPSALV/Diving/US%20DIVING%20MANUAL\\_REV7.pdf?ver=2017-01-11-102354-393](https://www.navsea.navy.mil/Portals/103/Documents/SUPSALV/Diving/US%20DIVING%20MANUAL_REV7.pdf?ver=2017-01-11-102354-393)
4. Lumb AB. High pressure and diving. In: Lumb AB. Nunn's Applied Respiratory Physiology. 8<sup>th</sup> ed. London: Elsevier; 2017. p.190-6

5. Ilmi MI, Yunus F, Guritno M, Damayanti T, Samoedro E, Nazaruddin AM, et al. Comparison of lung function values of trained divers in 1.5 ATA hyperbaric chamber after inhaling 100% oxygen and regular air: a crossover study. *Adv Respir Med*. 2017;85:233-8.
6. Tetzlaff K, Thomas PS. Short-term and long-term effects of diving on pulmonary function. *Eur Respir Rev*. 2017;26:160097.
7. Thorsen E, Segadal K, Stuhr LEB, Troland K, Grønning M, Marstein S, et al. No changes in lung function after a saturation dive to 2.5 MPa with intermittent reduction in PO<sub>2</sub> during decompression. *Eur J Appl Physiol*. 2006;98:270-5.
8. Lehnigk B, Jörres RA, Elliott DH, Holthaus J, magnussen H. Effects of a single saturation dive on lung function and exercise performance. *Int Arch Occup Environ Health*. 1997; 69:201-8.
9. Crosbie WA, Clarke MB, Cox RA, mclver NK, Anderson IK, et al. Physical characteristics and ventilatory function of 404 commercial divers working in the North Sea. *Br J Ind Med*. 1977;34: 19-25.
10. Crosbie WA, Reed JW, Clarke MC. Functional characteristics of the large lungs found in commercial divers. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1979;46:639-45.
11. Bouhuys A, Beck GJ. Large lungs in divers?. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1979;47:1136-7.
12. Crosbie WA, Reed JW, Clarke MC. Functional characteristics of the large lungs found in commercial divers. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1979;46: 639-45.
13. Fitz-Clarke JR. Mechanics of airway and alveolar collapse in human breath-hold diving. *Respir Physiol Neurobiol*. 2007;159:202-10.
14. Thorsen E, Segadal K, Kambestad BK, Gulsvik A. Divers' lung function: small airways disease?. *Br J Ind Med*. 1990;47:519-23.
15. Tetzlaff K, Friege L, Reuter M, Haber J, Mutzbauer T, Neubauer B. Expiratory flow limitation in compressed air divers and oxygen divers. *Eur Respir J*. 1998;12:895-9.
16. Merkus PJ, Quanjer PH. Expiratory flow limitation in divers. *Eur Respir J*. 1999; 13:1496-7.
17. Reuter M, Tetzlaff K, Steffens JC, Glüer CC, Faeseke KP, et al. Functional and high-resolution computed tomographic studies of divers' lungs. *Scand J Work Environ Health*. 1999;25:67-74.
18. Adir Y, Shupak A, Laor A, Weiler-Ravell D, et al. Large lungs in divers: natural selection or a training effect?. *Chest*. 2005;128:224-8.
19. Davey IS, Cotes JE, Reed JW. Relationship of ventilatory capacity to hyperbaric exposure in divers. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1984;56:1655-8.
20. Sekulic D, Tocilj J. Pulmonary function in military divers: smoking habits and physical fitness training influence. *Mil Med*. 2006;171:1071-5.
21. Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T. Lung function over the first 3 years of a professional diving career. *Occup Environ Med*. 2000;57:390-5.