

Nr 4 (45)2013

*ISSN 1734-7009
e-ISSN 2084 - 0535
kwartalnik
grudzień 2013 rok*

*Polish – English
Bilingual Publication*



Polish Hyperbaric Research

**Czasopismo
Polskiego Towarzystwa Medycyny
i Techniki Hiperbarycznej**

**Redaguje Zespół:
Editorial Board:**

Redaktor Naczelny
Editor-in-Chief

Piotr Siermontowski

e-mail: naczelnypHR@10g.pl

Redaktor Prowadzący/Korekta
Executive/Technical Editor

Małgorzata Samborska

e-mail:

phr@hyperbarex.nazwa.pl

tel. +48/739058408

Tłumaczenia

Translator

Anna

Wójtowicz

Redaktor tematyczny

Nauki Techniczne

Section Editor

Technical Sciences

dr hab. inż. Ryszard Kłos

RedTech@wp.pl

Redaktor tematyczny

Nauki Medyczne

Section Editor

Medical Sciences

prof. dr hab. med.

Romuald Olszański

RedMedPHR@wp.eu

Redaktorzy językowi

Language Editors

Stephen Burke (English)

Elena Lakomov (Русский)

Redaktor statystyczny

Statistical Editor

Adam Olejnik

www.phr.net.pl

Kontakt z redakcją:

81 – 103 Gdynia 3

ul. Grudzińskiego 4 skr. pocz. 18

tel. +48/739058408

fax. +48/ 58 626 22 30

e-mail:

phr@hyperbarex.nazwa.pl

POLISH HYPERBARIC RESEARCH

ISSN 1734 – 7009

EISSN 2084 – 0535

PolHypRes jest indeksowane w bazach:

- BazTech
- Index Copernicus
- ARIANA
- GBL



Oświadczenia Redakcji **Statement from the Editor**

Wersją pierwotną Polish Hyperbaric Research jest wersja drukowana.
Polish Hyperbaric Research is originally distributed in print.

Informacje dla Autorów dostępne na stronie internetowej www.phr.net.pl.
Information for Authors available at www.phr.net.pl.

Artykuły nadsyłane do druku recenzowane są zgodnie z zaleceniami Ministerstwa Nauki, zgodnie z przyznaną liczbą 5 punktów za publikację oraz punktacją Index Copernicus 5,56. Szczegóły procedury recenzowania na stronie internetowej www.phr.net.pl.
Submitted articles are peer-reviewed in accordance with the Ministry of Science and Higher Education guidelines, according to the attributed number 5 points for publication and scoring by Index Copernicus with 5,56 points. Detailed information on review procedures can be found at www.phr.net.pl.

Dbając o rzetelność naukową redakcja stosuje procedury przeciwdziałania zjawiskom „ghostwriting” i „guest authorship”. Ich zachowanie przez Autorów jest warunkiem publikacji artykułu. Szczegóły procedur na stronie internetowej www.phr.net.pl.
The editorial team, concerned about the journal's academic reliability, implements procedures preventing ghostwriting and guest authorship, compliance with which conditions publishing articles. Detailed information on exact procedures can be found at www.phr.net.pl.

Wydawca: Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej 81-103 Gdynia 3
ul. Grudzińskiego 4 box. 18 tel. +48/533312117, fax. +48/586262230 e.mail: phr@phr.net.pl
Publisher: Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society 81-103 Gdynia 3,
ul. Grudzińskiego 4 box. 18 tel. +48/533312117, fax. +48/586262230 email: phr@phr.net.pl

© Copyright by Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society, Gdynia 2013

Pewne prawa zastrzeżone. Tekst niniejszej publikacji jest dostępny na licencji Creative Commons BY-SA-NC. 3.0 Polska. Zasady własności prawnej na stronie internetowej www.phr.net.pl
Some rights reserved. The text of the publication is available within the license Creative Commons BY-SA-NC. 3.0 Poland. The principles concerned with legal property are stipulated at www.phr.net.pl

Instytucja finansująca; Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej
Sponsoring: Polish Hyperbaric Medicine & Technology Society

Rada Naukowa

prof. dr hab. med. Andrzej Buczyński, prof. med. Ugo Carraro (Włochy), dr hab. med. Grzegorz Cieślak, prof. dr hab. inż. Adam Charchalis, prof. dr hab. med. Krzysztof Chomiczewski, prof. dr Claude Cuvelier (Belgia), dr John T. Fitter (Australia), prof. dr hab. inż. Franciszek Grabski, dr hab. inż. Tadeusz Graczyk, prof. med. Siergiej Gulyar (Ukraina), dr hab. inż. Jerzy Garus, prof. dr hab. med. Józef Kędziora, prof. dr hab. inż. Zbigniew Korczewski, dr hab. inż. Grzegorz Kowalski, prof. dr hab. Arvils Lielvards (Łotwa), prof. Sam Mesiano (USA), prof. dr hab. Igor Murawow (Ukraina), prof. dr hab. n. med. Krzysztof Narkiewicz, dr hab. med. Agnieszka Pedrycz, prof. dr hab. inż. Leszek Piaseczny, prof. Manny Radomski (Kanada), prof. dr hab. n. med. Aleksander Sieroń, prof. Roger Smith (Australia), dr hab. farm. Paweł Zarzycki prof. nadzw. PK

Editorial Board

prof. Andrzej Buczyński, M.D., Ph.D.; prof. Ugo Carraro, M.D. (Italy), Grzegorz Cieślak, M.D., Ph.D.; prof. Adam Charchalis, Ph.D., Eng.; prof. Krzysztof Chomiczewski, M.D., Ph.D.; prof. Claude Cuvelier, Ph.D. (Belgium), John T. Fitter, Ph.D. (Australia); prof. Franciszek Grabski, Ph.D., Eng.; Tadeusz Graczyk, Ph.D., Eng.; prof. Siergiej Gulyar, M.D. (Ukraine); Jerzy Garus, Ph.D.; prof. Józef Kędziora, M.D., Ph.D.; prof. Zbigniew Korczewski, Ph.D., Eng.; Grzegorz Kowalski, Ph.D.; prof. Arvils Lielvards, Ph.D. (Latvia); prof. Sam Mesiano (USA); prof. Igor Murawow, Ph.D. (Ukraine); prof. Krzysztof Narkiewicz, M.D., Ph.D.; Agnieszka Pedrycz, M.D., Ph.D.; prof. Leszek Piaseczny, Ph.D., Eng.; prof. Manny Radomski (Canada); prof. Aleksander Sieroń, M.D., Ph.D.; prof. Roger Smith (Australia); Associate prof. Paweł Zarzycki, Ph.D.



SPIS TREŚCI

MEDYCYNĄ

- Kozakiewicz M., Kaczerska D., Ciesielska N.**
Wpływ ekspozycji hiperbarycznej na zdolność śródbłonna naczyń do syntezy tlenu azotu..... str. 7
- Juvet T., Abdelhadi S.**
Studium porównawcze nad wpływem tlenowej terapii hiperbarycznej na zmienność rytmu zatokowego przy wykorzystaniu analizy fali elementarnej i szybkiej transformaty Fouriera.... str. 19
- Siermontowski P., Pleskacz K., Pedrycz A., Olszański R., Kulig M.**
Zmiany morfologiczne w miąższu płucnym po wentylacji Helioksem 20% przy nadciśnieniu 0,5 Mpa..... str. 37
- Bolek W., Siermontowski P., Dziewiatowski K., Dumitrescu H., Morawiec B.**
Wypadek w Izbucl de la Tauz..... str. 53

TECHNIKA

- Kłos R.**
Test tolerancji tlenowej..... str. 69
- Talaśka Z.**
Obrona przeciwpożarowa w symulatorze hiperbarycznym DGKN-120..... str. 79

VARIA

- Dyba P., Siermontowski P.**
Zmiany w przepisach w zakresie ratownictwa wodnego w Państwowej Straży Pożarnej..... str. 95
- Zawadzka M., Lewicka M., Rutkowski M., Henrykowska G.,
Dziedziczak-Buczyńska M., Buczyński A.**
Wpływ promieniowania jonizującego i elektromagnetycznego na organizmy żywe..... str. 109
- Machaj M., Lorkowski J., Starczyńska M., Pedrycz A., Koleta I.**
Międzynarodowa Klasyfikacja Funkcjonowania Zdrowia i Niepełnosprawności..... str. 127
- Olejnik A.**
Sprawozdanie z XV Jubileuszowej Konferencji Naukowej PTMiTH str. 139

**POLISH
HYPERBARIC
RESEARCH**

2013 NUMBER 4 (45)



LIST OF CONTENT

MEDICINE

- Kozakiewicz M., Kaczerska D., Ciesielska N.**
The effect of hyperbaric exposure on vascular endothelium's capability of nitric oxide synthesis..... p. 7
- Juvet T., Abdelhadi S.**
A comparative study of the effects of hyperbaric oxygenation on heart rate variability using wavelet analysis and fast Fourier transform..... p. 19
- Siermontowski P., Pleskacz K., Pedrycz A., Olszański R., Kulig M.**
Morphological changes in pulmonary parenchyma following ventilation with 20% Heliox at an overpressure of 0.5 Mp..... p. 37
- Bolek W., Siermontowski P., Dziewiatowski K., Dumitrescu H., Morawiec B.**
An accident in Izbucl de la Tauz..... p. 53

TECHNOLOGY

- Kłós R.**
Oxygen Tolerance Test..... p. 69
- Talaśka Z.**
Fire protection in the hyperbaric simulator DGKN-120..... p. 79

VARIA

- Dyba P., Siermontowski P.**
Changes in the regulations concerned with water rescue in the National Fire Service..... p. 95
- Zawadzka M., Lewicka M., Rutkowski M., Henrykowska G.,
Dziedziczak-Buczyńska M., Buczyński A**
The Effects of Ionising and Electromagnetic Radiation on Living Organism..... p. 109
- Machaj M., Lorkowski J., Starczyńska M., Pedrycz A., Koleta I.**
The International Classification of Functioning, Disability and Health – ICF..... p. 127
- Olejniak A.**
Report from the 15th Jubilee Conference of the Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society..... p. 139

THE EFFECT OF HYPERBARIC EXPOSURE ON VASCULAR ENDOTHELIUM'S CAPABILITY OF NITRIC OXIDE SYNTHESIS**WPLYW EKSPOZYCJI HIPERBARYCZNEJ NA ZDOLNOŚĆ ŚRÓDBŁONKA NACZYŃ DO SYNTEZY TLENKU AZOTU**Mariusz Kozakiewicz ¹⁾, Dorota Kaczerska ²⁾, Natalia Ciesielska ³⁾¹⁾ Department and Institute of Biochemistry, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Poland¹⁾ Katedra i Zakład Biochemii Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu²⁾ Institute of General Dietetics, Department of Clinical Nutrition, Medical University in Gdańsk, Poland²⁾ Zakład Dietetyki Ogólnej, Katedra Żywienia Klinicznego, Gdański Uniwersytet Medyczny³⁾ Department and Clinic of Geriatrics, Nicolaus Copernicus University Collegium Medicum, Bydgoszcz, Poland³⁾ Katedra i Klinika Geriatrii Uniwersytet Mikołaja Kopernika Collegium Medicum w Bydgoszczy

ARTICLE INFO

Journal: PolHypRes 2013 Vol. 45 Issue 4 pp. 7 – 18**ISSN:** 1734-7009**eISSN:** 2084-0535**DOI:** [HTTP://DX.DOI.ORG/10.13006/PHR.45.1](http://dx.doi.org/10.13006/PHR.45.1)

Pages: 12, figures: 0, tables: 0.

page www of the periodical: www.phr.net.pl**Keywords/Słowa kluczowe:***(in English):* nitric oxide, endothelium, hyperbaric oxygenation.*(in Polish):* tlenek azotu, śródbłonek, hiperbaria.**Polish-English bilingual publication****Publisher**

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

ABSTRACT

(in English)

Introduction: The paper presents an aphonia of the effects of hyperbaric exposures on endothelial capability to generate nitric oxide synthesis, expressed as a measurement of the concentration of nitrates/nitrites in the blood serum of volunteers subjected to a hyperbaric exposure. In addition the method of measurement of total concentration of superoxides was used to assess the impact of antioxidant capacity while being subjected to hyperbaric oxygenation.

Results: A significantly higher concentration of nitrates/nitrites was observed following a hyperbaric exposure. Similarly, an increased concentration of total superoxides in the researched groups was observed.

Conclusions: The obtained results indicate that staying in a hyperbaric environment is not insignificant for endothelial cells. However, the issue that stays open is the one concerning the time and the pressure conditions in which the exposure remains safe.

(in Polish)

Wstęp: Praca przedstawia alalię wpływu ekspozycji hiperbarycznych na zdolność śródbłonka naczyń do syntezy tlenku azotu wyrażoną jako pomiar stężenia azotanów/azotynów w surowicy ochotników poddanych ekspozycji hiperbarycznej. Dodatkowo oceniano za pomocą pomiaru stężenia całkowitego stężenia ponadtlenków jaki wpływ na pojemność antyoksydacyjną ma przebywanie w hiperbarii.

Wyniki: Zaobserwowano istotnie wyższe stężenie azotanów/azotynów po ekspozycji hiperbarycznej. Podobnie zaobserwowano podwyższone stężenie całkowitego stężenia nadtlenków w badanej grupie.

Wnioski: Uzyskane wyniki pokazują, że przebywanie w środowisku hiperbarycznym nie jest obojętne dla komórek śródbłonka. Otwartym pozostaje jednak problem jaki czas i na jakie warunki ciśnieniowe pozostaje bezpieczny.

WSTĘP

W ostatnich latach pojawiają się doniesienia sugerujące zmiany w śródbłonku naczyń w wyniku przebywania w środowisku hiperbarycznym [1]. Jednym z ważniejszych fizjologicznie zadań śródbłonka jest utrzymywanie odpowiedniego napięcia naczyń krwionośnych. Jednym z czynników dzięki którym jest to możliwe jest wytwarzanie przez śródbłonek tlenu azotu. W warunkach fizjologicznych tlenek azotu wytwarzany jest z argininy przez syntazę tlenu azotu i odgrywa bardzo ważną rolę, zarówno fizjologii jak i patologii, jako cząsteczka regulatorowa między innymi w regulacji ciśnienia krwi. Tlenek azotu wytwarzany jest w reakcji enzymatycznej oksydacji L-argininy. Enzymem katalizującym powstawanie NO jest syntaza tlenu azotu (NOS E.C. 1.5.1.19).

Stwierdzono kilka form tego enzymu różniących się między sobą masą cząsteczkową. Syntazy tlenu azotu można podzielić na dwie zasadnicze grupy. Pierwsza jest zależna od jonów Ca^{2+} i kalmoduliny (cNOS) i druga niezależna od jonów wapnia i kalmoduliny (iNOS) [2]. Niezależnie od rodzaju wszystkie syntazy tlenu azotu zawierają FAD i FMN oraz wykorzystują NADPH jako czynnika przy redukcji argininy do cytruliny. NOS to jedyne jak dotąd poznane enzymy, które jednocześnie potrzebują do prawidłowego funkcjonowania pięciu kofaktorów: FAD, FMN, hemu, tetrahydrobiopteryny (BH_4) oraz kalmoduliny [3]. Wysoce reaktywną formą jest połączenie atomu tlenu i azotu w wyniku czego powstaje molekula posiadająca nieparzystą liczbę elektronów. Rodnik tlenu azotu jest zdolny do reagowania z strukturami białkowymi z mioglobina i hemoglobina. Jak podaje Reif uwalnianie żelaza z ferrytyny może być spowodowane przez rodnik tlenu azotu [4].

W obecności tlenu rodnik tlenu azotu przechodzi w dwutlenek azotu, który także posiada charakter wolnorodnikowy. Na atak rodnika dwutlenku azotu narażone są struktury, które posiadają niewysyczone wiązania wielokrotne. W wyniku tej reakcji dochodzi do powstania rodników nadtlenkowych i alkoksylowych.

Anionorodnik ponadtlenkowy może reagować z $NO_2\cdot$ wytwarzając bardzo reaktywny utleniacz, jakim jest anion nadtlenoazotynowy, który jest zdolny w komórce do dyfundowania na znaczne odległości [5,6]. Ze względu na bardzo krótki okres półtrwania NO w pracy postanowiono posłużyć się metodą pośrednią mierzącą poziom azotanów i azotynów [7,8,9,10].

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono po uzyskaniu zgody Komisji Bioetyki przy Akademii Medycznej w Bydgoszczy (obecnie Collegium Medicum w Bydgoszczy UMK w Toruniu) nr KB/402/2004 przedstawionej w załączniku.

Oznaczono stężenie nadtlenków w surowicy testem OxyStat w celu określenia statusu oksydacyjnego oraz stężenie azotanów/azotynów jako wyraz syntezy tlenu przez śródbłonkową syntazę tlenu azotu.

Uczestnikami badania było 75 ochotników - doświadczeni nurkowie, którzy posiadali minimum pierwszy stopień nurkowy. Ochotnicy posiadali różny staż w uprawianiu nurkowania, średnio 9 ± 6 lat.

Uczestniczący w ekspozycjach mieli od 18 do 50 lat, średnia wieku 30 ± 7 lat.

Przed i po każdej ekspozycji uczestnicy badania byli poddawani badaniu lekarskiemu.

Parametry te były przez cały czas ekspozycji monitorowane i rejestrowane. Wszystkie osoby, które wzięły udział w badaniu oddychały powietrzem i nie były poddawane wysiłkowi fizycznemu. Ekspozycje imitowały warunki ciśnieniowe panujące podczas nurkowania na 30 i 60 metrów (odpowiednio 0,3 MPa i 0,6 MPa). Badani poddawani byli najpierw ekspozycji 30 m p.p.m. następnie po 24 godzinach przerwy poddani zostali ekspozycji 60 m p.p.m.

INTRODUCTION

The recent years have seen reports suggesting changes in the vascular endothelium as a result of staying in a hyperbaric environment [1]. One of more important physiological tasks of the endothelium consists in the maintenance of proper tone of blood vessels. This constitutes one of the factors making it possible to produce nitric oxide by the endothelium. In physiological conditions nitric oxide is produced from arginine through nitric oxide synthase and plays a crucial role both in physiology and pathology as a regulatory particle, for instance, in blood pressure regulation. Nitric oxide is a product of an enzymatic reaction of L-arginine oxidation. The catalytic enzyme for NO generation is nitric oxide synthase (NOS E.C. 1.5.1.19).

Several forms of this enzyme are known, differing by molecular mass. Nitric oxide synthases may be divided into two groups. The first relies on Ca^{2+} ions and calmodulin (cNOS) whilst the other is independent of calcium ions and calmodulin (iNOS) [2]. Irrespective of their type, all nitric oxide synthases contain FAD and FMN and utilise NADPH as a factor in arginine reduction to citrulline. NOS are thus far the only known enzymes requiring for proper functioning five concomitant co-factors: FAD, FMN, heme, tetrahydrobiopterin (BH_4) and calmodulin [3]. A highly reactive form is the combination of oxygen and nitrogen atoms leading to the production of a molecule possessing an odd number of electrons. A nitric oxide radical has the capability to react with protein structures, myoglobin and hemoglobin. According to Reif, iron release from ferritin may be induced by a nitric oxide radical [4].

In the presence of oxygen the nitric oxide radical is transferred into nitrogen dioxide, also characterised by a free radical nature. The structures exposed to an attack by a nitrogen dioxide radical are those with multiple dangling bonds. As a consequence of such reaction peroxy and alkoxy radicals are generated.

Superoxide radicals may react with $\text{NO}_2\cdot$ thus creating a highly reactive oxidant in the form of peroxyxynitrite anion having a capacity to diffuse to significant distances within a cell [5,6]. Due to a very short biological half life time of NO the work was based on an indirect method measuring the level of nitrates and nitrites [7,8,9,10].

MATERIAL AND METHODS

The research was conducted under the approval of the Bioethics Committee of the Medical Academy in Bydgoszcz (at present Collegium Medicum in Bydgoszcz UMK Toruń) no. KB/402/2004 as shown in the appendix.

Peroxide concentration in the blood serum was marked with OxyStat test with the purpose of determining the oxidative status as well as the concentration of nitrates/nitrites as an expression of oxide synthesis by endothelial nitric oxide synthase.

The subjects were 75 volunteers - experienced divers having at least the first diving degree. The volunteers were characterised by various seniority in diving, reaching on average 9 ± 6 years.

Participants in the exposures were aged from 18 to 50 years, which gives the average age of 30 ± 7 years.

Before and after each exposure the subjects underwent medical examination.

Their parameters were monitored and registered throughout the entire exposure. All of the participants breathed with air and were not subjected to any physical effort. The exposures imitated the pressure conditions while diving to the depths of 30 and 60 metres (0.3 MPa and 0.6 MPa respectively). The subjects were first subjected to the exposure equivalent to 30 m b.s.l. and after a 24-hours interval to the exposure equivalent to 60 m b.s.l.

OZNACZANIE STĘŻENIA AZOTYNÓW/AZOTANÓW W OSOCZU

Do oznaczenia stężenia azotanów/azotynów wykorzystano zestaw firmy DRG International (EIA-3639). Zestaw pozwala na oznaczenie całkowitego tlenu azotu (NO) poprzez enzymatyczną przemianę azotanów do azotynów za pomocą reduktazy azotynowej. Następnie powstałe w reakcji enzymatycznej azotyny reagują z odczynnikiem Griess'a wytwarzając barwny kompleks, którego maksimum absorpcji znajduje się przy $\lambda=540$ nm.

Przed oznaczeniem każdą próbkę surowicy do badań przefiltrowano przez ultrafiltr 10000 MWCO. Przygotowano wszystkie odczynniki potrzebne do oznaczenia. Do 10 ml dostarczonego przez producenta zestawu buforu reakcyjnego dodano 90 ml wody dejonizowanej. Następnie do fiolki zawierającej NADH dodano 1 ml wody. Z tego rozcieńczenia przygotowano ostateczny roztwór NADH do oznaczenia.

Do fiolki z reduktazą azotanową dodano 1 ml dostarczonego przez producenta buforu rekonstruującego enzym. Po intensywnym wymieszaniu inkubowano przez 30 minut. Przygotowano 6 probówek, które posłużyły do sporządzenia krzywej wzorcowej. Do pierwszej probówki dodano 0,9 ml buforu reakcyjnego a do pozostałych pięciu 0,5 ml buforu reakcyjnego. Następnie do pierwszej probówki dodano 0,1 ml 1000 $\mu\text{mol/l}$ standardu, dokładnie wymieszano. Pobrano z probówki pierwszej 0,5 ml roztworu i przeniesiono do probówki drugiej. Następnie 0,5 ml z probówki drugiej przeniesiono do trzeciej i dokładnie wymieszano. Procedurę tę powtarzano dla kolejnych trzech probówek. W ten sposób uzyskano gradient stężeń do krzywej kalibracyjnej. Kolejną czynnością było pobranie z fiolki 960 μl roztworu reduktazy i rozcieńczono 1440 μl buforu reakcyjnego.

Naniesiono standardy w ilości 0,05 ml na płytkę, do dwóch oczek dodano 0,2ml buforu reakcyjnego jako próby ślepe. Następnie do pozostałych oczek dodano po 0,05 próbek badanych. Do wszystkich oczek dodano po 0,025 ml roztworu NADH i taką samą ilość roztworu reduktazy azotanowej. Tak przygotowaną płytkę zaklejono taśmą ochronną i inkubowano przez 30 minut w 37°C. Po inkubacji do wszystkich oczek dodano po 0,05 ml odczynnika Griessa I po czym do wszystkich oczek, oprócz prób ślepych dodano taką samą objętość odczynnika Griessa II. Płytkę przed pomiarem inkubowano w temperaturze pokojowej przez 10 minut po czym mierzono absorbancję przy 540 nm za pomocą czytnika do mikropłytek. Wyniki wyrażono w $\mu\text{mol/l}$.

OZNACZANIE POZIOMU NADTLENKÓW ZA POMOCĄ TESTU OXYSTAT

Status oksydacyjny oznaczono kolorymetrycznie za pomocą czytnika do płytek Elisa z wykorzystaniem zestawu OxyStat firmy Biomedica. Test mierzył całkowite stężenie nadtlenków w badanej próbce. Stężenie nadtlenków jest oznaczane za pomocą reakcji, w której nadtlenki reagują z peroksydazą wytwarzając barwny addukt z TMB. Wszystkie reagenty przed oznaczeniem były inkubowane w temperaturze pokojowej. Zgodnie z instrukcją zamieszczoną w zestawie na mikropłytkę zostały naniesione w ilości 10 μl roztwory kontroli, rozcieńczenia do krzywej kalibracyjnej oraz próbki surowicy. Następnie została zmierzona absorbancja przy 450 nm. Po czym do wszystkich oczek w płytce dodano 100 μl roztworu reakcyjnego. Płytkę inkubowano w temperaturze 37°C przez 15 minut. Po inkubacji dodano, do wszystkich oczek na płytce, po 50 μl roztworu zatrzymującego reakcje (roztwór kwasu siarkowego) i ponownie zmierzono absorbancję za pomocą czytnika płytek Elisa przy 450 nm. Test jako wartości referencyjne dla pomiaru w surowicy uznaje te, których stężenie jest niższe niż 350 $\mu\text{mol/l}$. Wyniki przedstawiono w $\mu\text{mol/l}$.

Wyniki przedstawiono jako średnią \pm odchylenie standardowe. Do obliczeń statystycznych wykorzystano program Statistica 6.0. Znamienność statystyczną w wartościach oznaczanych parametrów sprawdzano jednoczynnikową analizą wariancji Anova z użyciem test post-hoc Tukeya. Za istotne statystycznie uznano takie różnice między próbkami, których wartość parametru p spełniała zależność $p<0,05$.

MARKING OF NITRATES/NITRITES CONCENTRATION IN THE PLASMA

The marking of nitrates/nitrites concentration in the plasma was performed with a kit produced by DRG International (EIA-3639). The kit enables marking of total nitric oxide (NO) through an enzymatic transformation of nitrates to nitrites with nitrite reductase. Next, the nitrites produced in the enzymatic reaction were subject to a reaction with Griess reagent generating a coloured complex with maximum absorbance at $\lambda=540$ nm.

Before marking, each blood serum sample intended for testing was filtrated with 10000 MWCO ultrafilter. Next, the necessary reagents used for marking were prepared. 10 ml of the reactive buffer supplied by kit manufacturer was mixed with 90 ml of deionized water. Next, 1 ml of water was added to the vial with NADH. Thus obtained dilution was used for the final NADH solution used in the marking.

1 ml of buffer reconstructing the enzyme supplied by manufacturer was added to the vial with nitrite reductase. After an intense stirring the solution was incubated for 30 minutes. 6 vials were prepared to be used in the preparation of an analytical curve. The first vial was provided with 0.9 ml of reactive buffer, whereas the remaining five with 0.5 ml. Next, 0.1 ml 1000 $\mu\text{mol/l}$ standard was added into the first vial and carefully stirred. 0.5 ml of the dilution was sampled from the first vial and inserted in the second vial. Following this, 0.5 ml from the second vial was moved to the third and carefully stirred. The procedure was repeated for the remaining three vials. This allowed to obtain the concentration gradient for the calibration curve. Further activities consisted in drawing from the vial 960 μl of reductase solution and its dilution with 1440 μl of the reactive buffer.

Standards in the quantity of 0.05 ml were placed on each spot plate, two spots were provided with 0.2 ml of reactive buffer as blank samples. Next, the remaining spots were provided with 0.05 ml of the tested samples. All spots were supplied with 0.025 ml of NADH solution and the same quantity of nitrite reductase solution. Thus prepared plate was sealed with protective tape and incubated for 30 minutes in 37°C. Following the incubation all the spots were provided with 0.05 ml of Griess I reagent and next, all the spots with the exception of the blank samples were supplied with the same volume of Griess II reagent. Before the measurement the plate was incubated in room temperature for 10 minutes, after which absorbance was measured at 540 nm with the use of a microplate reader. The results were expressed as $\mu\text{mol/l}$.

MARKING OF PEROXIDE LEVEL WITH OXYSTAT TEST

Oxidative status was marked colorimetrically with the use of Elise plate reader and an OxyStat kit produced by Biomedica company. The test measured total peroxide concentration in the tested sample. Peroxide concentration is marked with a reaction where peroxides react with peroxidase producing a coloured adduct with TMB. Before the marking procedure, all reagents were incubated in room temperature. In accordance with the instruction provided with the kit, 10 μl of control solutions were deposited on a microplate together with the dilutions for the calibration curve and blood serum samples. Next, absorbance measurement was performed at 450 nm. This was followed by adding onto all spots of the plate 100 μl of reactive solution. The plate was incubated in the temperature of 37°C for 15 minutes. After the incubation, 50 μl of a solution impeding the reaction (sulphuric acid solution) was provided to each spot on the plate and another absorbance measurement was conducted with Elisa plate reader at 450 nm. The values regarded in the test as reference values in the blood serum measurement were those for which the concentration was smaller than 350 $\mu\text{mol/l}$. The results were expressed as $\mu\text{mol/l}$.

The results were presented as a mean \pm standard deviation. Statistical calculations were based on Statistica 6.0 software. The statistical significance of the values of the marked parameters was controlled with one-way analysis of variance (Anova) with the use of Tukey's post-hoc test. The differences perceived as statistically significant were those values of p parameter that were in concord with the following relation $p<0.05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Całkowity poziom nadtlenków oznaczony przed ekspozycją 30 m p.p.m. wynosił 252 ± 118 $\mu\text{mol/l}$ i wzrósł po ekspozycji do 330 ± 137 $\mu\text{mol/l}$.

Podobnie w przypadku ekspozycji 60 m p.p.m. stężenie nadtlenków wzrosło z 201 ± 77 $\mu\text{mol/l}$ do 237 ± 108 $\mu\text{mol/l}$.

Poziom azotanów/azotynów przed ekspozycją 30 m p.p.m. w grupie mężczyzn wynosił $1,35 \pm 0,5$ $\mu\text{mol/l}$ i po ekspozycji wzrósł statystycznie ($p < 0,04$) do $1,94 \pm 0,8$ $\mu\text{mol/l}$. W przypadku ekspozycji 60 m p.p.m. stężenie azotanów/azotynów wzrosło statystycznie ($p < 0,01$) z poziomu $1,10 \pm 0,4$ $\mu\text{mol/l}$ do $1,45 \pm 0,4$ $\mu\text{mol/l}$.

Mikropęcherzyki gazu pojawiające się w krążącej krwi, powstające podczas dekompresji i po nurkowaniu, mogą tworzyć zatory w mikrokrażeniu, doprowadzając do aktywacji płytek krwi i uszkodzenia komórek śródbłonna [11,12]. Brubakk i wsp. donosili o ostrym uszkodzeniu śródbłonna tętnicy płucnej, występującym po nurkowaniu z powietrzem jako czynnikiem oddechowym [13]. Dokładny mechanizm uszkodzenia śródbłonna nie jest znany. Nieliczne dostępne doniesienia wskazują, że oprócz uszkodzenia mechanicznego, istotną rolę może odgrywać wpływ nurkowania na układ odpornościowy z aktywacją leukocytów i uwalnianiem wolnych rodników [14,15,16,17].

Nurkowanie ma też wpływ na stan czynnościowy śródbłonna naczyń [18,19]. Slichter i wsp. postulowali, że uszkodzenie śródbłonna spowodowane obecnością mikropęcherzyków gazu, może być przyczyną martwicy kości u nurków [20].

Tlenek azotu wydzielany przez komórki śródbłonna naczyniowego oprócz zadania jakie pełni przy regulacji ciśnienia krwi [21], odgrywa także istotną rolę jako neuroprzekaznik [22]. NO jest uznawany za śródbłonkowy czynnik relaksacyjny (EDRF – endothelium - derived relaxing factor) i jest podstawowym czynnikiem rozkurczającym naczyń krwionośnych.

Przebywanie w warunkach podwyższonego ciśnienia może prowadzić, w pewnych warunkach do zaburzeń neurologicznych [23]. Tlenek azotu charakteryzuje się bardzo krótkim okresem półtrwania (2-5 sekund) i szybko przekształca się do stabilnych azotynów i azotanów. Z uwagi na ten fakt, w niniejszej pracy oznaczono stężenie azotanów/azotynów, jako wyraz endogennej syntezy tlenu azotu [24]. Badania na zwierzętach pokazały zmiany w trakcie trwania ekspozycji hiperbarycznej prowadzące do wzrostu stężenia azotanów/azotynów [25,26]. Badania na szczurach wykazały, że ekspozycja hiperbaryczna, w której ciśnienie wynosi 3 atmosfery powoduje podwyższenie poziomu azotanów/azotynów w strukturach hipokampa badanych zwierząt [27]. Jak donosi Chavko M. i wsp. możliwych jest kilka mechanizmów mogących przyczynić się do toksyczności tlenu dla centralnego układu nerwowego. Jednym z potencjalnych mechanizmów jest działanie NO jako czynnika wazodilacyjnego, który przeciwdziała zwężaniu naczyń krwionośnych dzięki czemu zwiększa dotlenienie tkanek, co powoduje zwiększenie ilości RFT i może powodować narastanie stresu oksydacyjnego w tych tkankach [28,29].

Wykazano również, że inhibicja syntazy tlenu azotu ma osłabiający wpływ na konwulsje powstałe na skutek uszkodzeń CNS w warunkach hiperbarycznych [30,31].

W niniejszej pracy zaobserwowano znamienne statystycznie wzrost poziomu azotanów/azotynów w obu badanych grupach, co potwierdza wyniki uzyskane przez Lemaitre i wsp., Labrousse S i wsp. oraz Sureda A i wsp. [29,32,33]. Zostało to także potwierdzone przez autorów prowadzących badania na nurkach, u których porównuje się układ oksydacyjny podczas ekspozycji w komorze hiperbarycznej i podczas nurkowania na 40 m p.p.m. W badaniach tych oprócz nasilenia syntezy NO zaobserwowano podobnie jak w niniejszej pracy, wzrost aktywności enzymów antyoksydacyjnych, co może świadczyć o generacji przez warunki hiperbaryczne stresu oksydacyjnego [34].

Znajduje to także głębsze potwierdzenie w badaniach Ito i wsp., w których analizowano metabolizm Arg po ekspozycji hiperbarycznej. Według Ito możliwa jest wzmożona synteza NO, ponieważ w trakcie ekspozycji hiperbarycznych zachodzi wzmożony metabolizm Arg przez arginazę [35].

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

The total level of peroxides marked before the 30 m b.s.l. exposure reached 252 ± 118 $\mu\text{mol/l}$ and increased after the exposure to 330 ± 137 $\mu\text{mol/l}$.

Similarly in the case of the 60 m b.s.l. exposure the concentration of peroxides was elevated from 201 ± 77 $\mu\text{mol/l}$ to 237 ± 108 $\mu\text{mol/l}$.

The level of nitrates/nitrites before the 30 m b.s.l. exposure in the researched group of men amounted to 1.35 ± 0.5 $\mu\text{mol/l}$ and after the exposure indicated a statistically significant ($p<0.04$) increase to 1.94 ± 0.8 $\mu\text{mol/l}$. In the case of the exposure equivalent to 60 m b.s.l. the concentration of nitrates/nitrites showed a statistically significant growth ($p<0.01$) from the level of 1.10 ± 0.4 $\mu\text{mol/l}$ to 1.45 ± 0.4 $\mu\text{mol/l}$.

Gas microbubbles in circulating blood produced during decompression and after diving may create emboli in microcirculation, thus leading to an activation of blood platelets and causing damage to the cells of endothelium [11,12]. Brubakk and others reported acute damage of the endothelium of pulmonary artery occurring after a performed dive with air as a breathing mix [13]. A precise mechanism behind the damage is not known. The available reports indicate that apart from mechanical damage, a significant role may be attributed to the effect of diving on immunological system accompanied with an activation of leucocytes and a release of free radicals [14,15,16,17].

Diving also has an impact on the functional state of vascular endothelium [18,19]. Slichter and others postulated that the endothelial damage induced by the presence of gas microbubbles may be the reason for bone necrosis in divers [20].

Besides its role in the blood pressure regulation [21], the nitric oxide released by the cells of vascular endothelium also has an important function as a neurotransmitter [22]. NO is believed to be an endothelial relaxant (EDRF - endothelium - derived relaxing factor) and constitutes a fundamental factor in vasodilation.

Remaining in the conditions of an increased pressure may, in certain conditions, lead to neurological disorders [23]. Nitric oxide is characterised by a very short biological half life time (2-5 seconds) and is quickly transformed into stable nitrates and nitrites. Due to this fact, the described research aimed at marking the concentration of nitrates/nitrites as an expression of endogenous nitric oxide synthesis [24]. Research on animals indicated changes in the course of a hyperbaric exposure leading to an increase in the concentration of nitrates/nitrites [25,26]. Studies conducted on rats revealed that a hyperbaric exposure with the pressure of 3 atmospheres generates an increased level of nitrates/nitrites in hippocampus structures of the researched animals [27]. As Chavko M. and others report, several mechanisms that may contribute to oxygen toxicity on the central nervous system are possible. One of the potential mechanisms relies on the activity of NO as a vasodilating factor counteracting the narrowing of blood vessels thus increasing tissue oxygenation, which, on the other hand, leads to an increased number of ROS and may cause an accumulation of oxidative stress in such tissues [28,29].

Moreover, it was indicated that nitric oxide synthase inhibition has a weakening effect on the convulsions emerging as a result of CNS damage in hyperbaric conditions [30,31].

In the discussed study, a statistically significant increase in the level of nitrates/nitrites in both researched groups was noted, which confirms the results obtained by Lemaitre and others, Labrousse S and others, and Sured A and others [29,32,33]. This fact was also confirmed by authors conducting research on divers, in whom the oxidative system is compared during an exposure in a hyperbaric chamber and in the course of performing a dive to 40 m b.s.l. The above research, besides an intensification of NO synthesis, showed a similar increase in the activity of antioxidant enzymes as that observed in the discussed work, which may prove oxidative stress generation induced by hyperbaric conditions [34]. This is further confirmed by a research conducted by Ito and others, analysing Arg metabolism following a hyperbaric exposure. According to Ito, an increased NO synthesis is possible as in the course of hyperbaric exposures an intensified Arg metabolism by arginase is noted [35].

Uzyskane wyniki potwierdzają narastanie stresu oksydacyjnego w warunkach hiperbarycznych. Dowodem tego jest wzrost markerów stresu oksydacyjnego. W niniejszej pracy badano także całkowite stężenie ponadtlenków organicznych w surowicy. W literaturze nie spotkano artykułu, w którym zastosowano podobny test. Jednak ukazało się kilka prac, w których innymi metodami próbowano ocenić status oksydacyjny. Fabrice i wsp. stan oksydacyjny ocenia badając stężenie TBARS oraz koncentrację w osoczu zredukowanego kwasu askorbinowego [36]. Badania te wskazują na różnicę pomiędzy doświadczonymi nurkami a amatorami w zakresie zdolności organizmów na stres oksydacyjny. W innej pracy Benedetti mierzy poziom reaktywnych metabolitów tlenowych za pomocą „testu d-ROM”. Wyniki tych badań wskazują na nasiloną generację RFT, jako konsekwencję przebywania w środowisku hiperbarycznym.

Pomiary potencjału antyoksydacyjnej testem FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) przez Dennog nie dały jednoznacznych rezultatów, jednak wartości testu FRAP po ekspozycji wzrosły bez znamienności statystycznej.

Labrousse i wsp. zaobserwowali wzrost całkowitej pojemności antyoksydacyjnej, mierzonej testem Randox, jako efekt przebywania organizmu w środowisku hiperbarycznym [32]. Przeprowadzone badania potwierdzają, że przebywanie w środowisku hiperbarycznym nie jest obojętne dla komórek śródbłonna. Otwartym pozostaje jednak problem jaki czas i na jakie warunki ciśnieniowe pozostaje bezpieczny i jakie będą odległe następstwa częstego przebywania w środowisku hiperbarycznym. W celu dokładniejszego określenia granicy pomiędzy bezpiecznym przebywaniem w hiperbarii a patologicznymi skutkami tego typu ekspozycji wymaga dalszych bardziej precyzyjnych badań.

The obtained results confirm an escalation of oxidative stress in hyperbaric conditions proved by an increase in the number of oxidative stress markers. The described study also provided an analysis of total concentration of organic peroxides in the blood serum. The available literature lacks articles where a similar test was applied. However, several papers have been published describing attempts to assess oxidative status with other methods. Fabrice and others measured oxidative status by examining TBARS concentration as well as the concentration of reduced ascorbic acid in the plasma [36]. The above research indicated a difference between experienced and amateur divers within their organisms' capacities regarding oxidative stress. In a different work, Benedetti measured the level of reactive oxygen metabolites with the use of the "d-ROMs test". Its results pointed to an increased ROS generation as a consequence of a time spent in a hyperbaric environment.

The measurement of antioxidant potential with FRAP test (Ferric Reducing Ability of Plasma) carried out by Dennog did not provide unambiguous results, however the FRAP test values following an exposure expressed a statistically insignificant increase.

Labrousche and others observed a growth in the total antioxidant capacity measured by Randox test as a result of being subject to a stay in a hyperbaric environment [32]. The conducted research confirmed that remaining in a hyperbaric environment is not insignificant for endothelial cells. Nonetheless, the issue regarding the time and pressure conditions which are safe and the remoteness of effects related to frequent stays in a hyperbaric environment remains open. In order to provide a more precise determination of the boundary between the safety of hyperbaric oxygenation and the pathological effects of this type of exposure a further and more accurate research is required.

BIBLIOGRAPHY

1. Tjarnstrom, J., et al., Effects of hyperbaric oxygen on expression of fibrinolytic factors of human endothelium in a simulated ischaemia/reperfusion situation. *Scand J Clin Lab Invest*, 2001. 61(7): p. 539-45.
2. Snyder, S.H. and D.S. Bredt, Biological roles of nitric oxide. *Sci Am*, 1992. 266(5): p. 68-71, 74-7.
3. Agil, A., C.J. Fuller, and I. Jialal, Susceptibility of plasma to ferrous iron/hydrogen peroxide-mediated oxidation: demonstration of a possible Fenton reaction. *Clin Chem*, 1995. 41(2): p. 220-5.
4. Reif, D.W., Ferritin as a source of iron for oxidative damage. *Free Radic Biol Med*, 1992. 12(5): p. 417-27.
5. Lu, N., et al., Peroxynitrite and heme protein--mediated nitrative/oxidative modification of human plasma protein: the role of free radical scavenging vs. complex forming. *Toxicol In Vitro*, 2009. 23(7): p. 1227-33. doi: 10.1016/j.tiv.2009.07.034.
6. Gatti, R.M., R. Radi, and O. Augusto, Peroxynitrite-mediated oxidation of albumin to the protein-thiyl free radical. *FEBS Lett*, 1994. 348(3): p. 287-90.
7. Giustarini, D., et al., Nitrite and nitrate measurement by Griess reagent in human plasma: evaluation of interferences and standardization. *Methods Enzymol*, 2008. 440: p. 361-80. doi: 10.1016/S0076-6879(07)00823-3.
8. Guevara, I., et al., Determination of nitrite/nitrate in human biological material by the simple Griess reaction. *Clin Chim Acta*, 1998. 274(2): p. 177-88.
9. Giovannoni, G., et al., Adaptation of the nitrate reductase and Griess reaction methods for the measurement of serum nitrate plus nitrite levels. *Ann Clin Biochem*, 1997. 34 (Pt 2): p. 193-8.
10. Granger, D.L., et al., Measurement of nitrate and nitrite in biological samples using nitrate reductase and Griess reaction. *Methods Enzymol*, 1996. 268: p. 142-51.
11. Havnes, M.B., A. Mollerlokken, and A.O. Brubakk, The effect of two consecutive dives on bubble formation and endothelial function in rats. *Diving Hyperb Med*, 2008. 38(1): p. 29-32.

12. Pontier, J.M., F. Guerrero, and O. Castagna, Bubble formation and endothelial function before and after 3 months of dive training. *Aviat Space Environ Med*, 2009. 80(1): p. 15-9.
13. Brubakk, A.O., et al., A single air dive reduces arterial endothelial function in man. *J Physiol*, 2005. 566(Pt 3): p. 901-6.
14. Sacks, T., et al., Oxygen radicals mediate endothelial cell damage by complement-stimulated granulocytes. An in vitro model of immune vascular damage. *J Clin Invest*, 1978. 61(5): p. 1161-7.
15. Shimamiya, T., et al., Effects of 30-m nitrox saturation dive on the immune system in man. *Undersea Hyperb Med*, 2006. 33(1): p. 63-8.
16. Stewart, G.J., W.G. Ritchie, and P.R. Lynch, Venous endothelial damage produced by massive sticking and emigration of leukocytes. *Am J Pathol*, 1974. 74(3): p. 507-32.
17. Sureda, A., et al., Neutrophil tolerance to oxidative stress induced by hypoxia/reoxygenation. *Free Radic Res*, 2004. 38(9): p. 1003-9.
18. Lund, V., et al., Effect of hyperbaric conditions on plasma stress hormone levels and endothelin-1. *Undersea Hyperb Med*, 1999. 26(2): p. 87-92.
19. Torii, R., et al., Mechanism for changes in vasopressin during acute exposure at 3 atm abs air. *Am J Physiol*, 1997. 273(1 Pt 2): p. R259-64.
20. Slichter, S.J., et al., Dysbaric osteonecrosis: a consequence of intravascular bubble formation, endothelial damage, and platelet thrombosis. *J Lab Clin Med*, 1981. 98(4): p. 568-90.
21. Anggard, E., Nitric oxide: mediator, murderer, and medicine. *Lancet*, 1994. 343(8907): p. 1199-206.
22. Bryan, N.S., Nitrite in nitric oxide biology: cause or consequence? A systems-based review. *Free Radic Biol Med*, 2006. 41(5): p. 691-701.
23. Cordes, P., et al., Neurologic outcome of controlled compressed-air diving. *Neurology*, 2000. 55(11): p. 1743-5.
24. Dejam, A., et al., Emerging role of nitrite in human biology. *Blood Cells Mol Dis*, 2004. 32(3): p. 423-9.
25. Demchenko, I.T. and C.A. Piantadosi, Nitric oxide amplifies the excitatory to inhibitory neurotransmitter imbalance accelerating oxygen seizures. *Undersea Hyperb Med*, 2006. 33(3): p. 169-74.
26. Sato, T., et al., Changes in nitric oxide production and cerebral blood flow before development of hyperbaric oxygen-induced seizures in rats. *Brain Res*, 2001. 918(1-2): p. 131-40.
27. Elayan, I.M., et al., Effect of hyperbaric oxygen treatment on nitric oxide and oxygen free radicals in rat brain. *J Neurophysiol*, 2000. 83(4): p. 2022-9.
28. Chavko, M., G. Xing, and D.O. Keyser, Increased sensitivity to seizures in repeated exposures to hyperbaric oxygen: role of NOS activation. *Brain Res*, 2001. 900(2): p. 227-33.
29. Sureda, A., et al., Vitamin C supplementation influences the antioxidant response and nitric oxide handling of erythrocytes and lymphocytes to diving apnea. *Eur J Clin Nutr*, 2006. 60(7): p. 838-46.
30. Bitterman, N. and H. Bitterman, L-arginine-NO pathway and CNS oxygen toxicity. *J Appl Physiol* (1985), 1998. 84(5): p. 1633-8.
31. Wang, W.J., et al., Intrasyntosomal free calcium and nitric oxide metabolism in central nervous system oxygen toxicity. *Aviat Space Environ Med*, 1998. 69(6): p. 551-5.
32. Labrousse, S., et al., Influence of hyperbaric oxygen on leukocyte functions and haemostasis in normal volunteer divers. *Thromb Res*, 1999. 96(4): p. 309-15.
33. Lemaitre, F., N. Meunier, and M. Bedu, Effect of air diving exposure generally encountered by recreational divers: oxidative stress? *Undersea Hyperb Med*, 2002. 29(1): p. 39-49.
34. Ferrer, M.D., et al., Scuba diving enhances endogenous antioxidant defenses in lymphocytes and neutrophils. *Free Radic Res*, 2007. 41(3): p. 274-81.

35. Ito, T., et al., Oxidative stress alters arginine metabolism in rat brain: effect of sub-convulsive hyperbaric oxygen exposure. *Neurochem Int*, 1996. 29(2): p. 187-95.
36. Joulia, F., et al., Reduced oxidative stress and blood lactic acidosis in trained breath-hold human divers. *Respir Physiol Neurobiol*, 2002. 133(1-2): p. 121-30.

dr Mariusz Kozakiewicz
Katedra i Zakład Biochemii
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Collegium Medicum w Bydgoszczy
ul. Karłowicza 24 85-829 Bydgoszcz
tel. 52/5853759 markoz@cm.umk.p

mgr inż. Dorota Kaczerska
Zakład Dietetyki Ogólnej,
Katedra Żywienia Klinicznego,
Gdański Uniwersytet Medyczny
ul. M. Skłodowskiej-Curie 3a
80-210 Gdańsk
tel./fax. 58/3492723
dorotakaczerska@gumed.edu.pl

mgr Natalia Ciesielska
Katedra i Klinika Geriatrii
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Collegium Medicum w Bydgoszczy
nataliaciesielska1986@gmail.com

Влияние экспозиции гипербарической на способность эндотелий сосудов к синтезу оксида азота

Введение: В статье представлены алалии влияния экспозиции гипербарической на способность эндотелий сосудов к синтезу оксида азота, выраженной в измерении концентрации нитрата / нитрита в сыворотке крови добровольцев подвергающихся экспозиции гипербарической. Дополнительно оценивалось путем измерения концентрации общей концентрации супероксидов, какое влияние она имеет на антиоксидантную способность в настоящее время в гипербарии.

Результаты: Было замечено значительно более высокие уровни нитратов / нитритов после экспозиции гипербарической. Аналогично, наблюдалось повышение концентрации общей концентрации перекиси в исследуемой группе.

Выводы: Результаты показывают, что нахождение в гипербарической среде не безразлично для эндотелиальных клеток. Тем не менее, проблема остается открытой, как долго и в каких условиях давления остаются в безопасности.

Ключевые слова: оксид азота, эндотелий, гипербария.

A COMPARATIVE STUDY OF THE EFFECTS OF HYPERBARIC OXYGENATION ON HEART RATE VARIABILITY USING WAVELET ANALYSIS AND FAST FOURIER TRANSFORM**STUDIUM PORÓWNAWCZE NAD WPLYWEM TLENOWEJ TERAPII HIPERBARYCZNEJ NA ZMIENNOŚĆ RYTMU ZATOKOWEGO PRZY WYKORZYSTANIU ANALIZY FALI ELEMENTARNEJ I SZYBKIEJ TRANSFORMATY FOURIERA**Tristan Juvet ¹⁾, Salah Abdelhadi ²⁾¹⁾ Saba University School of Medicine, Saba, Dutch Caribbean²⁾ Uniwersytet Medyczny w Sabie, Saba, Niderlandy Karaibskie

ARTICLE INFO

Journal: PolHypRes 2013 Vol. 45 Issue 4 pp. 19 – 36**ISSN:** 1734-7009**eISSN:** 2084-0535**DOI:** HTTP://DX.DOI.ORG/10.13006/PHR. 45.2

Pages: 18, figures: 4, tables: 1.

page www of the periodical: www.phr.net.pl**Keywords/Słowa kluczowe:***(in English):* hyperbaric oxygenation, heart rate variability, wavelet analysis, EKG, RR interval, high-frequency power, low-frequency power.*(in Polish):* tlenowa terapia hiperbaryczna, zmienność rytmu zatokowego, analiza fali elementarnej, EKG, odstęp RR, moc wysokiej częstotliwości, moc niskiej częstotliwości.**Polish-English bilingual publication****Publisher**

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

ABSTRACT

(in English)

Heart rate variability (HRV) is a recognized and reliable parameter of the autonomous nervous system's effects on the heart. Hyperbaric oxygenation (HBO) has been shown to increase HRV and decrease heart rate suggesting increased vagal tone. Several methods have been developed to analyze HRV, including time-domain, frequency-domain and wavelet time/frequency analysis. To compare the use of these methods in analyzing HRV over shorter periods of time, electrocardiogram recordings were made of 6 subjects under normal resting conditions, followed by breathing 100% O₂ at 253 kPa (2.5 ATA) of pressure. HRV was analyzed over two and ten minute periods using both fast Fourier transform and wavelet analysis. Results showed that wavelet and FFT analyses have similar diagnostic features, with continuous wavelet analysis appearing more suitable in detecting changes in HRV over shorter time periods.

(in Polish)

Zmienność rytmu zatokowego (HRV) jest sprawdzonym i niezawodnym parametrem mierzącym wpływ autonomicznego układu nerwowego na pracę serca. Badania wykazały, że hiperbaryczna terapia tlenowa (HBO) powoduje zwiększenie HRV oraz redukcję w częstotliwości akcji serca, sugerując tym samym zwiększenie napięcia nerwu błędnego. W celu dokonania analizy HRV wykorzystano kilka metod, w tym analizę czasową, analizę w dziedzinie częstotliwości oraz czasowo-częstotliwościową analizę fali elementarnej. W celu porównania skuteczności tych metod w krótkookresowej analizie HRV, sześciu pacjentów poddano badaniu przy użyciu elektrokardiogramu w warunkach spoczynku, a następnie zlecono im oddychanie 100% O₂ pod ciśnieniem 253 kPa (2,5 ATA). HRV analizowano w okresach dwu- i dziesięciominutowych przy użyciu szybkiej transformaty Fouriera (STF) i analizy fali elementarnej. Wyniki wykazały podobieństwa cech diagnostycznych obu metod, przy czym stwierdzono, iż nieprzerwana analiza fali elementarnej osiąga lepsze wyniki w wykrywaniu zmian w HRV w krótszych przedziałach czasowych.

WSTĘP

Zmienność rytmu zatokowego (HRV), czyli stopień zróżnicowania odstępów R-R przy różnych skalach częstotliwości, stanowi sprawdzony i niezawodny parametr pozwalający zmierzyć wpływ autonomicznego układu nerwowego na pracę serca [1]. Pomiarów HRV dokonuje się przy wykorzystaniu nieinwazyjnych odczytów elektrokardiograficznych (EKG). Wpływ autonomicznego układu nerwowego na pracę serca powoduje zmiany w HRV, w związku z czym fakt ten był już kilkakrotnie wykorzystywany jako narzędzie kliniczne, zwłaszcza w dziedzinie psychologii i fizjologii [2]. Zastosowania te dotyczyły pomiaru stopnia uniesienia emocjonalnego lub niepokoju, jako wskaźnika wydolności sercowej u pacjentów po przebytym zawale [3].

Jak wiadomo, metody czasowe stanowią najprostszy sposób oceny zmienności rytmu serca. Służą one do pomiaru odstępów R-R, określania czasu pomiędzy normalnymi uderzeniami serca w związku z depolaryzacją z węzła zatokowo-przedsionkowego, a także do pomiaru tętna w dowolnym czasie. Metody w dziedzinie czasu pozwalają obliczyć średnią częstotliwość akcji serca (HR), określić średnie odstępów R-R, odchylenia standardowe w odstępach R-R oraz różnice pomiędzy najdłuższymi i najkrótszymi odstępami R-R w określonym czasie. Pomiar uzyskiwane przy pomocy metod czasowych winno się porównywać wyłącznie z zapisami o podobnym czasie trwania. Obecnie stosuje się je w połączeniu z nowymi, bardziej dokładnym metodami analitycznymi [4].

Najbardziej powszechnymi metodami wykorzystywanymi w analizie HRV są szybka transformacja Fouriera (STF) i analiza fali elementarnej. Analiza STF jest metodą wykorzystywaną do rozkładu danych z EKG na poszczególne pasma częstotliwości. Pasma te, w celu odzwierciedlenia różnych poziomów kontroli autonomicznej, dzieli się na bardzo niskie, niskie oraz wysokie. Pasma wysokiej częstotliwości (HF), mieszczące się w zakresie od 0,15 do 0,40 Hz, związane są z aktywnością przywspółczulną, a także zwiększonym napięciem nerwu błędnego przy normalnym tętnie spoczynkowym. Pasma niskiej częstotliwości (LF), w zakresie pomiędzy 0,06 i 0,15 Hz, związane są zarówno z wpływem aktywności współczulnej jak i przywspółczulnej. Równowagę współczulno-przywspółczulną można wyprowadzić stosunkiem LF/HF [4]. Z kolei, badania dotyczące pasm o bardzo niskiej częstotliwości (VLF) pomiędzy 0,003 i 0,05Hz nie posiadają jeszcze dostatecznie gruntownego opracowania, w związku z czym ich rola nie jest do końca poznana. Pomiar pasm częstotliwości oparty jest na wartościach mocy (ms^2), tzn. stosunku pomiędzy wartością pasma i całkowitą mocą danego odczytu z odjęciem wartości dla pasma VLF.

Ostatnie badania wykazały pewne ograniczenia dotyczące zastosowania metody STF w analizie HRV. Ma to związek ze stacjonarnością danych, wymagających nieprzerwanego, co najmniej pięciominutowego zapisu [5, 6]. Stacjonarność sygnału wiąże się z niezmiennością jego właściwości rozkładowych w czasie [7]. Z kolei HR, jak wiele innych sygnałów biomedycznych, ma właściwości niestacjonarne, o zmiennej w czasie wartości średniej i wariancji. Podczas stosowania metody STF, zakłada się, iż wykonane próby będą charakteryzowały się co najmniej słabą stacjonarnością, co sprawi, że pozyskane wyniki nie będą całkiem precyzyjne [2]. STF nie pozwala obliczyć wariancji częstotliwości w czasie, co oznacza, że w przypadku założenia, że badanie będzie obejmowało tego typu zmiany, metodę tę należało będzie uzupełnić o innego rodzaju analizy.

Udowodniono, iż analiza fali elementarnej, łącząca dziedziny czasu i częstotliwości, jest bardziej dostosowana do analizy właściwości niestacjonarnych w badaniu krótkotrwałym, co pozwala na lepszy pomiar ilościowy HRV [6]. Analiza fali elementarnej umożliwia też wizualizację zmian w HRV przy użyciu skalogramów podkreślających anomalie charakterystyczne dla konkretnych chorób za pomocą kolorów [8]. Obecna dostępność zaawansowanych pakietów programowych powoduje, iż analiza fali elementarnej prawdopodobnie sprawdzi się jako dużo dokładniejsze narzędzie w pomiarze HRV aniżeli STF. Jej najmocniejsze zastosowanie dotyczy detekcji ostrych zmian w wydolności sercowej, jak np. tych występujących podczas wstępnego zwiększania ciśnienia w terapii tlenem hiperbarycznym.

INTRODUCTION

Heart rate variability (HRV), the degree of variation in R-R intervals at various frequency scales, is a recognized and reliable parameter of the autonomous nervous system's effect on the heart [1]. It is measured using non-invasive electrocardiographic (EKG) readings. Autonomic influence on the heart alters HRV and it has been used as a clinical tool in several instances, particularly in psychology and physiology [2]. Clinical applications include measuring the degree of emotional arousal or anxiety and as an indicator of cardiac health following a myocardial infarction [3].

Time-domain methods are the simplest used for evaluating variability in heart rate. These methods detect the R-R intervals, the time elapsed between normal beats resulting from sinus node depolarization, as well as the heart rate at any point in time. Time-domain methods allow the calculation of mean heart rate (HR), mean R-R interval, standard deviation of R-R interval and the differences between the longest and shortest R-R intervals over a given period of time. Measurements derived from time-domain methods should only be compared with recordings of a similar duration in time and newer, more sensitive analytical methods are now used in addition to time-domain [4].

The most commonly used methods used for analyzing HRV are fast Fourier transform (FFT) and wavelet analysis. FFT analysis is a frequency-domain method that works by decomposing the EKG data into different frequencies. These bands are divided into very low, low and high components, each reflecting a different level of autonomic control. High frequency (HF) bands within a 0.15 to 0.40 Hz range are associated with parasympathetic activity and increased vagal tone, seen in normal resting heart rate. Low frequency (LF) bands between 0.06 and 0.15 Hz are associated with both sympathetic and parasympathetic influence. Sympathovagal balance can be inferred by the LF/HF ratio [4]. Very low frequency (VLF) bands, between 0.003 and 0.05 Hz, have not been defined as thoroughly and our understanding of them remains unclear. Measurement of the frequency bands is made in values of power (ms^2), which represent the proportion of the band over the total power for the reading minus the VLF band.

Use of FFT has recently shown limitations in analyzing HRV. This is due to the fact that it is restricted to data showing stationarity, and requires at least five minutes of continuous data collection [5,6]. Stationarity of the signal refers to the invariance of distributional characteristics over time [7]. HR, like many other biomedical signals, has non-stationary properties, with a mean and variance that are not stable over time. When using the FFT approach, it is assumed that the samples show at least weak stationarity, which could produce results that are never completely accurate [2]. FFT is unable to calculate the frequency variation with time, meaning it must be complemented by another analysis if the changes in frequency over time are to be included in the study.

Wavelet analysis, a joint time/frequency domain method, has been shown to be more suitable in analyzing non-stationary properties over short periods of time, allowing better quantitative measurement of HRV [6]. Wavelet analysis also allows the visualization of changes in HRV through the use of scalograms, which use a color pattern to highlight abnormalities that may occur in specific diseases [8]. With the current availability of advanced software packages, wavelet analysis will possibly emerge as a much more sensitive tool than FFT in the measurement of HRV. Its strongest application would be in detecting the acute changes in cardiac function such as that during the initial pressurization in HBO.

Niższy poziom HRV wiąże się z podwyższonym ryzykiem śmiertelnej arytmii i niewydolności serca [9]. Pokrywa się to ze spadkiem mocy na pasmach HF oraz LF, co pozwala stwierdzić, że pasma niskiej częstotliwości niekoniecznie odzwierciedlają stopień napięcia współczulnego, jako że przy niewydolności serca napięcie to jest zwykle podniesione [10]. W jednym z obszernych badań nad związkiem pomiędzy HRV i śmiertelnością na skutek zawału mięśnia sercowego, analizę częstotliwościową wykorzystano w prognozowaniu wyższej śmiertelności u pacjentów z obniżonym HRV podczas badania kontrolnego przeprowadzanego 31 miesięcy po przebytych zawale [11]. Stwierdzono, iż niezrównoważona aktywność autonomiczna jest w wielu przypadkach wskaźnikiem postępu choroby i prowadzi do niekorzystnej prognozy, zaś jej pomiary są wydajniejsze od pomiarów hemodynamicznych [12]. Pomiar HRV i jego znaczenie w warunkach klinicznych może się różnić w zależności od rodzaju choroby oraz odzwierciedlać różne aspekty dotyczące podniesionego ryzyka zgonu [13]. Może to mieć znaczenie w określaniu, którzy pacjenci mogliby skorzystać na terapii HBO, jako że zwiększenie ciśnienia i, co za tym idzie, wzrost zmienności rytmu zatokowego mogłoby zadziałać w obu kierunkach, tzn. poprawić bądź pogorszyć stan pacjentów [14]. Nurkowanie rekreacyjne na większych głębokościach pozwala osiągnąć podobne efekty do HBO, co oznacza, że również mogłoby być szkodliwe w przypadku pacjentów wysokiego ryzyka.

Wiadomo, iż terapia HBO wiąże się z obniżeniem tętna i pojemności minutowej serca przy jednoczesnym podniesieniu ciśnienia krwi [15]. Jednakże tym, co budzi kontrowersje jest faktyczny wpływ HBO na HRV. Badania wykazały, że HBO ma znaczący wpływ na spowolnienie akcji serca (bradykardia) przy wzroście mocy HF i obniżeniu stosunku LF/HF [16]. Oznacza to, że obniżenie średniej częstotliwości akcji serca podczas HBO wiąże się ze wzrostem wpływu układu przywspółczulnego na serce. Zwiększone napięcie układu przywspółczulnego odnotowywano u zawodowych nurków oddychających powietrzem (21% tlenu (O_2)) przy ciśnieniu 253 kilopaskali (kPa), a także zdawało się ono być bardziej wyraźne u osób oddychających 100% O_2 przy tej samej wartości ciśnienia [17]. Wykorzystanie HBO w różnicowaniu poziomów HRV u pacjentów może znaleźć w przyszłości dalsze kliniczne zastosowania, zwłaszcza w schorzeniach z obniżonym napięciem nerwu błędnego, jak np. w przypadku pacjentów z chorobą niedokrwienną serca (ChNS). Zwiększenie aktywności przywspółczulnej może też mieć korzystny wpływ, jako że obniżona częstotliwość pracy serca redukuje stopień zużycia przez nie tlenu, co stanowi jeden z głównych celów leczenia ChNS [10]. Dzięki manipulacjom eksperymentalnym wykazano, iż HBO można również wykorzystać w ocenie efektywności kilku metod służących do analizy HRV [18].

Uważa się, że podczas terapii HBO wpływ układu przywspółczulnego na serce zauważalny jest niemal natychmiast, przy jednoczesnym opóźnieniu efektu współczulnego [2]. Podczas krótkiego okresu następującego tuż po tym spadku, reakcja serca na aktywność nerwu błędnego jest najbardziej zdecydowana i znacząca w dostosowywaniu napięcia autonomicznego do pozostałego czasu ekspozycji HBO. Z tych powodów wierzymy, że analiza fali elementarnej stanowi bardziej odpowiednią metodę w ocenie HRV podczas HBO w porównaniu z analizą częstotliwościową. Niniejszy artykuł przedstawia porównanie wyników uzyskanych przy pomocy obydwu tych metod w różnych ciągach czasowych w celu określenia, czy analiza fali elementarnej przewyższa STF w stopniu wykrywalności zmian początkowych w następstwie terapii HBO.

METODY

W trakcie niniejszego studium korzystano z surowych danych dotyczących HRV uzyskanych w poprzednim eksperymencie [19] z udziałem 10 zdrowych ochotników obojga płci, w wieku pomiędzy 20-30 lat, poddanych sesjom w wieloosobowej komorze hiperbarycznej o pow. 510 m², Klasa I (Clucas Diving, Luscott Mk V). Warunkiem włączenia do analizy było uzyskanie zgody badanych oraz ich zdolność do leżenia w bezruchu w komorze przez ponad 30 minut i samodzielnego założenia maski oddechowej. Cztery osoby nie zostały ujęte w analizie w związku z niepełnym okresem odbytym w spoczynku, zgłaszanym uczuciem dyskomfortu w uszach i nadmiernym ruchem w komorze, co zakłócało odczyty EKG.

A lower HRV is associated with an increased risk of fatal arrhythmias and heart failure [9]. This corresponds to a decrease in both the HF and LF power, which supports the fact that the low frequency bands do not necessarily reflect sympathetic tone, since this is normally increased during heart failure [10]. In one of the larger studies looking at the relationship between HRV and mortality following a myocardial infarction, frequency domain analysis was used to predict a higher total mortality in patients with reduced HRV during a 31 month follow up [11]. Unbalanced autonomic activity has been shown to indicate disease progression in many cases and also serves as predictor of poor prognosis that is better than hemodynamic measures [12]. HRV measures and their importance in clinical settings may vary depending on the illness of the patient and each measure may capture different aspects of increased risk of mortality [13]. This may be of importance in determining which patients would benefit from HBO therapy, as this increased pressure and greater variability could work both ways, improving the condition of some and worsening it in others [14]. Recreational diving at higher depths will have similar effects as HBO and may inadvertently be harmful to certain high-risk individuals as well.

It is known that HBO therapy reduces heart rate and cardiac output while increasing blood pressure [15], yet controversy exists concerning the exact effects of HBO on HRV. Studies have shown that HBO has a significant bradycardic effect on the heart with an increase in HF power and a decrease in the LF/HF ratio [16]. This suggests that the decrease in mean heart rate experienced during HBO is due to increased parasympathetic influence on the heart. Augmented parasympathetic tone has been noticed in professional divers breathing air (21% oxygen (O₂)) at 253 kilopascals (kPa) and it appears to be more pronounced in subjects breathing 100% O₂ at the same pressure [17]. The use of HBO in altering the HRV of an individual could have future clinical applications, especially in conditions with reduced vagal tone, such as patients with coronary artery disease (CAD). Increased parasympathetic activity can have beneficial effects, as the lower heart rate will decrease the heart's consumption of oxygen, one of main goals in CAD treatment [10]. Through experimental manipulation, HBO can also be used to differentiate the effectiveness of several HRV analysis methods [18].

It is believed that HBO's parasympathetic influence on the heart occurs almost instantaneously, while the sympathetic effect is delayed [2]. During the short period immediately following descent, cardiac response to vagal activity is most pronounced and important in setting the autonomic tone for the remainder of the HBO exposure. For these reasons, we believe that wavelet analysis is more appropriate in assessing HRV during HBO in comparison with frequency analysis. In this paper, the results obtained with both methods over different time intervals were compared to determine if wavelet analysis is more sensitive than FFT in detecting the initial changes following HBO.

METHODS

This study used the raw HRV data from a previous experiment [19] where 10 healthy male and female volunteers, aged 20-30, were subjected to sessions in a 510 square meter Class I multiplace hyperbaric chamber (Clucas Diving, Luscott Mk V). In order to be included in the analysis, the subjects had to give informed consent, be able to lie still for more than 30 minutes in the chamber, and be able to put on a breathing mask. Four subjects were left out of the complete analysis due to insufficient rest time, ear discomfort and excessive movement in the chamber that disrupted the EKG readings, leaving a sample size of six. A further subject was left out of the time-frequency wavelet analysis due to an excessive amount of noise on the EKG reading caused by erratic movement in the chamber during pressurization. Final sample size was six for FFT analysis and 5 for wavelet analysis. Subjects were supine and relaxed. Each session began with at least 15 minutes of rest, up to a maximum of 30 minutes, breathing ambient air at 101 kPa.

W rezultacie próba badawcza objęła sześć osób. Kolejna osoba została wykluczona z analizy fali elementarnej z powodu nadmiernej ilości hałasu zakłócającego odczyt EKG spowodowanego jej ruchem w komorze w procesie zwiększania ciśnienia. Próba końcowa obejmowała zatem sześć osób poddanych analizie STF i pięć osób poddanych analizie fali elementarnej. Osoby te przebywały w pozycji leżącej, zrelaksowanej. Każdą sesję poprzedzano przynajmniej 15-minutowym odpoczynkiem, przedłużanym maksymalnie do 30 minut, przy oddychaniu powietrzem z otoczenia w ciśnieniu 101 kPa. Następnie, ciśnienie w komorze zwiększano do 253 kPa, a badani oddychali 100% O₂ przez okres 15 minut przy użyciu maski. Czynność serca badano przy pomocy EKG w trakcie całej sesji jak i w okresach odpoczynku.

Na podstawie odczytów EKG wygenerowano periodogramy przedstawiające odstępów R-R na podstawie wartości szczytowych przy użyciu oprogramowania AcqKnowledge 4.0. Periodogramy wykorzystano w określaniu mocy pasm częstotliwości. Dla każdego badanego wygenerowano dwa periodogramy: pierwszy przedstawiający ostatnie pięć minut odpoczynku przy 1 ATA, zaś drugi obejmujący pierwsze pięć minut pod wpływem HBO. Następnie periodogramy poddano analizie HRV przy użyciu oprogramowania Kubios (Uniwersytet w Kuopio, Finlandia). Program korzystał z okna w grafice 256, stanowiącego w 50% wykres spektrum STF pozwalającego na obliczenie mocy poszczególnych pasm częstotliwościowych dla każdego periodogramu. Wyniki dla analizy czasowej pozyskano również przy pomocy oprogramowania Kubios.

Analizę czasowo-częstotliwościową przeprowadzono analizą falkową przy użyciu oprogramowania HRV Analysis Software (HRVAS) (Uniwersytet w Memphis) korzystającym z narzędzi Matlab. Następnie periodogramy generowano ponownie z wstępnych danych EKG. Analizy dokonano na podstawie dwóch zestawów danych. Zestaw dwuminutowy odpowiadał pierwszej minucie odpoczynku w warunkach normobarii oraz pierwszej minucie HBO, zaś zestaw danych z okresu dziesięciominutowego wygenerowano na podstawie tych samych periodogramów, co te użyte do analizy STF. Następnie dane z periodogramów poddano analizie przy użyciu wspomnianego oprogramowania. Analiza czasowo-częstotliwościowa przy użyciu transformaty falkowej pozwoliła obliczyć krótkotrwałą zmienność w akcji serca w przejściu pomiędzy spoczynkiem a HBO.

Obliczono średnie dla każdego z pomiarów (średnie HR, średnia moc LF, średnia moc HF i średni stosunek LF/HF), a następnie wykorzystano test t dla prób zależnych w celu porównania wyników badanych przed i po HBO. Przy pomocy oprogramowania HRVAS stworzono wykresy płaszczyzn stałoparametrycznych dla obydwu zestawów danych z pominięciem fazy spadkowej, w celu uniknięcia uwzględnienia zmian w częstotliwości akcji serca wywołanych bodźcami zewnętrznymi. Zabieg ten umożliwił porównanie wizualne wyników STF, a także uzyskanie obrazu graficznego dla zmian czasowych w pomiarach HRV.

WYNIKI

Analiza w dziedzinie częstotliwości przy użyciu metody STF w warunkach HBO wykazała spadek HR o 7,1 bpm ($p < 0,05$), znaczny wzrost średniej mocy HF o 3,1 ($p < 0,05$), wzrost średniej mocy LF o współczynnik 2,35, co określono jako statystycznie nieistotne ($p = 0,05$) (Rys. 1), a także spadek średniej wartości stosunku LH/HF o współczynnik 1,19, również statystycznie nieistotny ($p = 0,34$). Spośród trzech pomiarów HRV przedstawiających autonomiczną kontrolę serca podczas HBO, wartość mocy HF nie wykazała zbyt silnej korelacji z HBO ($r = -0,41$), podczas gdy wartości mocy LF ($r = -0,67$) i stosunku LF/HF ($r = 0,60$) wykazały nieco silniejszy związek z HBO, jednakże nie były one istotne ze statystycznego punktu widzenia. Analiza czasowo-częstotliwościowa wykonana przy użyciu analizy fali elementarnej dla dwóch zestawów danych minutowych wykazały spadek wartości HR o 3,04 BPM ($p = 0,16$) przy porównaniu pierwszej minuty HBO i ostatniej minuty spoczynkowej.

Following the rest period, the chamber was pressurized to 253 kPa and subjects were asked to breathe 100% O₂ through a mask for 15 minutes. Throughout the treatment and rest periods, cardiac activity was recorded by EKG.

Using the EKG readings, periodograms representing the R-R intervals were generated by peak detection using AcqKnowledge 4.0. Periodograms were used to estimate the power of the frequency bands. Two periodograms were generated for each subject: one representing the last five minutes of rest at 1 ATA, and one representing the first five minutes under HBO. These periodograms were then run through Kubios HRV analysis software (University of Kuopio, Finland). The software used a 256 sliding window with 50% overlap for the FFT spectrum to calculate the power of the different frequency bands for each periodogram. Time-domain results were also obtained by Kubios.

Time-frequency analysis was performed by wavelet analysis using HRV Analysis Software (HRVAS) (University of Memphis), implementing the wavelet analysis toolkit of Matlab. Periodograms were once again generated from the initial EKG data. Analysis was performed using two data sets. A two minute set corresponding to an initial one minute normobaric rest period followed by one minute of HBO, and a ten minute set using the same periodograms from the FFT analysis. The periodogram data files were subsequently run through the software. The time-frequency analysis using wavelet transform method allowed the calculation of beat-to-beat changes in frequency over the rest to HBO transition.

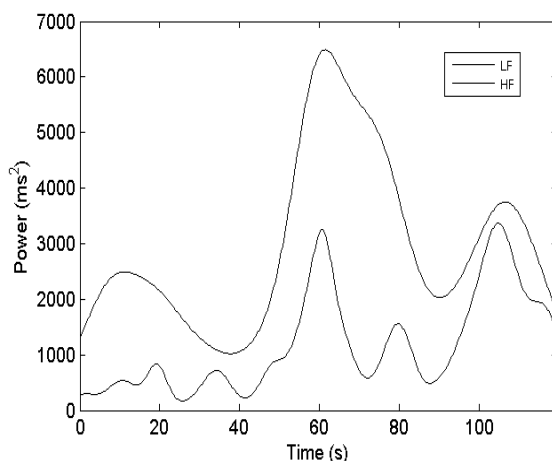
The averages for each measure (HR, mean LF power, mean HF power and mean LF/HF ratio) were calculated and a paired t-test was used to compare the subjects before and after HBO. Surface plots were created with HRVAS using both data sets, and the descent phase was excluded as to avoid any unwanted variations in heart rate due to external stimuli. This allowed for a visual comparison with the FFT results, as well as a graphical representation of the temporal changes in HRV measures.

RESULTS

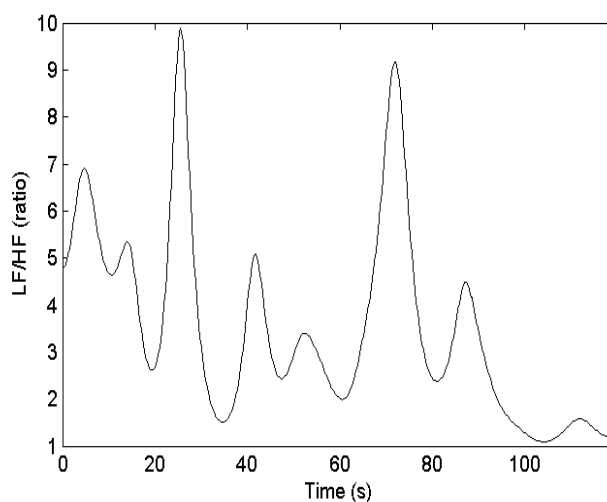
Frequency domain analysis using the FFT method under HBO conditions showed a decrease in HR of 7.1 bpm ($p < 0.05$), a significant increase in mean HF power by 3.1 ($p < 0.05$), an increase in the mean LF power by a factor of 2.35, which was non-significant ($p = 0.05$) (Figure 1), and a decrease in the mean LH/HF ratio by a factor of 1.19, also non-significant ($p = 0.34$). From the three HRV measures representing the autonomic control on the heart during HBO, HF power did not show a very strong correlation ($r = -0.41$), while the LF power ($r = -0.67$) and LF/HF ratio ($r = 0.60$) showed a slightly stronger correlation with HBO but were not significant.

Time-frequency analysis performed using the wavelet method for the two minute data set showed a decrease in HR of 3.04 BPM ($p = 0.16$) during the first minute of HBO compared to the last minute of rest. HRV measures were also calculated and compared, with hyperbaric conditions inducing an increase in mean HF power by a factor of 2.2 ($p < 0.05$), an increase in mean LF power by a factor of 2.7 ($p = 0.06$) (figure 1) and a decrease in mean LF/HF ratio by a factor of 0.93 ($p = 0.36$) (figure 2). With regards to their association with HR, LF power was weakly correlated to HR ($r = -0.41$), while both HF power ($r = -0.23$) and LF/HF ratio ($r = 0.04$) showed no significant correlation.

Wartości HRV również obliczono i porównano, wykazując wzrost w średniej mocy HF o współczynnik 2,2 ($p < 0,05$) w warunkach hiperbarycznych, wzrost w średniej mocy LF o współczynnik 2,7 ($p = 0,06$) (Rys. 1) oraz spadek w średniej stosunku LF/HF o współczynnik 0,93 ($p = 0,36$) (Rys. 2). W odniesieniu do związku tych wartości z poziomem HR można stwierdzić, że moc LF wykazywała słabą korelację z HR ($r = -0,41$), podczas gdy zarówno wartości mocy HF ($r = -0,23$) jak i stosunku LF/HF ($r = 0,04$) wykazały brak istotnych korelacji.



Rys. 1. Średnie moce HF i LF w warunkach spoczynku i HBO w czasie dwóch minut przy użyciu analizy fali elementarnej. HBO rozpoczęte po upływie 60 sekund.



Rys. 2. Średnie stosunku LF/HF w warunkach spoczynku i HBO w czasie dwóch minut przy użyciu analizy fali elementarnej. HBO rozpoczęte po upływie 60 sekund.

Analiza fali elementarnej wykonana po 10 minutach wskazała na spadek wartości HR o 6,6 bpm ($p = 0,06$) po przebyciu pięciu minut w warunkach HBO. Dodatkowo, średnia moc LF wykazała wzrost o współczynnik wynoszący 3,18 ($p = 0,17$), podczas gdy średnia moc HF zwiększyła się o 2,85 ($p < 0,05$) (Rys. 3). Średni stosunek LF/HF zmniejszył się o wartość współczynnika równą 0,70 ($p = 0,41$) (Rys. 4). Stwierdzono istotną korelację pomiędzy wartością HR a średnią mocą LF ($r = -0,76$). Średnie wartości mocy HF ($r = -0,14$) i stosunku LF/HF ($r = -0,60$) wykazały słabą korelację z poziomem HR.

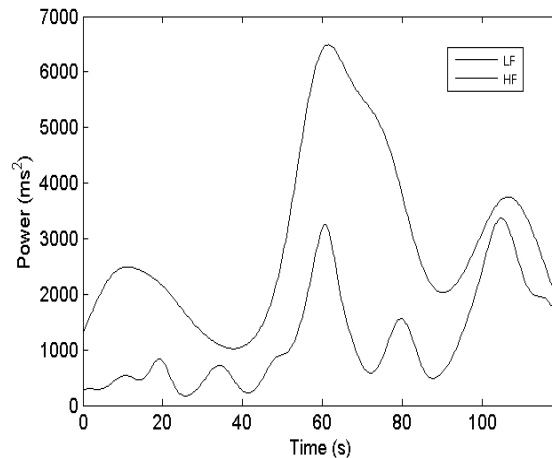


Fig. 1. Mean HF and LF power under resting and HBO conditions over two minutes using wavelet analysis. HBO begins at 60 second mark.

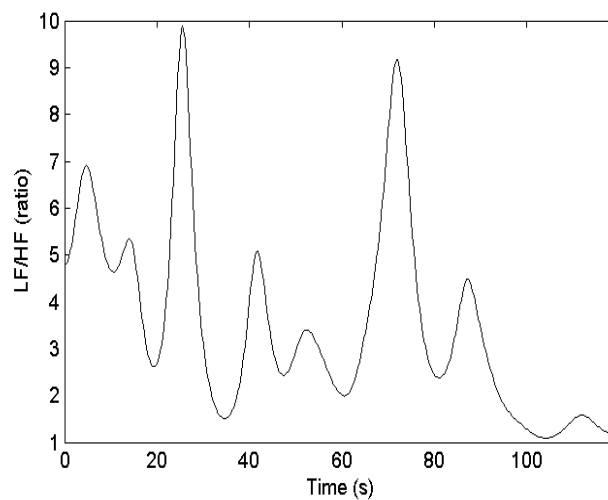
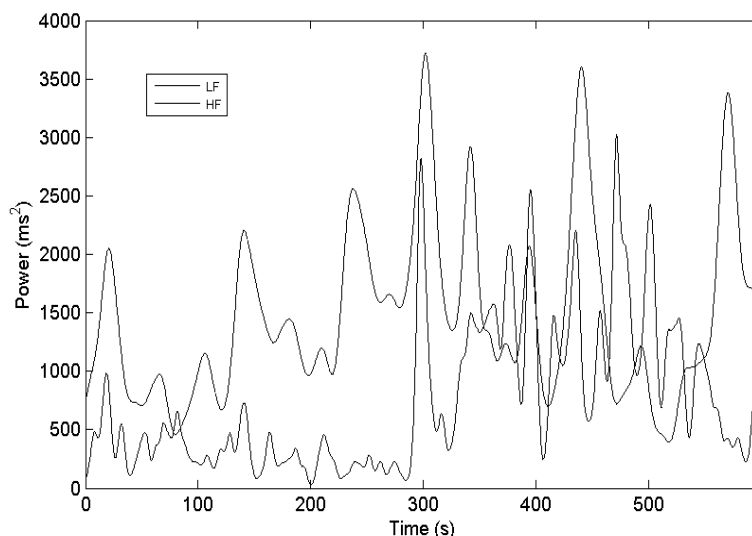
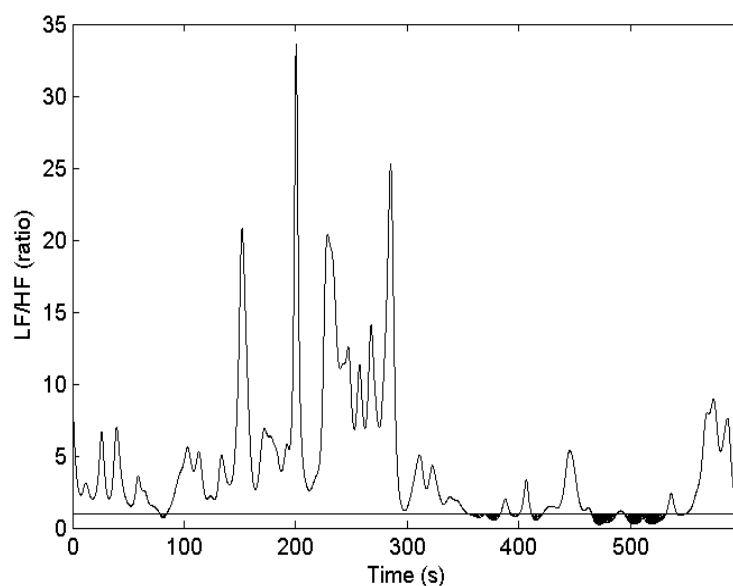


Fig. 2. Mean LF/HF ratio under resting and HBO conditions over two minutes using wavelet analysis. HBO begins at the 60 second mark.

Wavelet analysis performed over ten minutes showed a decrease in HR of 6.6 bpm ($p = 0.06$) following five minutes under HBO. In addition, mean LF power was seen to increase by a factor of 3.18 ($p = 0.17$), while mean HF power increased by 2.85 ($p < 0.05$) (Figure 3). Mean LF/HF ratio decreased by a factor of 0.70 ($p = 0.41$) (Figure 4). HR was found to show significant correlation with mean LF power ($r = -0.76$). Mean HF power ($r = -0.14$) and LF/HF ratio ($r = -0.60$) were poorly correlated to HR.



Rys. 3. Średnie moce HF i LF w warunkach spoczynku i HBO w czasie 10 minut przy użyciu analizy fali elementarnej. HBO rozpoczęte po upływie 300 sekund.



Rys. 4. Średni stosunek LF/HF w warunkach spoczynku i HBO w czasie 10 minut przy użyciu analizy fali elementarnej HBO rozpoczęte po upływie 300 sekund.

W przypadku analizy w dziedzinie czasu (Tab. 1) odnotowano spadek wartości HR zarówno w okresach jedno- jak i pięciominutowych. Jednakże, mimo iż spadek ten był istotny w przypadku analizy pięciominutowej, już pierwsza minuta tlenowej terapii hiperbarycznej wykazała wysoki spadek proporcjonalny do dłuższego okresu. Podobny schemat analizy czasowej zaobserwowano w porównywaniu średnich wartości R-R i odsetka kolejnych odstępów różniących się o więcej niż 50 ms, które wykazały wzrost podczas HBO.

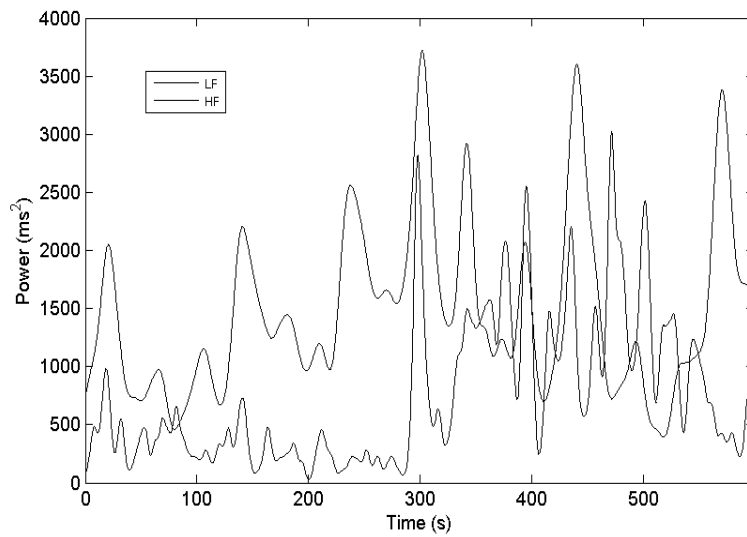


Fig. 3. Mean HF and LF power under resting and HBO conditions over ten minutes using wavelet analysis. HBO begins at 300 second mark.

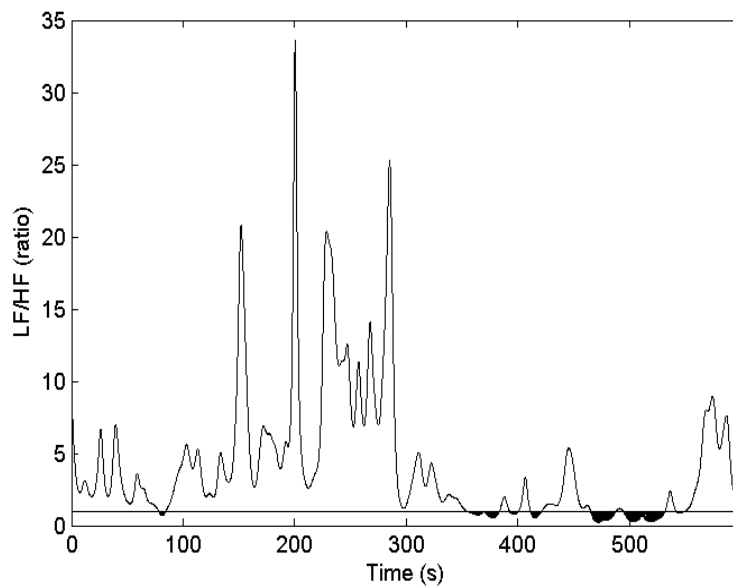


Fig. 4. Mean LF/HF ratio under resting and HBO conditions over ten minutes using wavelet analysis. HBO begins at the 300 second mark.

With time-domain analysis (Table 1), a decrease in HR is seen during both one minute and five minute periods. Although this decreased HR is significant for the five minute analysis, the first minute of hyperbaric oxygenation already shows a large decrease proportionally to the longer period. Similar patterns can be observed with time-domain analysis when comparing mean R-R interval and the percentage of successive intervals differing more than 50 ms, both of which are increased during HBO.

Tabela 1

Wyniki analizy w dziedzinie czasu. STD RR = odchylenie standardowe odstępów R-R, STD HR = odchylenie standardowe HR, RMSSD = pierwiastek kwadratowy ze średniej sumy kwadratów różnic między kolejnymi odstępami R-R, NN50 = różnice pomiędzy kolejnymi odstępami RR przekraczające 50 ms, pNN50 = odsetek różnic między kolejnymi odstępami RR przekraczających 50 ms, TINN = nieregularne siatki interpolacyjne odstępów R-R.

	1min	1 min HBO	5min	5 min HBO
Średnia RR (ms)	965,56	1015,76	918,73	1012,3
STD RR (SDNN) (ms)	85,46	142,72	82,95	126,28
Średnie HR (bpm)	63,72	60,68	67,12	60,99
STD HR (bpm)	5,58	8,54	5,84	7,55
RMSSD (ms)	97,06	141,36	84,21	137,77
NN50 (suma)	29,6	34,6	117,16	147,3
pNN50 (%)	49,94	59,68	38,55	51,5
Indeks trójkątny RR	9,24	10,64	17,81	20,65
TINN (ms)	157,28	153,8	246,67	253,33

Z racji niewielkiego rozmiaru próby wykonano również statystyczną analizę nieparametryczną przy użyciu testu Wilcozona dla par obserwacji (Uniwersytet Vasser). Przy wykorzystaniu wszystkich trzech zestawów danych metoda ta wskazała na znaczny spadek wskaźnika HR podczas analizy STF ($W = 21$ $p < 0,05$) i analizy fali elementarnej w okresie dwuminutowym ($W = 15$ $p < 0,05$), a także w okresie dziesięciominutowym ($W = 15$ $p < 0,05$). Średnie moce LF i HF wzrosły w sposób istotny w analizie STF ($W = 21$ $p < 0,05$) oraz podczas obydwu analiz fali elementarnej ($W = 15$ $p < 0,05$). Jednakże test Wilcozona nie pozwolił zaobserwować istotnego spadku w stosunku LF/HF podczas STF ($W = 9$ $p > 0,20$) ani też w dwu- ($W = 5$ $p > 0,20$) i dziesięciominutowych zestawach danych do analizy fali elementarnej ($W = 4$ $p > 0,20$).

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Na podstawie prowadzonych badań można stwierdzić, iż analiza czasowa danych z różnych przedziałów czasowych wskazała takie same wyniki. Pozwoliły one zaobserwować, że największy i najbardziej gwałtowny wpływ HBO na poziom HR występuje w pierwszych sekundach od momentu rozpoczęcia podnoszenia ciśnienia. Z kolei, przebywanie badanych w warunkach hiperbarycznych i oddychanie czystym tlenem powodowało, iż wartości analizy czasowej zmierzały niezmiennie w jednym kierunku. Jednakże, stopień zauważonego wzrostu nie jest cechą trwałą ani też nie jest skorelowany z czasem przebyty w HBO. Zauważono, że podczas dłuższej analizy fali elementarnej przeprowadzonej po pięciu minutach HBO tętno ulegało obniżeniu, chociaż spadek ten był podobny do spadku stwierdzonego w analizie STF. Wyniki te pokazują, że zastosowanie analizy fali elementarnej dla dłuższych okresów może nie być konieczne, jako że metoda ta pozwala jedynie na wykrycie zmian w pierwszej minucie eksperymentu.

Znaczący wzrost średniej wartości mocy HF zaobserwowano zarówno w analizie STF, jak i analizie fali elementarnej. Pozwala to na ugruntowanie poprzednich wniosków mówiących o tym, że wzrost mocy HF w napięciu nerwu błędnego stanowi najważniejszy czynnik mający wpływ na HRV podczas HBO. Analiza fali elementarnej wykazała, że wpływ zwiększonej aktywności układu przywspółczulnego jest silny już w pierwszej minucie badania i charakteryzuje się dalszym wzrostem na przestrzeni następujących kilku minut.

Table 1

Time-domain analysis results. STD RR = Standard deviation of R-R intervals, STD HR = Standard deviation of HR, RMSSD = Root Mean Square of Successive Differences, NN50 = Number of successive intervals differing more than 50 ms, pNN50 = Percentage of successive intervals differing more than 50 ms, TINN = Triangular Interpolation of R-R.

	1 min rest	1 min HBO	5 mins rest	5 mins HBO
Mean RR (ms)	965.56	1015.76	918.73	1012.3
STD RR (SDNN) (ms)	85.46	142.72	82.95	126.28
Mean HR (bpm)	63.72	60.68	67.12	60.99
STD HR (bpm)	5.58	8.54	5.84	7.55
RMSSD (ms)	97.06	141.36	84.21	137.77
NN50 (count)	29.6	34.6	117.16	147.3
pNN50 (%)	49.94	59.68	38.55	51.5
RR triangular index (ms)	9.24	10.64	17.81	20.65
TINN (ms)	157.28	153.8	246.67	253.33

Due to a small sample size, non-parametric statistical analysis using the Wilcoxon matched-pair test (Vassar University), an alternative to the paired t-test, was also performed. Using all three data sets, this method showed that there is a significant decrease in HR during FFT analysis ($W = 21$ $p < 0.05$) as well as during wavelet analysis over two minutes ($W = 15$ $p < 0.05$) and ten minutes ($W = 15$ $p < 0.05$). Mean LF power and HF power increased significantly in FFT ($W = 21$ $p < 0.05$) and during both wavelet analyses ($W = 15$ $p < 0.05$). However, the Wilcoxon test did not show any significant decrease in the LF/HF ratio in FFT ($W = 9$ $p > 0.20$) or in the two ($W = 5$ $p > 0.20$) and ten minute wavelet data sets ($W = 4$ $p > 0.20$).

DISCUSSION

Time-domain analysis over different periods appears to produce the same results when analyzing the examined data. The findings seem to indicate that the strongest effects of HBO on HR are rapid and occur in the first seconds following pressurization. As the subject remains under pressurization while breathing pure oxygen, time-domain values continue to follow a trend in the same direction. However, the size of this increase is not consistent and is not correlated to time spent under HBO. HR continues to drop during the longer wavelet analysis performed following five minutes of HBO, although the drop is similar to that found with FFT analysis. These findings demonstrate that wavelet analysis's use over longer time periods may be unnecessary since it is already sensitive enough to detect changes in the first minute.

A significant increase in mean HF power was observed in both FFT and wavelet analyses. This strengthens previous findings that HF power's increase in vagal tone on the heart is the most important factor influencing HRV during HBO.

Średnia wartość mocy HF nie rośnie proporcjonalnie do czasu, co pozwala wierzyć, że analiza fali elementarnej posiada większą czułość w wykrywaniu zmian na początku badania. W przeciwieństwie do studium Butlera [19], w którym udowodniono znaczną negatywną korelację pomiędzy mocą HF a częstotliwością akcji serca przy użyciu analizy stacjonarnej STF po upływie 15 minut, analizy fali elementarnej i STF przeprowadzone w ramach niniejszego badania nie wykazały silnego związku pomiędzy tymi wskaźnikami, czego przyczynę można upatrywać w zbyt małej wielkości próby badawczej.

Pomiary HRV w obydwu przedstawionych metodach analitycznych wykazały się podobną dyskryminacją statystyczną, przy czym jednoczynnikowa analiza falkowa pozwoliła nam przeanalizować dane o takim samym znaczeniu, co dane pozyskane przy pomocy pięciominutowej analizy STF. Obserwacja ta sprawia, że stwierdzamy, iż analiza fali elementarnej może stanowić najstosowniejszą metodę w wykrywaniu ostrych zmian w wydolności serca podczas HBO w krótszych okresach czasowych. W porównaniu z analizą STF, wymagającą co najmniej pięciominutowego okresu badania oraz mającą zastosowanie jedynie w przypadku HRV badanego w warunkach bezruchu, analiza fali elementarnej zdaje się być narzędziem bardziej precyzyjnym. Możliwość szybkiej i efektywnej analizy HRV stanowi ważny aspekt w tworzeniu narzędzi do oceny patologii układu sercowego.

Pomiary HRV zależą od wielu czynników i mogą różnić się w zależności od pacjenta. Uwarunkowania genetyczne [20], wiek [21], płeć [22], zmienne losowe [23], wszystkie te czynniki odgrywają swoją rolę w ocenie HRV pacjentów przebywających w spoczynku oraz ich reakcje na HBO. Zróznicowanie to jest widocznie w zebranych przez nas danych. Również błędy w odstępach R-R mogą być powodowane zakłóceniem sygnału EKG przez hałas w komorze hiperbarycznej i chociaż dokłada się wszelkich starań w celu jego ograniczenia, całkowite jego wyeliminowanie nie jest możliwe.

Dalsze ograniczenia dla niniejszego badania związane były z niewielkim rozmiarem próby, co osłabia siłę pozyskanych danych statystycznych, a także brakiem grupy kontrolnej. W przypadku, gdy badani stanowili grupę kontrolną wobec samych siebie, nie jesteśmy w stanie stwierdzić, czy wpływ HBO na HRV miał związek z administrowanym tlenem, wzrostem ciśnienia, czy też był wynikiem połączenia obu tych rzeczy. W poprzednim studium [19] zaobserwowano, że wartości mocy HF oraz stosunku LH/HF u badanych poddanych HBO wracały do wartości charakterystycznych dla spoczynku po usunięciu maski dostarczającej 100% O₂, podczas gdy wartość HR pozostawała obniżona. Jednakże, powrót do wartości podstawowych był powolny i wartość mocy HF pozostawały znacząco podwyższone w okresie bez maski, co sugeruje, że rola ciśnienia może być ważniejsza dla HRV od roli tlenu. Posiadanie grup kontrolnych oddychających 100% O₂ przy 101 kPa oraz 21% O₂ przy 253 kPa pozwoliłoby rozróżnić, które czynniki są dominujące w przypadku zmian w HRV.

WNIOSKI

1. Uzyskane wyniki wskazują na związek pomiędzy wzrostem aktywności układu błędnego a zmianami w ciśnieniu atmosferycznym i ciśnieniu cząstkowym tlenu, zachodzącymi podczas HBO. Analizy fali elementarnej i STF posiadają podobne cechy diagnostyczne, przy czym ciągła analiza fali elementarnej wydaje się być bardziej odpowiednia do wykrywania zmian w HRV w krótszych okresach. W celu wzmocnienia tego twierdzenia proponuje się przeprowadzenie badania na większej grupie ochotników. Jak wiemy, układ sercowo-naczyniowy jest układem złożonym, chaotycznym i nieliniowym.
2. W przypadku analizy STF liniowość stanowi jej główne założenie, zaś nieliniowa analiza fali elementarnej prowadzi do lepszego zrozumienia HRV i jej przyszłych zastosowań.
3. Metoda falkowa otwiera drzwi dla potencjalnego wykorzystania analizy HRV jako szybkiego i niedrogiego narzędzia w określaniu prognoz dla pacjentów cierpiących na choroby serca. Tlen hiperbaryczny może służyć w tworzeniu takich narzędzi, a także być wykorzystywany w formie terapii w przypadkach, gdy osiągnięcie wyższego poziomu HRV oznaczać będzie uzyskanie korzystniejszej prognozy dla pacjenta.

Wavelet analysis showed that an increased parasympathetic effect is already strong during the first minute and continues to rise over the next several minutes. Mean HF power does not increase proportionally with time, leading us to believe that wavelet analysis is more sensitive in detecting this initial change. In contrast with Butler's study [19], which found a significant negative correlation between HF power and heart rate using FFT stationary analysis over a 15 minute mark, neither wavelet nor FFT analysis in this study showed strong correlation between the two measures, possibly due to smaller sample sizes.

HRV measures show similar statistical discrimination in both analytical methods, with wavelet analysis over one minute allowing us to analyze data that is equally significant to data during the five minute FFT analysis. This leads us to believe that continuous wavelet analysis may be the most appropriate method used in detecting acute changes in cardiac function during HBO over shorter periods of time. When compared with FFT analysis, which requires a minimum of five minutes and functions under the assumption that HRV is stationary, wavelet analysis is seen as the more accurate tool. Using HRV analysis quickly and efficiently is an important factor to take into consideration when developing tools for the assessment of patients with cardiac pathologies.

HRV measures can be influenced by many factors, and will vary significantly from person to person. Genetics [20], age [21], gender [22] and pure random variation [23] all play a role in determining an individual's resting HRV, as well as their response to HBO. These variations were reflected in our collected data. Errors in the R-R interval can also be introduced by noise in the EKG signal in the hyperbaric chamber, and although efforts were taken to minimize this, it is not possible to completely remove this variable.

Further limitations of this study were the small sample size, which may have reduced the statistical strength of the data as well as the lack of a control group. With each subject acting as its own control group, we are unable to determine whether the HBO effect's on HRV are due to the oxygen content administered, the increased pressure, or a combination of both. A previous study [19] found that the HF power and LH/HF ratio of subjects under HBO showed a tendency to return to resting values after removal of the mask supplying 100% O₂, while HR remain depressed. However, the return to baseline was slow and HF power remained significantly elevated during this mask-free period, suggesting that pressure may play a larger role than the oxygen in HRV. Control groups breathing 100% O₂ at 101 kPa and 21% O₂ at 253 kPa may be able to distinguish which factors are dominant in establishing changes in HRV.

CONCLUSIONS

1. The results obtained point to a link between increased vagal activity and the changes in atmospheric pressure and partial pressure of oxygen that occur during HBO. Wavelet and FFT analyses have similar diagnostic features, with continuous wavelet analysis seemingly being more suitable in detecting changes in HRV over shorter time periods. It is proposed that more subjects be recruited to strengthen this claim. The cardiovascular system is complex, chaotic and nonlinear in nature.
2. Linearity is assumed in FFT analysis and nonlinear wavelet analysis will lead to a better understanding of HRV and its future applications.
3. The wavelet method opens the door for the potential use of HRV analysis as a quick and inexpensive tool in determining the prognosis of patients suffering from cardiac diseases. HBO may be used in the development of these tools, and as possible therapy in cases where a higher HRV indicates a better prognosis.

BIBLIOGRAPHY

1. Rajendra AU, Kannathal N, Ong Wai S, Ping LY, Tji Leng C. Heart rate analysis in normal subjects of various age groups. *Biomed Eng Online*. 2004 Jul;24(3):1-8. doi: 10.1186/1475-925X-3-24.
2. Berntson GG, Bigger JT, Eckberg DL, Grossman P, Kaufmann PG, Malik M et al. Heart Rate Variability Origins, methods and interpretive caveats. *Psychophysiology*. 1997 Nov;34(6):623-48. doi: 10.1111/j.1469-8986.1997.tb02140.x
3. Stein PK, Domitrovich P, Huikuri H, Kleiger R. Traditional and nonlinear heart rate variability are each independently associated with mortality after myocardial infarction. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2005 Jan;16(1):13-20. doi: 10.1046/j.1540-8167.2005.04358.x.
4. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical uses. *Circulation*. 1996 Mar;93(5):1043-65. doi: 10.1161/01.CIR.93.5.1043.
5. Ducla-Soares JL, Santos-bento M, Laranjo S, Andrade A, et al. Wavelet analysis of autonomic outflow of normal subjects on head-up tilt, cold pressor test, Valsalva manoeuvre and deep breathing. *Exp Physiol*. 2007 Jul;92(4):677-86. doi: 10.1113/expphysiol.2007.038026.
6. Engin M. Spectral and wavelet based assessment of congestive heart failure patients. *Comput Biol Med*. 2007 Jun;37(6):820-8. doi: 10.1016/j.compbimed.2006.08.022.
7. Sollers JJ 3rd, Sanford TA, Nabors-Oberg R, Anderspn CA, Thayer JF. Examining changes in HRV response to varying ambient Temperature. *IEEE Eng Med Biol Mag*. 2002 Jul-Aug;21(4):30-4. doi: 10.1109/MEMB.2002.1032636.
8. Faust O, Acharya UR, Krishnan SM, Min LC. Analysis of cardiac signals using spatial filling index and time-frequency domain. *Biomed Eng OnLine*. 2004 Sep;3(30):30. doi: 10.1186/1475-925X-3-30.
9. Chattipakorn N, Incharoen T, Kanlop N, Chattipakorn S. Heart rate variability in myocardial infarction and heart failure. *Int J Cardiol*. 2007 Sep;120(3):289-96. doi: 10.1016/j.ijcard.2006.11.221.
10. Frenneaux MP. Autonomic changes in patients with heart failure and in post-myocardial infarction patients. *Heart*. 2004 Nov;90(11):1248-55. doi: 10.1136/hrt.2003.026146.
11. Bigger JT, Fleiss JL, Rolnitzky LM, Steinman RC. The ability of several short-term measures of RR variability to predict mortality after myocardial infarction. *Circulation*. 1993 Sep;88(3):927-34. doi: 10.1161/01.CIR.88.3.927.
12. Cohn JN, Johnson GR, Shabetai R, Loeb H, Tristani F, Rector T et al. Ejection fraction, peak exercise oxygen consumption, cardiothoracic ratio, ventricular arrhythmias, and plasma norepinephrine as determinants of prognosis in heart failure. The V-HeFT VA cooperative studies group. *Circulation*. 1993 Jun;87(6 Suppl):V15-V16.
13. Sandercock GR, Brodie DA. The role of heart rate variability in prognosis for different modes of death in chronic heart failure. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2006 Aug;29(8):892-904. doi: 10.1111/j.1540-8159.2006.00457.x
14. Chen WL, Chen JH, Huan CC, Kuo CD, Huang CI, Lee LS. Heart rate variability measures as predictors of in-hospital mortality in ED patients with sepsis. *Amn J Emerg Med*. 2008 May;26(4):395-401. doi: 10.1016/j.ajem.2007.06.016
15. Abel FL, McNamee JE, Cone DL, Clarke D, Tao J. Effects of hyperbaric oxygen on ventricular performance, pulmonary blood volume and systemic and pulmonary vascular resistance. *Undersea Hyperb Med*. 2000 Summer;27(2):67-73.
16. Meger DE, Abernethy DR. Use of wavelet and Fast Fourier Transform in pharmacodynamics. *J Pharmacol Exp Ther*. 2007 May;321(2):423-30. doi: 10.1124/jpet.106.113183.
17. Lund VE, Kentala E, Scheinin H, Klossner J, Helenius H, Sariola-Heinonen K, Jalonen J. Heart rate variability in healthy volunteers during normobaric and hyperbaric

- hyperoxia. Acta Physiol Scand. 1999 Sep;167(1):29-35. doi: 10.1046/j.1365-201x.1999.00581.x.
18. Lund VE, Kentala E, Scheinin H, Klossner J, Helenius H, Sariola-Heinonen K, Jalonen J. Hyperbaric oxygen increases parasympathetic activity in professional divers. Acta Physiol Scand. 2000 Sep;170(1):39-44. doi: 10.1046/j.1365-201x.1999.00581.x.
 19. Butler M, Shanmukanathan T. Effects of hyperbaric therapy on heart rate variability analyzed using wavelet mathematics. Saba University School of Medicine Hyperbaric Program; 2009 (Unpublished report).
 20. Singh JP, Larson MG, O'Donnell CJ, Levy D. Genetic factors contribute to the variance in frequency domain measures of heart rate variability. Auton Neurosci. 2001 Jul;90:122-6. doi: 10.1016/S1566-0702(01)00277-6.
 21. Lund VE, Kentala E, Scheinin H, Klossner J, Helenius H, Aitasalo K et al. Effect on age and repeated hyperbaric oxygen treatments on vagal tone. Undersea Hyperb Med. 2005 Mar-Apr;32(2):111-9.
 22. Sookan T, McKune AJ. Heart rate variability in physically active individuals: reliability and gender characteristics. Cardiovasc J Afr. 2012 Mar;23(2):62-72. doi: 10.5830/CVJA-2011.108.
 23. Pinna GD, Maestri R, Torunski A, Danilowicz-Szymanowicz L, Szwoch M, La Rovere MT, Raczak G. Heart rate variability measures: a fresh look at reliability. Clin Sci (Lond). 2007 Aug;113(3):131-40. doi: 10.1042/CS20070055.

Recenzja – prof. dr hab. med Andrzej Buczyński.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ О ВОЗДЕЙСТВИИ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ КИСЛОРОДНОЙ ТЕРАПИИ НА ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНАЛИЗА ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ВОЛНЫ И БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

Вариабельность сердечного ритма (BCP) является проверенным и надежным параметром измерения воздействия вегетативной нервной системы на сердце.

Исследования показали, что гипербарическая оксигенация (ГБО) вызывает увеличение вариабельности сердечного ритма (BCP) и снижение частоты сердечных сокращений, тем самым предполагая повышение тонуса блуждающего нерва. Для того чтобы проанализировать BCP использованы несколько методов, включая временной анализ, анализ в частотной области и частотно-временной анализ элементарной волны. Для того чтобы сравнить эффективность этих методов в краткосрочной анализе BCP, шесть пациентов были обследованы с помощью ЭКГ в состоянии покоя, а затем рекомендовано им дыхание 100% O₂ при давлении 253 кПа (2,5 АТА). BCP анализировалась в периоды дву- и десятию минутным с помощью быстрого преобразования Фурье (СТП) и анализа элементарной волны. Результаты показали сходство диагностических возможностей обоих методов, однако было обнаружено, что непрерывный режим анализа элементарной волны дает лучшие результаты в обнаружении изменения в BCP в более короткие промежутки времени.

Ключевые слова: гипербарическая оксигенация, вариабельность сердечного ритма, анализ элементарной волны, ЭКГ, интервал PP, мощность высокой частоты, мощность *низкой* частоты.

Tristan Juvet MSc BSc
Saba University School of Medicine,
Saba, Dutch Caribbean
t.juvet@saba.edu

Salah Abdelhadi MSc BSc
Saba University School of Medicine,
Saba, Dutch Caribbean

MORPHOLOGICAL CHANGES IN PULMONARY PARENCHYMA FOLLOWING VENTILATION WITH 20% HELIOX AT AN OVERPRESSURE OF 0.5 MPa**ZMIANY MORFOLOGICZNE W MIĄŻSZU PŁUCNYM PO WENTYLACJI HELIOKSEM 20% PRZY NADCIŚNIENIU 0,5 MPa**Piotr Siermontowski¹⁾, Katarzyna Pleskacz²⁾, Agnieszka Pedrycz³⁾, Romuald Olszański¹⁾, Maciej Kulig⁴⁾

1) Maritime and Hyperbaric Medicine Department, Military Institute of Medicine in Gdynia, Poland

1) Zakład Medycyny Morskiej i Hiperbarycznej Wojskowego Instytutu Medycznego w Gdyni

2) ITC Department Military Institute of Medicine in Warsaw, Poland

2) Oddział Teleinformatyki Wojskowego Instytutu Medycznego w Warszawie

3) Histology and Embryology Department with the Experimental Cytology Laboratory of Medical University in Lublin, Poland

3) Katedra i Zakład Histologii i Embriologii z Pracownią Cytologii Doświadczalnej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie

4) Department of Internal Medicine and Rheumatology, Military Institute of Medicine in Warsaw, Poland

4) Klinika Chorób Wewnętrznych i Reumatologii, Wojskowy Instytut Medyczny w Warszawie

ARTICLE INFO

Journal: PolHypRes 2013 Vol. 45 Issue 4 pp. 37 – 52**ISSN:** 1734-7009**eISSN:** 2084-0535**DOI:** HTTP://DX.DOI.ORG/10.13006/PHR. 45.3

Pages: 16, figures: 7, tables: 0.

page www of the periodical: www.phr.net.pl**Keywords/Słowa kluczowe:***(in English):* lung morphology, heliox, rat, hyperbaric oxygenation.*(in Polish):* morfologia płuc, helioks, szczur, hiperbaria.**Polish-English bilingual publication****Publisher****Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society**

ABSTRACT

(in English)

Breathing mixes, used both in normobaria in medicine as well as in hyperbaric oxygenation in the course of diving, affect the morphological image of pulmonary parenchyma. The changes are commonly associated with the impact of hyperbaric oxygen.

The objective of the study was to determine the impact of factors other than hyperbaric oxygenation in hyperbaric exposure with the use of heliox.

The study was performed on rats subjected to hyperbaric oxygenation at an overpressure of 0.5MPa with heliox possessing a 20% oxygen content. The control group consisted of rats subjected to the same air exposures. The exposure times were 1, 2 and 4 hours.

After the experiment the animals were put to death and microscopic specimens were produced from their lungs, followed by quantitative examination.

Only slight deviations from regular pulmonary histology were observed after a one-hour exposure in both groups. Exposure extension to 2 hours resulted in an increased aeration of lungs in the control group and in parenchymal oedema, as well as an occurrence of intra-alveolar oedema in the group breathing with heliox. These changes were not significantly intensified through an exposure extended to 4 hours with the exception of a growing pulmonary oedema.

Research financed from an research grant KBN / NCN no. NN 404 109 739

The summary in Polish on the end of publication.

The summary in Russian on the end of publication.

WSTĘP

Mieszanki oddechowe takie jak helioks, trimix, hydrelioks, czy nitroks umożliwiają człowiekowi dłuższe i głębsze nurkowania, zwiększając bezpieczeństwo, zakres eksploracji i wydajność pracy w warunkach podwyższonego ciśnienia [1]. Niektóre z tych mieszanin: nitroks i helioks stosowane są także w medycynie, w warunkach normobarii [2,3] między innymi do terapii niewydolności oddechowej, także u dzieci i noworodków [4]. Zastosowanie mieszaniny o mniejszej gęstości poprawia wentylację w warunkach hiperbarii, ale także w warunkach normobarii, przy zmniejszeniu światła drzewa oskrzelowego [5,6].

Zastosowanie helioksu w warunkach hiperbarii niesie ze sobą więcej czynników ryzyka, niż w warunkach normobarycznych, ze względu na równoczesne oddziaływanie podwyższonych ciśnień parcjalnych tlenu, wzrost (choć mniejszy, niż w przypadku powietrza) gęstości mieszaniny oddechowej, a także kilkakrotnie większe przewodnictwo cieplne helu w stosunku do azotu stanowiącego zasadniczy składnik powietrza.

W badaniach doświadczalnych wpływu różnych czynników oddechowych na narządy wewnętrzne, ze szczególnym uwzględnieniem płuc stosowane były różne gatunki zwierząt: świny (noworodki) [7], króliki [8], czy wreszcie wykorzystane w naszym doświadczeniu szczury. Nie są one idealnym modelem pozwalającym na odniesienie się do zmian morfologicznych zachodzących w płucach ludzkich [9,10], jednak pozwalają na prześledzenie trendów, ze względu na podobieństwo fizjologiczne.

Możliwość obserwacji wpływu zastosowania helioksu w warunkach w których jest używany podczas ekspozycji hiperbarycznych na miąższ płuczny i porównania zaobserwowanych zmian do wpływu powietrza w tych samych warunkach czasu, nadciśnienia a szczególnie ciśnienia parcjального tlenu zachęcała nas do podjęcia badań doświadczalnych.

CEL PRACY

Celem badań było określenie morfologicznych wykładników reakcji miąższu płucznego na mieszaninę helowo-tlenową w warunkach hiperbarii i porównanie ich ze zmianami obserwowanymi w płucach podczas analogicznych ekspozycji z wykorzystaniem powietrza.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w skonstruowanej specjalnie dla małych zwierząt komorze wysokociśnieniowej, o pojemności 30 litrów, umożliwiającej stosowanie ciśnień do 1 MPa [11]. Na potrzeby prowadzonych badań komorę wyposażono także w zasilane z zewnątrz gorącą wodą wężownicę Faviera, celem przeciwdziałania gwałtownemu oziębieniu wnętrza komory podczas rozprężania na skutek efektu Joule'a - Thompsona [12]. Dzięki temu wyeliminowano również wpływ temperatury zewnętrznej i utrzymywano wewnątrz komory stałą temperaturę 18° C.

Szczury (rasy Black Hood) podzielono na dwie równoliczne grupy po 18 zwierząt; porównawczą – oddychającą powietrzem i doświadczalną, oddychającą helioksem. Ekspozycje hiperbaryczne, jakim poddawano zwierzęta trwały 60, 120 i 240 minut. Zwierzęta umieszczano w komorze po 3 sztuki. W grupie doświadczalnej (oddychającej helioksem) po zamknięciu wjazdu wykonywano płukanie komory czynnikiem roboczym celem usunięcia powietrza. Następnie podnoszono ciśnienie w komorze z prędkością 1 kPa na minutę aż do osiągnięcia ciśnienia 0,5 MPa. Podczas wszystkich ekspozycji wykonywano płukania komory czynnikiem oddechowym wedle wyliczonej procedury zapewniającej stały poziom tlenu i dwutlenku węgla w komorze [11]. Dekompresję ciągłą wykonywano z prędkością 0,5 kPa na minutę aż do osiągnięcia ciśnienia atmosferycznego. Następnie komorę otwierano i wyjmowano zwierzęta.

INTRODUCTION

Breathing mixes such as heliox, trimix, hydreliox or nitrox enable people to perform longer and deeper dives with an increased safety, exploration scope and work efficiency in the conditions of an elevated pressure [1]. Some of those mixes: nitrox and heliox are also applied in medicine under normobaria [2,3] in the treatment of respiratory failure, also in children and infants [4]. Using a mix with lower density improves ventilation in hyperbaric conditions but also in normobaria with a reduced lumen of the bronchial [5,6].

The application of heliox under hyperbaric conditions carries more risk factors than its use in normobaric conditions due to the simultaneity of occurrence of increased oxygen partial pressures, an increase (although lesser than in the case of air) in the density of the breathing mix, as well as a several times higher thermal conductivity of helium in relation to nitrogen, i.e. the main constituent of air.

The experimental studies on the impact of various breathing mixes on internal organs, with particular consideration to the lungs were carried out on various species of animals: pigs (newborns) [7], rabbits [8], or, finally, rats, as used in our experiment. Though they do not constitute an ideal model allowing direct correlations to be drawn with the morphological changes occurring in human lungs [9,10], they do enable a tracing of the trends with regard to physiological similarity.

The possibility to observe the effect of heliox on pulmonary parenchyma, in conditions similar to a hyperbaric exposure, and the opportunity to compare the noted changes to the effect of air in the same conditions regarding the time, overpressure and, in particular, the oxygen partial pressure has encouraged us to endeavour the following experimental study.

OBJECTIVE

The objective of the study was to define the morphological exponents of a reaction of pulmonary parenchyma to a helium-oxygen mix in hyperbaric conditions, and to juxtapose them with changes observed in the lungs during analogous exposures with the use of air.

MATERIAL AND METHODS

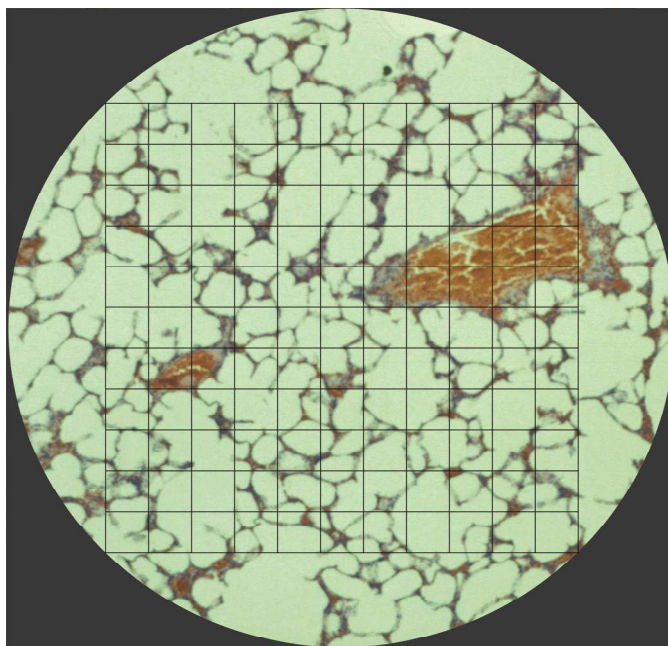
The research was conducted in a hyperbaric chamber constructed specially for small animals. Possessing a volume of 30 litres, the chamber enables the generation of an overpressure up to 1 MPa [11]. For the purposes of the conducted research, the chamber was also equipped with a Favier heating coil supplying hot water from the outside in order to counteract rapid cooling of the chamber's interior during decompression (as a result of the Joule-Thompson's effect [12]). This also eliminated the impact of the external temperature, allowing the inside of the chamber to be maintained at a constant temperature of 18° C.

Black Hood rats were divided into two groups containing 18 animals each; a comparative group - breathing with air, and an experimental group - breathing with heliox. Hyperbaric exposures lasted 60, 120 and 240 minutes. The animals were placed in the chamber in groups of 3. In the experimental group (breathing with Heliox), after closing the hatch the chamber was flushed with a working medium with the purpose of removing the air. Next, the pressure in the chamber was increased with the speed of 1 kPa per minute until the pressure of 0.5 MPa was reached. During all exposures the chamber was ventilated with the breathing mix in accordance with a calculated procedure, ensuring constant oxygen and carbon dioxide levels [11]. Continuous decompression was performed at the pace of 0.5 kPa per minute until reaching atmospheric pressure. Next, the chamber was opened and the animals were removed.

Bezpośrednio po doświadczeniu szczury uśmiercano przez przerwanie ciągłości rdzenia kręgowego i poddawano badaniu patomorfologicznemu sekcijnemu. Pakiet narządów klatki piersiowej wydobywano w całości po uprzednim podwiązaniu tchawicy, celem zapobieżenia zapadnięciu się płuc.

Skrawki tkankowe (obejmujące przekrój całego płuca) przygotowano metodą parafinową i barwiono w sposób typowy hematoksyliną - eozyną.

Do przeprowadzenia badań mikrostereologicznych użyto 121. punktowej siatki Hauga. Zliczeń dokonywano przy powiększeniu 20x. Pola do zliczeń mięszu płucnego dobierano w taki sposób, aby pod całą siatką znajdował się przekrój płuca, co ilustruje rys. 1. [13].



Rys. 1. Obraz mikroskopowy płuca z nałożoną siatką Hauga.

Zliczano trafienia linii siatki w następujące struktury: powietrzne światło pęcherzyka płucnego (zmienna ALV), przegrody międzypęcherzykowe (zmienna SEPT), płyn obrzękowy w świetle pęcherzyka płucnego (zmienna OED) i ściany oraz światło naczyń krwionośnych (zmienna VASA).

Wyniki pomiarów zebrano w tabelach i poddano analizie statystycznej. Przeprowadzono testy Lillieforsa i test Shapiro-Wilka w celu oceny normalności rozkładu zmiennych w zależności od głębokości i od czasu. Na podstawie wyników stwierdzono, że dla wielu zmiennych rozkład zmiennej nie jest rozkładem normalnym. Dlatego też do dalszej analizy wykorzystano testy nieparametryczne; test ANOVA rang Kruskala-Wallisa.

Immediately after the experiment the rats were put to death by breaking the continuity of the spinal cord and subjected to patho-morphological macroscopic necropsy. Next, after providing ligatures around the trachea in order to prevent lung collapse the entire set of organs was removed from the chest.

Tissue scraps (containing the section of the whole lung) were prepared with a paraffin method, and stained with haematoxylin and eosin.

A 121-point Haug's grid was used in order to perform micro-stereological examinations. Calculations were made with the use of 20x magnification. The fields used in the examination of pulmonary parenchyma were selected in such a way as to encompass a lung section, as shown in fig. 1. [13].

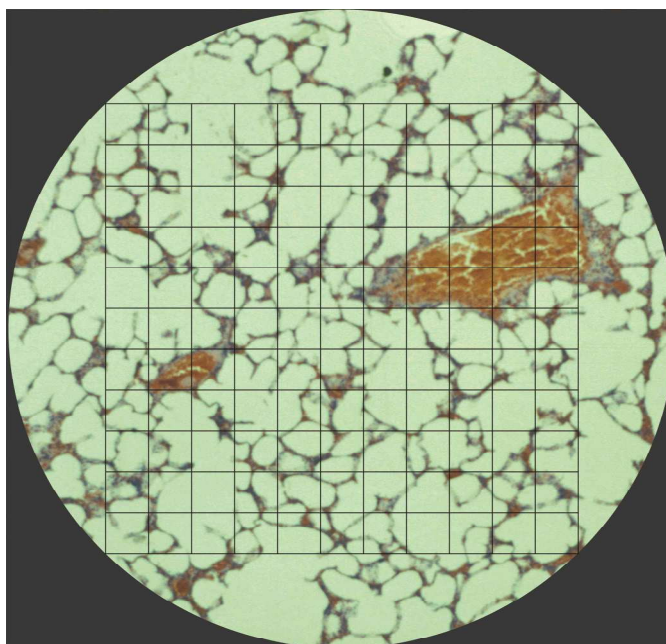


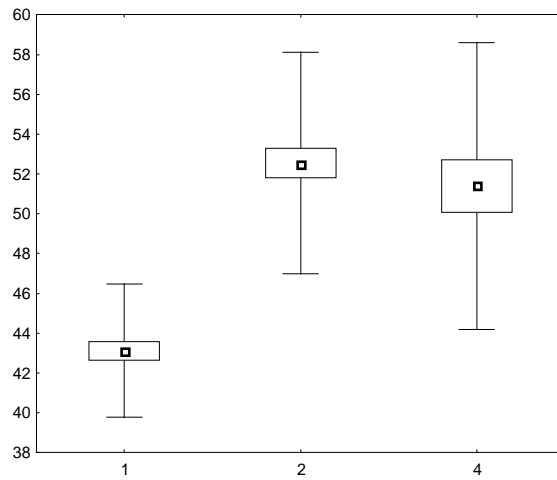
Fig. 1. Microscopic image of a lung with visible Haug's grid.

The calculation was based on the number of transection points with the following structures: air lumen of a pulmonary alveolus (ALV variable), interalveolar septa (SEPT variable), oedemic fluid in the lumen of a pulmonary alveolus (OED variable) and the walls and lumen of vascular vessels (VASA variable).

The measurement results were registered in tables and subjected to statistical analysis. Next, Lilliefors's and Shapiro-Wilk's tests were conducted to evaluate the normality of results' distribution depending on depth and time. On the basis of the results it was determined that the majority of variables were characterised by an irregular distribution. For this reason, further analysis was carried out with non-parametric tests and Kruskal-Wallis's ANOVA rank test.

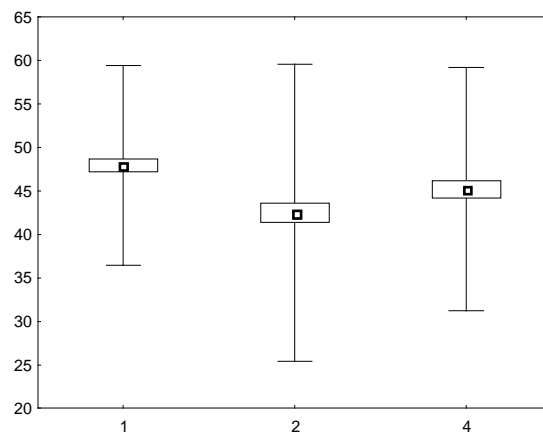
WYNIKI

Liczbę trafień punktów siatki Hauga w przegrody międzypęcherzykowe przedstawia rys. 2. – dla helioksu i rys. 3. dla powietrza.



Rys. 2. Średnie liczby trafień w przegrody międzypęcherzykowe dla poszczególnych czasów ekspozycji przy oddychaniu helioksem.

Wartość zmiennej SEPT wzrastała w sposób znamieny statystycznie ($p < 0,000001$) przy wydłużaniu czasu ekspozycji z 1 do 2 h, a następnie utrzymywała się na podobnym poziomie dla długości ekspozycji 4 h.



Rys. 3. Średnie liczby trafień w przegrody międzypęcherzykowe dla poszczególnych czasów ekspozycji przy oddychaniu powietrzem.

Wartość zmiennej SEPT ulegała istotnemu statystycznie ($p < 0,00001$) obniżeniu po dwóch godzinach ekspozycji powietrznej, a następnie utrzymywała się na stałym poziomie.

Liczbę trafień punktów siatki Hauga w powietrzne światło pęcherzyka płucnego w grupie oddychającej Heliosem przedstawia rys. 4. a w grupie oddychającej powietrzem rys. 5.

RESULTS

The number of hits on the Haug's grid in interalveolar septa is shown in fig. 2. - for heliox and fig. 3. - for air.

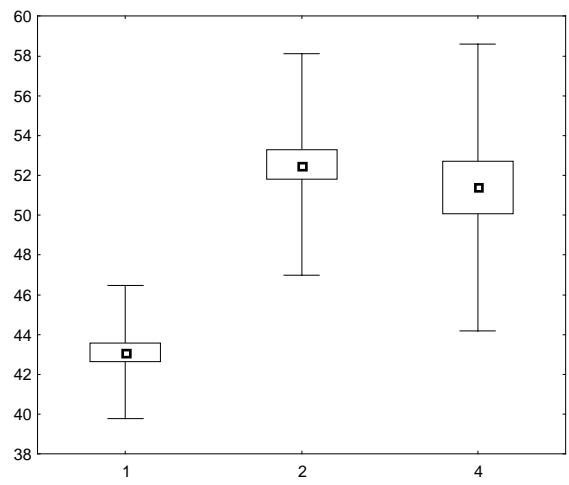


Fig. 2. The average number of hits in interalveolar septa for particular exposure times while breathing with heliox.

The values of the SEPT variable showed a statistically significant increase ($p < 0.000001$) with the exposure time extension from 1 to 2 hours, after which it remained at a similar level for the exposure time of 4 hours.

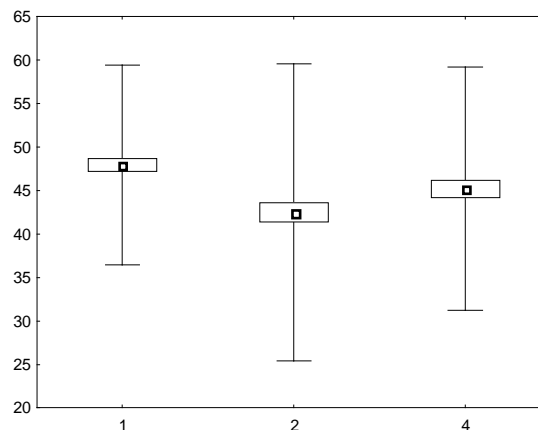
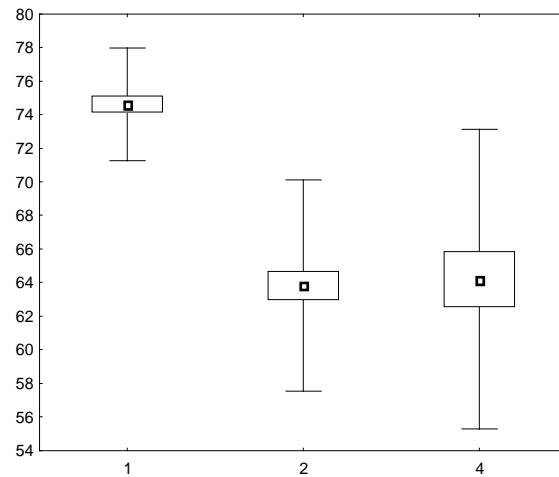


Fig. 3. The average number of hits in interalveolar septa for particular exposure times while breathing with air.

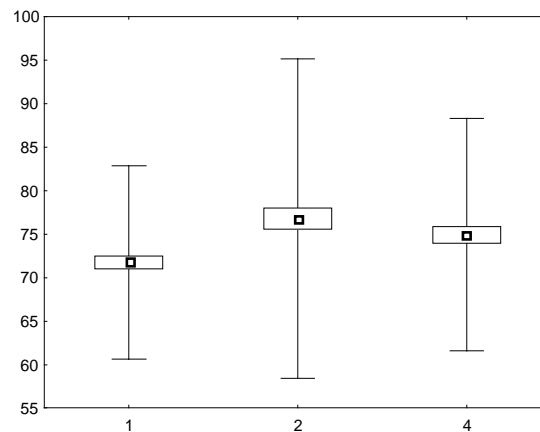
The values of the SEPT variable indicated a statistically significant ($p < 0.00001$) decrease after the lapse of two hours of air exposures and then remained at a constant level.

The number of hits on the Haug's grid in the air lumen of a pulmonary alveolus in the group breathing with Heliox is presented on fig. 4. whereas in the group breathing with air on fig. 5.



Rys. 4. Średnie liczby trafień w światło pęcherzyka płucnego dla poszczególnych czasów ekspozycji przy oddychaniu helioksem.

Wartość zmiennej ALV malała w sposób znamieny statystycznie ($p=0,00000$) przy wydłużaniu czasu ekspozycji helioksowej z 1 do 2 h, a następnie po kolejnych 2h utrzymuje się na podobnym poziomie dla długości ekspozycji 4 h.



Rys. 5. Średnie liczby trafień w światło pęcherzyka płucnego dla poszczególnych czasów ekspozycji przy oddychaniu powietrzem.

Wartość zmiennej ALV ulegała istotnemu statystycznie ($p < 0,001$) podwyższeniu po dwóch godzinach ekspozycji powietrznej, a następnie utrzymywała się na stałym poziomie.

Liczbę trafień punktów siatki Hauga w płyn obrzękowy w świetle pęcherzyka płucnego w grupie oddychającej helioksem przedstawia rys. 6.

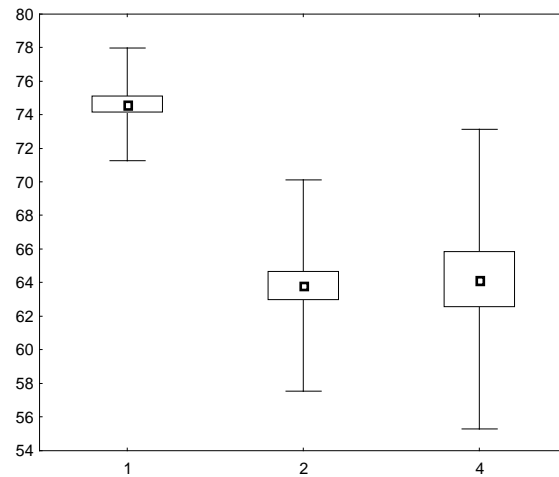


Fig. 4. The average number of hits in the lumen of a pulmonary alveolus for particular exposure times while breathing with heliox.

The values of the ALV variable showed a statistically significant decrease ($p=0.00000$) with the exposure time extension from 1 to 2 hours and then after another two hours it remained at a similar level for the exposure time of 4 hours.

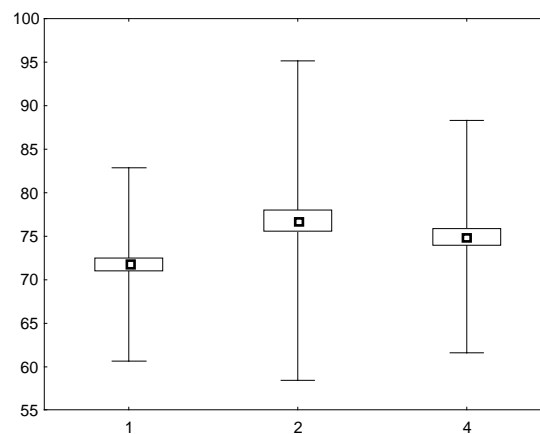
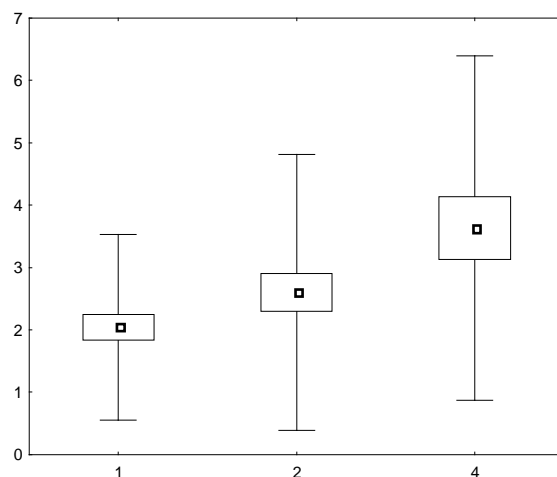


Fig. 5. The average number of hits in the lumen of a pulmonary alveolus for particular exposure times while breathing with air.

The values of the ALV variable indicated a statistically significant ($p<0.001$) increase after the lapse of two hours of air exposures and then remained at a constant level.

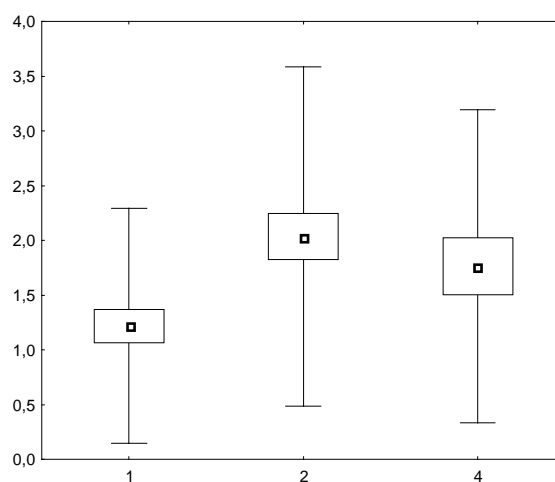
The number of hits on the Haug's grid in oedemic fluid in the lumen of a pulmonary alveolus in the group breathing with heliox is presented in fig. 6.



Rys. 6. Średnie liczby trafień w płyn obrzękowy w świetle pęcherzyka płucnego dla poszczególnych czasów ekspozycji przy oddychaniu helioksem.

Wartość zmiennej OED rośnie wraz z wydłużeniem czasu oddziaływania helioksu. Zmiana ta jest istotna statystycznie przy porównaniu par 1h – 4h ($p < 0,05$). W grupie oddychającej powietrzem zmian wartości zmiennej OED nie zaobserwowano.

Liczbę trafień punktów siatki Hauga w ściany i światła naczyń krwionośnych w grupie oddychającej helioksem przedstawia rys. 7.



Rys. 7. Średnie liczby trafień w płyn w naczynia krwionośne przegród pęcherzykowych dla poszczególnych czasów ekspozycji przy oddychaniu helioksem.

Wartość zmiennej VASA ulegała istotnemu statystycznie dla par 1 – 2 h ($p < 0,05$) podwyższeniu po dwóch godzinach ekspozycji powietrznej, a następnie utrzymywała się na stałym poziomie.

W grupie oddychającej powietrzem zmian wartości zmiennej VASA nie zaobserwowano.

OMÓWIENIE WYNIKÓW I Dyskusja

Zastosowany model doświadczalny pozwolił na „pominięcie” w obserwacjach zmian morfologicznych indukowanych przez podwyższone ciśnienie parcjalne tlenu. W dalszych rozważaniach przyjęliśmy, iż z uwagi na jednakowe ciśnienie parcjalne tlenu w czynnikach oddechowych, którymi oddychały obie grupy zwierząt, zmiany wywołane przez hiperbarię tlenową będą podobne, natomiast istotne różnice wynikać będą przede wszystkim z różnic właściwości fizycznych drugiego składnika mieszaniny oddechowej, czyli azotu, lub helu.

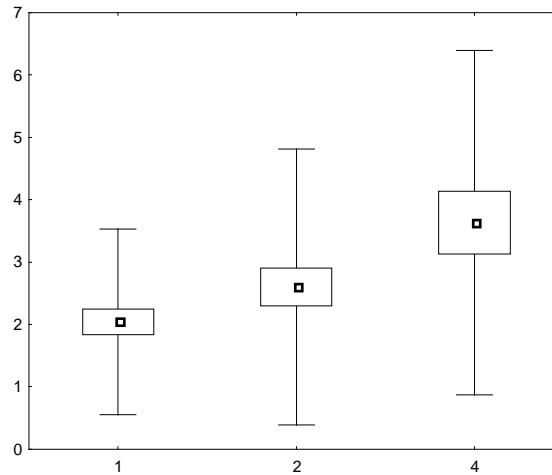


Fig. 6. The average number of hits in the lumen of a pulmonary alveolus for particular exposure times while breathing with heliox.

The values of the OED variable grew with the extension of time spent breathing heliox. This change is statistically significant in the pair comparison 1h - 4h ($p < 0.05$). In the group breathing with air no changes in the value of the OED variable were noted.

The number of hits on the Haug's grid in the walls and lumina of vascular vessels in the group breathing with heliox is presented in fig. 7.

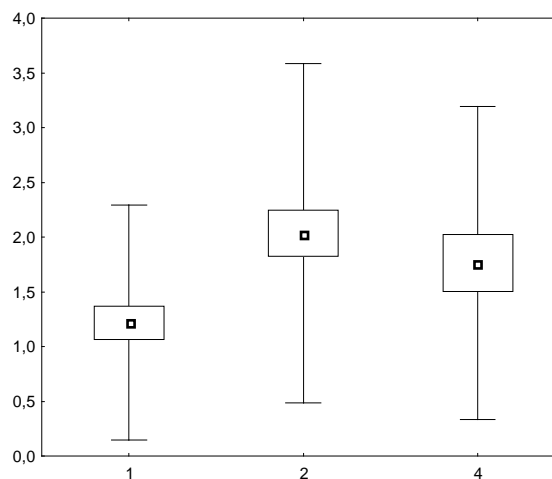


Fig. 7. The average number of hits in the vascular vessels of intra-alveolar septa for particular exposure times while breathing with heliox.

The value of the VASA variable indicated a statistically significant increase in the pairs 1 - 2 h ($p < 0.05$) after the lapse of two hours of an air exposure and then remained at a constant level.

In the group breathing with air no changes in the value of the VASA variable were noted.

DISCUSSION OF THE RESULTS

The applied experimental model allowed the "omission" in the observations of morphological changes induced by an increased partial pressure of oxygen. In further considerations it was assumed that due to the same oxygen partial pressure in the breathing mixes supplied for the animals of both groups the changes caused by hyperbaric oxygenation would be similar, whereas significant differences would stem first of all from the differences in the physical properties of the other component of the breathing mix, i.e. nitrogen or helium.

Już wstępne porównanie wyników pozwala na stwierdzenie, że zastosowanie helioksu jako czynnika oddechowego w warunkach hiperbarii generuje znacznie większe zmiany w morfologii płuc, niż oddychanie powietrzem w tych samych warunkach. Jest to szczególnie dobrze widoczne w przypadku zmiennych VASA (naczynia) i OED (obrzęk). Obie te zmienne w grupie oddychającej powietrzem nie ulegały istotnym statystycznie zmianom niezależnie od czasu trwania ekspozycji (obrzęk w zasadzie nie występował), podczas gdy w grupie oddychającej helioksem obie te zmienne wykazywały istotne statystycznie różnice wartości, w tym narastanie obrzęku płuc.

Średnie wartości zmiennej SEPT (przegrody międzypęcherzykowe) po ekspozycji jednogodzinnej w obu grupach były podobne. Przedłużanie ekspozycji do 2 i 4 godzin spowodowało w grupie oddychającej helioksem zwiększenie średniej liczby trafień w przegrody międzypęcherzykowe w drugiej godzinie i następnie utrzymywanie się tego poziomu w godzinie czwartej. Może to świadczyć bądź to o pogrubieniu przegród (obrzęk śródmiąższowy), bądź to o niedodmie, lub też o współistnieniu obu tych zjawisk.

Zupełnie w przeciwnym kierunku przebiegała ewolucja zmian w grupie oddychającej powietrzem. Przedłużanie czasu ekspozycji wywołało zmniejszenie liczby trafień w przegrody międzypęcherzykowe w drugiej godzinie i utrzymanie się na tym samym poziomie w godzinie czwartej.

Wartości średnie zmiennej ALV (światło pęcherzyka płucnego) zachowywały się w obu grupach badanych w sposób odwrotny w stosunku do wartości zmiennej SEPT. Po jednogodzinnej ekspozycji wyniki w obu grupach nie różniły się znacznie, natomiast przedłużanie ekspozycji do 2 godzin spowodowało zwiększenie liczby trafień w światło pęcherzyka w grupie oddychającej powietrzem i spadek liczby trafień w grupie oddychającej helioksem. Dalsze przedłużanie ekspozycji do 4 godzin nie przyniosło dalszych zmian; w grupie oddychającej powietrzem utrzymywała się tak sama jak po 2 godzinach zwiększona powietrzość, a w grupie oddychającej helioksem powietrzość zmniejszona.

Interpretacja porównania pomiarów zmiennej ALV sugeruje, że w grupie oddychającej powietrzem doszło do ścieńczenia przegród międzypęcherzykowych lub / i rozdęcia płuc, natomiast w grupie oddychającej helioksem do niedodmy, względnie pogrubienia (obrzęku) przegród międzypęcherzykowych. Obrazy mikroskopowe w badaniach jakościowych pozwalają na skłonienie się ku tej drugiej możliwości; zwiększeniu powierzchni zajmowanej przez przegrody, a więc ich obrzękowi w grupie oddychającej helioksem. Pośrednim potwierdzeniem tego jest wzrost powierzchni zajmowanej przez przekroje naczyń krwionośnych w grupie doświadczalnej oddychającej helioksem.

Obserwowane zmiany morfologiczne w płucach zwierząt oddychających helioksem wpływają zapewne na warunki wymiany gazowej, choćby poprzez zwiększenie odległości dyfuzyjnej, co potwierdzają doniesienia innych badaczy [14]. Jednak ich kliniczna manifestacja przy praktycznym zastosowaniu mieszanin helowo - tlenowych jest niezauważalna. Może to wynikać bądź to z różnic morfologicznych i fizjologicznych pomiędzy człowiekiem a szczurem, bądź też z na ogół mniejszych ciśnień parcjalnych tlenu w mieszaninach stosowanych przez nurków w porównaniu z zastosowaną w tym doświadczeniu.

Możliwym mechanizmem odpowiadającym za zwiększenie powietrzości miąższu płucnego w grupie oddychającej powietrzem jest wzrost gęstości mieszaniny, co utrudniało wymianę gazową a co za tym idzie, opróżnianie drzewa pęcherzykowego.

Za tym ostatnim wyjaśnieniem przemawiają także doniesienia innych badaczy które wskazują, że korzystny wpływ zastosowania helioksu w normobarii w terapii ciężkiej niewydolności oddechowej zmniejsza się szybko wraz ze wzrostem ciśnienia parcjalego tlenu w mieszaninie oddechowej [15].

Dalszych badań wymaga wyjaśnienie, dlaczego pierwsza godzina ekspozycji powietrznej i helioksovej nie powoduje większych różnic w obrazie morfologicznym płuca. Zmiany rozwijają się dopiero po dwóch godzinach, utrzymując w większości przypadków na stałym poziomie przy przedłużaniu ekspozycji.

Already an initial comparison of results allows to establish that using heliox as a breathing mix in hyperbaric conditions generates significantly greater changes in the lung morphology than breathing with air in the same conditions. This is particularly visible in the case of VASA (vessels) and OED (oedema) variables. In the group breathing with air neither of these variables indicated statistically significant changes independent of exposure times (the oedema was practically non-existent), whereas in the group breathing with heliox both of them revealed statistically significant differences in values, including a growing pulmonary oedema.

Average values of the SEPT variable (interalveolar septa) after an exposure lasting one hour were similar in both groups. Exposure extension to 2 and 4 hours in the group breathing with heliox led to an increase in the average number of hits into the interalveolar septa in the second hour, after which they maintained the same level in the fourth hour. This may constitute an indication of thickened septa (interstitial oedema), atelectasis or concurrence of both these phenomena.

On the other hand, the evolution of changes in the group breathing with air proceeded in an utterly opposite direction. Extending of the time of exposure resulted in a decreased number of hits into interalveolar septa in the second hour and maintenance at the same level in the fourth hour.

Average values of the ALV variable (lumen of a pulmonary alveolus) behaved in both researched groups in an opposite manner in relation to the value of the SEPT variable. After a one-hour exposure the results in both groups were not significantly different, however exposure extension to 2 hours led to an increased number of hits in the alveolar lumen in the group breathing with air and a decrease of such hits in the group breathing with heliox. Further exposure extension to 4 hours did not evoke more changes; in the group breathing with air the same escalated aeration was maintained as it was after the lapse of 2 hours, whilst in the group breathing with heliox a reduced aeration was preserved.

The interpretation of the measurements of the ALV variables suggests thinning of the interalveolar septa and/or ballooning of the lungs in the group breathing with air, and atelectasis, or a relative thickening (oedema) of interalveolar septa in the group breathing with heliox. Microscopic images in qualitative tests point towards the latter possibility - an enlargement of the septa area and therefore their oedema in the group breathing with heliox. An indirect confirmation of this phenomenon consists in the growth of the area taken by sections of blood vessels in the experimental group breathing with heliox.

The observed morphological changes in the lungs of animals breathing with heliox presumably have some effect on the conditions of gas exchange, as for instance by increasing the diffusion distance, which is confirmed with reports of other researchers [14]. Nonetheless, their clinical manifestation in the practical application of helium - oxygen mixes is inconspicuous. This may stem either from the morphological and physiological differences between humans and rats or from usually smaller partial pressures of oxygen in the mixes used by divers as compared with those used in the experiment.

A possible mechanism responsible for greater aeration of pulmonary parenchyma in the group breathing with air relies on the increase in the density of the mix, which impeded the gas exchange and, in consequence, emptying of the bronchial tree.

The latter explanation is also supported by findings of other researchers indicating that the beneficial impact connected with heliox application in the conditions of normobaria in the treatment of serious respiratory failure quickly decreases with an increase of oxygen partial pressure in the breathing mix [15].

What should also be noted is the fact that none of the examined variables changed in a similar way in either group. This last point allows recognition that the main methodological assumption, stating that an identical impact of hyperbaric oxygenation in both groups would not affect the obtained results, was fulfilled.

Na uwagę zasługuje także fakt, iż żadna z badanych zmiennych nie zmieniała się w podobny sposób w obu grupach. Pozwala to na uznanie, że główne założenie metodyki, iż identyczne oddziaływanie hiperbarii tlenowej w obu grupach nie wpłynie na uzyskane wyniki zostało spełnione.

WNIOSKI

1. Jednogodzinna ekspozycja powietrzna i helioksova do ciśnienia 0,5 MPa spowodowała w płucach zwierząt doświadczalnych jedynie niewielkie zmiany, nie pozwalające na zróżnicowanie czynnika oddechowego.
2. Przedłużenie ekspozycji do 2 i 4 godzin spowodowało obrzęk śródmiąższowy płuc w grupie oddychającej helioksem i wzrost upowietrznienia płuc w grupie oddychającej powietrzem.
3. Różnice w obrazie morfologicznym płuc obu grup badanych zwierząt pozwalają na wykluczenie udziału w ich powstawaniu tlenu hiperbarycznego.

However, the explanation of why the first hour of air and heliox exposure did not involve greater differences in the morphological lung image would require further research.

The changes develop as late as two hours into an exposure, mostly remaining at the same level after its extension.

CONCLUSIONS

1. One-hour air and heliox exposures up to the pressure of 0.5 MPa induced only slight changes in the lungs of experimental animals, which did not allow the drawing of a differentiation between the breathing mixes.
2. Exposure extension to 2 and 4 hours led to an interstitial oedema in the group breathing with heliox and an increase in the aeration of the lungs in the group breathing with air.
3. Differences in the morphological image of lungs, of both researched groups of animals, permit exclusion of hyperbaric oxygen as a factor responsible for their generation.

BIBLIOGRAPHY

1. Orsini AJ, Stefano JL, Leef KH, Jasani M, Ginn A, Tice L, Nadkarni VM. Heliox improves pulmonary mechanics in a pediatric porcine model of induced severe bronchospasm and independent lung mechanical ventilation. *Crit Care*. 1999;3(2):65-70.
2. Ogawa T, Calbet JA, Honda Y, Fujii N, Nishiyasu T. The effects of breathing a helium-oxygen gas mixture on maximal pulmonary ventilation and maximal oxygen consumption during exercise in acute moderate hypobaric hypoxia. *Eur J Appl Physiol*. 2010 Nov;110(4):853-61. doi: 10.1007/s00421-010-1570.
3. Lemaire C, Murphy EL. Longitudinal study of performance after deep compressions with heliox and He-N₂-O₂. *Undersea Biomed Res*. 1976 Sep;3(3):205-16.
4. Myers TR. Therapeutic gases for neonatal and pediatric respiratory care. *Respir Care*. 2003 Apr;48(4):399-422.
5. Gentile MA: Inhaled medical gases: more to breathe than oxygen. *Respir Care*. 2011 Sep;56(9):1341-57; discussion 1357-9. doi: 10.4187/respcare.01442.
6. Gentile MA: The role of inhaled nitric oxide and heliox in the management of acute respiratory failure. *Respir Care Clin N Am*. 2006 Sep;12(3):489-500.
7. Hofmann W., Koblinger L., Martonen TB.: Structural differences between human and rat lungs: implications for Monte Carlo modeling of aerosol deposition. *Health Phys*. 1989, 57 Suppl. 1: 41-46.
8. Siermontowski P., Pedrycz A., Konarski M., Kaczerska D., Ostapowicz van Damme K., Olszański R., Boratyński Z.: The development of pulmonary oxygen toxicity in rats after hyperoxic exposure. *Bull Vet Inst Pulawy* 2014, 58, in press.
9. Joule JP., Thomson W.: On the thermal effects experienced by air in rushing through small apertures. *Philosophical magazine and journal of science*. 1852 series IV, 4: 481-192
10. Gannier M., Forel JM. Clinical review: use of helium-oxygen in critically ill patients. *Crit Care*. 2006;10(6):241.
11. Katz AL, Gentile MA, Craig DM, Quick G, Cheifetz IM. Heliox does not affect gas exchange during high-frequency oscillatory ventilation if tidal volume is held constant. *Crit Care Med*. 2003 Jul;31(7):2006-9.
12. Rozova EV, Kovalenko TN, Seredenko MM.: Changes in the air-blood barrier of the lungs during the breathing of helium-oxygen gas mixtures. *Biull Eksp Biol Med*. 1983 Apr;95(4):107-10.

dr med. Piotr Siermontowski
Zakład Medycyny Morskiej i Hiperbarycznej
Wojskowy Instytut Medyczny
ul. Grudzińskiego 4 81-103 Gdynia 3
skr. poczt. 18
e-mail: nurdok@tlen.pl

mgr Katarzyna Pleskacz
Oddział Teleinformatyki
Wojskowy Instytut Medyczny
ul. Szaserów 128
04-001 Warszawa

dr hab. med. Agnieszka Pedrycz
Katedra i Zakład Histologii i Embriologii
z Pracownią Cytologii Doświadczalnej
Uniwersytetu Medycznego w Lublinie
ul. Radziwiłłowska 11 20-080, Lublin
e-mail: apw4@wp.pl

prof. dr hab. med. Romuald Olszański
Zakład Medycyny Morskiej
Wojskowy Instytut Medyczny
ul. Grudzińskiego 4 81-103 Gdynia 3 skr. poczt. 18
tel./fax. 58/6264109 tel./fax. MON 264109,
e-mail: romuald.olszanski@wp.pl

lek. med. Maciej Kulig
Klinika Chorób Wewnętrznych i Reumatologii
Wojskowy Instytut Medyczny, Centralny
Szpital Kliniczny MON
ul. Szaserów 128, 04-141 Warszawa

Stosowane zarówno w normobarii w medycynie, jak i w hiperbarii w nurkowaniu mieszaniny oddechowe wpływają na obraz morfologiczny miąższu płucnego. Zmiany przypisywane są na ogół działaniu tlenu hiperbarycznego. Celem badań było określenie wpływu innych czynników niż hiperbaria tlenowa podczas ekspozycji hiperbarycznej z zastosowaniem helioksu.

Badanie wykonano na szczurach, które poddawano działaniu hiperbarii w nadciśnieniu 0,5MPa z helioksem zawierającym 20% tlenu. Grupę kontrolną stanowiły szczury poddane takim samym ekspozycjom powietrznym. Czas ekspozycji 1, 2 i 4 godziny.

Szczury po doświadczeniu uśmiercono, wykonano preparaty mikroskopowe z płuc, które poddano badaniom ilościowym. Stwierdzono niewielkie jedynie odchylenia od prawidłowej histologii płuca po jednogodzinnej ekspozycji w obu grupach. Przedłużenie ekspozycji do 2 godzin spowodowało zwiększenie powietrzości płuc w grupie kontrolnej i obrzęk śródmiąższowy, a także pojawienie się obrzęku śródpęcherzykowego w grupie oddychającej helioksem. Zmiany te nie wzrosły znacząco po przedłużeniu ekspozycji do 4 godzin, za wyjątkiem narastania obrzęku płuc.

Badania finansowane z grantu KBN / NCN no. NN 404 109 739.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРЕНХИМЫ ЛЕГКИХ ПОСЛЕ ВЕНТИЛЯЦИИ ГЕЛИОКСОМ 20% ПРИ ДАВЛЕНИИ 0,5 МПа

Использование, как в условиях нормобарии в медицине, так и в гипербарии подводного плавания, дыхательные смеси влияют на морфологическую картину легочной паренхимы. Изменения, как правило, обусловлены действием гипербарического кислорода.

Целью исследования было определить влияние других, чем гипербарическая оксигенация, факторов во время воздействия экспозиции гипербарической с использованием гелиокса.

Испытание проводилось на крысах, которые подвергались действию гипербарии при избыточном давлении 0,5 МПа с гелиоксом, содержащим 20% кислорода. Контрольную группу составили крысы, которые подвергались такому же воздействию при дыхании воздухом. Экспозиция длилась 1, 2 и 4 часа.

Крысы были умерщвлены после эксперимента, из легких крыс изготовлены микроскопические препараты, которые были многократно испытаны.

Определено, что это было лишь незначительное отклонение от нормальной гистологии легких после одного часа экспозиции в обеих группах. Продление экспозиции до 2 часов, привело к увеличению аэрации легких и интерстициальному отеку в контрольной группе и возникновению жидкости в альвеолах в группе, где дышали гелиоксом. Эти изменения существенно не увеличились после продления экспозиции на 4 часа, за исключением, для усиления отека легких.

Ключевые слова: морфология легких, гелиокс, крыса, гипербария.

AN ACCIDENT IN IZBUCUL DE LA TAUC**WYPADEK W IZBUCUL DE LA TAUC**

Wiktor Bolek¹⁾, Piotr Siermontowski²⁾, Krzysztof Dziewiatowski³⁾, Ciodaru Dumitrescu Horia⁴⁾,
Bartosz Morawiec⁵⁾

¹⁾ Institute of Heat Engineering and Fluid Mechanics, Wrocław University of Technology, Poland

¹⁾ Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów, Politechnika Wrocławska we Wrocławiu

²⁾ Maritime & Hyperbaric Medicine Department, Military Institute of Medicine in Gdynia, Poland

²⁾ Zakład Medycyny Morskiej i Hiperbarycznej, Wojskowy Instytut Medyczny w Gdyni

³⁾ Neurology Department, Navy Hospital in Gdańsk, Poland

³⁾ Oddział Udarowy, Szpital Marynarki Wojennej w Gdańsku

⁴⁾ Department of Forensic Medicine Emergency Country Hospital Alba, Alba Julia Romania

⁴⁾ Departamentul de Medicină Legală Spitalul Județean de Urgență Alba Alba Julia Romania

⁵⁾ Tropical Medicine & Epidemiology Department, Military Institute of Medicine in Gdynia, Poland

⁵⁾ Zakład Medycyny Tropikalnej i Epidemiologii Wojskowy Instytut Medyczny w Gdyni

ARTICLE INFO

Journal: PolHypRes 2013 Vol. 45 Issue 5 pp. 53 – 6

ISSN: 1734-7009

eISSN: 2084-0535

DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.13006/PHR.45.4](http://dx.doi.org/10.13006/PHR.45.4)

Pages: 16, figures: 2, tables: 0.

page www of the periodical: www.phr.net.pl

ABSTRACT

(in English)

The paper describes a deadly accident involving an amateur diver during a cave dive as well as the medical investigation into the causes of the accident. The article points to hazards relating to the lack of medical qualifications of amateur divers.

Keywords/Słowa kluczowe:

(in English): cave diving, epilepsy, accident.

(in Polish): nurkowanie jaskiniowe, padaczka, wypadek.

Polish-English bilingual publication

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

(in Polish)

W pracy opisano śmiertelny wypadek pletwonurka amatora podczas nurkowania jaskiniowego oraz przebieg dochodzenia medycznego przyczyny wypadku. Wskazano niebezpieczeństwa związane z brakiem kwalifikacji medycznej pletwonurków – amatorów.

ЧРЕЗВЫЧАЙНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ В ИЗБУЦУЛ ТАУЦ

Эта статья описывает несчастный случай с летальным исходом аквалангиста во время любительского пещерного дайвинга и ходе расследования медицинского причины несчастного случая. Указали на опасность, связанную с отсутствием медицинской квалификации дайверов-любителей.

Ключевые слова: пещерный дайвинг, эпилепсия, несчастный случай.

OPIS PRZYPADKU

W dniu 04.10.2002, nurek R.G. nie wynurzył się po nurkowaniu w wywierzysku Tautz. Spowodowało to konieczność przeprowadzenia akcji poszukiwawczej a następnie wydobycie zwłok.

Wyjazd jesienią 2002 był jego trzecią wyprawą do Rumunii, był doświadczonym nurkiem jaskiniowym. Nurkowanie rozpoczął o godz. 14.45, jak wynika z zapisu na komputerze nurkowym. Planowany czas nurkowania wynosił 2 godziny. Po trzech godzinach, jego partner, który czekał na brzegu, zawiadomił kolegów o wypadku. Pierwsze poszukiwania podjęto jeszcze tego samego dnia. Nurek J.N. zanurkował w pierwszym syfonie i dopłynął do komory powietrznej między syfonami. Stwierdził, że w jeziorku nie ma zwłok. Butla z tlenem do dekompresji znajdowała się na głębokości -6 m. Była ona zakrecona i nieużywana, co stwierdził na podstawie odczytu z manometru.

W tej sytuacji zostali powiadomieni nurkowie znajdujący się w Polsce: Wiktor Bolek, M.S. i W.S. Postanowiono zorganizować akcję ratunkową. Jednak grupa z kraju mogła się zjawić w Rumunii dopiero za dwa dni. Stąd poszukiwania były prowadzone przez nurków znajdujących się na miejscu.

W dniu następnym nurek J.N. nurkował do głębokości -40m w drugim syfonie. Nie znalazł ciała ani butli depozytowych, które R.G. miał zostawić na tym odcinku. Kolejnego dnia 06.10.2002 wieczorem przeprowadzono dwa nurkowania z użyciem trimixu. Najpierw M.C. zanurkował na -71 m nie znajdując ciała. Następnie A.S. na głębokości ok. -80 m. znalazł ciało. W tym miejscu dno opadało pod kątem ok. 45° R.G. leżał na brzuchu, głową w kierunku wyjścia. Ręce miał przed sobą, lekko podkurczone. Pod ciałem przebiegała poręczówka. Po bokach miał przypięte dwie butle depozytowe. Przy zwłokach było w sumie pięć butli wliczając w to małą butlę z argonem do napełniania suchego skafandra. Ciało wraz ze sprzętem miało znaczną ujemną pływalność, przez co nurek nie mógł dokonać inspekcji sprzętu znajdującego się pod nim. Odpiął jedną z butli depozytowych i kołowrotek, po czym rozpoczął wynurzanie. Po sprawdzeniu w bazie okazało się, że w butli było powietrze pod ciśnieniem 130 bar.

Następnego dnia - 07.10.2002 - przyjechał zespół nurków z kraju. Podczas kolejnego nurkowania należało przygotować ciało do transportu, a później przeciągnąć je na co najmniej głębokość -60 m. Resztę dnia wykorzystano na przygotowanie do zaplanowanych akcji.

W dniu 08.10.2002 M.C. zanurkował na głębokość -80 m i dotarł do ciała. Wyciągnął poręczówkę spod ciała, przecinając ją najpierw poniżej płetw. Linka przeszła bez problemów, co oznacza, że zwłoki nie były w nią zaplątane. Nurek nie mógł stwierdzić tego bezpośrednio, ponieważ ciało było zbyt ciężkie, aby je obrócić. Ustabilizował ciało przywiązując je do białej powyżej szabli piaskowej. Następnie spróbował napełnić jacket zmarłego nurka naciskając na inflator, ale nie dało to żadnego rezultatu. M.C. zabrał drugą butlę depozytową i wynurzył się na powierzchnię. W tej butli także było powietrze, a ciśnienie wynosiło 100 bar.

W dniu 09.10.2002 próbę wyciągnięcia ciała mieli podjąć Wiktor Bolek i A.S. Na nurkowanie zabrano dodatkową 4 l butlę, która miała być użyta do napełnienia jacketu zmarłego nurka. Jako pierwszy dopłynął do ciała A.S. i założył wąż od automatu dodatkowej butli do inflatora jacketu. W tym czasie Wiktor przeciął poręczówkę i ustabilizował jej koniec. Udało napełnić się jacket, przez co ciało uzyskało neutralną pływalność. Rozpoczęto wynurzanie. Wiktor ciągnął ciało za osłonę zaworu butli, a drugi nurek popychał je przed sobą jednocześnie regulując pływalność. Holowanie szło sprawnie i zespół mieścił się w planie nurkowania. Ciało zostało doholowane do głębokości -30 m. Tu przywiązano je do punktu depozytowego. Dalej obaj nurkowie wynurzyli się sami wykonując przewidzianą dekompresję. Ze względu na sprawny przebieg akcji okazało się, że ciało będzie można wydobyć jeszcze tego samego dnia. Nurkowie R.G. i W.S. zanurkowali po ciało. Przeholowali je z -30 m na powierzchnię. W jeziorku wejściowym zdjęto butle i pozostały sprzęt. Sprawdzono manometry w zestawie głównym. Obydwa wskazywały zero. Przy pomocy policjantów i ratowników górskich przetransportowano ciało do najbliższej drogi. Poszczególne etapy akcji przedstawia rys. 1.

CASE DESCRIPTION

On 04/10/2002, diver R.G. failed to surface after taking a dive in Tauz karst spring. This resulted in the necessity to conduct a search operation followed by extraction of the body.

The expedition of autumn 2002 was the diver's third trip to Romania, he was an experienced cave diver. According to the records on a diving computer, the dive was commenced at 2.45 pm. The planned diving time was 2 hours. After three hours, his partner, waiting on the bank, notified his colleagues of a possible accident. The first search operation was undertaken on the same day. Diver J.N. dived in the first sump and reached the air spaces between siphons, confirming there to be no corpse in the passage. The decompression oxygen cylinder was found at the depth of -6 m. It was closed and unused, which was concluded on the basis of reading of the pressure gauge.

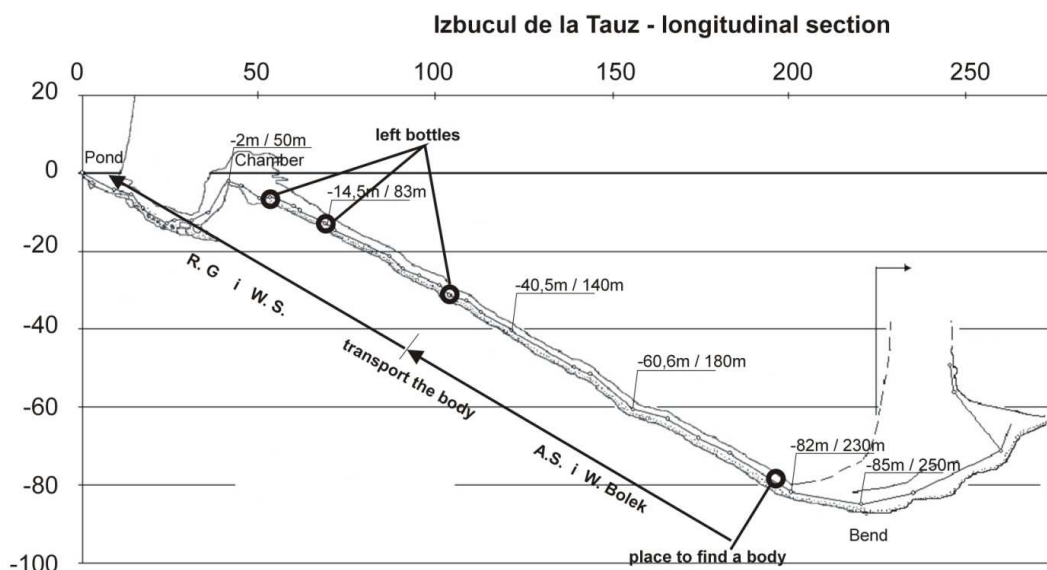
In this instant the following divers in Poland were notified: Wiktor Bolek, M.S. and W.S. The decision was made to organise a rescue operation; however, the group from Poland needed two days before they could get to Romania. Hence, the search was carried out by divers present at the scene.

On the next day, diver J.N. dived to the depth of -40m in the second siphon. He did not find the body nor the stage cylinders that R.G. was to leave behind in this passage. On the following evening of 06/10/2002 two more dives with the use of trimix were undertaken. First, M.C. dived to the depth of -71m failing to find the body. The other dive was performed by A.S. to the depth of approx. -80m, where he located the corpse. In that place the bottom descended at the angle of 45°. R.G. was found lying on his abdomen, with his head directed towards the exit. His arms were extended forward in a slightly bent position. Under the body there was a fixed rope. Two stage cylinders were attached to the sides of the body. Altogether, there were five cylinders including a small cylinder with argon for filling the diving suit. The corpse together with the equipment had a significantly negative buoyancy, therefore the diver was not able to inspect the equipment located underneath the body. He removed one of the stage cylinders and the reel and began the ascent. An inspection at the base revealed that the cylinder contained air with the pressure of 130 bars.

The diving crew from Poland arrived on the following day, i.e. 07/10/2002. The next dive aimed at preparing the body for transportation and later to haul it at least to the depth of -60 m. The rest of the day was devoted to organising the above activities.

On 08/10/2002, M.C. performed a dive to the depth of -80 m and reached the body. He pulled the fixed rope from under the body, cutting it first below the fins. It was removed without any obstacles, which means that the body was not entangled. The diver was unable to confirm that directly as the corpse was too heavy to turn over. He stabilised the body by tying it to a sand picket fixed above. Next, he attempted to fill the buoyancy jacket of the dead diver by pressing the inflator, however with no effect. M.C. took another deposit cylinder and ascended to the surface. The cylinder was also filled with air, with the pressure of 100 bars.

On 09/10/2002 the attempt to recover the body was made by Wiktor Bolek and A.S. The dive was executed with an additional 4l cylinder to be used to fill the buoyancy jacket of the dead diver. A.S. reached the body first and attached the inflate hose of this additional cylinder to the jacket's inflator. At that time Wiktor cut the fixed rope and stabilised its ending. The activity of filling the jacket was successful and provided the body with neutral buoyancy. The immersion began. Wiktor pulled the body by the cover of the cylinder's valve, whereas the other diver pushed it forward, at the same time regulating its buoyancy. The hauling proceeded without any disruptions and according to plan. The body was hauled to the depth of -30 m, where it was fixed to the deposit point. Next, both divers ascended by performing the planned decompression. Due to the efficient performance of the operation it was possible to extract the body on the same day. The dive was executed by R.G. and W.S. They hauled the body from -30 m to the surface. In the entrance pond the remaining cylinders and equipment were removed. Pressure gauge in the main set were checked. Both of them indicated zero.



Rys. 1. Przebieg akcji poszukiwawczej i wydobywczej. Źródło: <http://www.speologie.org/sites/default/files/harti/izbucul-de-la-tauz-profil-mic.jpg> zmodyfikowane.

W bazie wykonano pomiar zawartości tlenu w butlach zestawu głównego. Zawierały one 11-12 % tlenu, czyli była to mieszanina odpowiednia do nurkowania na -80 m.

W pierwszej chwili po wydobyciu za bezpośrednią przyczynę śmierci uznano wyczerpanie się gazu niezbędnego do oddychania na głębokości -80 m.

BADANIE POŚMIERTNE

Zwłoki przetransportowano do szpitala okręgowego w Alba – Julia. Tam w Zakładzie Medycyny Sądowej w dniu 10.10.2002, czyli w szóstym dniu od zgonu przeprowadzono oględzinę i sądowo – lekarską sekcję zwłok.

Podczas badania pośmiertnego, Obducent stwierdził w oględzinach zewnętrznych:

- zasinienia na przednich powierzchniach ciała,
- brak stężenia pośmiertnego,
- wokół ust starty, pergaminowaty naskórek,
- sino - niebieskie usta i krańcowe części ciała (zapewne małżowiny uszne, skrzydełka nosa),
- podskórną odmę głowy i tułowia,
- stare blizny w okolicy prawego łuku żebrowego.

Podczas oględzin wewnętrznych stwierdzono:

- tkanki miękkie głowy zawierają pęcherzyki gazowe,
- liczne pęcherzyki gazowe w naczyniach opon mózgowych,
- wykładniki obrzęku mózgu,
- w worku osierdziowym i prawej komorze serca liczne pęcherzyki gazu,
- cechy rozdęcia płuc,
- wykładniki przerostu mięśnia sercowego,
- w początkowych częściach naczyń wieńcowych „twarde, białe punkty” czyli drobne blaszki miażdżycowe,
- obecność śledziony dodatkowej,
- przekrwienie bierne narządów jamy brzusznej.

The body was transported to the nearest road with the help of policemen and mountain rescuers. The particular stages of the operation are shown in fig. 1.

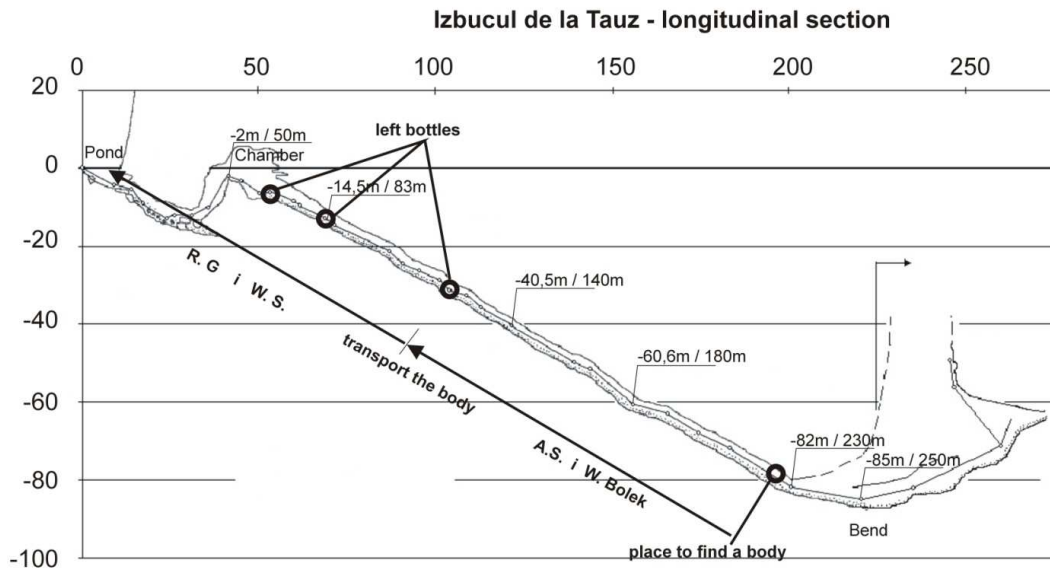


Fig. 1. Search and recovery operation. Source: <http://www.speologie.org/sites/default/files/harti/izbuluc-de-la-taz-profil-mic.jpg> modified.

The oxygen content in the cylinders of the main set was measured in the base. They contained 11-12 % oxygen, which means that the mix was adequate for diving at -80 m.

At first, after extraction of the body, the immediate cause of death was believed to be the exhaustion of the gas necessary for breathing at the depth of -80 m.

POST-MORTEM EXAMINATION

The corpse was transported to the district hospital in Alba - Julia. The autopsy was performed at the Forensic Medicine Institute on 10/10/2002, i.e. six days from the date of death. In the course of post-mortem examination the medical examiner established the following:

- bruising of anterior body surfaces,
- lack of rigor mortis,
- scraped, pallid skin around the mouth,
- bluish lips and extreme parts of the body (presumably auricles and ala of the nose),
- subcutaneous emphysema of the head and torso,
- old bruising in the area of the right costal arch.

Internal autopsy examination revealed:

- the soft tissues of the head including gas bubbles,
- numerous gas bubbles in the vessels of both cerebral meninges,
- exponents of cerebral oedema,
- numerous gas bubbles in pericardial sac and the right ventricle of the heart,
- traits of ballooning of the lungs,
- exponents of cardiac hypertrophy,
- "hard white spots" in the initial segments of coronary vessels, i.e. small atherosclerotic plaques,
- presence of accessory spleen,
- passive congestion of abdominal cavity organs.

W wykonanym przez dr. Macavei Gheorghe badaniu histopatologicznym pobranych podczas sekcji wycinków stwierdzono:

- obecność zatorów (pęcherzyków) gazowych w tkance mózgowej,
- wybroczyny okołonaczyniowe i ogniska mikromartwicy mięśnia sercowego,
- poszerzone, puste w większości naczynia wieńcowe,
- rozdęcie płuc,
- ogniskowy obrzęk śródpecherzykowy i cechy zastojów w drobnych naczyniach płucnych,
- zastój żylny w pozostałych narządach jamy brzusznej.

Na podstawie wykonanej sekcji zwłok i badania histopatologicznego Obducent uznał, iż śmierć R.G. miała charakter gwałtowny i była spowodowana ostrą niewydolnością krążeniową – oddechową. Za przyczynę niewydolności Obducent uznał zatorowość gazową (chorobę ciśnieniową).

Po zapoznaniu się z wynikami badania pośmiertnego i znanymi okolicznościami wypadku współpracujący z polskimi nurkami lekarz rodzinny dr Christian Ciubotărescu oczywiście wykluczył chorobę ciśnieniową, gdyż ze względu na śmierć nurka w najgłębszym miejscu nurkowania de facto dekompresji nie było w ogóle. W związku ze stwierdzeniem obecności blaszek miażdżycowych w proksymalnych odcinkach naczyń wieńcowych uznał, iż mogło dojść do niedrożności naczynia wieńcowego i martwicy mięśnia sercowego, czyli zawału niedokrwiennego serca. W opinii dr. Ciubotărescu takiemu mechanizmowi sprzyjał niski poziom tlenu w mieszaninie oddechowej.

ANALIZA WYNIKÓW BADANIA POŚMIERTNEGO

Podczas badania pośmiertnego Obducent stwierdził i opisał 3 grupy zmian:

1. Zmiany związane z nurkowaniem i następnie wydobywaniem zwłok z dużej głębokości.
2. Wykładniki morfologiczne śmierci gwałtownej.
3. Inne.

Ad. 1. Ponieważ Obducent w protokole sekcyjnym nie opisał nigdzie wykładników gnicia (nawet w obrębie jelit) należy przyjąć, iż całość gazu (pęcherzy gazowych) stwierdzonego podczas autopsji pochodziła z desaturacji płynów ustrojowych i tkanek. Tłumaczy to obecność pęcherzy gazowych w tkankach miękkich górnej części ciała - zwłoki leżały głową do góry pod kątem 45°. Również desaturacji zawdzięczamy obecność pęcherzyków gazowych na przekroju mózgu, w worku osierdziowym, w świetle jam serca i naczyń wieńcowych. Brak jest natomiast opisu pęcherzyków gazowych na przekrojach narządów jamy brzusznej, np. wątroby. Podobnie rozdęcie płuc opisywane przez Obducenta i Histopatologa zaliczyć należy do zmian pośmiertnych; związane jest z rozprężaniem się gazu w płucach podczas wydobywania zwłok. Ponieważ zwłoki wydobywano powoli i stopniowo, nie doszło do większych uszkodzeń mechanicznych.

Zmiany pośmiertne związane z desaturacją tkanek i płynów ustrojowych, a następnie rozprężaniem się tych gazów podczas wydobywania zwłok, często z nakładającym się rozprężaniem gazów gnilnych istotnie utrudniają wnioskowanie co do przyczyny zgonu i budowanie odpowiednich koincydencji patomorfologiczno – klinicznych. Częściowo miało to miejsce i w tym przypadku, mimo wykonania badania pośmiertnego *lege artis* [1], z uwzględnieniem większości technik istotnych w wypadkach nurkowych.

Ad. 2. Do wykładników śmierci gwałtownej można w tym przypadku zaliczyć zmiany takie jak mikromartwice w mięśniu sercowym, zastój płynnej krwi w narządach, ogniskowy przesięk w pęcherzykach płucnych a szczególnie obrzęk mózgu i jego przekrwienie mimo „wypierania” krwi przez pęcherzyki gazowe. Razem daje to obraz zgonu w przebiegu np. ostrego niedotlenienia.

Ad. 3. Stwierdzone w naczyniach wieńcowych wczesne blaszki miażdżycowe obserwowane były jedynie przez Obducenta w badaniu makroskopowym, natomiast nie pisał nic na ich temat Histopatolog.

Histopathological examination conducted by Dr. Macavei Gheorghe on samples taken during the autopsy revealed the following:

- presence of gas embolism (gas bubbles) in cerebral tissue,
- perivascular petechiae and micro-necrotic foci in the heart muscle,
- broadened and mostly empty coronary vessels.
- ballooning of the lungs,
- focal intravascular oedema and traits of stasis in small pulmonary vessels,
- venostasis in the remaining organs of the abdominal cavity.

Based on the performed autopsy and histopathological examination, the medical examiner concluded that the death of R.G. was sudden and resulted from acute circulatory and respiratory failure. The recognised reason for the said failure was gas embolism (decompression sickness).

After an analysis of the post-mortem examination results and the circumstances of the accident, a physician cooperating with the Polish divers, Christian Ciubotărescu MD, ruled out decompression sickness as due to the diver's death in the deepest place of the dive in fact no decompression was performed. Due to the presence of atherosclerotic plaques in the proximal segments of the coronary vessels, he pointed at the possibility of occlusion of a coronary vessel and necrosis of the heart muscle, i.e. anaemic infarct. According to Dr Ciubotărescu such a mechanism could have been induced by low oxygen content in the breathing mix.

POST-MORTEM EXAMINATION ANALYSIS

During the post-mortem examination the medical examiner established 3 groups of lesions:

1. lesions related to diving and extraction of the body from a large depth,
2. morphological exponents of sudden death,
3. other.

Re. 1. Since the medical examiner's description provided in the autopsy protocol pointed to no decay exponents (even in the intestinal area) we must assume that the entirety of gas (gas bubbles) confirmed in the autopsy was a result of desaturation of bodily fluids and tissues. This would explain the presence of gas bubbles in the soft tissues of the upper part of the body - the corpse was found lying with the head tilted up at the angle of 45°. Desaturation also involves the presence of gas in the brain section, in the pericardial sac, in the lumen of the chambers of the heart and coronary vessels.

However, there is no indication of gas bubbles in the sections of the abdominal cavity organs, e.g. the liver. Similarly, the ballooning of the lungs described by the medical examiner and histopathologist should be included among post-mortem lesions connected to gas decompression in the lungs in the process of body extraction. Since the recovery of the corpse was slow and gradual, it facilitated the avoidance of greater mechanical damage.

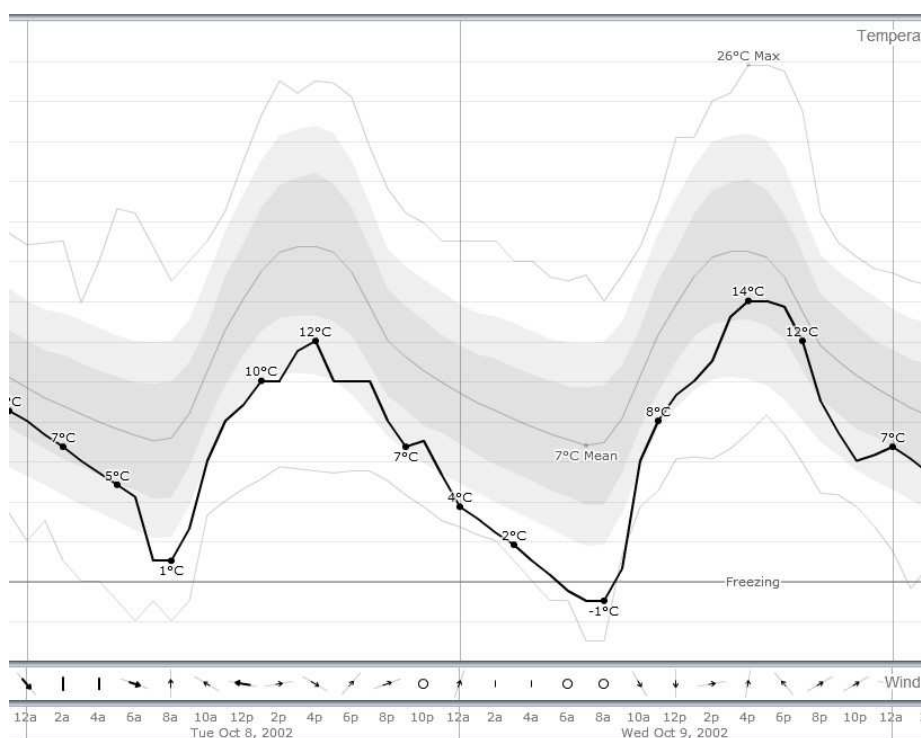
The post-mortem lesions connected with the desaturation of tissues and bodily fluids, and then with the decompression of those gases during the extraction, often accompanied with the decompression of decomposition gases, significantly impeded the processes of inference with regard to the cause of death and stipulation of proper pathomorphological and clinical coincidence. In part, this is what happened here despite the performed *lege artis* post-mortem examination [1] with consideration of most techniques relevant for diving accidents.

Re. 2. The exponents of sudden death in this case include such lesions as micronecrosis in the heart muscle, stasis of liquid blood in organs, focal transudate in pulmonary alveoli, and in particular cerebral oedema and plethora despite the blood being "superseded" by gas bubbles. All of this suggests death as a result of e.g. acute anoxia.

Re. 3. The detected early atherosclerotic plaques in coronary vessels were observed by the medical examiner only during macroscopic examination; however they were not mentioned by the histopathologist.

Należy więc przyjąć, że były one obecne jedynie w początkowych częściach naczyń wieńcowych i jako takie, nie powinny stanowić zagrożenia upośledzeniem drożności. Gdyby jednak doszło do uniedrożnienia głównego pnia tętnicy wieńcowej prawej, bądź lewej, czy pierwszego rzędu rozgałęzień (czyli w miejscu, gdzie obserwowane były blaszki miażdżycowe), mało prawdopodobne jest, aby rozległa powstająca w takich przypadkach martwica mięśnia sercowego została przeoczona podczas badań makro- i mikroskopowych. Również w samym naczyniu zapewne pozostałyby ślady czasowej niedrożności, np. pod postacią skrzepliny przyściennej. U mężczyzn w wieku zmarłego nurka epizody niedokrwienia mięśnia sercowego oczywiście występują i mogą kończyć się zejściem śmiertelnym, mają one jednak najczęściej charakter czynnościowy [2]. Nie można wykluczyć takiego przebiegu wydarzeń, jednak Autorzy przyjęli inną hipotezę jako bardziej prawdopodobną.

Inne zmiany i stany patologiczne stwierdzone podczas autopsji po wnikliwej analizie sugerują pewien ciąg przyczynowo – skutkowy mogący prowadzić do zgonu nurka. Na szczególną uwagę zasługuje w tym miejscu NIE stwierdzenie przez Obducenta stężenia pośmiertnego a także otarcia wokół ust. Ponieważ zwłoki od chwili zgonu przebywały w niskiej temperaturze (zimna woda, jaskinia), do stężenia pośmiertnego powinno dojść z opóźnieniem, jednak w momencie przeprowadzenia badania pośmiertnego stężenie wydobytych na powierzchnię przy niskiej temperaturze otoczenia, a następnie umieszczonych w chłodni zwłok powinno być zachowane. Temperatura powietrza w tym dniu określona przez najbliższą stację meteorologiczną lotniska w mieście Sibiu wahała się pomiędzy +1 a +12°C. Wykres dziennej temperatury w dniach 8 – 9.10.2002 przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Temperatury dobowe w dniach wydobywania i transportu zwłok. Źródło: <http://weatherspark.com/#!/dashboard;ws=32393>.

Ponieważ cała akcja miała miejsce ok. 50 km od Sibiu, w górach, przyjmujemy, że w miejscu wypadku temperatura była jeszcze niższa.

Ponieważ podczas badania pośmiertnego nie stwierdzono jakichkolwiek wykładników rozkładu zwłok, wykluczyć należy naturalne ustąpienie stężenia pośmiertnego. Jediną nasuwającą się przyczyną takiego obrazu sekcyjnego jest nie wystąpienie stężenia, bądź wystąpienie z tak niewielkim nasileniem, że zostało pominięte przy badaniu.

Thus, we need to assume their presence only in the initial segments of the coronary vessels and preclude their impact on the hazard of patency impairment. However, in the case of occlusion of the main stem of the right or left coronary artery or the first row of bifurcations (i.e. in the place of the observed atherosclerotic plaques), there is a probability that the vast necrosis of the heart muscle typical in such cases was omitted during macro- and microscopic examination. Also the same vessel would probably bear the traits of temporary occlusion, for instance, in the form of parietal clot. Of course, the episodes of myocardial ischemia occurring in men at the age of the deceased diver are noted and may be fatal, however most often they are functional in nature [2]. Such an occurrence may not be ruled out, still the authors assumed a different hypothesis as a more probable course of the incident.

Different lesions and pathological conditions confirmed in the course of autopsy after a detailed analysis suggest a certain cause-and-effect sequence that could have led to the diver's death. What requires particular attention is the fact of a LACK of rigor mortis observed by the medical examiner as well as the found abrasions around the mouth. Since from the time of death the body remained in low temperature (cold water, cave), rigor mortis should occur with a certain delay; however, at the moment of conducting the post-mortem examination the rigor mortis of the body extracted to the surface in the presence of a low ambient temperature and next placed in a cold store should be preserved. As specified by the nearest meteorological station situated at the airport of Sibiu city the air temperature on that day varied from +1 a +12°C. The temperature chart for the days of 8 - 09/10/2002 is presented in fig. 2.

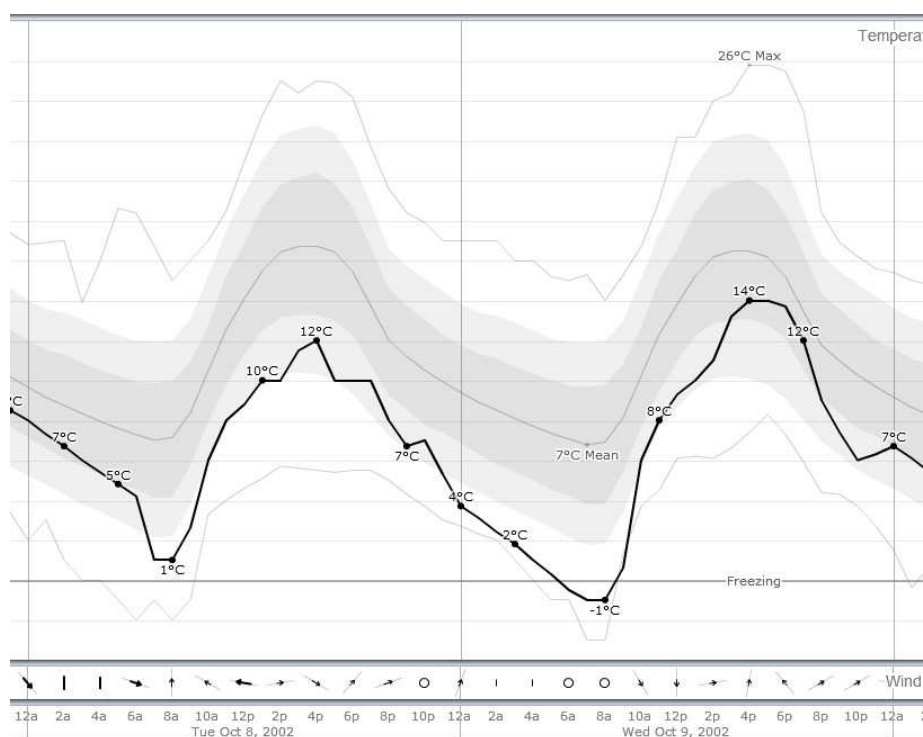


Fig. 2. Daily temperature chart on the day of body extraction and transportation. Source: <http://weatherspark.com/#!/dashboard;ws=32393>.

Since the entire operation was carried out approx. 50 km away from Sibiu, in the mountains, we should assume that in the place of the accident the temperature was even lower.

As the post-mortem examination revealed no exponents of body decomposition we must exclude natural dissipation of rigor mortis. The presumable reason for such an autopsy result is the lack of rigor mortis or its occurrence to such an insignificant extent that it was omitted in the course of examination.

Brak stężenia pośmiertnego po śmierci obserwujemy między innymi w przypadku wyniszczenia chorobowego, ale też w przypadku wyczerpania mięśni intensywną pracą przed zgonem. Taką właśnie „pracą” może być obejmujący wszystkie mięśnie szkieletowe długotrwały atak drgawkowy. Na tę właśnie przyczynę braku stężenia pośmiertnego, a w dalszej konsekwencji zgonu nurka wskazują otarcia wokół ust spowodowane skurczami żwaczy i zagryzaniem ustnika. Atakom drgawkowym na ogół towarzyszy utrata przytomności. Sugerowaną przez dr. Ciubotărescu możliwą przyczyną drgawek i utraty przytomności mogło być oddychanie z butli depozytowych, jednak jeszcze do niedawna nurkowano z wykorzystaniem powietrza jako czynnika oddechowego na głębokość -80 m a nawet głębiej [3] i wypadki pojawienia się objawów tlenowej toksyczności mózgowej nie były wcale takie częste. Stąd brak jednoznacznego określenia przyczyny utraty przytomności i napadu drgawkowego.

WYWIAD ŚRODOWISKOWY

Autorzy chcąc wyjaśnić definitywnie przyczyny i przebieg śmiertelnego wypadku rozmawiali z wieloma osobami, z którymi zmarły miał kontakt na poszczególnych etapach szkolenia nurkowego. Dotarło do jednego z Klubów Nurkowych, w którym rozpoczął szkolenie podstawowe. Prowadzący szkolenie Instruktor uważnie obserwując osoby szkolone zaobserwował, iż R.G. czasem „wyłącza się” na dłuższą chwilę, pozostając w bezruchu, nie wykonując poleceń, nie odpowiadając na pytania i nie reagując na lekkie bodźce dotykowe. Ponieważ w tym Klubie przestrzegane są zasady kwalifikacji lekarskiej do nurkowania, Instruktor zalecił kursantowi przyniesienie zaświadczenia od lekarza o zdolności do nurkowania. Gdy takiego zaświadczenia nie otrzymał, odmówił dalszego szkolenia. Dowiedział się wtedy, że kursant cierpi na padaczkę „ale taką lekką, bez drgawek”. Instruktor tym bardziej odmówił dalszego szkolenia i uświadomił kursanta o możliwych konsekwencjach nurkowania.

Z tego, co udało się ustalić autorom, zmarły podjął szkolenie podstawowe w innym klubie, gdzie na stan zdrowia nie zwracano tak wielkiej uwagi, ukończył je a następnie uczestniczył w kursach nurkowania jaskiniowego i z użyciem mieszanin oddechowych.

ANALIZA PRZEBIEGU ZDARZENIA

R.G. cierpiał z powodu padaczki, najprawdopodobniej z napadami nieświadomości. Nie ma natomiast danych z wywiadu dotyczących ewentualnych przyjmowanych leków przeciwpadaczkowych, częstotliwości występujących u niego napadów padaczkowych oraz tego, czy u zmarłego występowały tylko napady nieświadomości, czy też zdarzały się innego rodzaju napady padaczkowe, włączając w to napady uogólnione z drgawkami i utratą przytomności.

Napady drgawkowe w czasie nurkowania mogą być prowokowane przez różnego rodzaju czynniki i sytuację (stres, hipotermia, wysiłek fizyczny, efekty świetlne - stroboskopowe, hiperwentylacja czy oddychanie tlenem pod zwiększonym ciśnieniem) [4,5]. W czasie samotnego nurkowania w tak niesprzyjających warunkach jak jaskinia, potencjalny napad padaczkowy stanowić może śmiertelne zagrożenie dla nurka. R.G, mimo tego, że zdawał sobie sprawę z ryzyka związanego z nurkowaniem, ukończył kursy nurkowania jaskiniowego. Należy przyjąć, że w czasie feralnego nurkowania w dniu 04.10.2002, na głębokości około -80 m wystąpił u niego pierwotnie lub wtórnie uogólniony napad padaczkowy z towarzyszącą całkowitą utratą przytomności i drgawkami uogólnionymi. W czasie trwającego do kilkudziesięciu sekund napadu drgawkowego dochodzi początkowo do zatrzymania oddechu, następnie akcja oddechowa powraca, pacjent nadal jest jednak nieprzytomny bądź oszołomiony. W połączeniu z tym, że w czasie napadu nurkowi wypada z ust aparat oddechowy, a w pobliżu nie ma nikogo, kto mógłby natychmiast zareagować, napad padaczkowy kończy się aspiracją wody do górnych dróg oddechowych i utonięciem. W naszej opinii taki był najbardziej prawdopodobny przebieg opisanego zdarzenia.

Lack of rigor mortis is usually observed in the case of organ wasting diseases but also in the case of muscle exhaustion through intense work immediately prior to death. The "work" could take a form of a long-lasting attack of convulsions involving all skeletal muscles.

Such a cause of a lack of rigor mortis and the consequent demise of the diver is indicated by abrasions around the mouth resulting from masseter contractions and biting of the mouthpiece. Attacks of convulsions are commonly accompanied by a loss of consciousness. According to Dr. Ciubotărescu both the convulsions and the loss of consciousness could have been induced by breathing from the stage cylinders; however, until very recently it was common practice to perform dives with the use of air as a breathing mix to the depth of -80 m or deeper [3] and the incidence of CNS was not quite as high. Hence the lack of an explicit cause of the loss of consciousness and the seizure.

COMMUNITY INTERVIEW

With the aim of obtaining a precise explanation of the cause and course of this fatal accident, the authors conducted numerous interviews with people having contact with the deceased on various stages of his diving training. They reached one of the Diving Clubs where he began his basic training. The instructor in charge made an observation that R.G. sometimes seemed to "switch off" for longer moments, remaining motionless, revealing no reaction to directions, being irresponsive and insensitive to mild touch. Because the Club followed the principle of requiring medical certification for diving, the instructor recommended that the student provided a medical certificate regarding his ability to perform dives. Since no such certificate was provided he refused to carry out further training. This is when he learnt that the diver suffered from epilepsy "but a mild form, deprived of convulsions". With such knowledge the instructor refused further training and informed the diver of the possible consequences.

From what the authors managed to establish, the deceased undertook primary training in a different club where the person's health condition was not considered a crucial factor, completed it and next participated in cave diving courses with the use of breathing mixes.

INCIDENT ANALYSIS

R.G. suffered from epilepsy, presumably accompanied with attacks of unconsciousness. Nonetheless, the data concerned with possible antiepileptic medications taken by R.G., the frequency of epileptic seizures and the fact whether he only experienced attacks of unconsciousness or other types of seizures, including those with concomitant convulsions and a loss of consciousness, were unavailable to the authors.

Attacks of convulsions while performing a dive may be caused by various factors and situations (stress, hypothermia, physical effort, light effects - stroboscope, hyperventilation or breathing with oxygen under increased pressure) [4,5]. In the course of a lone dive in such unfavourable conditions as the one offered by cave diving, a potential epileptic seizure may constitute a fatal threat for a diver. Despite being aware of the risks, R.G. completed courses in cave diving. We should assume that on 04/10/2002, at the depth of approx. -80 m, R.G. experienced a primary or secondary generalised epileptic seizure, accompanied with a complete loss of consciousness and generalised convulsions. The initial consequence of a fit lasting twenty or more seconds is a respiratory arrest followed by its recurrence, during which time however the patient remains unconscious or confused.

All of this, combined with the fact that during the seizure the mouthpiece will fall out of a diver's mouth and the absence of a person that could react immediately, means the seizure must end with water aspiration into the upper respiratory tract and drowning. This was in our opinion that most probable course of the described accident.

Z uwagi na wydobycie zwłok z dużej głębokości rozprężająca się w płucach mieszanina oddechowa wypchnęła wodę z dużych oskrzeli i tchawicy, przez co nie stwierdzono tam jej obecności, a jedynie ślad płynu w pęcherzykach płucnych.

OMÓWIENIE

Padaczka jest jedną z najstarszych chorób, jej historia liczy ponad cztery tysiące lat. Dane statystyczne wskazują, że jest jednym z najczęstszych schorzeń neurologicznych. Wskaźnik zachorowalności wynosi około 60 na 100000 na rok a wskaźnik rozpowszechnienia to 1000/100000, czyli około 1%. Przyjmuje się, że w Polsce cierpi na różne formy padaczki około 400 tys. chorych [6], a na świecie choruje na nią około 50 mln ludzi [7]. Padaczka jest chorobą, w której dochodzi do nawracających zaburzeń czynności bioelektrycznej mózgu przejawiającej się różnymi rodzajami napadów padaczkowych – od napadów ogniskowych ruchowych czy czuciowych przebiegających bez zaburzeń świadomości, poprzez złożone napady ogniskowe z różnego stopnia zaburzeniami świadomości do napadów pierwotnie i wtórnie uogólnionych z drgawkami oraz utratą przytomności.

Napady uogólnione u dorosłych mają najczęściej formę napadu toniczno-klonicznego rozpoczynających się nagłą utratą przytomności z wzmocnionym napięciem mięśni całego ciała, zatrzymaniem oddechu oraz stopniowo narastającym zasinieniem skóry. Faza toniczna trwa kilkanaście sekund, sporadycznie przedłuża się do kilkudziesięciu sekund, po niej następuje faza kloniczna napadu przejawiająca się drgawkami uogólnionymi głowy i kończyn, często z przygryzieniem języka i mimowolnym oddaniem moczu. W tym okresie pacjent zaczyna oddychać, lecz jest nadal nieprzytomny. Po zakończeniu napadu najczęściej chory jest senny, splatany i zdezorientowany.

Szczególną formą uogólnionych napadów padaczkowych są napady nieświadomości należące do grupy ogniskowych napadów złożonych, gdzie u chorego mogą wielokrotnie w ciągu dnia pojawiać się kilkusekundowe utraty świadomości nie prowadzące do upadku a przejawiające się jedynie chwilowym zneruchomieniem.

Należy podkreślić, że wszystkie rodzaje napadów, zarówno ogniskowych jak i uogólnionych z i bez utraty świadomości mogą poprzedzać wystąpienie uogólnionych napadów toniczno – klonicznych. [7]

Duże badanie ankietowe przeprowadzone na chorych na padaczkę wykazało, że około 50 % chorych zgłasza różnorakie czynniki prowokujące wystąpienie napadu padaczkowego – stres (21%), przemęczenie (12%), deprywację snu (12%), alkohol, fotostymulację (błyski czy szybko zmieniające się obrazy), przegrzanie, zdenerwowanie i hiperwentylację [8]. Według innego badania nawet do 30% pacjentów cierpiących na padaczkę podaje stres jako czynnik prowokujący napad padaczkowy, część z nich podaje również, że istotnym czynnikiem wyzwalającym napad jest stres związany z uprawianiem sportu [9].

Jak wspomniano powyżej, padaczka jest chorobą rozpowszechnioną w społeczeństwie, dużą część spośród chorych stanowią, aktywni młodzi ludzie, którzy próbują funkcjonować w życiu codziennym jak ich rówieśnicy, zajmując się wszelkiego rodzaju sportami, włączając w to sporty ekstremalne, w tym nurkowaniem. W żadnych zaleceniach i wytycznych nie zaleca się nurkować chorym na padaczkę przyjmującym leki przeciwpadaczkowe, u których występują aktualnie jakiegokolwiek, nawet bardzo rzadkie, napady padaczkowe [4].

W chwili obecnej w Polsce obowiązuje Rozporządzenie Ministra Sportu z dnia 17 sierpnia 2006 [10] w sprawie bezpiecznego uprawiania nurkowania, w którym paragraf trzeci poświęcony jest stanowi zdrowia uprawiających nurkowanie amatorskie. Zawiera ono, między innymi stwierdzenie, iż „jeżeli konieczne jest udokumentowanie ... stanu zdrowia to, w zależności od potrzeb, przedstawiane jest” bądź to „zaświadczenie zawierające orzeczenie lekarskie ... „, bądź też „oświadczenie, że ... stan zdrowia pozwala na nurkowanie”. W tym niezwykle krótkim, bo liczącym sobie zaledwie dwie strony rozporządzeniu nie jest sprecyzowane kiedy konieczne jest udokumentowanie stanu zdrowia, jakie to potrzeby warunkują czy wymagane jest zaświadczenie od lekarza, a kiedy oświadczenie, wreszcie nie są określone kwalifikacje lekarza, który orzeczenia może wydawać.

Due to the fact of body extraction from a large depth, the breathing mix decompressing in the lungs pushed the water out of the bronchi and trachea, thus its presence was not detected with the exception of only a trace of liquid in the pulmonary alveoli.

DISCUSSION

Epilepsy is one the oldest illnesses, its history reaches back four thousand years. Statistical data indicate that it is one of the most common neurological conditions. Its incidence rate amounts to approx. 60 per 100000 a year and the prevalence rate equals 1000/100000, i.e. ca. 1%. It is assumed that in Poland approx. 400 thousand people [6] suffer from various forms of epilepsy, whereas in the world there are 50 million people with this illness [7]. Epilepsy is a disease characterised by recurrent disorders in bioelectric brain activity manifested by various forms of epileptic seizures - from focal motor or sensory seizures without the disturbance of consciousness, through complex focal seizures with different degrees of consciousness disturbance to primary and secondary generalised seizures with convulsions and loss of consciousness.

Generalised seizures in adults usually assume the form of a tonic-clonic epileptic attack beginning with a sudden loss of consciousness with an increased muscle tension in the entire body, respiratory arrest and a gradually proceeding cyanosis. The tonic phase lasts over ten seconds, in sporadic cases it is extended to over twenty seconds, followed by a clonic phase characterised by generalised convulsions of the head and limbs, commonly accompanied with biting of the tongue and involuntary urination. At that time the patient's respiratory action is resumed, however they still remain unconscious. On seizure recession the patient is usually drowsy, confused and disoriented.

A particular form of generalised epileptic seizures are attacks of unconsciousness belonging to the group of focal complex seizures where during the day the patient experiences multiple episodes of a loss of consciousness lasting several seconds, without the patient's collapse and merely a momentary motionlessness.

It should be emphasised that all seizure types, both focal and generalised with and without the loss of consciousness may precede occurrence of generalised tonic-clonic attacks [7].

A large survey conducted on patients with epilepsy revealed that approx. 50% of them reported various factors inducing epileptic seizures - stress (21%), fatigue (12%), sleep deprivation (12%), alcohol, photo-stimulation (flashes or quickly changing images), overheating, irritation and hyperventilation [8]. According to the results of different research, even as many as 30% of patients suffering from epilepsy indicated stress as the factor evoking epileptic seizures, whereas a part of them also pointed to the stress related with sports as an important factor leading to a seizure [9].

As it was mentioned above, epilepsy is a common disease in society, with a large portion of patients constituted by active young people who attempt to live normally as their peers by taking up all kinds of sports, including extreme sports and diving. There are no recommendations or guidelines instructing people suffering from epilepsy and taking antiepileptic medication to perform diving exercises, even with regard to those whose epileptic seizures are extremely rare [4].

The currently effective law in Poland is the Regulation of the Minister of Sport of 17 August 2006 [10] on safe diving, with Section 3 devoted to the health condition of amateur divers. It includes the following statement: "whenever it is necessary to document [...] the health condition then, depending on the requirement it is requested that the diver presents a medical certificate or a medical statement containing information that a given person's health condition allows performance of dives".

W świetle opisanego powyżej przypadku, a także wielu innych wypadków nurkowych, w tym ze skutkiem śmiertelnym, uprawnioną wydaje się być sugestia, że całkowite odstępianie od kwalifikacji zdrowotnej nurków rekreacyjnych nie było posunięciem właściwym. Szczególnie odnosi się to do instruktorów nurkowania (wykonujących taki zawód) a także do nurków wykonujących nurkowania inne, niż płytkie, z wykorzystaniem jako czynnika oddechowego powietrza bądź nitroksu.

Artykuł powstał z inicjatywy nieodżałowanej pamięci dr. hab. inż. Wiktora Bolka, który koniecznie chciał wyjaśnić dokładny przebieg zdarzeń i przyczynę zgonu nurka. Napisał pierwszą część artykułu, dostarczył materiały z Rumunii i niestety przedwcześnie nas opuścił. Ponieważ dopiero po Jego śmierci udało się ustalić najprawdopodobniejszą wersję przebiegu zdarzeń, publikujemy artykuł tak, jakby Wiktor i mój znakomity rumuński Kolega dr Horia byli wśród nas.

W tym miejscu autorzy bardzo dziękują Kolegom Jerzemu Janczukowiczowi i Krzysztofowi Niecko za nieocenioną pomoc w powstawaniu artykułu.

Piotr Siermontowski

This very short regulation of merely two pages of text does not provide precise information on when the said documentation regarding the health condition is demanded or what exact requirements determine whether to present a medical certificate or a medical statement, nor does it specify the scope of qualifications of doctors issuing such documents.

In the light of the described case as well as other numerous diving accidents, including fatal ones, it seems that complete resignation from the requirement of health qualification of recreational divers would not be the right direction. This refers in particular to active diving instructors as well as divers executing deep dives with the use of air or nitrox as a breathing mix.

The article was written on the initiative of our late colleague, Wiktor Bolek, PhD, Eng, who strove to explain the course of events and the cause of death of the diver. Before his untimely departure he managed to write the first part of the article and provide the materials from Romania. Since it was only possible to determine the most probable version of the incident after Wiktor Bolek's death, we have decided to publish this article as if he and my dear Romanian Colleague, Dr Horia, were still among us.

The authors would like to extend words of gratitude to Jerzy Janczukowicz and Krzysztof Niecko for their invaluable help in the making of this article.

Piotr Siermontowski

BIBLIOGRAPHY

1. Siermontowski P., Gidzgiez Z. Distinction of post-mortem transformations as a consequence of the corpse's remaining in water. In "The aspects of safety in and under water as well as in flights over the sea." Publ. AMW Gdynia 2004: 291 – 296.
2. Chan MY, Woo KS, Wong HB, Chia BL, Sutandar A, Tan HC.: Antecedent risk factors and their control in young patients with a first myocardial infarction. Singapore Med J. 2006 Jan;47(1):27- 31.
3. Diver decompression and recompression tables. Dowództwo Marynarki Wojennej Gdynia 1982; 11 – 19.
4. Almeida Mdo R., Bell GS., Sander JW. (2007); Epilepsy and recreational scuba diving: an absolute contraindication or can there be exceptions? A call for discussion. Epilepsia; 48(5):851-8. Review.
5. Smart D., Lippmann J. (2013). Epilepsy, scuba diving and risk assessment. Near misses and the need for ongoing vigilance. Diving Hyperb Med.;43(1):37-41.
6. Kozubski W., Liberski P. (red.). Nervous system diseases Published by PZWL 2004: 442-445.
7. Jędrzejczak J.: Epilepsy. Difficult answers to easy questions, Termedia 2008: 5-28.
8. Nakken KO et al.: Which seizure – precipitating factors do patients with epilepsy most frequently report?, Epilepsy and Behaviour 2005; 6:85-89.
9. Fountain NB, MayAC: Epilepsy and athletics. Clinics in Sports Medicine. 2003 22: 605-609.
10. Dziennik Ustaw nr 154 poz. 1103 2006: 7937 – 7938.

dr hab. inż. Wiktor Bolek

Institut Techniki Ciepłej
i Mechaniki Płynów
Politechnika Wrocławska
ul. Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

dr med. Piotr Siermontowski

Zakład Medycyny Morskiej i Hiperbarycznej
Wojskowy Instytut Medyczny
81-103 Gdynia ul. Grudzińskiego 4
nurdok@tlen.pl

lek. med. Krzysztof Dziewiatowski

Oddział Udarowy
Szpital Marynarki Wojennej
ul. Polanki 117, 80-305 Gdańsk
k.dziewiatowski@7szmw.pl

dr Ciodaru Dumitrescu Horia

Oddział Medycyny Sądowej
Szpital Okręgowy Alba
Alba Julia Rumunia

dr med. Bartosz Morawiec

Zakład Medycyny Tropikalnej i Epidemiologii
Wojskowy Instytut Medyczny
81-103 Gdynia ul. Grudzińskiego 4

OXYGEN TOLERANCE TEST**TEST TOLERANCJI TIENOWEJ**

Ryszard Kłos

Polish Naval Academy, Department of Underwater Work Technology in Gdynia, Poland
Akademia Marynarki Wojennej Zakład Technologii Prac Podwodnych w Gdyni

ARTICLE INFO

Journal: PolHypRes 2013 Vol. 45 Issue 4 pp. 69 – 78**ISSN:** 1734-7009**eISSN:** 2084-0535**DOI:** [HTTP://DX.DOI.ORG/10.13006/PHR.45.5](http://dx.doi.org/10.13006/PHR.45.5)

Pages: 10, figures: 0, tables: 1.

page www of the periodical: www.phr.net.pl

ABSTRACT

(in English)

The Oxygen Tolerance Test procedure *OTT* applied in the armed forces is specified in the "Temporary instruction on standard pressure and oxygen tolerance tests" (Maritime Rescue Command, 2007). The procedure was outlined within the targeted project No. 148-101/C-T00/96 entitled *Technology of Oxygen Combat Diving* and implemented in the years 1996-1998 by the Polish Naval Academy. This article presents the most significant information concerning its purposefulness and the mode of its implementation.

Keywords/Słowa kluczowe:*(in English):* oxygen tolerance test, the role, Navy.*(in Polish):* test tolerancji tlenowej, rola, Marynarka Wojenna.**Polish-English bilingual publication****Publisher**

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

(in Polish)

Procedurę przeprowadzania testu tolerancji tlenowej *TTT* stosowaną w siłach zbrojnych opisano w „Tymczasowej instrukcji standardowego testu ciśnieniowego i tolerancji tlenowej” (Szefostwo Ratownictwa Morskiego, 2007). Procedura ta została opracowana w ramach projektu celowego Nr 148-101/C-T00/96 *Technologia bojowych nurkowań tlenowych*, zrealizowanego w latach 1996–1998 w Akademii Marynarki Wojennej. Treść artykułu stanowią najistotniejsze informacje dotyczące celowości i sposobu jego prowadzenia.

ТЕСТ НА ТОЛЕРАНТНОСТЬ К КИСЛОРОДУ

Процедура тестирования толерантности к кислороду, используемая в вооруженных силах, описана в «Временная инструкция стандартного теста давления и толерантности к кислороду» (Начальство Морского спасения, 2007). Эта процедура была разработана в целевом проекте номер 148-101/C-T00/96 «Технология боевых кислородных погружений», осуществленного в 1996-1998 годах в Военно-Морской Академии. Содержанием статьи является наиболее важная информация относительно цели и способа проведения теста.

Ключевые слова: тест толерантности к кислороду, роль, военно-морской флот.

PRAKTYKA KRAJOWA

W Siłach Zbrojnych RP zaleca się aby kandydaci do nurkowania z wykorzystaniem sztucznych czynników oddechowych byli poddawani testom selekcyjnym: testowi ciśnieniowemu, testowi tolerancji tlenowej czy też obu testom jednocześnie. Pojedynczy test tolerancji tlenowej powinien zostać powtórzony w odstępie minimum tygodnia, a testy ciśnieniowe zaleca się wykonywać możliwie często, zwłaszcza podczas podwyższania klas nurkowych i przed okresowymi badaniami lekarskimi [1].

PRAKTYKA ŚWIATOWA

Dyskusje na temat celowości stosowania testu tolerancji tlenowej *TTT* towarzyszą od początku systematycznych badań nad wykorzystaniem tlenu jako czynnika oddechowego [2]. Podstawowym problemem uzyskania miarodajnego wyniku *TTT* jest znaczna zmienność zarówno osobnicza¹, jak i grupowa² [3]. Te same badania pokazują jednak, że nurkowie doprowadzani do zatrucia tlenowego w komorze dekompresyjnej oraz w zanurzeniu wykazywali wyższą odporność na *CNSyn* podczas zanurzenia w wodzie. Pokazuje to, że testy komorowe niosą użyteczną informację [4].

Początkowo *TTT* był stosowany w kilku krajach, lecz na początku wieku jedynie siły zbrojne Niemiec i Polski wykorzystywały go w badaniach przesiewowych. W roku 2000 *USN* dokonała analizy efektów, jakie przyniosło przeprowadzenie 6250 testów tolerancji tlenowej wśród kandydatów na nurków bojowych w latach 1976-2000. Przez ten okres odrzucono jedynie 6 kandydatów, stąd uznano, że stosunek zysków do ponoszonych kosztów jest niekorzystny i rekomendowano zaprzestanie prowadzenia testów przesiewowych w *US Navy*³ [5]. Najważniejszym powodem wniosku o zaprzestaniu badań przesiewowych był jednak fakt wprowadzenia przez *US Navy* nowej procedury płukania przestrzeni oddechowej aparatów tlenowych prowadzącej do tego, że praktycznie nurek oddycha ponad 70% nitroksem⁴, którego wzbogacenie w tlen podczas procesu nurkowania nie powinno przekroczyć granicy 85%_{vol} O₂/N₂ [6].

SPOSÓB PRZEPROWADZENIA TESTU

Kandydat do *TTT* powinien posiadać aktualne świadectwo zdrowia i przed rozpoczęciem *TTT* musi zostać zapoznany ze sposobem jego przeprowadzenia oraz zasadami zachowania się wewnątrz komory hiperbarycznej.

Nurkowie poddawani *TTT* przed wejściem do komory powinni odpowiedzieć na kilka pytań dotyczących ich stanu ogólnego i samopoczucia oraz zostać zbadani przez lekarza. Zakres badań może być rozszerzony, jednak nie o takie elementy, które mogłyby znacząco obciążać nurka w dniu badania⁵.

¹doprowadzono do wystąpienia objawów *CNSyn* jednego nurka raz bądź dwa razy w tygodniu przez okres 90 dni, odnotowując znaczne różnice w tolerancji na podwyższone ciśnienie cząstkowe tlenu jako czynnika oddechowego (Donald K.W., 1947),

²doprowadzono do wystąpienia objawów *CNSyn* u 36 nurków, odnotowując znaczne różnice w czasie tolerancji na podwyższone ciśnienie cząstkowe tlenu jako czynnika oddechowego na poziomie 373 kPa (Donald K.W., 1947),

³należy sobie zdać sprawę, że do służby w oddziałach specjalnych przyjmowani są kandydaci o specjalnych walorach fizycznych, doskonałym zdrowiu i są to ludzie młodzi, dlatego trzeba założyć, że zagrożenie dla szerszej populacji jest większe niż obserwowane podczas przeprowadzonych testów,

⁴mieszaniną azotowo-tlenową,

⁵ np. testy wydolności fizycznej,

DOMESTIC PRACTICES

The Armed Forces of the Republic of Poland recommend that candidates for performing dives with the use of artificial breathing mixes are subjected to the following selective tests: the pressure test, the oxygen tolerance test or both tests simultaneously. A single oxygen tolerance test should be repeated after a minimum of one week, whereas it is advised that pressure tests are conducted as often as possible, especially during diving class advancement and prior to periodic medical examinations [1].

GLOBAL PRACTICES

Discussions on the purposefulness of Oxygen Tolerance Tests *OTT* have been present since the beginning of systematic research on the use of oxygen as a breathing mix [2]. The main problem concerned with obtaining a reliable *OTT* result is related to a significant inter-individual¹ as well as group variability² [3]. However, the same study shows that divers brought to a state of oxygen toxicity in a decompression chamber, went on to demonstrate a higher resistance to *CNSyn* when under water. This illustrates that chamber tests do provide useful information [4].

Initially *OTT* was used in several countries, however by the beginning of this century only German and Polish armed forces continued to apply the test in the course of their screen testing.

In 2000 the *USN* carried out an effects analysis of 6,250 oxygen tolerance tests conducted among combat diving candidates performing their service in the years 1976 – 2000. In this period only 6 candidates were rejected, hence it was concluded that the ratio between the benefits and the incurred costs was unfavourable and the idea of screen testing in the *USNavy*³ was abandoned [5]. However, the most important reason for the motion to cease screen testing was the implementation by the *USNavy* of diluting the oxygen content of the breathing mix found in divers' apparatuses, meaning that in the future, in over 70% of cases, divers would actually be breathing nitrox⁴, whose enrichment in oxygen during the diving process should not exceed the value of 85%_{vol} O₂/N₂ [6].

TEST IMPLEMENTATION METHOD

A candidate for *OTT* should be in possession of a current health certificate and prior to *OTT* commencement should become familiarized with its method and the required behaviour inside the hyperbaric chamber.

Before entering the chamber, divers subjected to *OTT* should provide answers to several questions concerning their general condition and frame of mind as well as allow a doctor's examination. The scope of examination may be extended, however not with elements that could significantly burden the diver on the day of the examination⁵.

¹ *CNSyn* symptoms were evoked in a single diver once or twice a week for the period of 90 days, which showed significant differences in his tolerance to an increased partial pressure of oxygen as a breathing mix (Donald K.W., 1947),

² *CNSyn* symptoms were induced in 36 divers indicating significant differences in tolerance times to an increased partial pressure of oxygen as a breathing mix at the level of 373kPa (Donald K.W., 1947),

³ it needs to be remembered that candidates to special task forces should be characterised by adequate physical properties, excellent health condition and a relatively young age, thus we must assume that such a hazard related to a broader population will be greater than that observed during the conducted tests,

⁴ a nitrogen-oxygen mix,

⁵ e.g. physical fitness test,

Komora hiperbaryczna przeznaczona do prowadzenia *TTT* powinna być odpowiednio do tego przystosowana⁶. Kandydat odbywa *TTT* w asyście nurka zabezpieczającego, który bacznie obserwuje zachowanie, wykonuje zlecane badania oraz prowadzi protokół medyczny testu.

Badany i nurek zabezpieczający sprężani są do ciśnienia równoważnego głębokości 18 mH₂O. Podczas procesu sprężania oddychają powietrzem z atmosfery komory. Po osiągnięciu głębokości 18 mH₂O badany nurek powinien zostać jeszcze raz krótko poinstruowany o zasadach korzystania z inhalatora tlenowego. Następnie zakłada maskę inhalatora, ściśle ją dopasowuje i rozpoczyna oddychanie O₂ przez okres 30 min w spoczynku w pozycji leżącej. Czas od początku sprężania do momentu rozpoczęcia oddychania tlenem nie powinien być dłuższy niż 15 min. Oddychanie odbywa się w niskooporowym układzie otwartym⁷ z odprowadzeniem wydychanego czynnika poza komorę.

Podczas *TTT* nurek zabezpieczający oddychając z atmosfery komory, obserwuje i przeprowadza w odstępach 5 min pomiary częstości oddechów, tętna, ciśnienia tętniczego krwi u nurka poddanego *TTT*. Nurek zabezpieczający powinien przez cały czas obserwować testowanego nurka i w razie zauważenia jakichkolwiek symptomów *CNSyn* przerwać oddychanie z inhalatora tlenowego i jak najszybciej przejść na oddychanie powietrzem z atmosfery komory. Podczas *TTT* należy stosować wentylację komory hiperbarycznej i nie dopuścić do koncentracji tlenu wewnątrz niej powyżej $C_{O_2} < 25\%_{obj}$. Ciśnienie parcjale ditlenku węgla p_{CO_2} w atmosferze komory hiperbarycznej powinno być niższe niż $p_{CO_2} < 1\text{kPa}$.

Po 30 min. oddychania tlenem badany zdejmuje maskę i przez dwie minuty oddycha atmosferą komory pod ciśnieniem równoważnym 18 mH₂O. Następnie przeprowadza się dekompresję. Zalecana szybkość dekompresji, ze względu na nurka zabezpieczającego, nie powinna przekraczać 10 mH₂O · min⁻¹. Zaleca się wykonanie 1 min postoju na głębokości 3 mH₂O, jako przystanku bezpieczeństwa nawet jeśli dla nurka zabezpieczającego nie jest wymagane zastosowanie postojów na stacjach dekompresyjnych zgodnie z powietrzną tabelą 3MW [7]. Pozytywnie zakończony pierwszy w serii *TTT* powinien być powtórzony po minimum tygodniowej przerwie. Dopiero pozytywne odbycie przez testowanego nurka drugiego *TTT* daje podstawę wnioskowania o pomyślnym wyniku *TTT*. Postępowanie takie wiąże się ze wspomnianym wcześniej rozrzutem osobniczym w tolerancji na O₂ w warunkach hiperbarycznych [4]. Najczęściej powtórzenie *TTT* przy wystąpieniu w pierwszym podejściu symptomów ośrodkowego zatrucia tlenowego *CNSyn* przy powtórnym przeprowadzeniu *TTT* nie potwierdza się [8]. Najczęstsze symptomy i objawy zatrucia tlenowego pokazano w tab.1.

Tabela 1

Symptomy i objawy zatrucia tlenowego (Harabin A.L., Survanshi S.S., Homer L.D., 1994).

Stopień zagrożenia	Symptomy	Liczba przypadków
↓	nudności	75
	pobudzenie, duszność, bezsenność, przygnębienie	12
	ból głowy	5
	odrętwienie, pieczenie	13
	zawroty głowy	63
	skurcze	335
	zaburzenia słuchu	7
	zaburzenia wzroku	17
	utrata przytomności, zaburzenia mowy	16
	drgawki	91
Sumarycznie		634

⁶ograniczenia podano w zał. 2,

⁷opór wdechu $p < 50\text{ mmHg}$,

The hyperbaric chamber used in the *OTT* should be properly adapted to the task⁶. A candidate subjected to *OTT* should be in the presence of a securing diver who carefully observes his behaviour, performs the assigned examinations and makes records in the medical protocol of the test. Both the tested and the securing diver are compressed to a pressure equivalent to the depth of 18 mH₂O. In the compression process they breathe air from the chamber's atmosphere. After reaching the depth of 18 mH₂O the tested diver should again be briefly instructed on the principles of the use of the oxygen mask. Next, he should put on the mask, adjust it to a tight fit and begin breathing with O₂ for a period of 30 minutes in a lying down position. The time between compression commencement and the moment of starting to breathe with oxygen should not exceed 15 minutes. The process of breathing is carried out in a low-resistance open system⁷ with the exhaled mix discharged outside the chamber. During *OTT* the securing diver, breathing from the chamber's atmosphere, makes observations and at intervals of 5 minutes takes measurements of the breathing frequency, heart rate and arterial blood pressure of the diver subjected to *OTT*. The securing diver observes the tested diver at all times, and in the event of noting any *CNSyn* symptoms should immediately remove the test diver from the oxygen supply in order to allow him to breathe the chamber's atmosphere.

In the course of *OTT* it is necessary to carry out ventilation of the hyperbaric chamber to ensure that the atmosphere within the chamber does not exceed $C_{O_2} < 25\%_{vol}$. Carbon dioxide partial pressure p_{CO_2} in the atmosphere of the hyperbaric chamber should be lower than $p_{CO_2} < 1kPa$. After 30 minutes of breathing with oxygen, the tested diver removes the mask and breathes for two minutes with the chamber's atmosphere at the equivalent pressure of 18 mH₂O. This is then followed by decompression. With regard to the safety of the securing diver, the recommended decompression speed should not exceed 10 mH₂O · min⁻¹. It is advised to take a 1 minute pause at the depth of 3 mH₂O, as a security stop, even if it is not required of the securing diver to perform such stops at decompression stations in accordance with the air table 3MW [7]. An *OTT* with a positive outcome in the first series should be repeated only after a minimum period of one week has elapsed. Only the positive result of a second *OTT* should provide the proper foundation to consider the final *OTT* result positive. Such a procedure is connected with the already mentioned inter-individual variation with regard to tolerance to O₂ in hyperbaric conditions [4]. Most commonly, it is observed that *OTT* repeated on an individual who experienced an occurrence of central nervous system oxygen toxicity symptoms in the first attempt (*CNSyn*), does not subsequently demonstrate such symptoms [8]. The most typical oxygen toxicity symptoms are presented in tab.1.

Table 1

Oxygen toxicity symptoms (Harabin A.L., Survanshi S.S., Homer L.D., 1994).

Hazard level	Symptoms	Number of cases
↓	Nausea	75
	agitation, breathlessness, sleeplessness, depression	12
	Headache	5
	numbness, burning sensation	13
	Dizziness	63
	Cramps	335
	hearing impairment	7
	visual impairment	17
	loss of consciousness, speech disorder	16
	Convulsions	91
	Total	634

⁶ the limitations are specified in App.2,

⁷ Inhalation resistance $p < 50$ mmH₂O,

Jeżeli podczas *TTT*⁸ u nurka wystąpiły drgawki, test zostaje zakończony z wynikiem niepomyślnym i nie jest już nigdy powtarzany, a nurek może być dopuszczony jedynie do nurkowań z wykorzystaniem powietrza jako czynnika oddechowego.

Gdy podczas *TTT* wystąpiły u kandydata objawy złego samopoczucia, akcja oddechowa spadła poniżej 4 oddechów na minutę lub wystąpiły inne niż drgawki symptomy *CNSyn*, to *TTT* powinien być przerwany i powtórzony po okresie minimum 2 tyg. Ponowne wystąpienie symptomów lub objawów *CNSyn* podlega takim samym regułom, jak gdyby wystąpiły u testowanego nurka drgawki. Jeżeli podczas powtórnego *TTT* nurek nie wykazywał żadnych symptomów *CNSyn*, to zaliczany jest mu jedynie pierwszy etap *TTT*, a drugi przeprowadza się po upływie minimum 1 tyg. Jeżeli trzecia ekspozycja przebiega bez uwag, nurek pomyślnie przechodzi *TTT*. Jeżeli natomiast podczas trzeciego z kolei *TTT* nurek wykazuje choćby najmniejsze symptomy *CNSyn*, powinien być potraktowany tak, jak gdyby wystąpiły u niego drgawki.

Jeżeli pierwszy z testów nurek przeszedł z wynikiem pomyślnym, a podczas drugiego wystąpiły objawy złego samopoczucia lub symptomy *CNSyn* inne niż drgawki, to *TTT* może być powtórzony dwa razy w odstępach minimum 1 tyg. Jeżeli podczas powtarzania *TTT* występują symptomy *CNSyn*, nurek powinien być potraktowany tak, jakby wystąpiły u niego drgawki.

Po każdym *TTT* badany powinien przebywać 1 godz. w pobliżu komory dekompresyjnej.

ROLA TESTU TOLERANCJI TLENOWEJ

W związku z kłopotami związanymi z brakiem kwalifikowanych lekarzy zajmujących się ochroną zdrowia nurków trwa dyskusja o formach zabezpieczenia nurkowych jednostek wojskowych w świetle konieczności obniżenia dotychczas stosowanych standardów. Na tle problemów krajowych oraz praktyki stosowanej w innych krajach wydaje się, że rezygnacja z *TTT* jest jednym z pierwszych dopuszczalnych kroków w tym zakresie.

Już dawno *TTT* zostałyby zaniechane, gdyby nie utarło się przekonanie wśród nurków o jego pożyteczności i wymuszaniu przez nich przeprowadzania testu. Pozytywne przejście *TTT* podnosi wśród nurków poczucie bezpieczeństwa oraz zaufania do własnych umiejętności. Wynik negatywny nie dyskwalifikuje ich jako niezdolnych do służby nurkowej, powodując jedynie ograniczenie uprawnień do ponoszenia ryzyka. Towarzyszące *TTT* dodatkowe szkolenie teoretyczne i praktyczne utrwalalo konieczność samokontroli i ugruntowywało wiedzę o *CNSyn*. Stąd należy wnosić, że ważniejszym od efektów badań przesiewowych jest efekt psychologiczny. Wydaje się, że efekt psychologiczny *TTT* jest całkowicie pomijany w prowadzonej dyskusji. Wyraz jego ważności potwierdzany jest utrzymaniem zatrudnienia psychologów w jednostkach, choć obecnie służą w nich jedynie specjalnie dobierani żołnierze zawodowi. W stosunku do służby nurkowej marginalizuje się efekty psychologiczne, chociaż obserwuje się niepożądane znaczne zmniejszenie populacji czynnych nurków wojskowych, graniczące z balansowaniem na krawędzi zachowania gotowości bojowej. Powodów tego stanu rzeczy jest zapewne wiele, choć można je zebrać pod wspólny mianownik obniżenia etosu tej służby, rozumianego tutaj jako normy i wartości składające się na charakter służby nurkowej, określającego jej odrębność i wyjątkowość. Na zmniejszanie się atrakcyjności służby nurkowej duży wpływ ma także obniżanie standardów zabezpieczenia medycznego. Obserwowane częstsze przypadki występowania objawów *CNSyn* w marynarkach wojennych NATO skłaniają niektóre kraje do rozpatrzenia przez nie powrotu do wykonywania *TTT*⁹. Ma to zatrzymać proces narastających wśród nurków obaw o ich zdrowie a co za tym idzie ich wpływ do innych rodzajów służby.

⁸pierwszego lub drugiego,

⁹ Underwater Diving Working Group NATO Standardization Agency Meeting Istanbul 2011,

If in the course of *OTT*⁹⁸ the diver experiences convulsions, the test is interrupted and marked as negative with no further attempts to be made, and such a diver may only be cleared to perform dives with the use of air as the breathing mix.

If during *OTT* the candidate experiences symptoms of discomfort, his breathing rate drops below 4 breaths per minute or *CNSyn* symptoms other than convulsions are noted, the *OTT* should be interrupted and repeated after a minimum period of one week has elapsed. Re-occurrence of *CNSyn* symptoms will be assessed according to the same principles as when the diver experiences convulsions. Should the repeated *OTT* induce no *CNSyn* symptoms in the tested diver, only the first stage of *OTT* will be accepted whereas the second will be carried out after a minimum period of one week has elapsed. If the third exposure is carried out in an undisturbed manner the *OTT* is passed. However, if in the course of the third *OTT* attempt the diver shows even the slightest *CNSyn* symptoms he should be treated in the same way as if he experienced convulsions.

In the situation when the first test is completed with a positive result, whereas during the second test a diver manifests the feeling of discomfort or *CNSyn* symptoms other than convulsions, the *OTT* may be repeated twice with intervals of a minimum period of one week. If in the course of a repeated *OTT* the symptoms of *CNSyn* are observed, the diver should be treated in the same way as in the case of convulsions.

After each *OTT* the tested diver should remain near the decompression chamber for the period of 1 hour.

THE ROLE OF OXYGEN TOLERANCE TEST

Due to the problem of a lack of qualified doctors to deal with divers' health protection, there is an ongoing discussion on methods of ensuring the safety of military diving units in the light of the necessity to lower the currently applied standards. With regard to domestic problems and the practices of other countries it seems that the resignation from *OTT* constitutes the first of the allowable measures.

In fact, *OTT* would have already been abandoned a long time ago if it was not for divers' convictions about its usefulness and their insistence on having it carried out.

Passing of *OTTs* raises the divers' sense of security as well as faith in their skills, whereas the negative result does not disqualify them from diving but only imposes a certain limitation on the risk they may assume.

The additional theoretical and practical training accompanying *OTT*, on the other hand, reminded them of the importance of self-discipline and established the divers' knowledge of *CNSyn*. Thus, we may assume that the psychological effect was of greater significance than the effect of the screen tests themselves.

Yet, it appears that the psychological effect of *OTT* tends to be altogether omitted in the said discussion. The level of importance attached by the navy to psychological factors is confirmed by the fact that psychologists are actually employed in naval units, although at present they are only specially selected professional soldiers. In diving units, the psychological effects are however still somewhat marginalised, even though there is an observable significant and undesired reduction in the population of active military divers maintaining operational readiness. There are certainly numerous reasons for such a state of affairs, yet we may seek their common denominator in the fact of a diminished ethos of the service understood as the norms and values inscribed in its character and defining its distinction and uniqueness. The attractiveness of the diving service is also reduced to a great extent by the fact of lowering medical security standards. The higher occurrence rate of cases of *CNSyn* symptoms in NATO navies results in some countries being inclined towards the return to performing *OTT*⁹.

⁸ the first or the second,

⁹ Underwater Diving Working Group NATO Standardization Agency Meeting Istanbul 2011,

W ramach konieczności racjonalizowania wydatków należy dążyć do zmniejszenia nakładów na służbę nurkową z jednoczesnym nie pozbawianiem nurków poczucia bezpieczeństwa. Wydaje się, że istnieje możliwość wprowadzenia takiej pragmatyki¹⁰ jedynie na drodze zmian organizacyjnych.

Wobec ludzi młodych, wysportowanych, z orzeczoną dobrą kondycją, badania komisyjne podczas naboru można przenieść na czas testowania przeprowadzanego na etapie obowiązkowych szkoleń, wykorzystując lekarzy specjalistów jako lekarzy pierwszego kontaktu¹¹, zabezpieczających nurkowania i orzeczników jednocześnie. Wprowadziłoby to wszechstronną opiekę¹², przyczyniło się do podniesienia etosu służby i wzmocniło poczucie bezpieczeństwa nurków. Dałoby także możliwość intensywniejszego i bardziej racjonalnego wykorzystania lekarzy specjalistów.

¹⁰rozumianym tutaj, jako postępowaniu uwzględniającym logiczny związek z zaistniałą sytuacją problemową,

¹¹w zastępstwie psychologów,

¹²praktyka pokazuje, że nurkowie w jednostkach mogą ulegać także innym chorobom zawodowym nie tylko związanym ze służbą nurkową przykładowo, schorzeniom kręgosłupa związanym z prowadzeniem małych łodzi motorowych,

This is to stop the divers from accumulating concerns about their health and their consequent transition to other service types.

Due to the necessity to rationalize expenditures it is attempted to reduce the costs of the diving service in such a way as not to deprive divers of the sense of security. It seems that it is possible to implement such pragmatisms¹⁰ only in the form of organizational changes. For example, with regard to young and athletic people with a certified good healthy condition, the physical examination currently conducted in the presence of a committee could be moved so as to be performed at the stage of compulsory training, which would allow the use of specialist doctors as primary care physicians¹¹, dive securing doctors and certifying physicians all at the same time. This would ensure complex care¹², contribute to raising the ethos of the service and strengthen divers' sense of security. Moreover, it would provide the opportunity to use specialist doctors in a more comprehensive and rational manner.

BIBLIOGRAPHY

1. Maritime Rescue Command 2007. Temporary instruction: Standard pressures and oxygen tolerance test. Gdynia: Naval Command, 2007. Appendix 2 to an order of the Commander-in-chief of the Polish Navy no. 30/SRM of 02.04.2007.
2. Clark J.M., Thom S.R. 2003. Oxygen under pressure. [book's author] Neuman T.S. Brubakk A.O. Bennett and Elliott's physiology and medicine of diving. Edinburgh : Saunders, 2003, Chapter 9.4.
3. Donald K.W. 1947. Oxygen poisoning in man part I. British Medical Journal. May 17, 1947, pp. 667-672.
4. Donald K. 1992. Oxygen and the diver. Harley Swan: The SPA Ltd., 1992. ISBN 1-85421-176-5.
5. Walters K.C., Gould M.T., Bachrach E.A., Butler F.K. 2000. Screening for oxygen sensitivity in US Navy combat swimmers. Undersea Hyper Med. May 27, 2000, pp. 21-26.
6. Harabin A.L., Survanshi S.S., Homer L.D. 1994. A model for predicting central nervous system toxicity from hyperbaric oxygen exposure in man: effects of immersion, exercise, and old and new data. Bethesda : Naval Medical Research Institute, 1994. NMRI 94-0003; AD-A278 348.
7. Diver decompression and recompression tables. 1982. Collective work. Gdynia: Naval Command, 1982. Cat. No. 860/81.
8. Butler F.K., Knafelc M.E. 1986. Screening for oxygen intolerance in U.S. Navy divers. Undersea Biomed Res. 1986, Vol. 13, pp. 91-98.

dr hab. inż. Ryszard Kłos, prof. nadzw. AMW
Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte
Zakład Technologii Prac Podwodnych
81 – 103 Gdynia 3, ul. Śmidowicza 69
TEL.: +58 626 27 46, FAX.: +58 626 27 61

¹⁰ understood as a procedure taking into account the logical relationship with the existing problem situation,

¹¹ in replacement of psychologists,

¹² practice shows that the divers in units may also suffer from other occupational diseases, not only those connected with diving, such as spinal disorders resulting from operating small motor boats.

FIRE PROTECTION IN THE HYPERBARIC SIMULATOR DGKN-120

OBRONA PRZECIWOŻAROWA W SYMULATORZE HIPERBARYCZNYM DGKN-120

Zbigniew Talaśka

Polish Naval Academy in Gdynia, Poland
Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte w Gdyni

ARTICLE INFO

Journal: PolHypRes 2013 Vol. 44 Issue 4 pp. 79 – 94

ISSN: 1734-7009

eISSN: 2084-0535

DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.13006/PHR.45.6](http://dx.doi.org/10.13006/PHR.45.6)

Pages: 16, figures: 8, tables: 0.

page www of the periodical: www.phr.net.pl

ABSTRACT

(in English)

The article presents a description of an active fire protection system used in the hyperbaric simulator GDKN-120 constructed on the basis of a diphase 122 FEN-T water mist nozzle by Telesto Systemy Mgłowe Ltd of Warsaw.

Keywords/Słowa kluczowe:

(in English): underwater works technology.

(in Polish): technologia prac podwodnych.

Polish-English bilingual publication

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

(in Polish)

W artykule przedstawiono opis aktywnego systemu przeciwpożarowego, zastosowanego w symulatorze hiperbarycznym DGKN-120, zbudowanego w oparciu o głowicę mgłową, dwufazową 122 FEN-T firmy Telesto Systemy Mgłowe sp. z o.o. z Warszawy.

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА В ТРЕНАЖЕРЕ ГИПЕРБАРИЧЕСКОМ DGKN-120

В статье представлено описание активной противопожарной системы, используемой в тренажере гипербарическим GDKN-120, построенным на базе туманной головки двухфазной 122 FEN-T фирмы Telesto Systemy Mgłowe ООО из Варшавы.

Ключевые слова: технология дноуглубительных работ.

WSTĘP

Zapewnienie bezpieczeństwa nurkowania i wykonywania prac podwodnych to jedno z najistotniejszych zadań, które realizowane jest podczas każdej ekspozycji nurkowej, zarówno od strony technicznej, jak i organizacyjnej. Obowiązkowe i konsekwentne przestrzeganie odpowiednich procedur, zapewniających bezpieczeństwo nurków, nakładają m.in. akty prawa polskiego w postaci ustaw oraz odpowiednich do nich rozporządzeń [1,2]. Zagadnienia te podejmują również międzynarodowe instytucje, jak towarzystwa klasyfikacyjne, nurkowe zrzeszenia zawodowe itp. organizacje, związane z działalnością morską. Przeprowadzają badania, zbierają doświadczenia, a wyniki tych prac przedstawiają w postaci publikacji jak m.in. analizy, opracowania, zalecenia, standardy [3].

Jednym z podstawowych zagrożeń, bezpośrednio wpływających na bezpieczeństwo nurków podczas różnych działań nurkowych, jest możliwość powstania pożaru. W celu spełnienia wymogów prawa, podjęto prace zmierzające do wyposażenia symulatora hiperbarycznego DGKN-120 Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni w aktywny system przeciwpożarowy. Spełnia on szereg funkcji z czego najważniejszą z nich jest możliwość przeprowadzania eksperymentów naukowych w zakresie m.in. technologii prac podwodnych, wykorzystania nowych konstrukcji aparatów oddechowych i sprzętu nurkowego w działaniach wojskowych oraz cywilnych. Szczególnie ważnym zakresem są prace badawcze z użyciem sztucznie sporządzanych mieszanin oddechowych jak nitroks, trymiks i helioks.

Do tej kategorii należą nurkowania saturowane i nurkowe aparaty oddechowe o półzamkniętym oraz zamkniętym obiegu gazu. Nieodzownym składnikiem tych mieszanin jest tlen. Jego silne właściwości utleniające, sprzyjające występowaniu pożarów, a równocześnie niezbędność jego stosowania w technice nurkowej, może stwarzać istotne zagrożenia bezpieczeństwa nurków. Pożar w warunkach hiperbarii najczęściej powstaje przy braku zachowania kompatybilności tlenowej zastosowanego wyposażenia i sprzętu, a także nie przestrzeganie określonych procedur eksploatacyjnych. Oznacza to m.in. wzajemną różnorodność właściwości fizyko-chemicznych, których przypadkowa, niezamierzona styczność lub połączenie, w obecności tlenu, stwarza dogodne warunki zaistnienia pożaru.

RODZAJE ZABEZPIECZEŃ PRZECIWOŻAROWYCH

Najczęściej w kompleksach nurkowych stosowane są dwa rodzaje zabezpieczeń przeciwpożarowych:

- bierne,
- aktywne.

Na zabezpieczenia bierne składają się środki gaśnicze bezpośrednio dostępne przez nurków wewnątrz komór dekompresyjnych, jak również w najbliższym, zewnętrznym otoczeniu kompleksu. Należą do nich m.in. gaśnice nurkowe i gaśnice ogólnego stosowania, koce gaśnicze, worki z piaskiem, podstawowe narzędzia itp. W przypadku gaśnic nurkowych muszą to być środki skuteczne i jednocześnie bezpieczne dla zdrowia, nie zagrażające życiu nurków. Ich działanie ogranicza się praktycznie do małych, lokalnych pożarów w komorach, które możliwe są do ugaszenia tego typu środkami gaśniczymi.

Przeciwpożarowe zabezpieczenia aktywne stanowią systemy gaśnicze, działające najczęściej w sposób automatyczny bez czynnego udziału ekipy nurkowej, przebywającej w danym momencie w kompleksie. W skład systemu wchodzi lub mogą wchodzić m.in.:

- elektroniczne, czujnikowe układy ostrzegawcze,
- instalacje rurowe z dyszami rozpylającymi środek gaśniczy wewnątrz komór,
- zewnętrzny zbiornik z środkiem gaśniczym i wydajnym układem przetłaczającym,
- ręczny lub/i automatyczny układ sterowania pracą systemu gaśniczego, obsługiwany przez ekipę nadzorującą pracę kompleksu.

INTRODUCTION

Ensuring the safety of diving processes and underwater works constitutes one of the most important tasks realized at each diving exposure, both from the technical as well as organizational perspective. Compulsory and systematic observance of proper procedures aimed at guaranteeing the security of divers is imposed by Polish law in the form of legal acts and the related regulations [1,2]. Safety issues are also discussed by international institutions, including classification societies, professional divers' associations, etc. and organizations related to maritime activities. All of them are involved in conducting research and collecting experiences, which are later published in the form of analyses, studies, recommendations or standards [3].

The risk of fire constitutes one of the primary hazards with a direct impact on diver safety during various diving operations. In order to meet the legal requirements, the Polish Naval Academy in Gdynia has initiated works aimed at equipping the hyperbaric simulator DGKN-120 with an active fire protection system. The system is multi-functional, with the most important function being that it facilitates the carrying out of scientific experiments in the field of underwater works technologies, the use of newly constructed breathing apparatuses and diving equipment in both military and civil operations. A particularly important scope of works is related to research on the use of artificially produced breathing mixes, such as nitrox, trimix and heliox. This category encompasses saturation diving and diving with the use of semi-closed and closed rebreathers. As we know, an indispensable component of the above mixes is oxygen. Its strong oxidizing properties, raising the risk of a fire, and, at the same time, the necessity of its application in the diving technology may create a significant threat to divers' safety. In hyperbaric conditions, the occurrence of a fire is related to a failure to maintain oxygen compatibility in the equipment utilised within the chamber complex, as well as inobservance of specified operational procedures. This means, among other things, a mutual diversity of physical-chemical properties whose incidental and unintended contact or connection in the presence of oxygen will produce favourable conditions for starting of a fire.

FIRE PROTECTION TYPES

The two most common fire protection systems applied in diving complexes include:

- passive,
- and active systems.

A passive fire protection system consists of extinguishing media available to divers inside decompression chambers as well as in the immediate proximity outside the complex. They include diving and general use extinguishers, fire blankets, bags with sand, basic tools, etc. In the case of extinguishers situated within the chamber complex, the media they contain need to be both efficient and safe with regard to divers' health and life. Their use is limited to small local fires in chambers, extinguishable with such means.

An active fire protection system, on the other hand, most commonly consists of systems working automatically without active participation of the diving crew present in the complex at that time. The system may include:

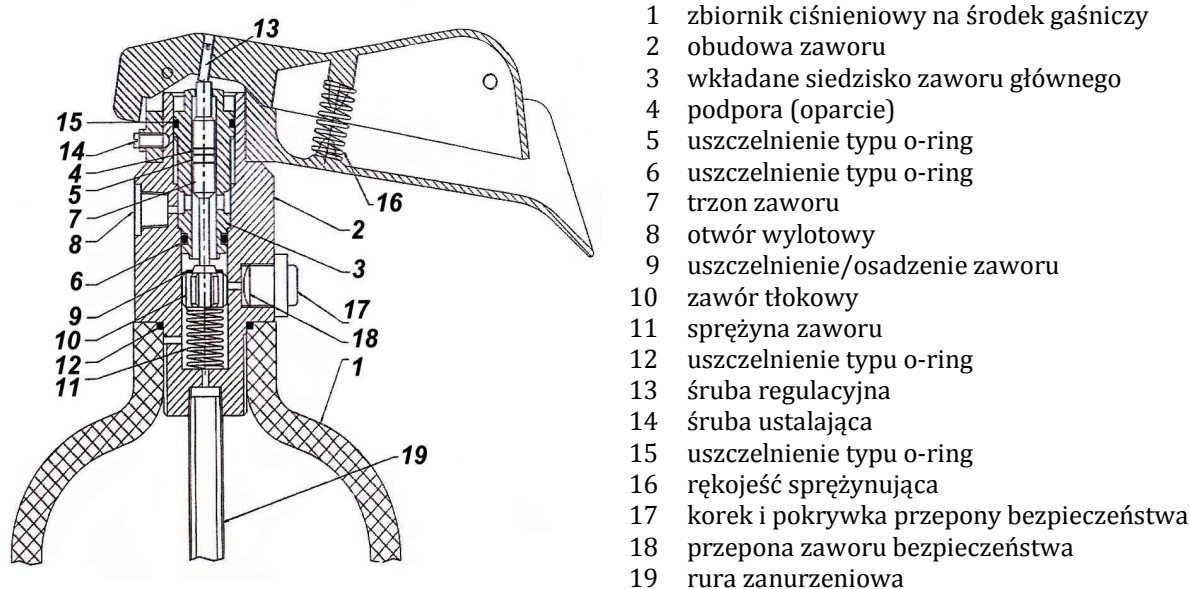
- electronic, sensor-based warning systems,
- pipe installations with nozzles spraying an extinguishing medium inside the chambers,
- an external vessel with an extinguishing medium and an efficient pumping system,
- a manual and/or automatic control system operated by supervisory personnel of the complex.

BIERNE ZABEZPIECZENIE PRZECIWOŻAROWE W SYMULATORZE DGKN-120

Zabezpieczenie bierne zastosowane w symulatorze hiperbarycznym DGKN-120 stanowią nurkowe gaśnice pianowe, umiejscowione w każdej komorze dekompresyjnej kompleksu. Są one przeznaczone do wielokrotnego użytku i warunków hiperbarycznych. Zawarta w nich substancja gaśnicza nie jest szkodliwa dla życia nurków. Wyrzut środka gaśniczego z gaśnicy, daje możliwość gaszenia pożaru o lokalnym zakresie, tzn. tylko w określonym obszarze komory, w którym mogło powstać źródło ognia. Drugim elementem obrony biernej są odpowiednio dobrane i zastosowane komponenty wyposażenia wnętrza habitatu. Dzięki zminimalizowaniu wzajemnego wpływu na siebie ich właściwości fizykochemicznych, ograniczono możliwości powstania potencjalnych zagrożeń pożarowych.

Na rys. 1. pokazano przekrój głowicy rozpylającej gaśnicy pianowej hiperbarycznej, zastosowanej w symulatorze DGKN-120 [4].

Podstawowe parametry techniczno-użytkowe gaśnicy firmy „Divex” są następujące:



- 1 zbiornik ciśnieniowy na środek gaśnicy
- 2 obudowa zaworu
- 3 wkładane siedzisko zaworu głównego
- 4 podpora (oparcie)
- 5 uszczelnienie typu o-ring
- 6 uszczelnienie typu o-ring
- 7 trzon zaworu
- 8 otwór wylotowy
- 9 uszczelnienie/osadzenie zaworu
- 10 zawór tłokowy
- 11 sprężyna zaworu
- 12 uszczelnienie typu o-ring
- 13 śruba regulacyjna
- 14 śruba ustalająca
- 15 uszczelnienie typu o-ring
- 16 rękojeść sprężynująca
- 17 korek i pokrywa przepony bezpieczeństwa
- 18 przepona zaworu bezpieczeństwa
- 19 rura zanurzeniowa

Rys. 1. Budowa głowicy rozpylającej gaśnicy produkcji firmy „Divex” zastosowanej w kompleksie nurkowym DGKN-120 [4].

typ gaśnicy	–	HY-FEX
objętość zbiornika	–	7,5 litra
wysokość gaśnicy	–	600 mm
średnica zbiornika	–	Ø 180 mm
wydajność piany	–	50 litrów
czas wyładowania	–	50 s
zasięg wyładowania	–	6 m
efektywność wyładowania	–	99 %
ciśnienie próbne zbiornika	–	200 bar
ciśnienie pracy zbiornika	–	133 bar
zakres temperatury	–	- 15 °C do + 55 °C
głębokość testowa	–	450 m H ₂ O
nominalna objętość komory	–	14 m ³

THE PASSIVE FIRE PROTECTION SYSTEM IN THE DGKN SIMULATOR–120

The passive fire protection system applied in the hyperbaric simulator DGKN–120 consists of foam extinguishers placed in each decompression chamber of the complex. They are reusable and adjusted to hyperbaric conditions. The substance used in them poses no threat to diver health. The release of an extinguishing medium from the extinguisher enables the divers to put out a local fire, i.e. only in that area of the chamber where the probable fire source is situated. A second, but important element of the passive fire protection system consists in properly selected and applied components of the habitat's interior. Due to a minimized mutual impact of the physical and chemical properties the potential risk of fire has been substantially reduced.

Fig. 1. depicts a cross section of the spraying nozzle of a hyperbaric foam extinguisher used in the DGKN-120 simulator [4].

The basic technical and performance parameters of an extinguisher produced by 'Divex' are as follow.

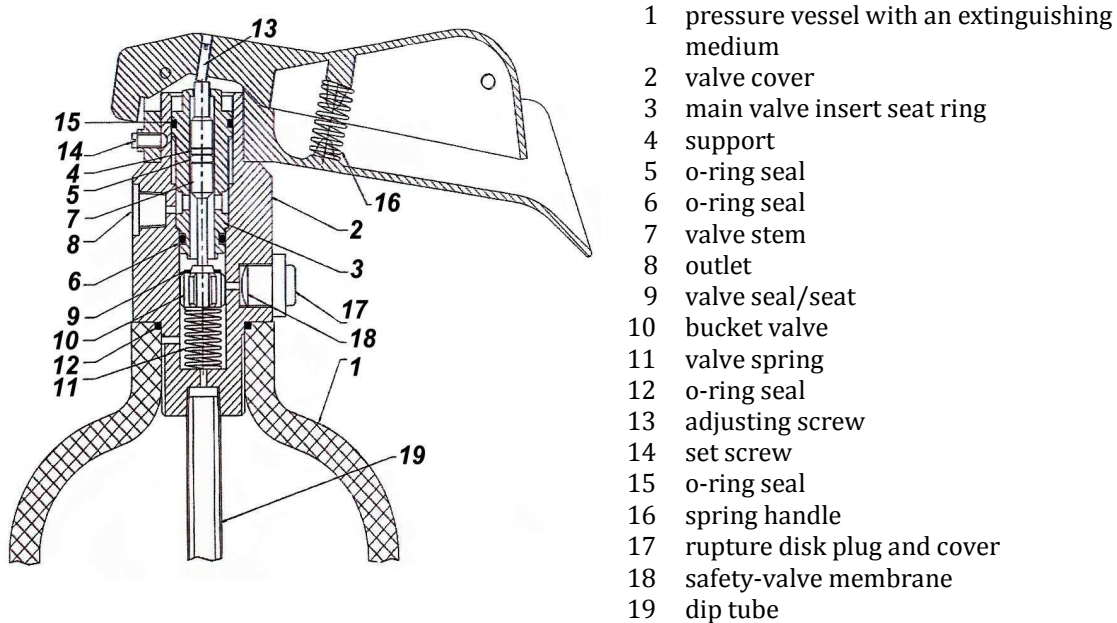
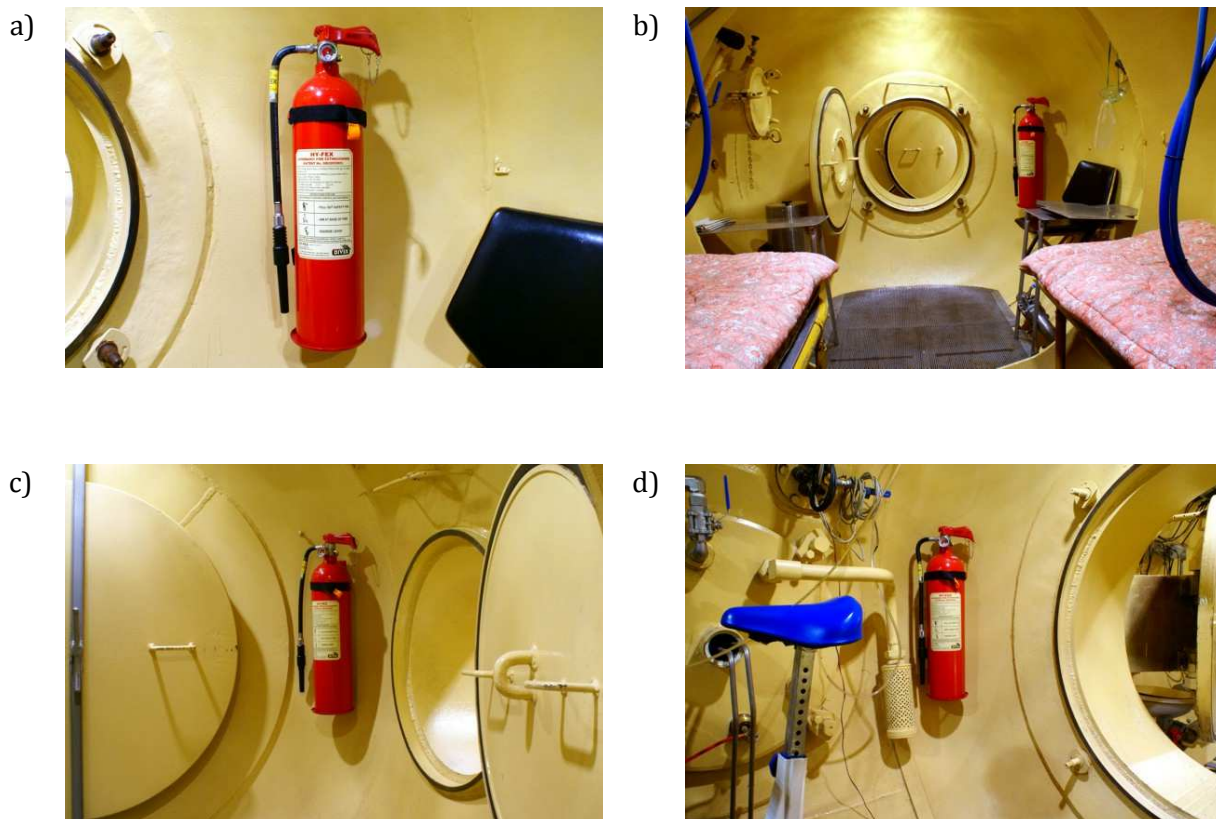


Fig. 1. Structure of a spray nozzle in the 'Divex' extinguisher used in the diving complex DGKN–120 [4].

extinguisher type	–	HY-FEX
vessel capacity	–	7.5 litres
extinguisher height	–	600 mm).
vessel diameter	–	Ø 180 mm).
foam output	–	50 litres
discharge time	–	50 s
discharge range	–	6 m
discharge efficiency	–	99 %
vessel's test pressure	–	200 bars
vessel's operating pressure	–	133 bars
temperature range	–	- 15 °C to + 55 °C
test depth	–	450 m H ₂ O
nominal chamber volume	–	14 m ³

Na Rys. 2. pokazano umiejscowienie nurkowych gaśnic pianowych, stanowiących biernie wyposażenie p.poż. symulatora hiperbarycznego DGKN-120.



Rys. 2. Bierny system p.poż. w symulatorze hiperbarycznym DGKN-120: a) gaśnica p.poż. do warunków hiperbarycznych produkcji firmy DIVEX, b) umiejscowienie gaśnicy p.poż w komorze „Dzwoniec”, c) umiejscowienie gaśnicy p.poż. w komorze „Przejściowa”, d) umiejscowienie gaśnicy p.poż. w komorze „Kobuz”.

AKTYWNE ZABEZPIECZENIE PRZECIWPÓŻAROWE W SYMULATORZE HIPERBARYCZNYM DGKN-120

Zabezpieczenie prac badawczych w symulatorze hiperbarycznym DGKN-120, w których używane są mieszaniny oddechowe oraz nurkowy sprzęt oddechowy, zasilany m.in. tlenem, wymagało zaprojektowania i wykonania aktywnego systemu przeciwpożarowego. Jego konstrukcję oparto na opatentowanej przez firmę Telesto głowicy mgłowej, dwufazowej 122 FEN-T, w której wykorzystano efekt atomizacji cieczy. Polega on na bardzo silnym rozbiciu kropli wody na średnice w zakresie od 5 do 150 mikronów.

Np. dla średnicy kropli 25 mikronów z 1 litra wody uzyskuje się sumaryczną powierzchnię kontaktu z otoczeniem równą w przybliżeniu 240 m² – rys. 3.

Fig. 2. a - d present the placement of diving foam extinguishers constituting the passive fire protection equipment of the hyperbaric simulator DGKN-120.

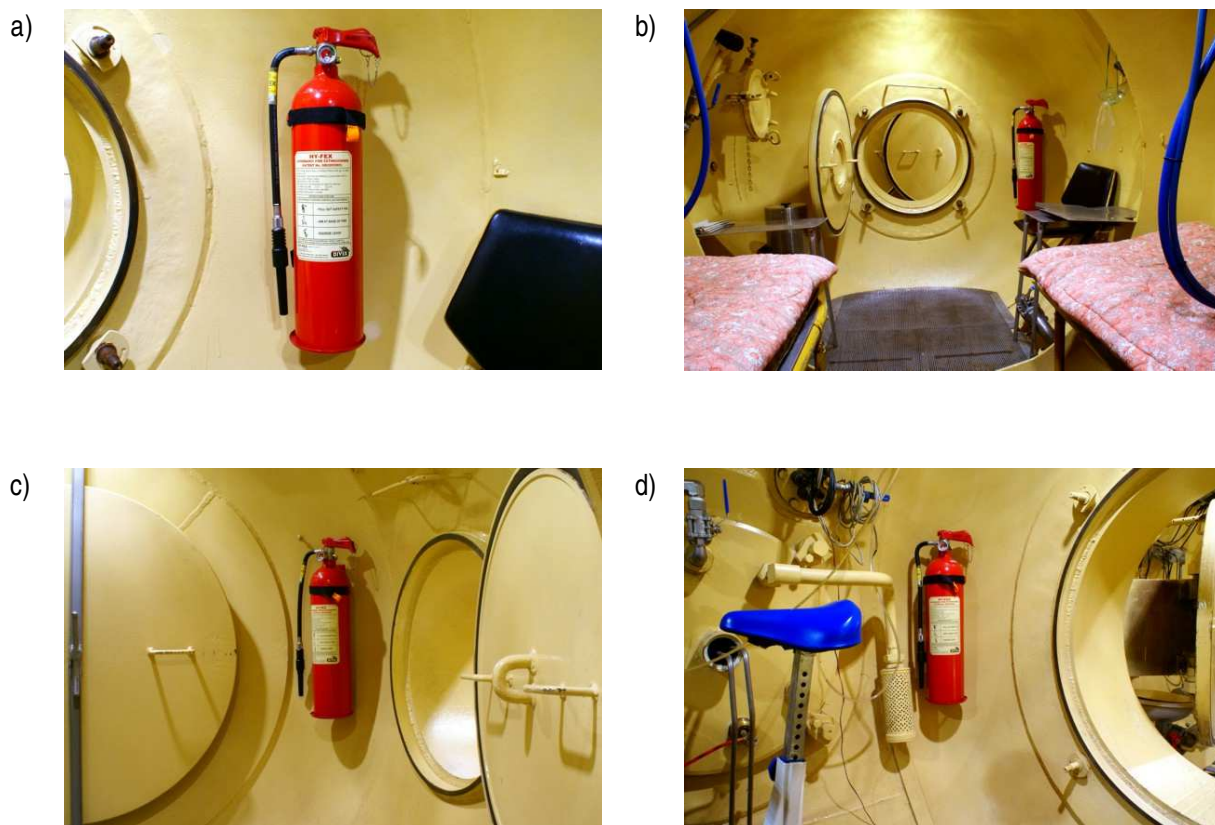
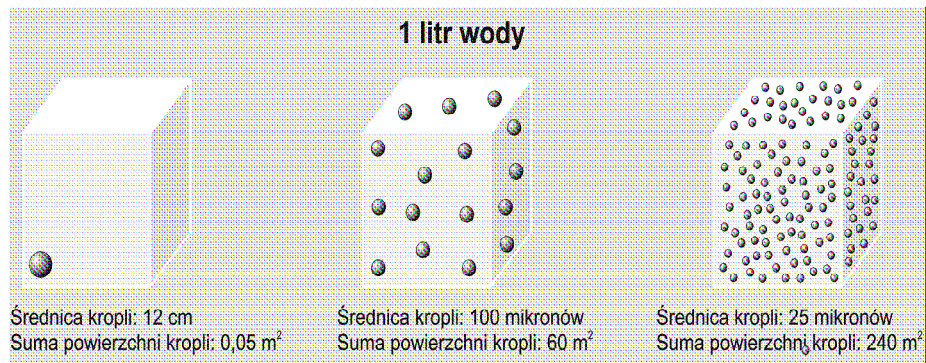


Fig. 2. The passive fire protection system in the hyperbaric simulator DGKN-120: a) DIVEX extinguisher adjusted to hyperbaric conditions, b) extinguisher placement in "Dzwoniec" chamber, c) extinguisher placement in "Przejściowa" chamber, d) extinguisher placement in "Kobuz" chamber.

THE ACTIVE FIRE PROTECTION SYSTEM IN THE DGKN SIMULATOR-120

Securing of research works in the hyperbaric simulator DGKN-120, where oxygen breathing mixes and diving breathing apparatuses are used, required the design and construction of an active fire protection system. Its structure is based on the Telesto company's patented diphasic 122 FEN-T water mist nozzles, a system capable of generating a liquid atomization effect. The system is capable of an extreme splitting of water drops to diameters ranging from 5 to 150 microns.

For instance, 1 litre of water atomised to drop diameters of 25 microns, is sufficient to obtain a total contact area of approximately 240 m² - Fig. 3.

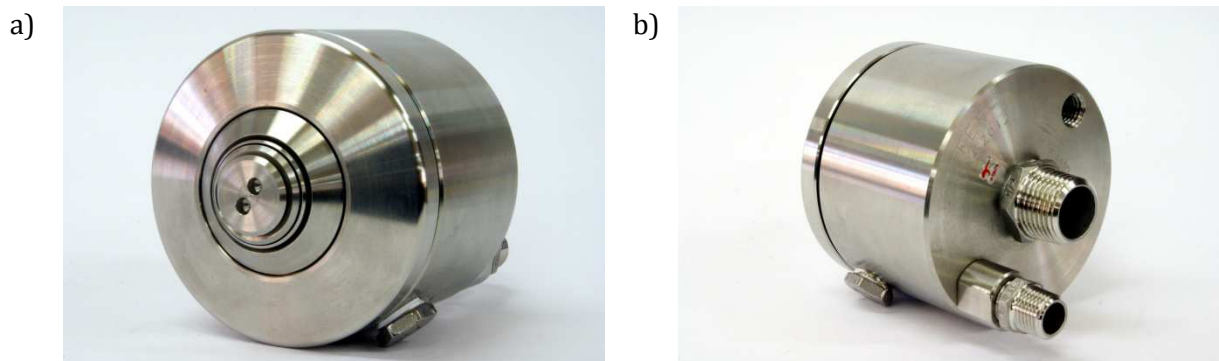


Rys. 3. Efekt atomizacji cieczy osiągnięty w głowicy produkcji firmy Telesto.

Głowica jest zasilana wodą oraz sprężonym powietrzem o niskim ciśnieniu wynoszącym ok. 0,4 MPa. W celu przystosowania głowicy do pracy w warunkach hiperbarii, zasilanie powietrzne podwyższono o wartość nadciśnienia panującego w danym momencie w kompleksie. Rozwiązanie to zapobiega ewentualnemu pogorszeniu działania głowicy, wywołanym przeciwcisnieniem komorowym. Powstająca mgła o bardzo dużej powierzchni, zapewnia skuteczne i szybkie gaszenie zaistniałego pożaru.

Na Rys. 4. pokazano głowicę mgłową, dwufazową 122 FEN-T produkcji firmy Telesto.

Z punktu widzenia przebywających w habitacie nurków, działanie mgły wodno-powietrznej jest znacznie korzystniejsze, niż użycie typowych dysz rozpylających strugi wody. Dzięki niej można znacznie ograniczyć zalanie komór hiperbarycznych i zniszczenia zlokalizowanych w nich urządzeń oraz wewnętrznego wyposażenia. Pobyt nurka w bezpośrednim otoczeniu mgły zapewnia szybsze odprowadzanie od niego ciepła, powstałego wskutek ognia.



Rys. 4. Głowica mgłowa, dwufazowa 122 FEN-T produkcji firmy Telesto zastosowana w systemie przeciwpożarowym symulatora DGKN-120 (zdjęcie własne).

Zbudowany system składa się z części zewnętrznej i wewnętrznej. Pierwsza z nich stanowi zestaw dwóch zbiorników ciśnieniowych, napełnianych wodą i wyposażonych w odpowiednią armaturę. Zostały one umieszczone w pobliżu komór dekompresyjnych.

Zestaw zbiorników zasilających system przeciwpożarowy symulatora pokazano na Rys. 5.

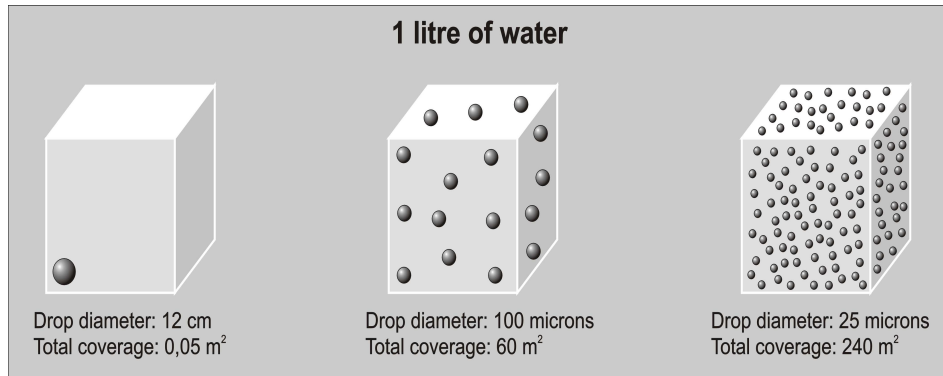


Fig. 3. Liquid atomization effect achieved via the nozzle produced by Telesto.

The nozzles are supplied with water and compressed air at a low pressure of ca. 0.4 MPa. In order to adjust the nozzles to hyperbaric conditions the air supply is increased by the value of current overpressure in the complex. Such a solution prevents any possible malfunctioning of the nozzles caused by chamber counterpressure. The generated mist, of a very large coverage, ensures efficient and quick fire extinguishment.

Fig. 4. depicts the diphase 122 FEN-T water mist nozzle produced by the Telesto company.

From the point of view of divers remaining in the habitat, the application of water-air mist is much more favourable as compared to typical nozzles spraying with water streams. The system significantly reduces the flooding of hyperbaric chambers and the destruction of internal devices and equipment. An additional benefit of the system is the fast transfer of heat away from the divers.

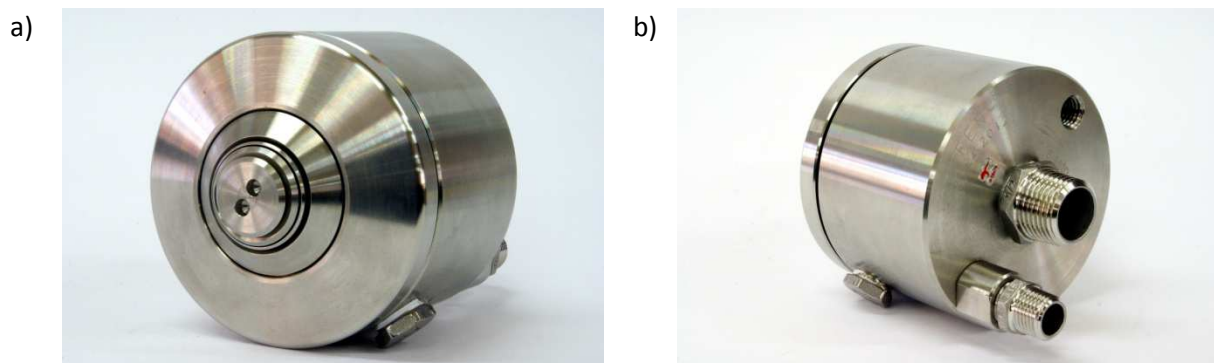
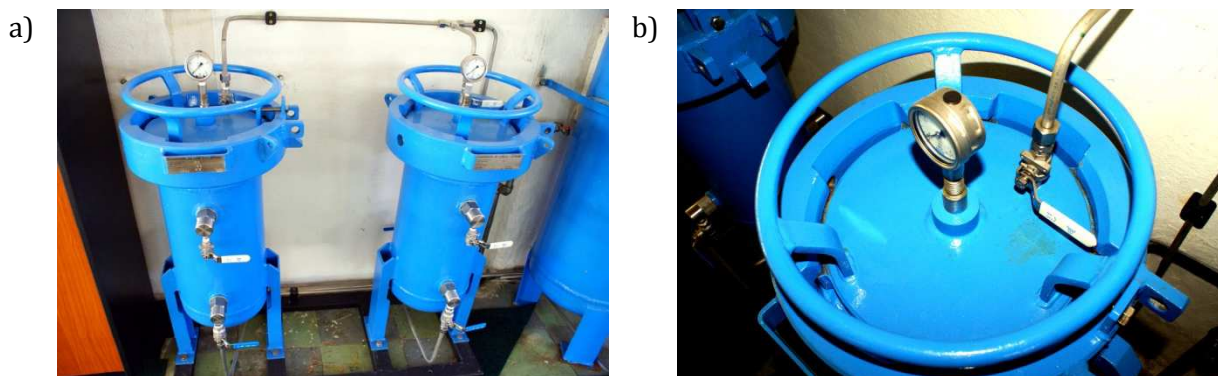


Fig. 4. The diphase 122 FEN-T water mist nozzle by Telesto company installed within the fire protection system of the DGKN-120 simulator (the author's photograph).

The system consists of an external and an internal part. The first is composed of a set of two pressure vessels filled with water and equipped with the necessary fixtures. They are placed near the decompression chambers.

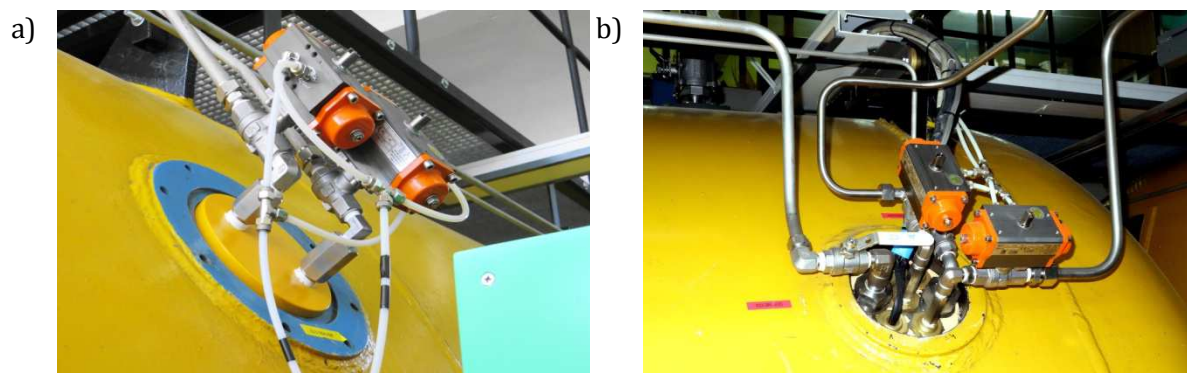
The set of pressure vessels of the simulator's fire protection system is presented in Fig. 5.



Rys. 5. Zbiorniki zasilające system przeciwpożarowy symulatora DGKN-120.

Odloty ze zbiorników doprowadzone są rurociągami do zaworów odcinających, umieszczonych na przejściach przez płaszcze komór dekompresyjnych. Na trzpieniach obrotowych zaworów zainstalowane są siłowniki pneumatyczne, zasilane i sterowane sprężonym powietrzem. Woda przetłaczana jest do kompleksu wytworzonym w zbiornikach nadciśnieniem powietrza.

Na Rys. 6. pokazano zawory odcinające systemu przeciwpożarowego, zainstalowane na płaszczech komór dekompresyjnych symulatora hiperbarycznego DGKN-120.



Rys. 6. Zawory odcinające systemu przeciwpożarowego zainstalowane na płaszczech komór dekompresyjnych symulatora hiperbarycznego DGKN-120 – „Kobuz” i „Przejsciowa”.

Druga część systemu to rurociągi zasilające głowice wodą i sprężonym powietrzem, rozprowadzone po symulatorze i doprowadzone w określone punkty. Zamontowane do nich głowice są odpowiednio ukierunkowane. Wewnętrzna regulacja umożliwia kształtowanie wypływającego z nich strumienia od bardzo ostrego kąta, aż do mocno rozwartego, przekraczającego 120 stopni. Szczególną uwagę zwrócono na przedział komory dekompresyjnej z częścią basenu wodnego. Wynika to z faktu, że w niej przede wszystkim przeprowadzane są badania eksperymentalne, m.in. z użyciem nowych konstrukcji sprzętu nurkowego. Nad samym basenem wodnym umieszczono dwie dysze rozpylające mieszaninę wodno-powietrzną o stosunkowo długim i ostrym kącie działania, skierowanym bezpośrednio na nurka. Takie rozwiązanie ma zagwarantować natychmiastowe gaszenie ewentualnego pożaru, powstałego w sprzęcie np. w trakcie badania aparatu oddechowego o obiegu zamkniętym lub w ubiorze nurka. W pozostałych komorach symulatora głowice umieszczono w górnych częściach dennic zbiorników i skierowano je do środka, zapewniając mgłę o szerokim kącie działania.

Na Rys. 7. pokazano rozmieszczenie głowic rozpylających w symulatorze hiperbarycznym oraz przykładowe strumienie mieszaniny wodno-powietrznej, uzyskiwane w zależności od przeprowadzonej ich regulacji.

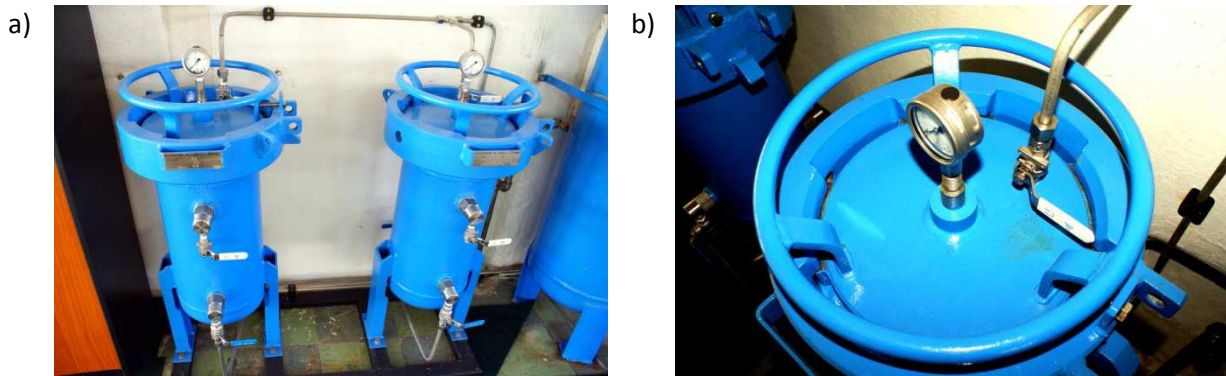


Fig. 5. Vessels supplying the fire protection system of the DGKN-120 simulator.

The outlets from the vessels are via pipelines running to cut-off valves situated in the passages through the shell of the decompression chambers. Rotational valve stems are equipped with pneumatic servomotors supplied with and controlled by compressed air. Water is supplied to the complex with the use of air overpressure produced in vessels.

Fig. 6. shows the cut-off valves of the fire protection system installed on the shells of the decompression chambers of the DGKN-120 hyperbaric simulator.

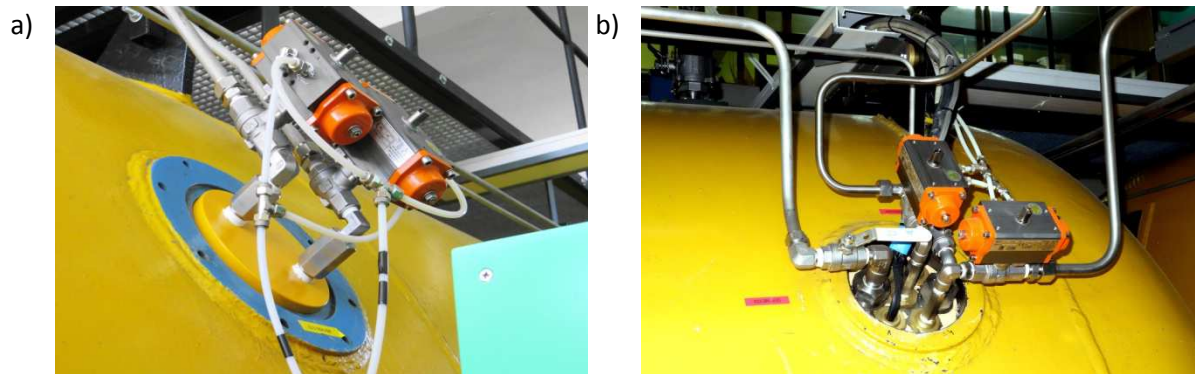
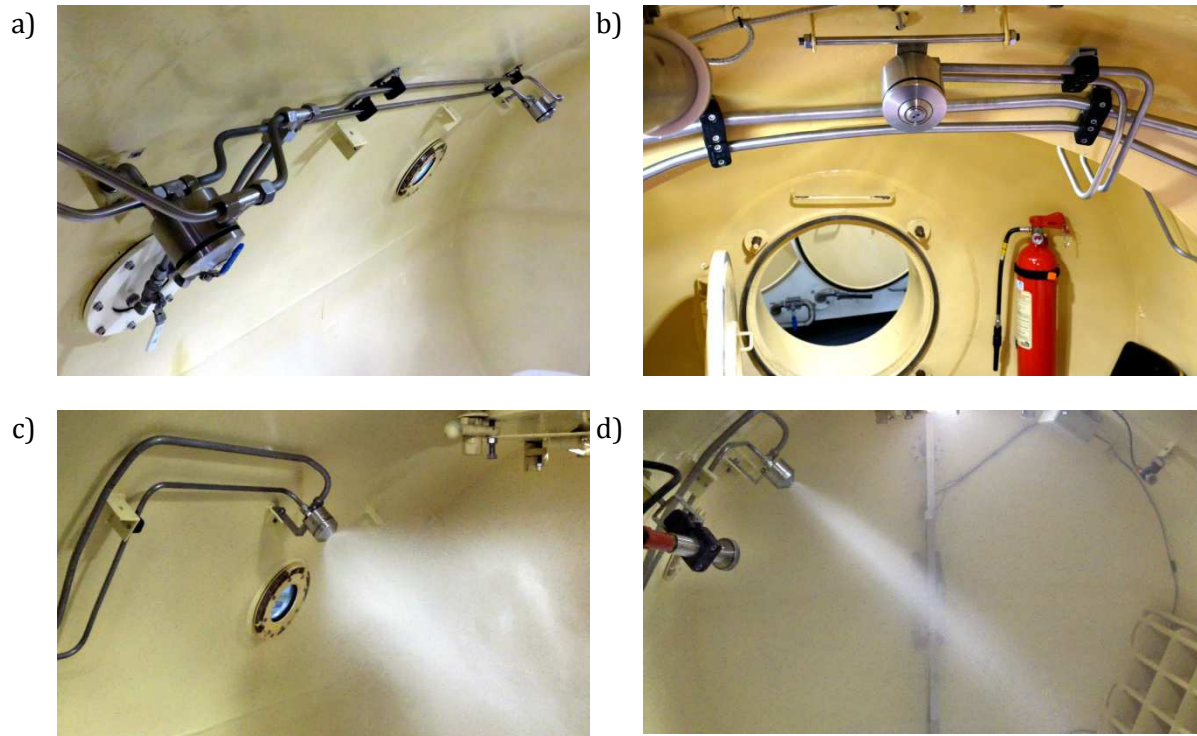


Fig. 6. The cut-off valves of the fire protection system installed in the mantles of the "Kobus" and "Przejściowa" decompression chambers of the DGKN-120 hyperbaric simulator.

The second part of the system consists of pipes supplying the nozzles with water and compressed air, distributed over the simulator and delivered to specified places. The nozzles, attached to the pipes are directed at the required angles. An internal regulation system enables redirection of the flowing streams from a very acute angle to a very obtuse angle, exceeding 120 degrees. Particular attention was paid to the part of the complex housing the water pool. This was due to the fact that this is the location where most of the experimental research is carried out, for example with the use of newly designed diving equipment. Two nozzles have with been placed over the water pool to spray a water-air mix at a relatively long and acute angle directed at divers. Such a solution is to guarantee immediate extinguishment of a fire occurring in equipment, e.g. in the course of testing of a closed circuit rebreather, or in a diving suit. In the remaining chamber of the simulator, nozzles have been placed in the upper parts of the vessel and directed to the inside, thus ensuring a broad operation angle.

7 depicts the placement of spray nozzles in the hyperbaric simulator with exemplary streams of the water-air mix obtained through their particular adjustment.

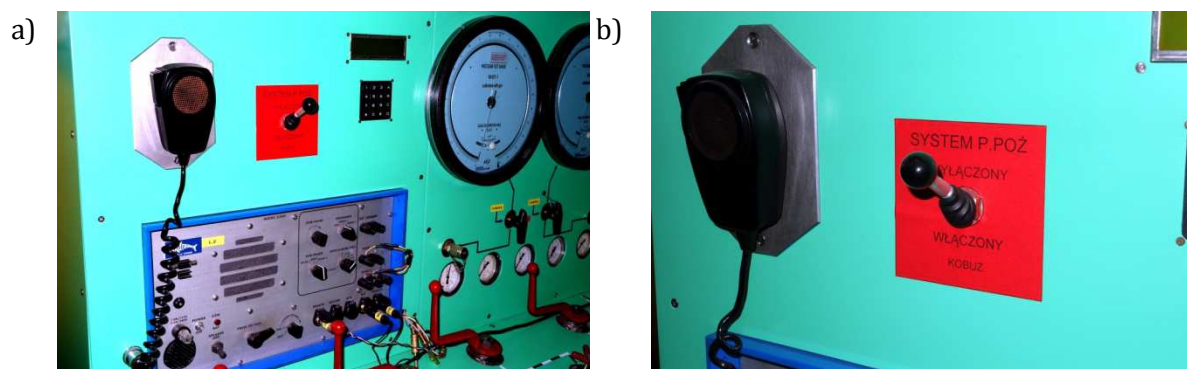


Rys. 7. System przeciwpożarowy wewnątrz komór dekompresyjnych: a) rozmieszczenie głowic i połączeń w komorze „Kobuz”, b) głowica dwufazowa zamontowana w komorze „Dzwoniec”, c) i d) przykładowe typy strumieni uzyskiwane z pojedynczej głowicy rozpylającej.

W obecnym czasie uruchamianie aktywnego systemu gaśniczego w symulatorze hiperbarycznym DGKN-120, odbywa się ręcznie za pomocą dźwigni, umieszczonych w pulpitych kontrolno-manewrowych poszczególnych komór.

Na Rys. 8. pokazano fragment pulpitu manewrowo-kontrolnego z zainstalowaną ręczną dźwignią uruchamiania aktywnego systemu przeciwpożarowego w komorze „Kobuz”.

Zewnętrzne zawory odcinające, wyposażone w siłowniki pneumatyczne, są normalnie zamknięte. Zdaniem konstruktorów pneumatyka, w stosunku do siłowników elektromagnetycznych, daje większą pewności działania systemu podczas prowadzonych ekspozycji nurkowych, ponieważ jest niezależne od nieprzewidzianego zaniku prądu.



Rys. 8. Zawór uruchamiania aktywnego systemu przeciwpożarowego zainstalowany na pulpicie manewrowo-kontrolnym komory dekompresyjnej „Kobuz”.

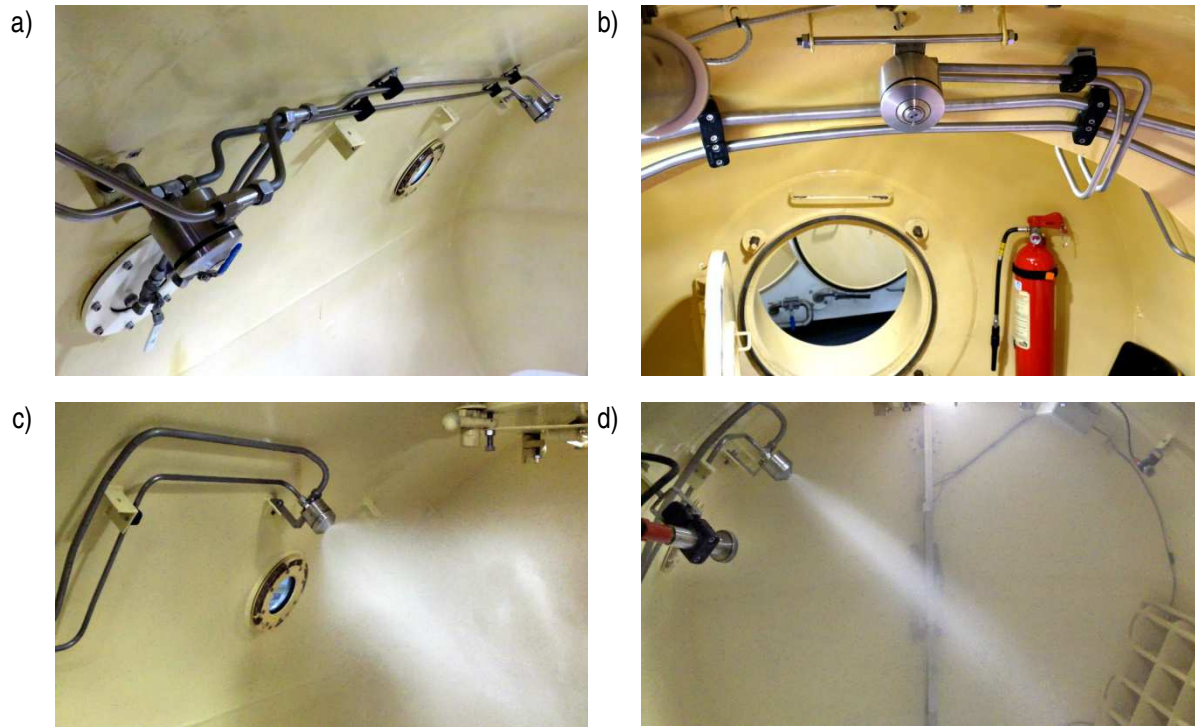


Fig. 7. The fire protection system inside the decompression chambers: a) the placement of nozzles and connections inside "Kobuz" chamber, b) a diphasic nozzle installed inside "Dzwoniec" chamber, c) and d) examples of stream types from a single spray nozzle.

Currently, the fire protection system in the hyperbaric simulator DGKN-120 is activated manually with the use of levers placed in the control panels of each chamber.

Fig. 8. illustrates a control panel with the manual lever used in the activation of the active fire protection system for the "Kobuz" chamber.

The external cut-off valves equipped with pneumatic servomotors normally remain closed. According to the system's manufacturers, as compared with electromagnetic servomotors, the use of pneumatics provides more certainty that the system will operation if needed in the course of diving exposures, since it is independent of an unexpected failure in power supply.

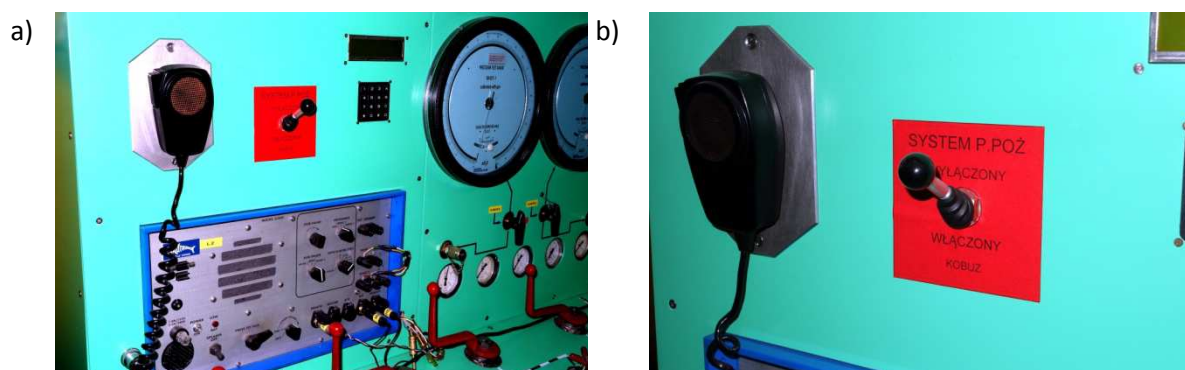


Fig. 8. The active fire protection system actuation valve is installed on the control panel of the "Kobuz" decompression chamber.

Pewną trudnością jest zastosowanie układu pełnej automatyki uruchamiającej system przeciwpożarowy w warunkach hiperbarii. Muszą to być zestawy czujników i urządzeń automatyki, które w swoim działaniu uwzględniałyby zmienne warunki ciśnienia oraz różne składy atmosfery oddechowej wewnątrz habitatu nurkowego. Zagadnienia te stanowią treść dalszych prac nad udoskonaleniem zbudowanego i zastosowanego systemu ochrony przeciwpożarowej w symulatorze hiperbarycznym DGKN-120.

What poses a certain difficulty is the use of a fully automatized technology to activate the fire protection system in hyperbaric conditions. This kind of technology needs to encompass such sets of sensors and automatic devices that account for the variations in pressures as well as different compositions of the breathing atmosphere inside the diving habitat. These issues provide grounds for further works on the improvement of the fire protection system in the hyperbaric simulator DGKN-120.

BIBLIOGRAPHY

1. Journal of Laws 2012 No. 0 It. 810 - Regulation of the Minister of National Defence of 21 June 2012 regarding safety of underwater works in the organizational units subordinate to or supervised by the Minister of National Defence;
2. Journal of Laws 2004 No. 16 It. 1 210 - Regulation of the Minister of Infrastructure of 19 May 2004 regarding work safety in carrying out underwater works;
3. Det Norske Veritas (DNV) Offshore Standard DNV-OS-E402 OFFSHORE STANDARD FOR DIVING SYSTEMS October 2010 – Section 6 Fire prevention, detection and extinction;
4. DIVEX Operation & Maintenance Manual for the Hy-Fex Hyperbaric Fire Extinguisher 7.5 Litre, 3.0 Litre Head Office Divex Limited, Enterprise Drive, Westhill, Aberdeen, AB32 6TQ, UK;

Websites [WWW]:

1. www.telesto.pl/informacje/technologia – 02.12.2013;

dr inż. Zbigniew Tałaśka

Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte
81-103 Gdynia 3 ul. Śmidowicza 69
Zakład Technologii Prac Podwodnych
tel. + 58 626 27 46, fax. +58 625 38 82
e-mail : zbigniew_talaska@wp.pl

CHANGES IN THE REGULATIONS CONCERNED WITH WATER RESCUE IN THE NATIONAL FIRE SERVICE

ZMIANY W PRZEPISACH W ZAKRESIE RATOWNICTWA WODNEGO W PAŃSTWOWEJ STRAŻY POŻARNEJ

Paweł Dyba ¹⁾, Piotr Siermontowski ²⁾

¹⁾ Regional Headquarters of the State Fire Service in Krakow, Poland

¹⁾ Komenda Wojewódzka Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie

²⁾ Maritime & Hyperbaric Medicine Department Military Medical Institute in Gdynia, Poland

²⁾ Zakład Medycyny Morskiej i Hiperbarycznej Wojskowy Instytut Medyczny w Gdyni

ARTICLE INFO

Journal: PolHypRes 2013 Vol. 45 Issue 4 pp. 95 – 108

ISSN: 1734-7009

eISSN: 2084-0535

DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.13006/PHR.45.7](http://dx.doi.org/10.13006/PHR.45.7)

Pages: 14, figures: 0, tables: 0.

page www of the periodical: www.phr.net.pl

ABSTRACT

(in English)

The article discusses problems resulting from changes in the regulation of activities of the National Fire Service within water rescue. Moreover it concerns the standards of rescue activities on primary and specialist levels as well as the readiness of the fire services with regard to the operational scope and health qualification procedures.

Keywords/Słowa kluczowe:

(in English): water rescue, national emergency and fire system, legislation.

(in Polish): ratownictwo wodne, krajowy system ratowniczo-gaśniczy, legislacja.

Polish-English bilingual publication

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

(in Polish)

Artykuł porusza problemy wynikające ze zmian w przepisach regulujących działanie Państwowej Straży Pożarnej w obszarze ratownictwa wodnego, dotyczy standardów działań ratowniczych na poziomie podstawowym i specjalistycznym oraz przygotowania służb w zakresie operacyjnym oraz kwalifikacji zdrowotnej.

ИЗМЕНЕНИЯ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ В ОБЛАСТИ ВОДНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ О ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЕ

В статье рассматриваются проблемы, связанные с изменениями в правилах, регулирующих деятельность Государственной службы пожарной охраны в сфере водного спасения, которые касаются стандартов спасательных операций на уровне начальных и специальных услуг, а также подготовки служб в рабочем диапазоне и квалификации здоровья.

Ключевые слова: водно-спасательная служба, национальная система пожаротушения, законодательство.

WSTĘP

Po około trzech latach pracy Zespołu Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej ds. Ratownictwa Wodnego Ratownictwa Wodnego, w lipcu 2013 roku Komendant Główny Państwowej Straży Pożarnej wprowadził w życie „Zasady Ratownictwa Wodnego W Krajowym Systemie Ratowniczo Gaśniczym” [1]. Zasady normalizują działania ratownictwa wodnego w strukturach Państwowej Straży Pożarnej oraz podmiotów Krajowego Systemu Ratowniczo – Gaśniczego (KSRG) i regulują wiele kwestii związanych z jego organizacją na terenie kraju w zakresie podstawowym oraz specjalistycznym.

Zasady informują o:

1. Zadaniach PSP w zakresie wypełniania roli organizatora KSRG w ratownictwie wodnym.
2. Ogólnych zasadach bezpieczeństwa podczas organizowania prac podwodnych w zakresie ratownictwa wodnego.
3. Kryteriach niezbędnych do wypełnienia w zakresie włączenia jednostki ochrony przeciwpożarowej realizującej ratownictwo wodne, do KSRG.
4. Współpracy międzynarodowej i transgranicznej w zakresie ratownictwa wodnego.
5. Zadaniach Zespołu Komendanta Głównego PSP ds. Ratownictwa Wodnego.
6. Zadaniach Wojewódzkiego Koordynatora PSP ds. Ratownictwa Wodnego.

Idea która kierowała pracami nad zasadami wzięła się z potrzeby zorganizowania sprawnego ratownictwa na akwenach, realizowanego przez służby podległe i nadzorowane przez Komendanta Głównego PSP w oparciu o jednostki ratowniczo gaśnicze PSP, jednostki OSP i ZSP, realizujące już zadania na akwenach oraz pozostałe jednostki rozmieszczone w rejonach gdzie występują akweny i dochodzi, czy może dojść do zdarzeń wymagających wyspecjalizowanej pomocy.

Zasady informują o podziale ratownictwa wodnego na poziomy:

1. Podstawowy, obejmujący czynności ratownicze wykonywane na powierzchni akwenu, przez wszystkie podmioty KSRG, a także przez inne podmioty ratownicze według posiadanych możliwości organizacyjno – sprzętowych i wyszkolenia, w systemie całodobowym i całorocznym.

2. Specjalistyczny, realizowany przez specjalistyczne grupy ratownictwa wodno – nurkowego Państwowej Straży Pożarnej i innych podmiotów KSRG będących jednostkami ochrony przeciwpożarowej, których wyposażenie i wyszkolenie ratowników pozwala realizować w systemie całodobowym i całorocznym podstawowe i specjalistyczne czynności ratownicze na powierzchni akwenu, a także w toni lub na dnie akwenu.

Ponieważ celem nadrzędnym porządkującym ratownictwo wodne jest przygotowanie jednostek do najbardziej sprawnego i efektywnego działania podczas realizowania zadań na zbiornikach, ciekach i obszarach wodnych na terenie kraju, w tym objętych powodzią lub zalaniem, a także na obszarach zalodzonych, w zasadach zawarte są rozwiązania standaryzujące działania ratownicze wykonywane na akwenach. Zalecenia obejmują standaryzację działań z zakresu ratownictwa medycznego, chemicznego, technicznego, wysokościowego lub gaszenia pożarów, przy uwzględnieniu rodzaju i wielkości nagłego zagrożenia, specyfiki akwenu oraz posiadanego wyposażenia i wyszkolenia. Realizacja działań ratowniczych na akwenach może stanowić również wstęp do uruchomienia działań humanitarnych.

STANDARD GOTOWOŚCI – POZIOM PODSTAWOWY

Proces organizacji ratownictwa wodnego w zakresie podstawowym został poprzedzony analizą zagrożeń w obszarach chronionych, o której mowa w rozporządzeniu ministra właściwego dla spraw wewnętrznych i administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji KSRG, uwzględniającą specyfikę obszarów wodnych [2], w szczególności:

- wód szybko płynących lub rzek górskich,
- jezior, rzek i kanałów,

INTRODUCTION

After nearly three years of working with the Water Rescue Team, in July 2013, the Fire Chief of the National Fire Service implemented the so-called "Water Rescue Principles for the National Emergency and Fire System" [1]. The principles standardise water rescue activities in the structures of the National Fire Service (NFS) and the units of the National Emergency and Fire System (NEFS) and regulate numerous issues related to its organisation throughout the whole country within both the primary and specialist scope. The principles set out:

The task of the NFS as the NEFS's organiser of water rescue operations.

1. General safety principles in the organisation of underwater works within water rescue operations.
2. The necessary criteria for the inclusion of a fire protection unit carrying out water rescue tasks with the NEFS.
3. International and transborder cooperation within water rescue.
4. The tasks of the Chief of NFS within the Water Rescue Team.
5. The tasks of the Regional NFS Coordinator in matters regarding Water Rescue operations.

The idea directing the works on the above principles originated from the need to be able to organise efficient rescue operations on various bodies of water by services subordinate to, and under the supervision of, the NFS Fire Chief - based on the Fire and Rescue Units of the NFS, the units of the Voluntary Fire Service and other Fire Services already realising such tasks as well as other units located in regions with various bodies of water and therefore with an increased probability of incidents requiring specialised assistance.

The said principles divide water rescue into the following categories:

- 1. Primary**, encompassing rescue activities performed on the surface by all the NEFS units, as well as other rescue units according to their potential regarding organisation, equipment and training, 24 hours a day 365 days a year.
- 2. Specialist**, implemented by specialist water-diving rescue teams of the National Fire Service and other fire protection units of the NEFS whose equipment and training allow for the carrying out of basic and specialist rescue activities 24 hours a day 365 days a year, both on the surface, at depth and at the bottom of a body of water.

Since the main objective concerned with the arrangement of water rescue consists in the preparation of units for more efficient performance in task implementation on various reservoirs, watercourses and areas of water in the territory of Poland, including those affected by floods and icing, the principles provide solutions standardising rescue operations to be carried out on bodies of water. The recommendations encompass standardisation of activities within medical, chemical, technical, high altitude rescue or fire extinction with consideration of the type and size of any sudden threat, characteristics of a body of water and the available equipment and training. The implementation of rescue operations on water may constitute an introduction to the activation of humanitarian actions.

STANDARD OF READINESS - PRIMARY LEVEL

The process of organisation of water rescue within the primary scope was preceded with a hazard analysis in protected areas as mentioned in the regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration as of 18 February 2011 regarding detailed principles of the NEFS organisation with consideration of the specificity of water areas [2], and in particular:

- fast flowing waters or mountain rivers,
- lakes, rivers and channels,
- industrial reservoirs,
- areas at risk of flood,
- ice-covered areas.

- zbiorników przemysłowych,
- obszarów objętych ryzykiem powodzi,
- obszarów zalodzonych.

W działaniach ratowniczych na akwenach w zakresie podstawowym KSRG kieruje się następującymi zasadami:

Gotowość w zakresie dyspozycyjności:

- czas alarmowania i dysponowanie – niezwłoczny,
- czas dojazdu na miejsce zdarzenia - jak najszybciej, zobligowana do interwencji jest każda JRG PSP i OSP w KSRG spełniająca standard gotowości operacyjnej i posiadająca w obszarze chronionym akweny,
- skład zespołu ratowniczego i kwalifikacje ratowników stanowią: w pierwszej kolejności wydzielone siły JRG PSP i jednostek OSP, a docelowo wszyscy strażacy PSP na zmianie służbowej oraz pełniący dyżury wyznaczeni strażacy OSP.

Gotowość w zakresie wymagań kwalifikacyjnych:

- przyjęcie kandydata do służby w PSP powinno uwzględniać sprawdzenie jego umiejętności pływania,
- każdy strażak PSP przewidziany do realizacji zadań ratowniczych powinien nabyć w ramach szkoleń kwalifikacyjnych i doskonalenia zawodowego umiejętności w zakresie ratownictwa wodnego i powodziowego,
- strażacy PSP deklarujący udział w działaniach ratowniczych, którzy nie mieli możliwości pozyskania w ramach szkoleń kwalifikacyjnych i doskonalenia zawodowego umiejętności w zakresie ratownictwa wodnego i powodziowego, winni je pozyskać w ramach szkolenia uzupełniającego,
- członkowie jednostek OSP deklarujący udział w działaniach ratowniczych na akwenach, powinni nabyć w ramach systemu specjalistycznego szkolenia członków OSP biorących bezpośredni udział w działaniach ratowniczych umiejętności w zakresie podstawowym.

W zakresie podstawowym jednostki realizują zadania związane z ratowaniem życia i zdrowia na obszarach wodnych, niesieniem pomocy tonącym, poszkodowanym w wypadkach komunikacyjnych (nagłych zdarzeniach) na wodzie, ludziom znajdującym się w przerębli lodowej, pod lodem lub na lodzie (krze).

STANDARD GOTOWOŚCI – POZIOM SPECJALISTYCZNY

W działaniach ratowniczych na akwenach w zakresie specjalistycznym KSRG kieruje się następującymi zasadami:

Gotowość Specjalistycznych Grup Ratownictwa Wodno-Nurkowego (SGRW-N) Wojewódzkiego Odvodu Operacyjnego:

- czas alarmowania i dysponowania – niezwłocznie,
- czas dotarcia do miejsca zdarzenia – jak najszybciej transportem kołowym, lotniczym lub (i) wodnym, jednak nie dłużej niż 90 minut w obszarze chronionym,
- zdolność do realizowania działań ratowniczych co najmniej z zakresu ratowania życia i zdrowia oraz działań poszukiwawczych.

Gotowość SGRW-N Centralnego Odvodu Operacyjnego:

- czas alarmowania - czas dysponowania grupy do 60 min.,
- czas dojazdu do miejsca zdarzenia – wg możliwości, jednak nie dłuższy niż 120 min. od wyjazdu grupy z miejsca koncentracji sił i środków,
- zdolność do realizowania działań ratowniczych z zakresu:
 - ratowania życia i zdrowia,
 - przyrządowych technik poszukiwawczych,
 - ratownictwa technicznego,
 - ratownictwa chemicznego i ekologicznego z technik podstawowych.

In rescue operations conducted on bodies of water within the primary scope, the NEFS is required to follow the principles specified below:

Readiness with regard to availability:

- alert time and administration - immediate,
- arrival time at the scene - as soon as possible, any unit meeting operational readiness standards and situated in an area including bodies of water is obliged to intervene,
- rescue team composition and rescuers' qualifications: in the first row – the designated forces of the National Fire Service and Voluntary Units, and in prospect all the NFS firemen currently being on duty and Voluntary firemen being on on-call duty.

Readiness with regard to qualification requirements:

- candidate admission for the NFS should involve a test of swimming ability,
- qualification and professional development training of each NFS fireman assigned to rescue task implementation should encompass the skills involved in water and flood rescue activities,
- the NFS firemen who declare their will to participate in rescue operations without previous possibility to obtain the necessary skills involved in water and flood rescue activities in the course of the qualification and professional development training should be properly instructed through complementary training,
- the members of the Voluntary Fire Service declaring their will to participate in rescue operations on bodies of water, should obtain primary rescue skills within specialist training of the VFS members.

The primary scope involves activities connected with the protection of life and health on the areas of water, provision of assistance to the drowning or those injured during water transportation (sudden incidents), or people in air holes, under the ice or on ice (ice floe).

READINESS STANDARD - SPECIALIST LEVEL

In rescue operations conducted on bodies of water within the specialist scope, the NEFS is required to follow the principles specified below:

Readiness of Specialist Water-Diving Rescue Teams (SW-DRT) of the Regional Operational Reserve:

- alert time and administration – immediate,
- arrival at the scene - as soon as possible via vehicular, water or (and) air transport, however not longer than 90 minutes in the protected area,
- capability of performing search and rescue operations with regard to the protection of life and health.

Readiness of SW-DRT of the Central Operational Reserve:

- alert time and group administration time up to 60 min,
- arrival time at the scene - as possible, however not longer than 120 min from the group's departure from the place of concentration of means and forces,
- capability to implement rescue activities including:
 - protection of life and health,
 - equipment-based search techniques,
 - technical rescue,
 - chemical and ecological rescue within basic techniques.

Działania specjalistyczne realizują SGRWN na trzech poziomach gotowości operacyjnej:
Poziom A - 2 ratowników (2 o kwalifikacjach co najmniej młodszego nurka).
Poziom B - 3 ratowników (2 o kwalifikacjach co najmniej młodszego nurka i 1 z uprawnieniami kierującego pracami podwodnymi).
Poziom C - 5 ratowników (2 o kwalifikacjach co najmniej młodszego nurka, 2 o kwalifikacjach co najmniej nurka i 1 z uprawnieniami kierującego pracami podwodnymi).

ALARMOWANIE

Alarmowanie SGRW-N poziomu A odbywa się niezwłocznie, jednostki zaalarmowane muszą osiągnąć zdolność do podjęcia działań ratowniczych w maksymalnie w czasie:

- 45 min dla powiatów wysokiego poziomu zagrożenia,
- 90 min dla powiatów średniego poziomu zagrożenia,
- 120 min dla powiatów niskiego poziomu zagrożenia.

Zadania wykonywane przez jednostki specjalistyczne poziomu A polegają na bardzo szybkim dotarciu do poszkodowanego i udzielenie mu niezbędnej pomocy, często są to działania ratujące zagrożone życie ludzkie wykonywane z odstępniem od zasad bezpieczeństwa.

Warto tutaj podkreślić że zastępy ratownicze muszą być tak zorganizowane aby wyjazd do interwencji nastąpił natychmiastowo, natomiast wejście do działań nastąpiło w ustalonym w zasadach maksymalnym czasie wynikającym z możliwości dotarcia zastępów ratowniczych do miejsca zdarzenia.

Alarmowanie jednostek poziomu B odbywa się również niezwłocznie, jednostki zaalarmowane osiągają zdolność do podjęcia działań ratowniczych w maksymalnie w czasie:

- 90 min dla powiatów wysokiego poziomu zagrożenia ,
- 120 min dla powiatów średniego poziomu zagrożenia,
- 120 min dla powiatów niskiego poziomu zagrożenia.

SGRW-N poziomu B wykonują zadania określone dla ratownictwa wodnego w zakresie specjalistycznym poziomu gotowości A, a także wspierają działania SGRW-N poziomu gotowości A. Dodatkowo wykonują samodzielnie działania z zakresu ratownictwa technicznego, związanego z ratowaniem środowiska wodnego oraz przystępują do krótkotrwałych działań poszukiwawczych we współdziałaniu z innymi podmiotami.

Alarmowanie SGRW-N poziomu C odbywa się w czasie nie dłuższym niż 60 minut, przy czym zdolność do podjęcia działań dla powiatów na każdym poziomie zagrożenia wynosi 180 minut. Zadania dla SGRW-N poziomu C są bardzo zróżnicowane, grupy te wykonują zadania określone dla ratownictwa wodnego w zakresie specjalistycznym poziomu gotowości A i B i wspierają ich działania ale również zajmują się ratowaniem mienia i środowiska wodnego poprzez stosowanie technik i czynności ratowniczych z zakresu ratownictwa technicznego i chemicznego prowadzonych pod wodą, w tym w wodach skażonych lub na obszarach objętych powodzią. Grupy te zajmują się wydobywaniem obiektów z dna, jeśli mogą one powodować zagrożenie dla życia zdrowia ludzkiego oraz dla środowiska wodnego a także wykonywaniem działań poszukiwawczych we współdziałaniu z innymi podmiotami, w tym z wykorzystaniem podwodnych technik przyrządowych, w zależności od możliwości sprzętowych i głębokości akwenu.

Wprowadzenie poziomów gotowości operacyjnej dla SGRW-N PSP spowodowało konieczność zmiany w programach szkolenia dla nurków realizujących ratownicze prace podwodne, nie powoduje jednak żadnych różnic w wyszkoleniu na tym samym poziomie kwalifikacji np. „...mł. nurek poziomu A...” albo „...mł. nurek poziomu C...”. Zmiany te wymuszają również konieczność wprowadzenia nowej jakości szkolenia na poligonach podwodnych realizujących szkolenia dla potrzeb PSP oraz KSRG.

Specialist operations are implemented by SW-DRT on three operational readiness levels:
Level A - 2 rescuers (2 with minimum qualifications of a junior diver),
Level B - 3 rescuers (2 with minimum qualifications of a junior diver and 1 with the license of a head of underwater works),
Level C - 5 rescuers (2 with minimum qualifications of a junior diver, 2 with minimum qualifications of a diver and 1 with the license of a head of underwater works).

ALERTING

SW-DRT Level A alerts are carried out immediately, the alerted units are required to be ready to undertake rescue activities within the maximum time of:

- 45 min for regions of high threat level,
- 90 min for regions of medium threat level,
- 120 min for regions of low threat level.

The tasks executed by level A specialist units consist of obtaining very quick access to the victims and providing them with the necessary assistance; commonly they involve activities aimed at rescuing human life with disregard to the safety rules.

It is worth noting that rescue teams must be organised in such a way as to enable immediate departure to an incident, whereas the implementation of rescue activities should be commenced within the maximum time as specified in the principles with regard to the potential of the rescue team to access the place of incident.

SW-DRT Level B alerts are also carried out immediately, the alerted units are required to be ready to undertake rescue activities within the maximum time of:

- 90 min for regions of high threat level,
- 120 min for regions of medium threat level,
- 120 min for regions of low threat level.

Level B SW-DRT execute the tasks determined for water rescue within the specialist scope of level A readiness, and moreover support the activities of Level A SW-DRT. Additionally they independently execute the tasks of technical rescue connected to protection in an aquatic environment and are involved in short-term search operations in cooperation with other units.

SW-DRT Level C alerts are also carried out in a time not exceeding 60 min, whereas the capability to undertake activities in regions of all threat levels amounts to 180 min. The tasks of level C SW-DRT are highly diversified, including the tasks specified for water rescue within the specialist scope of level A and B readiness and supporting activities, accompanied with the rescue of property in an aquatic environment through the implementation of techniques and rescue activities of technical and chemical rescue under water, including contaminated water or flooded areas. These groups are also involved in the extraction of objects from the bottom if they pose a threat to human life and aquatic environments and also in search operations in cooperation with other units, including the use of underwater techniques depending on equipment possibilities and the depth of a given body of water.

The introduction of operational readiness levels for the SW-DRTs of the NFS resulted in the necessity to introduce modifications in the training programmes for divers performing underwater rescue works, however, it did not result in any changes in training on the same qualification level, e.g. "... level A jr. diver..." or "...level C jr. diver...". The said changes also impose the necessity to introduce a new quality of underwater training for the NFS and NEFS.

ORGANIZACJA RATOWNICTWA WODNEGO

Ratownictwo na akwenach w KSRG organizuje właściwy terytorialnie Komendant Powiatowy lub Miejski PSP, we współpracy z WOPR, a także z innymi podmiotami ratowniczymi i służbami zobowiązanymi do prowadzenia działań ratowniczych na akwenach.

Komendant Wojewódzki PSP organizuje w KSRG specjalistyczne grupy wodno-nurkowe oraz wprowadza rozwiązania umożliwiające udział podmiotów KSRG w procesie organizowania szkoleń, ćwiczeń i innych form doskonalenia zawodowego. Organizowanie i prowadzenie innych, niż ratownicze działań mających na celu wykonanie określonych zadań w ramach likwidacji skutków miejscowych zagrożeń na akwenach, nie wymaga stosowania trybu pilnego (natychmiastowego) oraz nie należy do katalogu standardowych obowiązków podmiotów ratowniczych tworzących KSRG.

BADANIA DLA FUNKCJONARIUSZY WYKONUJĄCYCH PRACE PODWODNE

Od wielu lat istotnym problemem jest kwalifikacja zdrowotna nurków – funkcjonariuszy PSP, ale również innych służb mundurowych podległych ministrowi właściwemu dla spraw wewnętrznych. Żadne z dotychczas wydanych Rozporządzeń nie normowało wymagań zdrowotnych jakie muszą spełniać nurkowie – funkcjonariusze MSW i, do niedawna, nie wydzielało nurków jako odrębnej grupy dyspenseryjnej spośród funkcjonariuszy. Jedyne miejsce badań było zawsze ściśle określone; były to placówki służby zdrowia, dla których organem założycielskim był minister właściwy dla spraw wewnętrznych [3]. Dopiero przed rokiem ujrzały światło dzienne dwa Rozporządzenia ministra właściwego dla spraw wewnętrznych, wywołujące sporo zamieszania wśród nurków PSP, które co prawda powtarzają zasadę miejsca wykonywania badań kwalifikacyjnych określoną we wcześniejszych Rozporządzeniach, ale wskazują też nurków jako osobną grupę dyspenseryjną i określają kwalifikacje lekarzy prowadzących badania. Dotychczasowy brak określenia kwalifikacji lekarzy wykonujących badania, trwający nadal brak wytycznych co do zasad kwalifikacji zdrowotnej, a szczególnie ignorowanie zaleceń co do miejsca prowadzenia badań powoduje niestety daleko idącą dowolność w realizacji orzecznictwa lekarskiego w tym względzie, a i również czasowe wyeliminowanie całych grup wodno-nurkowych z uwagi na przeciągającą się kwalifikację zdrowotną.

Orzecznictwo lekarskie nurków MSW wykonuje się w oparciu o powyższe, a także [4]:

- badania o zdolności do służby na zajmowanym stanowisku specjalistycznym, wykonywane przez: Poradnie Badań Profilaktycznych, Poradnie Medycyny Pracy MSW,
- badania o przydatności psychicznej i fizycznej kandydata lub funkcjonariusza do pełnienia służby,
- Komisje Lekarskie MSW.

Ustawa o wykonywaniu prac podwodnych z 17 października 2003 r. [5] w artykule 1 punkt 3 stwierdza że: przepisów ustawy nie stosuje się do: jednostek organizacyjnych podległych lub nadzorowanych przez Ministra Obrony Narodowej i Ministra właściwego do spraw wewnętrznych z zastrzeżeniem art. 8 ust. 6 i 7, art. 23 ust. 3-7 i art. 28.

Przepis wykonawczy do ustawy, jakim jest Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie warunków zdrowotnych wykonywania prac podwodnych [6] z dnia 17 września 2007 i jego nowelizacja z 11 lutego 2011 [7] nie dotyczy zatem nurków MSW.

Badania funkcjonariuszy PSP i Policji wykonujących prace podwodne odbywają się na podstawie:

- Ustawy z 17.10.2003 r. o wykonywaniu prac podwodnych.
- Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 25.05.2004r. w sprawie wykonywania prac podwodnych w jednostkach podległych i nadzorowanych przez ministra właściwego do spraw wewnętrznych [8].

WATER RESCUE ORGANISATION

Within the NEFS, water rescue is arranged by the proper Regional Fire Chief or Municipal Fire Chief of the NFS in Liaison with the Water Rescue Team (WOPR) as well as other rescue units and services obliged to conduct water rescue actions.

The Fire Chief of the NFS appoints, within the NEFS, specialised water-diving groups and introduces solutions enabling the NEFS units to suitably divide the processes of organisation of trainings, exercises and other forms of professional improvement. Organisation and supervision of other activities aimed at the execution of particular tasks and liquidation of the effects of a threat in local bodies of water does not require application of an urgent mode (immediate) nor is it included in the catalogue of standard duties of the rescue units of the NEFS.

MEDICAL EXAMINATIONS OF OFFICERS PERFORMING UNDERWATER WORKS

The health standard of divers among the NFS officers and other uniformed services subject to the minister in charge of internal affairs is an issue which has been debated for many years. None of the regulations issued thus far provided proper standardisation of the health requirements for divers – the officers of the Ministry of Foreign Affairs (MSW) and until recently the existing legislation did not assume a separate division for officer-divers as a group requiring special health care needs. The only defined aspect concerned the place of obtaining the medical qualification, i.e. health care institutions established by the minister in charge of internal affairs [3]. Only as late as last year, two regulations by the minister in charge of internal affairs were passed, causing a great deal of confusion among the NFS divers. Their provisions repeated the rule regarding where the qualifying medical could be obtained, as specified in previous regulations; however, they also introduced treatment of divers as a separate group with special health care requirements and defined the qualifications of doctors performing such exams.

The fact of a previous lack of detailed specification of the qualifications of doctors performing medical examinations, an ongoing lack of guidelines regarding the principles of health qualification, and, in particular, the lack of observance of recommendations concerned where the qualifying medical could be carried out, unfortunately resulted in a great randomness in the implementation of certification procedures and elimination of entire diving and water rescue groups due to protracted health qualification.

Medical certification of the divers of the Polish Ministry of Internal Affairs (MSW) is carried out on the basis of the above principles and moreover of the following [4]:

- examination determining fitness for duty on a specialist position performed by:
- Prophylactic Examinations Clinic, Occupational Health Centres of the Ministry of Internal Affairs (MSW),
- examinations on psychological and physical fitness of candidates for service or officers, Medical Commissions of the Ministry of Internal Affairs (MSW).

The Act on performance of underwater works of 17 October 2003 [5] in article 1, pt. 3 states that: the principles stipulated in the act do not apply to: organisational units subordinate to or supervised by the Minister of National Defence and Minister in charge of foreign affairs with the reservation of art. 8 sec. 6&7, art. 23, sec. 3 -7 and art. 28.

Thus the secondary legislation to the said act in the form of the Regulation of the Minister of Health regarding health conditions in the performance of underwater works [6] as of 17 September 2007 and its amendment of 11 February 2011 [7] do not concern divers of the Ministry of Internal Affairs.

The medical qualification of the officers of the NFS and the Police Department performing underwater works is carried out in accordance with the following legislature:

- Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 05.01.2012 r. w sprawie zadań służby medycyny pracy [9].
- Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 05.01.2012 r. w sprawie służby medycyny pracy [3].

Rozporządzenie w sprawie wykonywania prac podwodnych w jednostkach podległych i nadzorowanych przez ministra właściwego do spraw wewnętrznych wskazuje że: „Kwalifikacje nurka może uzyskać osoba, która posiada zaświadczenie wydane przez ośrodki Medycyny Pracy” tj. poradnie medycyny pracy.

Rozporządzenie w sprawie służby medycyny pracy informuje natomiast że: zadania odpowiednie do zadań służby medycyny pracy wykonują jednostki organizacyjne podmiotów leczniczych utworzonych i nadzorowanych przez ministra właściwego do spraw wewnętrznych, zwanego dalej "Ministrem" (§ 1. 1.), jednostkami organizacyjnymi, o których mowa są:

- poradnie badań profilaktycznych, które są jednostkami podstawowymi,
- poradnie medycyny pracy, które wykonują zadania określone w ustawie z dnia 27 czerwca 1997 r. o służbie medycyny pracy [10] dla wojewódzkiego ośrodka medycyny pracy zwane dalej „jednostkami służby medycyny pracy”.

Do wykonywania zadań służby medycyny pracy uprawnieni są lekarze, którzy posiadają specjalizację w jednej z dziedzin: medycyna pracy, medycyna przemysłowa, medycyna morska i tropikalna, medycyna kolejowa, medycyna transportu, medycyna lotnicza lub higiena pracy (§ 2. 1).

Badania profilaktyczne funkcjonariuszy pełniących służbę i pracowników wykonujących pracę w warunkach tropikalnych, morskich i podwodnych oraz funkcjonariuszy i pracowników wyjeżdżających do służby lub pracy albo powracających ze służby lub pracy w warunkach tropikalnych, mogą przeprowadzać lekarze, o których mowa w § 2 ust. 1 pkt 1-3, po odbyciu odpowiedniego przeszkolenia w Międzywydziałowym Instytucie Medycyny Morskiej i Tropikalnej Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego lub Instytucie Medycyny Morskiej i Tropikalnej Wojskowego Instytutu Medycznego (§ 4.) Należy w tym miejscu dodać, że obie wymienione w Rozporządzeniu jednostki naukowe ulegają ciągłej reorganizacji i np. Instytut Medycyny Morskiej i Tropikalnej WIM obecnie nazywa się Zakład Medycyny Morskiej i Hiperbarycznej Wojskowego Instytutu Medycznego.

Z istniejących przepisów jednoznacznie wynika, że badania dla nurków MSW powinny być realizowane w przychodniach badań profilaktycznych lub medycyny pracy utworzonych bądź nadzorowanych przez Ministra Spraw Wewnętrznych, przez lekarzy posiadających kwalifikacje i uprawnionych w myśl Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 5.01.2012 r. w sprawie służby medycyny pracy.

Ze względu na specyfikę wykonywanych zadań, zdecydowanie bliższą nurkowaniom dla celów militarnych, niż komercyjnym nurkowaniem roboczym, brak określenia wymagań zdrowotnych jakie powinien spełniać nurek MSW stanowi istotny problem dla orzeczników i jest przyczyną znacznej dowolności. Badania prowadzone w Przychodniach Medycyny Pracy MSW na ogół nie odbiegają od badań realizowanych zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia w sprawie warunków zdrowotnych wykonywania prac podwodnych, może poza tym, że nurkowie po 45 roku życia zamiast dwa razy, badać się będą tylko raz w roku. Jedynie nieliczni lekarze, najczęściej byli lub pozostający w służbie lekarze wojskowi, znający specyfikę wykonywania zadań pod wodą przez nurków MSW widzą nieprzystawanie wymagań zdrowotnych dla nurków komercyjnych do nurkowań „bezpieczeństwa publicznego” jak określone jest to w Kanadzie.

Pozytywem pojawienia się dwóch wyżej wymienionych rozporządzeń i wdrożenia ich w życie np. przez organa kadrowe jest zauważenie faktu iż Gdański Uniwersytet Medyczny i wchodzące w jego skład Uniwersyteckie Centrum Medycyny Morskiej i Tropikalnej, które nie jest utworzone ani też nadzorowane przez Ministra Spraw Wewnętrznych a w którym tak chętnie „badają” się nurkowie PSP, nie ma delegacji do przeprowadzania badań okresowych nurków MSW, co z kolei powoduje określone skutki prawne dla funkcjonariuszy i komend delegujących; mimo wykonanych badań, z powodu wady prawnej, nurkowie ci badań de facto nie posiadają.

- Act of 17/10/2003 on the performance of underwater works.
- Regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 25/05/2004 on the performance of underwater works in the organisational units subordinate to or supervised by the minister in charge of internal affairs [8].
- Regulation of the Minister of Internal Affairs of 05/01/2012 on the tasks of occupational medicine service [9].
- Regulation of the Minister of Internal Affairs of 05/01/2012 on occupational medicine service [3].

The Regulation on the performance of underwater works in units subordinate to and supervised by the minister in charge of internal affairs indicates that: "Diver qualifications may be acquired by the holder of a certification issued by an Industrial Health Centre", i.e. occupational health clinics.

On the other hand, the regulation regarding the occupational medicine service informs that: tasks relevant to the tasks of the occupational medicine service will be performed by organisational units of the health entities established and supervised by the minister in charge of internal affairs, called later on the "Minister". (Sec. 1. 1.), i.e.

- prophylactic examinations clinics, i.e. the primary units,
- occupational medicine clinics performing the tasks defined in the Act of 27 June 1997 on occupational medicine service [10] for regional industrial medicine centres, called later on "industrial medicine service units".

The tasks of the occupational medicine service will be performed by doctors specialised in one of the following areas: occupational medicine, industrial medicine, maritime and tropical medicine, railway medicine, transport medicine, air medicine or occupational health and safety. (Sec. 2. 1).

The prophylactic examinations of officers on duty and workers performing work in tropical, maritime and underwater conditions, as well as officers and workers leaving for service or work or returning from service or work in tropical conditions may be conducted by doctors specified in Sec. 2 par. 1 it. 1-3, with proper training in the Interdepartmental Institute of Maritime and Tropical Medicine of the Medical University in Gdańsk or the Institute of Maritime and Tropical Medicine of the Military Medical Institute (Sec. 4.). In this place we must add that both the academic units specified in the Regulation are subject to constant reorganisation, as for instance, the current name of the Institute of Maritime and Tropical Medicine of the Military Medical Institute is the Institute of Maritime and Hyperbaric Medicine of the Military Medical Institute.

The effective provisions explicitly specify that the examinations of divers of the Ministry of Internal Affairs (MSW) should be conducted in prophylactic examination or occupational medicine clinics established or supervised by the Minister of Internal Affairs by doctors qualified in accordance with the Regulation of the Minister of Internal Affairs as of 05/01/2012 on occupational medicine service.

Due to the specifics of the performed tasks (these being closer to those attributed to military rather than commercial diving) the lack of health requirements to be fulfilled by an MSW diver poses a significant problem for those issuing medical certificates and is the reason for the above mentioned randomness. The examinations performed in the MSW Occupational Medicine Clinics usually do not differ from examinations realised in accordance with the Regulation of the Minister of Health on health conditions for the performance of underwater works, besides perhaps the provision that divers above 45 years of age should be examined once a year instead of twice. Only a small number of doctors, usually former doctors or current military doctors, familiar with the specifics of underwater tasks by MSW divers see how the health requirements for commercial divers do not match those concerned with "public safety" divers, as it is defined in Canada.

WNIOSKI

1. Wraz ze zmianą przepisów dotyczących standardów gotowości operacyjnej służb podległych i nadzorowanych przez Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej, powinny ulec zmianie programy szkolenia w zakresie specjalistycznym, natomiast w zakresie przygotowania do działań na poziomie podstawowym, programy takie powinny być stworzone od podstaw.
2. Weryfikacja przygotowania służb do działań interwencyjnych na akwenach powinna być nadzorowana przez KG PSP w ramach inspekcji gotowości operacyjnej, które to standardy powinny być utworzone i wdrożone do realizacji.
3. Istnieje pilna potrzeba określenia na drodze Rozporządzenia Ministra właściwego dla Spraw Wewnętrznych warunków zdrowotnych, jaki musi spełniać nurek – funkcjonariusz MSW.

The positive aspect of issuance of both the above regulations, and their implementation by e.g. human resources departments, is an awareness of the fact that the Medical University of Gdańsk with the Academic Centre of Maritime and Tropical Medicine, that were not established by the Minister of Internal Affairs and where the NFS divers often decide to undergo periodic check-ups, are not authorised to conduct examinations on MSW divers, which on the other hand has some particular legal effects for officers and the delegating command. Due to a legal loophole despite having valid medical exams such divers are in fact regarded unfit for service.

CONCLUSIONS

1. The modification of provisions concerning the standards of operational readiness of services subordinate to, and supervised by, the Fire Chief of the National Fire Service, should be introduced alongside changes in the specialist training programme, whereas within primary preparatory training such programmes should be subject to thorough revision.
2. The verification of a preparatory level of service to undertake intervening actions on bodies of water should be supervised by the Fire Chief of the NFS within the inspection of operational readiness, the standards of which should be specified and implemented.
3. There is an urgent need to provide a specification for the health requirements of a diver - an MSW officer via proper Regulation of Minister in charge of Internal Affairs.

BIBLIOGRAPHY

1. "Water Rescue Principles in the National Emergency and Fire System" - General Headquarter of the National Fire Service, Warsaw, July 2013.
2. Regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 18 February 2011 on detailed principles of organisation of the national rescue and fire protection system - on the basis of Art. 14 Sec. 2 of the Act of 24 August 1991 on fire protection (Journal of Laws of 2009, No. 178, it. 1380, and of 2010, No. 57, it. 353).
3. Regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 05/01/2012 on industrial medicine - on the basis of Art. 27 Sec. 2 of the Act of 27 June 1997 on fire protection (Journal of Laws of 2004, No. 125, it. 1317 as amended) Journal of Laws of 2012, No. 0, it. 53.
4. Regulation of the Minister of Internal Affairs of 09 July 1991 on the competence and procedures of medical commissions subordinate to the Minister of Internal Affairs (Journal of Laws, No. 79, it. 349 as amended), Regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 29 September 2005 on the specification of conditions and diseases related to service in the Police forces, Border Guard, Government Protection Bureau and National Fire Service (Journal of Laws No. 206, it. 1723).
5. Act on performance of underwater works of 17 October 2003, Journal of Laws of 2003, No. 199, it. 1936.
6. Regulation by the Minister of Health on the specification of health conditions for the performance of underwater works (Journal of Laws 07.199.1440) of 17 September 2007.
7. Regulation by the Minister of Health of 11 February 2011 modifying the regulation on the specification of health conditions for the performance of underwater works (JL2011.40.11) of 24 February 2011.
8. Regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 25 May 2004 on the performance of underwater works in the organisational units subordinate to or supervised by a competent minister of internal affairs (JL of 17 June 2004).
9. Regulation of the Minister of Internal Affairs of 05/01/2012 on tasks of industrial medicine service, JL 2012, No. 0, it. 52.
10. Act of 27 June 1997 on industrial medicine service (JL 1997, No. 96, it. 593).

bryg. mgr inż. Paweł Dyba
Komenda Wojewódzka
Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie
Wojewódzki Ośrodek Szkolenia
ul. Zarzecze 106
30-134 Kraków
pdyba@straz.krakow.pl

dr med. Piotr Siermontowski
Zakład Medycyny Morskiej i Hiperbarycznej
Wojskowy Instytut Medyczny.
Konsultant Komendanta Głównego PSP
ds. medycyny nurkowej
81-103 Gdynia 3
ul. Grudzińskiego 4
nurdok@tlen.pl

THE EFFECTS OF IONISING AND ELECTROMAGNETIC RADIATION ON LIVING ORGANISMS**WPLYW PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO I ELEKTROMAGNETYCZNEGO NA ORGANIZMY ŻYWE**

Magdalena Zawadzka¹⁾, Małgorzata Lewicka¹⁾, Maciej Rutkowski²⁾, Gabriela Henrykowska¹⁾, Maria Dziedziczak-Buczyńska¹⁾, Andrzej Buczyński¹⁾

¹⁾ Department of Epidemiology and Public Health, Medical University in Łódź, Poland

¹⁾ Zakład Epidemiologii i Zdrowia Publicznego UM w Łodzi

²⁾ Toxicology and Radiological Protection Laboratory, Medical University in Łódź, Poland

²⁾ Pracownia Toksykologii i Ochrony Radiologicznej UM w Łodzi

ARTICLE INFO

Journal: PolHypRes 2013 Vol. 45 Issue 4 pp. 109 – 126

ISSN: 1734-7009

eISSN: 2084-0535

DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.13006/PHR.45.8](http://dx.doi.org/10.13006/PHR.45.8)

Pages: 18, figures: 0, tables: 1.

page www of the periodical: www.phr.net.pl

Keywords/Słowa kluczowe:

(in English): electromagnetic radiation, Ionising and non-ionising radiation, health effects, biological effects.

(in Polish): promieniowanie elektromagnetyczne, promieniowanie jonizujące i niejonizujące, efekty zdrowotne, efekty biologiczne.

Polish-English bilingual publication**Publisher**

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

ABSTRACT

(in English)

Studies on the effect of electromagnetic radiation (EMR) characterised by different parameters on living organisms have been carried out for many years. The interaction between the electromagnetic radiation emitted by a variety of devices, such as mobile phones, computers, microwave ovens and X-ray apparatuses on a human organism is multifaceted. Different cell components and structures of an organism may become the target of electromagnetic radiation. This article presents basic information on the interactions of electromagnetic fields (EMF) as well as the biological and health-related effects induced by them. The results of the conducted experiments may be helpful in the determination of standards and principles adequate to the risks developed after an exposure to EMF and also may help in the introduction of appropriate prophylaxis.

(in Polish)

Badania nad wpływem promieniowania elektromagnetycznego (PEM) o różnych parametrach prowadzone są od wielu lat. PEM emitowane przez rozmaite urządzenia stosowane w dzisiejszych czasach, takie jak: telefony komórkowe, komputery, kuchenki mikrofalowe, aparaty rentgenowskie oddziałuje na organizm ludzki w sposób wielotorowy. Różne składniki oraz struktury komórek mogą stanowić tarczę docelową działania promieniowania elektromagnetycznego. Poniższy artykuł przedstawia podstawowe informacje na temat oddziaływania pól elektromagnetycznych oraz skutków biologicznych i zdrowotnych, jakie mogą powodować. Wyniki badań prowadzone w tej dziedzinie mogą być pomocne w ustalaniu norm, standardów postępowania adekwatnych do ryzyka powstającego podczas ekspozycji na PEM. Mogą również służyć wprowadzaniu odpowiedniej profilaktyki, która uchroniłaby przed negatywnym działaniem tego czynnika środowiskowego.

WPROWADZENIE

Pole elektromagnetyczne (PEM) rozumiane jest jako pole o częstotliwościach od 0 Hz do 300 GHz. Składowa elektryczna, jak i magnetyczna może występować w środowisku oddzielnie jako pole elektryczne i pole magnetyczne.

W zależności od energii promieniowania można wyróżnić promieniowanie jonizujące i niejonizujące. Pierwsze z wymienionych ma na tyle dużą energię, że może wywołać jonizację cząsteczek materii. Głównym naturalnym źródłem tego promieniowania jest promieniowanie kosmiczne, promieniowanie emitowane przez Słońce, a także złoża pierwiastków promieniotwórczych. Natomiast najczęstszymi źródłami sztucznymi promieniowania jonizującego są aparaty rentgenowskie, izotopy, lampy UV (promieniowanie z zakresu nadfioletu) oraz eksplozje atomowe. Pola te wywołują zmiany kumulujące się, co oznacza, że każda następna dawka, proporcjonalnie do czasu i natężenia ekspozycji, powiększa efekt działania poprzedniej. Promieniowanie niejonizujące to wszystkie pozostałe zmienne pola o energii niewystarczającej do jonizacji (tab. 1).

Tabela 1

Charakterystyka promieniowania elektromagnetycznego [opracowanie własne].

Częstotliwość	Rodzaj promieniowania	Zakres promieniowania	Urządzenia emitujące fale	Uwagi
Promieniowanie niejonizujące				
Ekstremalnie niska	ELF	0-300 Hz	obrazowanie rezonansem jądrowym, generatory w elektrowniach, linie i stacje elektroenergetyczne, urządzenia elektryczne powszechnego użytku, piece indukcyjne	-
Akustyczna	VF	0,3-3 kHz	przemysłowe urządzenia do lutowania	-
Bardzo niska	VLF	3-30 kHz	monitory komputerowe, urządzenia radionawigacyjne	-
Niska	LF	30-100 kHz 100-300 kHz	piece indukcyjne, nadajniki długofalowe	radiofale
Średnia	MF	0,3-3 MHz	nadajniki średniofalowe	radiofale
Wysoka	HF	3-30 MHz	diatermie krótkofalowe, zgrzewarki dielektryczne, aparaty do elektrochirurgii, nadajniki krótkofalowe, urządzenia do suszenia o wielkiej częstotliwości	radiofale
Bardzo wysoka	VHF	30-300 MHz	nadajniki UKF, nadajniki telewizyjne	radiofale
Ultra wysoka	UHF	0,3-3 GHz	nadajniki telewizyjne, urządzenia telefonii komórkowej, urządzenia do teletransmisji, kuchnie mikrofalowe, diatermie mikrofalowe	mikrofale
Superwysoka	SHF	3-30 GHz	urządzenia do teletransmisji, urządzenia do telekomunikacji satelitarnej, radary meteorologiczne, alarmy przeciwwłamaniowe	mikrofale
Ekstremalnie wysoka	EHF	30-300 GHz	radary, urządzenia telekomunikacji satelitarnej, linie radiowe, urządzenia radionawigacyjne	mikrofale
Promieniowanie jonizujące				
Promieniowanie X		10 ²⁰ Hz	aparatura medyczna, mierniki izotopowe	-
Promieniowanie γ		10 ²¹ Hz	substancje promieniotwórcze, radiografia przemysłowa	-
Promieniowanie kosmiczne		10 ²⁵ Hz	Słońce i inne gwiazdy	-

INTRODUCTION

An electromagnetic field (EMF) is understood as a field with frequencies ranging between 0 Hz and 300 GHz. The electric and magnetic components may be present in the environment separately, creating electric and magnetic fields.

Depending on the power of radiation we may introduce a division into Ionising and non-Ionising radiation. The first type is characterised by energy sufficient to induce ionisation of particles of matter. The main natural sources of radiation of this kind consist of cosmic rays, radiation emitted by the Sun, as well as radiation coming from deposits of radioactive elements. The most common artificial sources of Ionising radiation, on the other hand, are X-ray apparatuses, isotopes, UV lamps (ultraviolet radiation) and nuclear explosions. Such fields induce accumulating alterations, which means that each successive radiation dose will, proportionally to time and exposure intensity, lead to an increased effect of the previous one. Non-Ionising radiation includes all the remaining alternating fields with insufficient energy for Ionisation (tab. 1).

Table 1

Characteristics of electromagnetic radiation [own study].

Frequency	Radiation Type	Radiation scope	Radiation scope	Notes
Non-Ionising radiation				
Extremely low	ELF	0-300 Hz	nuclear resonance imaging, generators in power plants, power lines and substations, common electrical devices, induction furnaces	-
Voice	VF	0,3-3 kHz	industrial soldering devices	-
Very low	VLF	3-30 kHz	computer screens, radio navigation devices	-
Low	LF	30-100 kHz 100-300 kHz	induction furnaces, long-wave transmitters	radio waves
Medium	MF	0,3-3 MHz	medium-wave transmitters	radio waves
High	HF	3-30 MHz	short-wave diathermies, dielectric welders, electrosurgery apparatuses, short-wave transmitters, high frequency drying devices	radio waves
Very high	VHF	30-300 MHz	UKF transmitters, television transmitters	radio waves
Ultra high	UHF	0,3-3 GHz	television transmitters, mobile telephony devices, wireless transmission devices, microwave ovens, microwave diathermies	microwaves
Super high	SHF	3-30 GHz	wireless transmission devices, satellite transmission devices, meteorological radars, anti-theft alarms	microwaves
Extremely high	EHF	30-300 GHz	radars, satellite transmission devices, radio links, radio navigation devices	microwaves
Ionising radiation				
X rays		10 ²⁰ Hz	medical equipment, isotopic meters	-
γ radiation		10 ²¹ Hz	radioactive substances, industrial radiography	-
Cosmic radiation		10 ²⁵ Hz	Sun and other stars	-

Oddziaływanie pola elektromagnetycznego na nasz organizm jest faktem, a wielkość częstotliwości i natężenia przesądza o tym, czy jest ono szkodliwe. Nasilenie reakcji biologicznej zależy od czasu ekspozycji (narażenia), wieku organizmu, częstotliwości i natężenia pola.

Zjawiska fizyczne występujące w obiektach biologicznych znajdujących się w polach magnetycznych można podzielić na: związane z powstawaniem siły Lorentza (np. powstawanie siły elektromotorycznej w poruszających się przewodnikach, powstawanie siły działającej na poruszające się naładowane cząsteczki, działanie skręcające na stałe dipole magnetyczne i niesferyczne cząsteczki para- i diamagnetyczne, działanie translacyjne na stałe dipole magnetyczne i cząsteczki para- i diamagnetyczne), oraz na działanie pól na stany spinowe elektronów [1].

W ostatnich latach szczególnie zainteresowanie budzi wpływ pola magnetycznego na stany spinowe elektronów i rezonansowe pochłanianie energii elektromagnetycznej. Kiedy na skutek rozerwania wiązania chemicznego w cząsteczce biologicznej powstaje para rodników, reakcja może przebiegać dwoma torami: na zasadzie rekombinacji rodników oraz na zasadzie rozdzielenia pary [1, 2].

W tym drugim przypadku powstają wolne rodniki mogące oddziaływać z molekułami ośrodka, w którym dyfundują. Wybór jednej z tych dróg zależy od wzajemnej orientacji niesparowanych spinów rodników. Zewnętrzne pole magnetyczne może tę wzajemną orientację zmieniać. Do procesów biochemicznych zachodzących z udziałem par rodników należą m.in. procesy oksydacyjne, takie jak peroksydacja lipidów czy oksydacyjne uszkodzanie DNA (a także ich procesy naprawcze). Jak dotychczas wykazano wpływ pól magnetycznych o stosunkowo niskich indukcjach (od kilkudziesięciu mikrotlesli) na proces peroksydacji lipidów w sztucznych błonach fosfolipidowych czy naturalnych błonach mikrosomalnych. Szczególnie zainteresowanie budzą badania genotoksycznego działania sieciowych PEM (ze względu na związek takich uszkodzeń z procesem kancerogenezy) [2].

Przy analizowaniu działania na obiekty biologicznego prądów należy pamiętać, że bardzo duże znaczenie może mieć kształt działającego PEM, ponieważ od niego zależy wartość prądu indukowanego. Im krótszy zatem czas narastania i zanikania pola, tym gęstość prądu jest większa. Świadczyć o tym mogą obserwowane dla pól impulsowych efekty takie, jak stymulacja wzrostu kości, wpływ na podziały komórkowe, transport jonowy czy synteza DNA, RNA i białek [2].

PROMIENIOWANIE NIJONIZUJĄCE

Wszystkie urządzenia zasilane prądem elektrycznym sieciowym wytwarzają zmienne pola elektryczne i magnetyczne. Pola elektryczne są emitowane w sposób ciągły, natomiast pola magnetyczne emitowane są, gdy następuje przepływ prądu. Powszechne stosowanie prądu sieciowego, który wytwarza pola powoduje drastyczny wzrost natężenia zmiennych pól elektrycznych i magnetycznych w bliskim otoczeniu człowieka. Częste i wielogodzinne korzystanie z urządzeń elektrycznych, będącymi wynalazkami ostatnich 50 lat, powoduje, że współczesny człowiek narażony jest na wpływ wielu zmiennych pól elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach, które mogą się wzajemnie nakładać i wzmacniać.

Pole elektromagnetyczne otacza nas z każdej strony, pochodzi głównie ze źródeł sztucznych, ale także naturalnych, jak np. promieniowanie słoneczne. Główne źródła pól elektromagnetycznych, na które człowiek najczęściej jest eksponowany, to przede wszystkim źródła związane z generowaniem energii elektrycznej, jej rozsyłaniem i wykorzystywaniem: silniki i systemy transportu, urządzenia telekomunikacyjne, sprzęt medyczny (używany dla celów diagnostycznych, terapeutycznych i do wspomaganie czynności narządowych), sprzęt przemysłowy, radary, anteny nadawcze radiowe i telewizyjne, ekrany kineskopowe monitorów komputerowych i telewizorów, sprzęt gospodarstwa domowego i telefony komórkowe. Naturalne pola elektromagnetyczne występują w naszej biosferze i we wszystkich żywych istotach. Do naturalnych pól PEM zaliczamy: pole magnetyczne Ziemi, pole wytwarzane przez wyładowania atmosferyczne, promieniowanie Słońca i promieniowanie kosmiczne [1, 3].

The fact of an existing impact of electromagnetic fields on our organisms is unquestionable, with the scope of their frequency and intensity determining whether they may be perceived as harmful. The intensity of a biological reaction depends on exposure time, an organism's age, a field's frequency and strength.

The physical reactions occurring in biological organisms remaining within magnetic fields may be classified in the following manner: reactions connected with the generation of Lorentz force (e.g. the electromotive force in moving conductors, the production of force working on moving charged particles, the twisting effect on a constant magnetic dipole and non-spherical para- and diamagnetic particles, the translation effect on a constant magnetic dipole and para- and diamagnetic particles), as well as the effect of fields on electrons' spin state [1].

An issue that has aroused particular interest in recent years is the effect of a magnetic field on the spin states of electrons and the resonant absorption of electromagnetic energy. When a bond cleavage in a biological particle results in the production of a pair of radicals, the reaction may proceed in either of two ways: one based on radical recombination or one based on pair separation [1, 2].

In the latter case, new free radicals are produced ready to interact with the molecules of the medium in which they diffuse. The choice of either of the paths depends on mutual orientations of unpaired spins of the radicals. An external magnetic field may cause an alteration in the mutual orientation. The biochemical processes involving radical pairs include oxidative processes such as lipid peroxidation or oxidative DNA damage (and also their repair processes). So far studies have confirmed the impact of magnetic fields of relative low induction (exceeding 20 microteslas) on the process of lipid peroxidation in artificial phospholipid membranes or natural microsomal membranes. Particular interest has been instigated by research on genotoxic activity of network EMR (due to the association of this kind of damage with carcinogenic processes) [2].

When analysing the effect of currents on biological objects we mustn't forget about the importance of the shape of active EMR, as it is a decisive factor with regard to the value of induced current. Thus, the shorter the time of field intensification and diminution, the greater the current's density. This is proved by such effects observed for impulse fields as bone growth stimulation, impact on cell division, ion transportation or DNA, RNA and protein synthesis [2].

NON-IONISING RADIATION

All devices supplied with network electricity generate alternating electric and magnetic fields. Electric fields are emitted in a continuous manner, whereas magnetic fields are emitted in the presence of a current flow. The common use of network field-generating electricity causes a drastic increase in the intensity of alternating electric and magnetic fields in the humans' environment. The frequent and long-lasting use of electric devices invented throughout the last 50 years cause contemporary man to be exposed to a multitude of alternating electromagnetic fields of various frequencies that may overlap or result in mutual amplification.

The electromagnetic field is what surrounds us from each direction and originates mainly from artificial sources but also, to a smaller extent, from natural ones, such as solar radiation. The main sources of electromagnetic fields to which man is usually exposed include those connected with electric power generation, distribution and application: engines and transportation systems, telecommunication devices, medical equipment (used for diagnostic and therapeutic purposes, life support equipment), industrial equipment, radars, radio and TV broadcasting antennas, kinescope screens of computers and TV sets, household appliances and mobile phones.

Natural electric fields, on the other hand, are present in our biosphere as well as in all living creatures. Natural EMR fields include: the magnetic field of the Earth, the field generated through atmospheric discharges, solar and cosmic radiation [1, 3].

All of them constitute a field source in the form of an electromagnetic wave that conveys energy.

Wszystkie te urządzenia są źródłem pola w postaci fali elektromagnetycznej, która niesie energię. Energia pól niskich częstotliwości (do 100 kHz) powoduje tworzenie się i przepływ w ciele człowieka prądów elektrycznych, zaś energie wysokich częstotliwości (powyżej 3 MHz) wnikają do wnętrza ciała i mogą powodować uszkodzenia komórek. To do wycięcia, bo my dalej piszemy o uszkodzaniu komórek przez częstotliwość 1kHz. Szczególnie niebezpieczne są fale o częstotliwości 30-300 MHz penetrujące wewnątrz organizmu wyjątkowo łatwo i powodujące zmiany czynności różnych narządów wewnętrznych. Wynikiem działania tych wszystkich źródeł w środowisku jest wzrost średniego natężenia pola elektromagnetycznego, które często przekracza poziom naturalny ponad milion razy. Prowadzi to do zjawiska zwanego smogiem elektromagnetycznym. Wielkość siły pola elektromagnetycznego zależy jest od częstotliwości. Im niższa jest częstotliwość, na jakiej działa urządzenie, tym silniejsze pole ono wytwarza. Oznacza to, że używany przez nas prąd sieciowy o niskiej częstotliwości 50 Hz jest źródłem silnych pól elektromagnetycznych [3].

Największe natężenie PEM występuje na obszarach miejskich i przemysłowych, gdzie liczba sztucznych źródeł, tj. nadajników RTV, GSM/UMTS, napowietrznej sieci wysokiego napięcia oraz urządzeń przemysłowych jest wprost proporcjonalna do gęstości zaludnienia. Zdecydowanie mniejsze natężenie jest na terenach rolniczych, leśnych o małej gęstości zaludnienia [1, 3].

Urządzeniem, które współcześnie jest źródłem znaczącej ekspozycji na PEM jest telefon komórkowy. W pobliżu aparatów natężenia pola elektrycznego wahają się od około 8 V/m do nawet 30 V/m (zależy od typu telefonu, odległości od stacji bazowej, fazy rozmowy — maksymalne pola występują w trakcie wybierania numeru, a podczas trwania rozmowy ich wartość zmniejsza się nawet około 10-krotnie) [4].

Innym przykładem jest współczesny samochód, który oprócz konwencjonalnego wyposażenia elektrycznego, tj. układu zapłonowego, układu zasilania oraz instalacji oświetleniowej i sygnalizacyjnej wyposażony jest w elektroniczne układy zwiększające komfort i bezpieczeństwo jazdy, tj. ASR, ABS i ESP, które jednocześnie stanowią źródło promieniowania elektromagnetycznego [5].

PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

Termin „promieniowanie jonizujące” jest potocznie stosowany jako łączne określenie dla najbardziej krótkofalowego zakresu promieniowania elektromagnetycznego, do którego należą trzy jego rodzaje: promieniowanie rentgenowskie, promieniowanie gamma i częściowo promieniowanie kosmiczne [6]. Należy jednak dodać, że pełny kontekst terminu „promieniowanie jonizujące” obejmuje także strumienie cząstek stanowiące różne odmiany promieniowania korpuskularnego: alfa (jądra helu ${}^4\text{He}^{2+}$), beta (β^- i β^+ - elektrony i pozytony), protonowe (protony p^+), neutronowe (neutrony n^0) i szereg innych. Ich wspólną cechą z ww. rodzajami promieniowania elektromagnetycznego jest bowiem zdolność do powodowania jonizacji ośrodków materialnych, na które oddziałują - odrywania elektronów od ich atomów lub cząsteczek i tworzenia w ten sposób jonów [6, 7]. Nadało to nazwę wywołującemu powyższe procesy, szeroko pojętemu promieniowaniu jonizującemu.

Promieniowanie rentgenowskie (X) jest krótkofalowym i wysokoenergetycznym rodzajem promieniowania elektromagnetycznego. Długość jego fali obejmuje zakres od 10 nm do 5 pm, a energia ma wartość od 125 eV do 250 keV. Źródłem tego promieniowania są lampy rentgenowskie. Emitowane w nich przez katodę elektrony - przyspieszane wysokim napięciem - hamuje wolframowa antykatoda (połączona z anodą), wskutek czego wytwarza ona promieniowanie X jako tzw. promieniowanie hamowania [8].

Promieniowanie gamma (γ) jest promieniowaniem elektromagnetycznym o jeszcze krótszej długości fali niż promieniowanie X tj. poniżej 10 pm i wyższej od niego energii 250 keV- ok. 10 MeV. Zakresy długości fal promieniowania γ i X częściowo więc pokrywają się, dlatego za kryterium ich różnicowania przyjęto sposób ich powstawania [7].

The energy of a low frequency field (up to 100 kHz) is responsible for the generation and flow of electric currents in the human body, whereas high frequency energy (exceeding 3 MHz) permeates into the body and may lead to cell damage. Particularly dangerous waves are those with the frequency ranging between 30-300 MHz, as they may easily penetrate an organism causing changes in the activity of various internal organs. The consequence of an interaction of all the above sources in the environment is an increase in the average electromagnetic field intensity, which often exceeds the natural level by over a million times. This, on the other hand, results in a phenomenon called an electrosmog. The size of power of an electromagnetic field depends on frequency. The lower the frequency of a particular device, the stronger is the field it generates. This means that the commonly used low frequency network electricity (50 Hz) is a source of strong electromagnetic fields [3].

The highest EMR intensity is noted in urban and industrial areas where the number of artificial sources, i.e. RTV, GSM/UTMS transmitters, overhead high voltage networks and industrial devices is directly proportional to population density. The lowest intensity, on the other hand, is undoubtedly present in rural and woodland areas with low population density [1, 3].

The mobile phone is a device which is a significant source of EMR exposure. In its proximity the intensity of an electric field varies from approx. 8 V/m to as much as 30 V/m (depending on telephone type, distance from base station, conversation phase - maximum fields occur while dialling, whereas during a conversation their values are as much as 10 times smaller) [4].

Another example is the contemporary car which, apart from conventional electric equipment, i.e. the ignition system, feed system, lighting and signalling installations, is now equipped with electronic systems aimed at increasing the comfort and safety of driving, i.e. the ASR, ABS and ESP systems that at the same time are the sources of electromagnetic radiation [5].

IONISING RADIATION

The term "Ionising radiation" is commonly used to refer to the most short-wave range of electromagnetic radiation, including its three types: X-ray, gamma and partly cosmic radiation [6]. However, we should add that the full context of the term of "Ionising radiation" also encompasses streams of particles constituting various forms of corpuscular radiation: alpha (helium nuclei ${}^4\text{He}^{2+}$), beta (β^- and β^+ - electrons and positrons), proton (protons p^+), neutron (neutrons n^0) and a number of others. Their common feature with the above types of electromagnetic radiation is the capability to cause Ionisation of the material media on which their impact is exerted – a separation of electrons from their atoms or molecules leading to the production of ions [6, 7]. All of this gave name to broadly understood Ionising radiation inducing the above processes.

X-ray radiation is a short-wave and high-power type of electromagnetic radiation. Its wavelength ranges from 10 nm to 5 pm, whereas its energy values vary from 125 eV to 250 keV. The radiation source comes from X-ray tubes. The electrons emitted with their cathodes - accelerated with high voltage - are decelerated with the wolframic target (which is connected via the anode), due to which X-rays are generated as a result of the so-called braking radiation [8].

Gamma radiation (γ) is an electromagnetic radiation with even shorter wavelength as compared with X-ray radiation, i.e. below 10 pm and a higher power of 250 keV – ca. 10 MeV. Thus, the ranges of γ and X radiation wavelengths partly overlap, therefore the criterion for their differentiation is their generation mode [7]. The most common source of γ radiation are nuclear reactors (used in nuclear power engineering and scientific studies) as well as various radionuclides: ${}^{137}\text{Cs}$, ${}^{192}\text{Ir}$, ${}^{131}\text{I}$, ${}^{60}\text{Co}$, ${}^{226}\text{Ra}$ and In [7, 8, 9].

Najczęściej spotykanymi źródłami promieniowania γ są reaktory jądrowe (stosowane w energetyce atomowej i badaniach naukowych) oraz różne radionuklidy: ^{137}Cs , ^{192}Ir , ^{131}I , ^{60}Co , ^{226}Ra i In [7, 8, 9]. W źródłach tych przebiegają reakcje jądrowe: rozszczepiania (reaktory) i rozpadu (radionuklidy), z powstawaniem nowych jąder atomowych w stanie wzbudzonym, które przechodząc do niższego energetycznie stanu podstawowego emitują promieniowanie γ .

Promieniowanie kosmiczne jest powszechnie występującym w Kosmosie, złożonym rodzajem promieniowania jonizującego: korpuskularnym i elektromagnetycznym. Jego pochodzenia w pełni nie wyjaśniono. Powstaje ono prawdopodobnie podczas rozbłysków na Słońcu oraz wybuchów gwiazd nowych i supernowych, być może także w wyniku innych gwałtownych procesów zachodzących w naszej galaktyce [10]. Dzięki grubości atmosfery i polu magnetycznemu Ziemi jej powierzchnia jest chroniona przed promieniowaniem kosmicznym. Może ono jednak zagrażać ludziom w okolicach biegunów (efekt ściągania tam naładowanych jego cząstek przez linie pola magnetycznego Ziemi) oraz podczas długich lotów samolotami na wysokościach od 10 km wzwyż [10, 11].

Wszystkie wspomniane rodzaje promieniowania: X, γ i kosmiczne posiadają dużą zdolność przenikania przez nieprzezroczyste dla promieniowania widzialnego ośrodki materialne, zwiększającą się wraz ze wzrostem ich energii i zmniejszaniem się długości fali (promienie γ silniej więc przenikają przez materię niż promienie X). Określa się je dlatego jako „promieniowanie przenikliwe”, łącznie z wysokoenergetycznym promieniowaniem neutronowym [7]. Przechodząc przez materię promieniowanie to jest absorbowane i rozpraszane, ulegając osłabianiu. Absorpcja promieniowania jonizującego przez materię żywą - w tym organizm ludzki - wywołuje dalej opisane procesy fizykochemiczne i biochemiczne, których konsekwencją są zaburzenia metabolizmu, uszkodzenia morfologiczne i zmiany czynnościowe prowadzące do zakłóceń procesów życiowych, a nawet mogące spowodować ich przerwanie (tj. śmierć). Przenikliwość oraz pochłanianie przez materię promieniowania X i γ są podstawą ich szerokiego wykorzystywania naukowego, przemysłowego i medycznego [9]. Medycyna korzysta w celach diagnostycznych z promieniowania X (diagnostyka rentgenowska i rentgenowska tomografia komputerowa), jak i promieniowania γ (scyntygrafia oparta na wprowadzanych do ustroju radionuklidach).

Liczne zastosowania również znalazło zabójcze dla żywych komórek działanie intensywnych strumieni promieniowania X i γ [9]. Przemysł spożywczy korzysta z niego do konserwowania różnych produktów żywnościowych poprzez zabijanie zawartych w nich mikroorganizmów. W medycynie jest ono wykorzystywane do niszczenia tkanek nowotworowych (radioterapia), sterylizacji opatrunków, narzędzi chirurgicznych, leków i sprzętu jednorazowego użytku.

Pracownicy posługujący się promieniowaniem X i γ w wymienionych ich zastosowaniach są grupą zawodową objętą wysoce niebezpiecznym dla organizmu zagrożeniem radiacyjnym. Należy do nich jeszcze dodać górników eksploatujących złoża uranowe, personel obsługujący reaktory jądrowe, osoby zatrudnione przy produkcji radionuklidów i lamp rentgenowskich, a także lekarzy wykonujących zabiegi operacyjne pod kontrolą aparatury rentgenowskiej. Wszystkich tych pracowników obowiązuje przestrzeganie restrykcyjnych przepisów ochrony radiologicznej [9].

W razie wystąpienia jednak awarii lub katastrof, bądź wskutek lekceważenia warunków bezpieczeństwa (powodowanego zazwyczaj rutyną) u osób tych może dojść do groźnego dla zdrowia i życia napromienienia, którego efekty na poziomie komórkowym i ustrojowym przedstawiono poniżej.

ODDZIAŁYWANIE PROMIENIOWANIA NIEJONIZUJĄCEGO

Postęp cywilizacyjny, rozwój techniki i nowoczesnych technologii sprawił, że obok naturalnych pól elektrycznych i magnetycznych zaistniały źródła sztuczne, przede wszystkim urządzenia radiowo-telewizyjne. Pojawiło się też pytanie o ich oddziaływanie i ewentualny szkodliwy wpływ na ludzki organizm i zdrowie. Stąd od wielu lat różne ośrodki naukowe prowadzą badania w tym zakresie. Wyniki tych badań nie są jednoznaczne.

These are the source of the following nuclear reactions: splitting (reactors) and decomposition (radionuclides), with the occurrence of new atomic nuclei in an excited state, which emit γ radiation while moving to a lower energy ground state. Cosmic radiation is the radiation commonly occurring in the cosmos, a combined type of Ionising radiation: corpuscular and electromagnetic radiations. Its origin has not been fully explained. Presumably it is created during solar flares and explosions of nova and supernova stars, and, perhaps, also as a result of other violent processes occurring in our galaxy [10]. The thickness of the Earth's atmosphere and its magnetic field guarantee protection against cosmic radiation. Nonetheless, such radiation may be harmful to people living in polar areas (the effect of attraction of charged molecules by the lines of the magnetic field of the Earth) and during long flights at altitudes exceeding 10 km [10, 11].

All of the mentioned radiation types: X, γ and cosmic radiation are characterised by a high capability of permeating through material media that are non-transparent for visible radiation, a capability which increases with the growth of their energy and reduction of their wavelengths (the permeation of γ rays through matter is therefore stronger than that of X rays). For this reason it is referred to as "penetrating radiation" in combination with high power neutron radiation [7]. While moving through matter such radiation is absorbed and dispersed, and consequently weakened. The absorption of Ionising radiation by living matter - including human organisms - evokes further physical, chemical and biochemical process, resulting in metabolic disorders, morphological damage and functional changes leading to a disruption of living processes or even causing death. The fact of X and γ radiation's permeation through matter as well as their being absorbed by that matter provide the grounds for their vast scientific, industrial and medical application [9]. Medicine not only makes use of X radiation for diagnostic purposes (X-ray diagnostics and X-ray computer-aided tomography), but it also finds an application for γ radiation (scintiscanning based on introducing radionuclides into a system).

A vast scope of uses has also been determined for the fatal activity of intense streams of X and γ radiation [9] on living cells. The food industry applies it in preservation of various food stuffs by killing microorganisms included in them. In medicine, on the other hand, it is used in the destruction of carcinogenic tissues (radiotherapy), sterilization of dressings, surgical tools, medication and disposable equipment. The staff handling X and γ radiation in the above applications constitute a professional group facing an extremely high radiation hazard. This group should be further extended to include miners exploiting uranium deposits, personnel operating nuclear reactors, people working at radionuclide and X-ray tube production, as well as doctors performing surgical operations with the use of X-ray apparatuses. All of them are required to observe restrictive regulations concerned with radiological protection [9]. However, in the case of any failure or catastrophe, or due to negligence of the safety regulations (usually resulting from routine) such people may be exposed to dangerous radiation having very serious effects, from the point of view of both the cellular and constitutional level.

THE EFFECTS OF NON-IONISING RADIATION

The progression of civilization, the development of techniques and modern technologies have resulted in artificial sources of electric and magnetic fields, mainly those generated by radio-television devices, being concurrent with naturally occurring sources. As a consequence, the question of their effects and a possible harmful impact on the human organism and health began to be raised. Hence, various scientific centres have been devoting their attention to conducting research within this domain. The results are not explicit. Nonetheless, the International Agency for Research on Cancer (IARC), basing its judgement on a presumed relationship between this factor and an increased incidence of leukaemia in children, and as a result of an Interphone research carried out in 2011 (suspecting an increased risk of glioma - a malignant brain tumour) qualified very low frequency fields and radio wave fields as the probable cause of cancer in humans (Group 2B).

Niemniej jednak Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC), opierając się na przypuszczalnym związku między tym czynnikiem a wzrostem ryzyka zachorowalności na białaczkę u dzieci oraz – ponownie – w roku 2011 w następstwie badania Interphone (podejrzenie zwiększonego ryzyka glejaka – złośliwego nowotworu mózgu) zakwalifikowała pola bardzo niskich częstotliwości i pola radiofalowe jako prawdopodobnie powodujące nowotwory u ludzi (Grupa 2B).

Badania związane z oceną zagrożeń ze strony pól elektromagnetycznych na zdrowie można podzielić na badania epidemiologiczne, badania eksperymentalne na ludziach, badania eksperymentalne na zwierzętach oraz badania kultur komórkowych. Te ostatnie, prowadzone *in vitro*, wydają się najbardziej miarodajne i wiarygodne. Wiadomym, bowiem jest, że zmiany na poziomie komórkowym są odpowiedzialne za odpowiedź organizmu jako całości.

Wpływ pola elektromagnetycznego w układach biologicznych zależy od zakresu częstotliwości, natężenia, czasu ekspozycji oraz pochłaniania energii przez napromieniowany obiekt. Przechodząc przez ciało fala elektromagnetyczna oddaje mu część swojej energii, ulega załamaniu a także jej część jest odbijana przez tkanki. Fale długie, o niskiej częstotliwości wnikają głęboko do wnętrza organizmu, zanim ich energia zostanie pochłonięta. Natomiast mikrofały większość swojej energii wytrącają na tkankach powierzchniowych. Woda, która stanowi około 70% masy ciała powoduje silne tłumienie rozchodzącej się fali. Z tego powodu tkanki o dużym uwodnieniu, np. mięśnie lub krew przejmują energię znacznie silniej niż tkanki o niskiej zawartości wody. Z tego też powodu organizm dziecka, który zawiera więcej wody, pochłania pola w większym stopniu. Dlatego ciągłe korzystanie z komputera, częste rozmowy przez telefony komórkowe są bardziej szkodliwe dla dzieci niż dla dorosłych. Stąd wiele badań skupia się wokół wpływu PEM na powstawanie chorób, szczególnie nowotworów u dzieci.

Już w latach 70. ubiegłego stulecia niepokojące dane z badań nad wpływem pola elektromagnetycznego na zwiększoną zachorowalność na białaczkę i guzy mózgu u dzieci mieszkających w pobliżu linii wysokiego napięcia zapoczątkowały lawinę badań w tej dziedzinie [12]. Pola elektromagnetyczne krańcowo małej częstotliwości zostały zakwalifikowane jako przypuszczalnie kancerogenne dla ludzi, głównie na podstawie badań epidemiologicznych konsekwentnie ukazujących powiązanie pomiędzy przeciętną długoterminową ekspozycją na pola magnetyczne powyżej 0,3/0,4 μT i ryzykiem białaczki u dzieci [13]. Kolejne opublikowane badania przez Olsena dotyczące wzrostu zachorowalności na nowotwory u dzieci mieszkających w pobliżu linii przesyłowych prądu elektrycznego, potwierdziły wyniki poprzednich badań. Obecnie na podstawie obserwacji, badań i wiedzy medycznej wiadomo, że pola elektromagnetyczne wywołują następujące symptomy: zaburzenia snu, bóle głowy, zmiany ciśnienia krwi, pogorszenia wzroku, zmiany w morfologii, zaburzenia koncentracji [14].

Ponadto interakcje PEM z układami biologicznymi w pewnych warunkach mogą powodować stres oksydacyjny. Od czasu odkrycia, że wolne rodniki biorą udział w procesach fizjologicznych oraz patologicznych degeneracji mózgu, większość badań koncentruje się na wpływie tego czynnika na powstawanie stresu oksydacyjnego.

Stres oksydacyjny to zaburzenie równowagi prooksydacyjno – antyoksydacyjnej, podczas której białka obrony antyoksydacyjnej (np. dysmutaza ponadtlenkowa, katalaza) nie nadążają kompensować niekontrolowanego wzrostu reaktywnych form tlenu, które reagują ze składnikami komórek. Reakcje te mogą mieć niepożądane a nawet groźne dla organizmu skutki zdrowotne i powodować tzw. choroby wolnorodnikowe. Do patologicznych implikacji reakcji reaktywnych form tlenu i stresu oksydacyjnego należą między innymi: stwardnienie rozsiane, choroba Parkinsona, w których obserwowano wzmożone wytwarzanie RFT przez fagocyty krwi i podwyższenie poziomu MDA w osoczu [15]. Badania również dowiodły, że RFT i antyoksydanty wpływają na replikację wirusa HIV w organizmie. Wielu autorów uważa także, że stres oksydacyjny mózgu może leżeć u podłoża lub przynajmniej towarzyszyć schizofrenii [16]. U dzieci stres oksydacyjny leży u podłoża takich chorób jak: wodogłowie, zespół Downa, autyzm, urazy mózgu i nowotwory mózgu [17].

The research, connected with hazard assessments related to the impact of electromagnetic fields on human health may be divided into epidemiological research, experimental research on humans, experimental research on animals and research on bacterial cultures. The latter, carried out according to an *in vitro* method seems to be the most reliable, as it is known that changes occurring on a cellular level are responsible for an organism's response as a whole.

The impact of an electromagnetic field on biological systems depends on frequency range, intensity and exposure time and energy absorption by the irradiated object.

While permeating through a body, an electromagnetic wave gives up some of its energy, is subject to refraction and its part becomes reflected by tissues. Low frequency long waves permeate deep into an organism before their energy is absorbed. Microwaves, on the other hand, precipitate most of their energy on surface tissues. Water, which constitutes approx. 70% of body mass, causes strong suppression of a propagating wave. For this reason, tissues characterised by high hydration, e.g. muscles or blood, absorb energy to a much greater extent than tissues with low water content. And exactly for the same reason, a child's organism, which contains more water, will absorb fields to a larger degree. Thus, continuous use of a computer or frequent talking on a mobile phone is much more harmful for children than it is for adults. That is why numerous studies focus on the impact of EMR on the incidence of various diseases, and particularly of cancer, in children.

Already in the 1970s, disturbing data connected with research on the influence of electromagnetic fields on an increased incidence of leukaemia and brain tumours in children living near high voltage lines, brought about an avalanche of studies devoted to this area [12]. The electromagnetic fields of extremely low frequency have been qualified as presumably carcinogenic for humans, mainly on the basis of epidemiological research consistently indicating a link between an average long-term exposure to the magnetic fields of over 0.3/0.4 μT and the risk of leukaemia in children [13]. Further research published by Olsen concerning an increase in the incidence of cancer in children living near power transmission lines confirmed the results of the previous studies. At present, based on observations, research and medical knowledge it is known that electromagnetic fields induce the following symptoms: sleep disorders, headaches, blood pressure alterations, sight deterioration, changes in morphology, concentration disorders [14].

Moreover, EMR's interactions with biological systems may in certain conditions lead to oxidative stress. From the time of discovery that free radicals take part in the physiological and pathological processes of brain degeneration, most research in this field has revolved around the impact of this factor on the generation of oxidative stress.

Oxidative stress reflects a prooxidant-antioxidant imbalance during which the antioxidant protection proteins (e.g. superoxide dismutase, catalase) do not manage to compensate for an uncontrolled increase of reactive oxygen species (ROS) that react with cell components. Such reactions may have undesirable or even dangerous consequences for the health and cause the so-called free radical diseases. The pathological implications of the reactions involving reactive oxygen species and oxidative stress include: multiple sclerosis and Parkinson's disease, in which an increased production of ROS by phagocytes has been observed together with an elevated level of MDA in the plasma [15]. Studies have also proven that ROS and antioxidants influence HIV replication in an organism. Moreover, many authors believe that oxidative brain stress may underlie or at least accompany schizophrenia [16]. In children oxidative stress provides for an onset of such diseases as: hydrocephali, Down syndrome, autism, brain trauma and brain tumours [17].

Furthermore, it was indicated that synovial fluid sampled from knee joints in patients with rheumatoid arthritis is characterised by an increased concentration of lipid peroxidation products [18]. Modern concept on the mechanism of creating sclerosis lodgements assumes that sclerotic plaques are produced by cells filled with lipids taken over from plasma lipoproteins damaged by ROS [15].

Wykazano również, że płyn maziowy pobrany ze stawu kolanowego chorych na reumatoidalne zapalenie stawów ma zwiększone stężenia produktów peroksydacji lipidów [18]. Współczesna koncepcja mechanizmu powstawania złogów miażdżycowych zakłada, że blaszki miażdżycowe tworzone są przez komórki wypełnione lipidami przejętymi od uszkodzonych przez RFT lipoprotein osocza krwi [15].

Ponadto badania dowiodły, że nowotwory często charakteryzują się obniżoną aktywnością dysmutazy nadtlenkowej Cu,ZnSOD, regułą natomiast jest obniżenie aktywności innego rodzaju dysmutazy – MnSOD [19].

Wiele badań potwierdza negatywny wpływ PEM na metabolizm tlenowy komórek. W jednym z eksperymentów dotyczących szkodliwości telefonów komórkowych, gdzie krwinki płytkowe poddawano działaniu PEM o częstotliwości 1800 MHz, mocy 0,2 W i czasie ekspozycji 1 i 5 min wykryto wzrost stężenia reaktywnych form tlenu (RFT) [20].

Zwiększona produkcja RFT po skojarzonym działaniu promieniowania radiofaleowego (930 MHz, SAR 1,5 W/kg-1) i jonów żelaza została zauważona również w trakcie eksperymentalnego badania na modelu limfocytów u szczura [21]. Ponadto indukcji peroksydacji lipidów towarzyszy obniżenie aktywności dysmutazy nadtlenkowej (SOD), mieloperoksydazy (MPO) i peroksydazy glutationowej (GSH-Px) w różnych narządach, takich jak nerki szczurów i wątroby świnek morskich, po ekspozycji na promieniowanie radiofaleowe [22, 23, 24]. Również badania nad wpływem promieniowania niskich częstotliwości dowodzą negatywnego wpływu tego czynnika na metabolizm tlenowy komórki. W jednym z badań nad szkodliwością monitorów LCD - częstotliwość 1 kHz, natężenie 150 V/m, przy odległości 30 cm od monitora i 220 V/m, przy odległości 15 cm od monitora, czas ekspozycji 30 i 60 min. wykazano wzrost stężenia reaktywnych form tlenu oraz spadek aktywności dysmutazy nadtlenkowej w wyniku działania PEM [25, 26].

Podobne wyniki uzyskano w badaniach *in vitro* nad wpływem promieniowania elektromagnetycznego emitowanego w kabinie samochodów osobowych (częstotliwość 1 kHz, indukcja 0,5 mT, 30, 60 i 90 min.). Wzrost stężenia reaktywnych form tlenu oraz zmiany aktywności enzymatycznej dysmutazy nadtlenkowej i katalazy świadczyły o pojawieniu się stresu oksydacyjnego pod wpływem działania tego czynnika [27].

ODDZIAŁYWANIE PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO

Promieniowanie X i γ absorbowane przez komórki przekazuje posiadaną energię ich cząsteczkom, a ściślej elektronom z zewnętrznych powłok elektronowych (walencyjnych) niektórych tworzących je atomów. Powoduje to wspomnianą już jonizację lub wzbudzenie cząsteczek [28]. Tworzące się wskutek jonizacji i wzbudzenia cząsteczek produkty (jony, a także wolne rodniki R^{\bullet} - wysoce reaktywne struktury zawierające niesparowany elektron w powłoce elektronowej), nie występujące w komórkach w warunkach prawidłowych, są przyczyną efektów popromiennych organizmu. Zasadniczą rolę w powstawaniu tych efektów odgrywiają produkty absorpcji energii promieniowania X i γ przez cząsteczki wody - główny składnik chemiczny organizmu - powstające w wyniku ich rozpadu, określanego jako radioliza wody [29, 30]. Prowadzi ona do utworzenia wysoce reaktywnych struktur, jakimi są uwodnione elektrony, rodniki hydroksylowe i wodoronadtlenkowe oraz nadtlenek wodoru [29]. Reaktywne produkty radiolizy wody wchodzi w reakcje ze składnikami struktur komórek: lipidami i białkami, powodując m.in. uszkodzenia zbudowanych z nich błon komórkowych (efektem są zmiany ich polaryzacji i przepuszczalności), a także z DNA (wywołując mutacje). Doprowadzają przy tym do zaburzeń wytwarzania i aktywności różnych enzymów oraz do zakłóceń przebiegu metabolizmu tlenowego [28, 31]. Łańcuchy zdarzeń rozpoczynające się absorpcją energii promieniowania X i γ , rozciągają się w konsekwencji na poszczególne tkanki oraz narządy organizmu, wywołując szereg popromiennych zmian organicznych i czynnościowych.

Powodowane promieniowaniem X i γ uszkodzenia w organizmie klasyfikuje się jako jego skutki somatyczne, dotyczące tkanek, narządów i układów oraz skutki genetyczne odnoszące się do komórek rozrodczych (następstwo aberracji chromosomowych i mutacji genowych).

Moreover, research showed that the common feature of tumour occurrence rests in a reduced activity of superoxide dismutase - Cu,ZnSOD, and a reduction of activity of another type of dismutase - MsSOD [19].

Many studies have confirmed the negative impact of EMR on cellular oxygen metabolism. One of the experiments concerned the harmfulness of mobile phones, where blood platelets were subjected to EMR of the frequency of 1800 MHz, the power of 0.2W, and exposure times of 1 and 5 minutes, allowed to observe an increase in the concentration of reactive oxygen species [20].

An elevated production of ROS after an exposure to radio wave radiation (930 MHz, SAR 1.5 WKG-1) and iron ions was also noted in the course of an experimental study on a lymphocyte model in rats [21]. Moreover the induction of lipid peroxidation was accompanied by a reduction in the activity of superoxide dismutase (SOD), myeloperoxidase (MPO) and glutathione peroxidase (GSH-Px) in different organs, such as the kidneys of rats and the livers of guinea pigs following an exposure to radio wave radiation [22, 23, 24].

Also, research on the impact of low frequency radiation proves the negative effect of this factor on cellular oxygen metabolism. One of the studies on the harmfulness of LCD screens - with the frequency of 1kHz, intensity of 150 V/m, and the distance of 30 cm from the screen and 220 V/m, the distance of 15 cm from the screen and exposure times of 30 and 60 minutes - indicated an increase in the concentration of reactive oxygen species and a decrease in the activity of superoxide dismutase due to EMR [25, 26].

Similar results were obtained through an *in vitro* study on the impact of electromagnetic radiation emitted in the driver's cab of a regular car (frequency of 1 kHz, induction 0.5 mT, at 30, 60 and 90 minutes). The growth in the concentration of reactive oxygen species and changes in the activity of enzymic superoxide dismutase and catalase were the indicators of oxidative stress caused by this factor [27].

THE EFFECTS OF IONISING RADIATION

X and γ radiation absorbed by cells transmit their energy to their molecules, or to be more specific, the electrons from external electron shells (valence shells) of some of their atoms. This leads to the mentioned Ionisation or cell excitement [28]. The products of Ionisation or cell excitement (ions, but also free radicals R^\bullet - a highly reactive structure containing an unpaired electron in the electron shell), which under normal circumstances are not present in cells, are the reason for the occurrence of post-radiation effects on an organism. A crucial role in the emergence of such effects is played by the products of energy absorption from X and γ radiation by water particles - the main chemical component of the body - produced as a consequence of their disintegration, defined as water radiolysis [29, 30]. It leads to the creation of highly reactive structures, such as hydrated electrons, hydrozyl and hydroperoxyl radicals and hydrogen peroxide [29]. The reactive water radiolysis products enter into reactions with cell structure components: lipids and proteins causing, among other things, damage to cell membranes (resulting in changes in their polarization and permeability) and DNA (inducing mutations). The consequences involve dysfunctions in the production and activity of various enzymes as well as disruption in oxygen metabolism [28, 31]. As a result, the chains of incidents beginning with energy absorption from X and γ radiation become extended onto particular tissues and organs, thus evoking a number of post-radiation organic and functional changes.

X and γ radiation-induced damage in an organism is classified as somatic effects, i.e. those involving tissues, organs and systems, and genetic effects, i.e. those referring to reproductive cells (a result of chromosomal aberrations and genetic mutations). Somatic effects may be early or deterministic - occurring in all subjects after a specified amount of radiation, or late or stochastic - randomly occurring after a significant delay in a part of equally irradiated subjects [31].

The characteristic feature related to the somatic effects lies in their irregularity, i.e. the selective occurrence of damage.

Skutki somatyczne mogą być wczesne czyli deterministyczne - pojawiające się u wszystkich osób po odpowiednio silnym napromienieniu, bądź późne czyli stochastyczne - mogące losowo wystąpić z dużym opóźnieniem czasowym u części jednakowo napromienionych osób [31]. Dla skutków somatycznych znamieną jest nierównomierność, czyli wybiórcze powstawanie uszkodzeń. Wyróżnia się w tym zakresie 4 kategorie radiowrażliwości tkankowo-narządowej: bardzo silną - szpik kostny i krew obwodowa, układ limfatyczny, nabłonek żołądkowo-jelitowy, gonady, tkanki płodowe; silną - skóra, oczy, ślinianki, wątroba, trzustka, nerki, płuca; średnią - ośrodkowy układ nerwowy, serce, gruczoły wydzielania wewnętrznego (oprócz gonad); słabą - mięśnie, kości i chrząstki, tkanka łączna [32].

Do najważniejszych objawów podstawowych skutków deterministycznych powstających pod wpływem promieniowania jonizującego należą: zubożenie szpiku kostnego w erytroblastach, mielocytach, mieloblastach i megakariocytach, obniżenie we krwi ilości limfocytów, granulocytów i trombocytów, uszkodzenia węzłów chłonnych, grasicy oraz śledziony, nekrotyczne owrzodzenia śluzówki żołądka i jelita, uszkodzenia komórek krypt Lieberkühna, zwyrodnienie kanalików jąder, obniżenie ilości plemników, ubytki oocytów, niepłodność, oparzenia skóry, rumień, owrzodzenia, sączące złuszczenie i martwica naskórka, trwałe łysienie, krwawe wybroczyny do siatkówki, zapalenie siatkówki, naczyńówki i tęczówki [31, 32].

Skutkiem deterministycznym silnego napromienienia całego organizmu lub większej jego części jest zespół ogólnoustrojowych zmian określany jako ostra choroba popromienna. Charakteryzuje się ona czterema fazami rozwoju: wstępną, utajenia, główną i zdrowienia (lub śmierci), w których przebiegu występuje mnogość objawów swoistych i nieswoistych. Może mieć postać subkliniczną, hematologiczną, jelitową, mózgową i enzymatyczną (dwie ostatnie w 100% śmiertelne) [32].

Skutki stochastyczne obejmują zwiększoną podatność na występowanie nowotworów - głównie skóry, piersi, płuc, kości i białaczek oraz nasilenie procesów zwyrodniających i zanikowych przyczyniających się do przyspieszonego starzenia i skrócenia czasu życia. Indukują też niedokrwistość, powstawanie zaćmy oraz upośledzenie rozrodczości [31].

Powodowane promieniowaniem X i γ skutki genetyczne wywołują wady i choroby dziedziczne u potomstwa w kolejnych pokoleniach, np. zespół Downa, anomalie i umieralność płodów. Prawdopodobieństwo wystąpienia oraz stopień nasilenia omówionych skutków promieniowania X i γ są zależne od intensywności tych promieniowań, czasu ekspozycji, wrażliwości osobniczej oraz od ewentualnej obecności w ustroju radiosensybilizatorów (np. różne leki cytostatyczne) [32].

Ochrona przed wszystkimi rodzajami promieniowania jonizującego organizowana jest w myśl zasady ALARA: As Low As Reasonably Achievable (tak mało, jak jest to rozsądnie osiągalne). Oznacza ona, że dla zminimalizowania narażenia na skutki wywołane napromienieniem należy: 1) jak najkrócej dokonywać czynności przy źródle promieniowania, 2) przebywać od niego możliwie daleko, 3) oddzielać się od tego źródła odpowiednią osłoną. Przed promieniowaniem X i γ chronią osłony wykonane z materiałów o dużej gęstości: ołowiu lub betonu [7, 31]. Dla profilaktyki przed skutkami napromienienia przyjmuje się środki radioprotekcyjne, głównie cysteinę, cysteaminę lub tzw. AET (ich grupy -SH neutralizują tworzące się wolne rodniki) [7].

W związku z istotą problemu wpływu promieniowania elektromagnetycznego na organizm Zgromadzenie Parlamentarne Rady Europy przyjęło rezolucję, w której w odniesieniu do norm i progów dotyczących emisji pól elektromagnetycznych wszystkich rodzajów i wszystkich częstotliwości [...] zaleca zastosowanie zasady ostrożności ALARA (as low as reasonably achievable), tj. najniższy poziom, jaki można racjonalnie osiągnąć". Pomimo przypuszczalnie istniejących skutków dla zdrowia ludzkiego, do dziś nie ma żadnych przepisów europejskich, które ujednoliciłyby na terytorium UE ochronę pracowników przed wpływem pól elektromagnetycznych.

Within this scope we may distinguish 4 categories of tissue-organ radiosensitivity: very strong - bone marrow and peripheral blood, lymphatic system, gastro-intestinal epithelium, gonads, fetal tissues; strong - skin, eyes, salivary glands, liver, pancreas, kidneys, lungs; medium - central nervous system, heart, endocrine glands (without gonads); weak - muscles, bones and cartilages, connective tissue [32].

The most important symptoms of deterministic effects induced by Ionising radiation include: reduction of erythroblasts, myelocytes, myeloblasts and megakaryocytes in the bone marrow, reduction of lymphocytes, granulocytes and thrombocytes in the blood, damage to lymphatic glands, thymus gland and spleen, necrotic ulceration of the mucosa of stomach and intestine, cell damage of Lieberkühn's crypts, degeneration of testicular tubules, reduction in the quantity of sperm, oocyte deficit, infertility, skin burns, erythema, ulceration, oozing skin desquamation and epidermal necrosis, permanent baldness, retinal petechiae, retinitis and iritis [31, 32].

A deterministic effect of strong irradiation of the whole organism or its greater part is known as acute radiation syndrome, i.e. a constellation of health effects due to radiation. It is characterised by four stages of development: initial, latent, main and recovery (or death), showing a multitude of specific and non-specific symptoms. It may take a subclinical, haematological, intestinal, cerebral or enzymatic form (with the latter two being 100% fatal) [32].

Stochastic effects, on the other hand, include an increased susceptibility to cancer - mainly affecting the skin, breasts, lungs, bones, as well as different types of leukaemia and an escalation of degenerative processes and atrophies leading to accelerated ageing and a shortened life expectancy. They also induce anaemia, cataract and reproductive disorders [31].

X and γ radiation-induced genetic effects cause hereditary defects and diseases in the offspring of successive generations, including Down syndrome, foetal anomalies and mortality. The probability of occurrence and the intensification level of the discussed effects of X and γ radiation depend on their strength, exposure time, individual sensitivity and possible presence of radiosensibilisers in the system (e.g. different cytostatic agents) [32].

Protection against all types of Ionising radiation is organised according to the ALARA principle: As Low As Reasonably Achievable. Following this principle, in order to minimize the susceptibility to radiation-induced effects one should: 1) reduce the time spent near the radiation source, 2) remain as far as possible from the source, 3) use an appropriate shield to separate oneself from the radiation. The shields guaranteeing protection against X and γ radiation are made from high-density materials such as lead or concrete [7, 31]. The prophylaxis against radiation-induced effects involves administration of radio-protective agents, mainly cystein, cysteamine or the so-called AET (their -SH groups help neutralize the produced free radicals) [7].

With regard to the significance of the problem related to the impact on electromagnetic radiation on a human organism, the Parliamentary Assembly of the Council of Europe has passed a resolution recommending the application of the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle in relation to the standards and threshold values for emissions of electromagnetic fields of all types and frequencies [...]. Despite their presumable effects on the human health, so far no European regulations have been drafted with the purpose of standardisation of employee protection in the EU against the influence of electromagnetic fields.

BIBLIOGRAPHY

1. Siemiński M. Environmental health hazards. PWN. Warsaw 2008.
2. Zmyślony M, Politański P. Health hazards and health protection measures for people exposed to electromagnetic fields and radiation of 0 – 300 GHz. Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź 2009:30-32.
3. Strzałka-Gałuszka K, Syrek P. Electromagnetic field in human environment and the method for its calculation. Prace Instytutu Elektrotechniki 2008;239:189-203.
4. Marzec S, Stawowy A. Population's exposure to the electromagnetic field of mobile telephony aeriels. Zeszyt Naukowy Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach 2007;1(3):45-54.
5. Herner A. Car electronics. WKT. Warsaw 2001.
6. Breitenstein BD, Seward JP. Ionizing radiation; in: Wald PH, Stave GM red. Physical and biological hazards of the workplace. John Wiley and Sons Inc, New York 2001: 227-241.
7. Turner JE. Atoms, radiation, and radiation protection. Wiley-VHC Verlag, Weinheim 2007
8. Nickoloff E. Radiology review. Elsevier Inc, Oxford 2005.
9. National Research Council. Radiation source use and replacement. The National Academic Press, Washington 2008.
10. Ferrari F, Szuszkiewicz E. Cosmic rays: a review for astrobiologists. Astrobiology 2009;9:413-436. doi: 10.1089/ast.2007.0205.
11. Beatty JJ, Westerhoff S. The highest-energy cosmic rays. Ann Rev Nucl Part Sci 2009;59:319-345.
12. Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. Am J Epidemiol 1979;109:273-284.
13. Merzenich H, Schmiedel S, Bennack S, Brüggemeyer H, Philipp J, Blettner M, Schüz J. Childhood leukemia in relation to radio frequency electromagnetic fields in the vicinity of TV and radio broadcast transmitters. Am J Epidemiol 2008;168(10): 1169-78. doi: 10.1093/aje/kwn230.
14. Bukowicki R, Sanchez A. Protection against electromagnetic field and radiation at low frequency 50Hz. International Conference on Electromagnetic Fields and Environment 2007.
15. Adams JDJ, Chang ML, Klaidman L. Parkinson's disease-redox mechanizm. Curr Med Chem 2001;8:809-814.
16. Yoa JK, Reddy RD, van Kammen DP. Oxidative damage and schizoprenia: an verview of the evidence and its therapeutic implications. CNS Drugs 2001;15:287-310.
17. Granot E, Kohen R. Oxidative stress in childhood – in health and disease states. Clin Nutr 2004;23:3-11.
18. Buettner GR, Chamulitrat W. The catalytic activity of iron in synovial fluid as monitored by the ascorbate free radicals. Free Radic.Biol Med 1990;8:55-56.
19. Macmillan-Crow LA, Cruthirds DL. Invited review: manganese superoxide dismutase in disease. Free Radic Res 2001;34:325-336.
20. Buczyński A, Dziedziczak-Buczyńska M, Jankowski W, Olszański R, Buczyński J, Pacholski K, Henrykowska G. Oxidative metabolism of human blood platelets exposed to an electromagnetic field generated by mobile telephony - in vitro study. Polish Hyperbaric Res 2007;4(21):31-37.
21. Zmyślony M, Politanski P, Rajkowska E, Szymczak W, Jajte J. Acute exposure to 930 MHz CW electromagnetic radiation in vitro affects reactive oxygen species level in rat lymphocytes treated by iron ions. Bioelectromagnetics 2004;25(5):324-328.
22. Consales C, Merla C, Marino C, Benassi B. Electromagnetic Fields, Oxidative Stress, and Neurodegeneration. Int J Cell Biol 2012; 2012:683897.
23. Oktem F, Ozguner F, Mollaoglu H, Koyu A, Uz E. Oxidative damage in the kidney induced by 900-MHz-emitted mobile phone: protection by melatonin. Arch Med Res 2005;36(4):350-355,.

24. Ozgur E, Gler G, Seyhan N. Mobile phone radiation-induced free radical damage in the liver is inhibited by the antioxidants n-acetyl cysteine and epigallocatechin-gallate. *Int J Radiat Biol* 2010;86(11):935-945. doi: 10.3109/09553002.2010.496029.
25. Lewicka M, Dziedziczak-Buczyńska M, Ziemia-Gardyńska E, Henrykowska G, Buczyński A. Changes in the activity of superoxide (Cu, Zn SOD) in the blood platelets exposed to the electromagnetic radiation emitted by LCD displays - in vitro research. *Кварталник Ортопедyczny* 2001;1:31, ISSN 1230–1043.
26. Buczyński A, Pacholski K, Dziedziczak-Buczyńska M, Lewicka M, Henrykowska G. Changes in the generation of free radicals in the blood platelets exposed to the electromagnetic radiation emitted by electronic visual displays. *Polish Hyperbaric Res* 2010;1(30):35-41.
27. Buczyński A, Cader A, Pacholski K, Dziedziczak-Buczyńska M, Jerominko A. The effect of electromagnetic field occurring in vehicles on reactive oxygen species (ROS) generation in blood platelets. *Pol J Environ Stud* 2006;2B(15):1020-1023.
28. Sobkowski J. Radiation chemistry and radiological protection. Wydawnictwo Adamantan, Warsaw 2009.
29. Le Caër S. Water radiolysis: influence of oxide surfaces on H₂ production under ionizing radiation. *Water* 2011;3:235-253.
30. Ershov BG, Gordeev AV. A model for radiolysis of water and aqueous solutions of H₂, H₂O₂ and O₂. *Radiat Phys Chem* 2008;77:928-935.
31. Martin DR, Semelka RC. Health effects of ionizing radiation from diagnostic CT. *Lancet* 2006;367:1712-1714.
32. Feldman R. Radiation injury; in: Schaidler JJ, Hayden SR, Wolfe RE, Barkin RM, Rosen P, ed. by Rosen and Barkin's 5-minute emergency medicine consult. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2007.

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ

Исследования воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ), имеющего различные параметры, осуществлялись в течение многих лет. ЭДС, излучаемый различными устройствами, используемыми в настоящее время, таких как мобильные телефоны, компьютеры, микроволновые печи, рентгеновские аппараты воздействуют на организм человека многократно. Различные элементы и структуры клеток могут быть целевым щитом воздействия электромагнитного облучения. Эта статья предоставляет базовую информацию о воздействии электромагнитных полей, биологических эффектов и влияние на здоровье к которым они могут привести. Результаты исследования, проведенные в этой области, могут быть полезны в установлении норм и стандартов поведения адекватных риску, связанного с воздействием ЭМП. Они также могут служить внедрению соответствующей профилактики, которая защитила бы от негативных последствий этого фактора окружающей среды.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, ионизирующее излучение и неионизирующие, воздействия на здоровье, биологические эффекты.

dr n. med. Magdalena Zawadzka
Zakład Epidemiologii i Zdrowia
Publicznego UM w Łodzi
ul. Żeligowskiego 7/9
90-752 Łódź

dr n. med. Małgorzata Lewicka
Zakład Epidemiologii i Zdrowia
Publicznego UM w Łodzi
ul. Żeligowskiego 7/9
90-752 Łódź

dr hab. n. med. Maciej Rutkowski
Pracownia Toksykologii i Ochrony
Radiologicznej UM w Łodzi
ul. Żeligowskiego 7/9
90-752 Łódź

dr n. med. Gabriela Henrykowska
Zakład Epidemiologii i Zdrowia
Publicznego UM w Łodzi
ul. Żeligowskiego 7/9
90-752 Łódź

**dr n. med. Maria Dziedziczak-
Buczynska**
Zakład Epidemiologii i Zdrowia
Publicznego UM w Łodzi
ul. Żeligowskiego 7/9
90-752 Łódź

**prof. dr hab. n. med. Andrzej
Buczynski**
Zakład Epidemiologii i Zdrowia
Publicznego UM w Łodzi
ul. Żeligowskiego 7/9
90-752 Łódź

THE INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF FUNCTIONING, DISABILITY AND HEALTH – ICF**MIĘDZYNARODOWA KLASYFIKACJA FUNKCJONOWANIA ZDROWIA I NIEPEŁNOSPRAWNOŚCI**

Małgorzata Machaj¹⁾, Jacek Lorkowski¹⁾, Małgorzata Starczyńska²⁾, Agnieszka Pedrycz³⁾, Ireneusz Kotela¹⁾

¹⁾ Central Clinical Hospital of the Ministry of Internal Affairs in Warsaw, Poland

¹⁾ Centralny Szpital Kliniczny MSW w Warszawie

²⁾ Department of Health Sciences, University of Jan Kochanowski in Kielce, Poland

²⁾ Wydział Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

³⁾ Histology and Embryology Department with the Experimental Cytology Laboratory of Medical University in Lublin, Poland

³⁾ Katedra i Zakład Histologii i Embriologii z Pracownią Cytologii Doświadczalnej Uniwersytetu Medycznego w Lublinie

ARTICLE INFO

Journal: PolHypRes 2013 Vol. 45 Issue 4 pp. 127 – 138

ISSN: 1734-7009

eISSN: 2084-0535

DOI: HTTP://DX.DOI.ORG/10.13006/PHR. 45.9

Pages: 12, figures: 0, tables: 0.

page www of the periodical: www.phr.net.pl

Keywords/Słowa kluczowe:

(in English): disability, medical classifications, medical certification, ICF.

(in Polish): niepełnosprawność, klasyfikacje medyczne, orzecznictwo lekarskie, ICF.

Polish-English bilingual publication**Publisher**

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

ABSTRACT

(in English)

The International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) was developed and recommended for general use by the WHO in 2001. Many countries have already, or are in the process of implementing the ICF. Due to limited awareness of the ICF and a lack of financial resources, the classification is not in use in Poland. This would require appropriate action and engagement of the Polish legislature. The aim of the paper is to present issues relating to the introduction of the International Classification of Functioning, Disability and Health in the context of the approach to medical classification in Poland.

(in Polish)

Międzynarodowa Klasyfikacja Funkcjonowania, Zdrowia i Niepełnosprawności (International Classification of Functioning, Disability and Health -ICF) została opracowana i zaproponowana do powszechnego stosowania przez WHO w 2001 roku. Wiele państw wprowadziło lub obecnie wprowadza klasyfikację ICF. Niska świadomość informacyjna na temat klasyfikacji ICF oraz brak zabezpieczenia finansowego powodują, że klasyfikacja nie jest stosowana w Polsce. Całość procedur wymaga stosownych działań władzy ustawodawczej. Celem pracy jest przedstawienie aspektów wprowadzenia Międzynarodowej Klasyfikacji Funkcjonowania, Zdrowia i Niepełnosprawności na tle orzecznictwa lekarskiego funkcjonującego w Polsce.

МЕЖДУНАРОДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, ОГРАНИЧЕНИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЗДОРОВЬЯ

Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (International Classification of Functioning, Disability and Health -ICF) была разработана и предложена для общего использования ВОЗ в 2001 году. Многие страны ввели или в настоящее время принимают классификацию МКФ. Низкая информационная осведомленность о классификации МКФ, а также отсутствие финансовой безопасности, означает, что классификация не применяется в Польше. Целая процедура требует соответствующих мер законодательного органа. Цель документа заключается в представлении аспектов внедрения Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья на фоне медицинского освидетельствования функционирующего в Польше.

Ключевые слова: инвалидность, медицинские классификации, медицинское освидетельствование, МКФ.

WSTĘP

Klasyfikacje medyczne rozpoczęto wprowadzać powszechnie w XIX wieku. Wówczas podjęto pierwsze próby sklasyfikowania chorób. Powstały 3 fundamentalne prace dotyczące tego zagadnienia: François Boissier de Sauvages de Lacroix – „Nosologia Methodica”, Karol Linneusz - „Genera morborum”, William Cullen - „Synopsis nosologicae methodicae”.

W 1837r. Powstało Generalne Biuro Statystyczne Anglii i Walii, w którym pracował William Farr, który przyczynił się do rozwoju i ujednoczenia istniejącej klasyfikacji Cullena. Przyczynił się on do powstania Międzynarodowej Listy Przyczyn Zgonów. Ważnym elementem w powstaniu tej listy były Międzynarodowe Kongresy Statystyczne. Analizy Faee'a i Cullena stanowiły podstawę stworzenia klasyfikacji ICD. ICD - Międzynarodowa Klasyfikacja Chorób i Procedur Medycznych została stworzona przez Światową Organizację Zdrowia WHO (World Health Organization). Jest to tłumaczenie terminologii medycznej na kody, które ułatwiają organizację pracy, stawianie diagnoz, a także prowadzenie badań statystycznych w zakresie chorobowości i umieralności. Klasyfikacja ta składa się z trzech części: klasyfikacji chorób, instrukcji kodowania oraz klasyfikacji procedur medycznych, która jest systematycznie aktualizowana. Obecnie w Polsce stosowana jest Międzynarodowa Klasyfikacja Procedur Medycznych ICD-9-CM, natomiast w kwalifikowaniu schorzeń i chorób używana jest Międzynarodowa Klasyfikacja Chorób i Problemów Zdrowotnych ICD-10 [1,2,3,4].

W latach sześćdziesiątych XX wieku w USA zaobserwowano, iż pacjenci z tym samym schorzeniem, którym wykonywano te same badania i procedury, oraz których czas hospitalizacji był zbliżony, generowali te same koszty. Na przełomie lat 60. i 70., profesor Robert Fetter z Uniwersytetu Yale, po raz pierwszy przedstawił założenia systemu JPG- Jednorodnych Grup Pacjentów (Diagnosis Related Groups – DRG). Pacjenci podobni medycznie i kosztowo, zostali przyporządkowani do 333 grup, w 54 głównych kategoriach diagnostycznych. Profesor Robert Fetter oparł się na analizie danych 1 mln 700 tys. pacjentów hospitalizowanych w szpitalach stanu New Jersey. Jednorodne Grupy Pacjentów zostały więc stworzone jako sposób rozliczania usług zdrowotnych przez płatnika, w Polsce przez Narodowy Fundusz Zdrowia. Ideą tego rozwiązania jest stworzenie w miarę prostych i łatwych w stosowaniu metod kwalifikowania danego świadczenia do pewnej grupy, ze ściśle zdefiniowanej listy celem rozliczenia usługi [5,6,7].

Prawdopodobnie za najbardziej znaną, istotną klinicznie, powszechnie stosowaną i niezmienną do dnia dzisiejszego skalę uważa się Glasgow Coma Scale (GCS), używaną w medycynie w celu oceny poziomu świadomości. Początkowo wprowadzono ją celem umożliwienia szybkiej oceny stanu pacjentów po urazie głowy i wstępnego ustalenia działania i rokowania. Obecnie jest powszechnie stosowana zarówno w medycynie ratunkowej, jak neurochirurgii, neurologii i szeroko rozumianej traumatologii do śledzenia zmian poziomu świadomości pacjentów w czasie leczenia [8].

Kolejną, powszechnie znaną i stosowaną interdyscyplinarnie, jest 5 stopniowa skala ASA (American Society of Anaesthesiology). Stosowana powszechnie w anestezjologii w klasyfikacji oceniającej ryzyko operacyjne związane z wystąpieniem poważnych powikłań lub zgonu pacjenta w czasie znieczulenia lub po nim [9,10].

Przykładem skali służącej do oceny chorych „urazowych” jest opracowana w 1981 r. i zmodyfikowana w 1989 r. przez Championa i współpracowników skala nazwana Trauma Score (TS). W zmodyfikowanej, aktualnie używanej formie – Revised Trauma Score (RTS) - składają się na nią trzy parametry: liczbowa wartość GCS, wartość skurczowego tętniczego ciśnienia krwi oraz częstość oddechów. Parametrom tym przypisany jest wskaźnik od 0 do 4 punktów, zależnie od stopnia odchylenia od normy [11].

Przedstawione powyżej stanowią drobną część skal obowiązujących i stosowanych w medycynie. Dotyczy to głównie krajów anglosaskich. Zaproponowane poniżej działania dotyczące osób niepełnosprawnych jest logiczną kontynuacją stopniowego wprowadzania standardów i normatywnych skali w medycynie klinicznej i orzecznictwie.

INTRODUCTION

Medical Classification schemes started to be introduced in the nineteenth century. The first attempts related to the classification of diseases, with the three authoritative works being: François Boissier de Sauvages de Lacroix - " Nosologia Metodica ", Carolus Linnaeus - " Genera morborum ", William Cullen - " Synopsis nosologicae methodicae "

In 1837, the Office for National Statistics was established in England and Wales. William Farr worked at the Office, contributing to the development and standardization of Cullen's existing classification scheme. He contributed to the creation of the International List of Causes of Deaths. The International Statistical Congress played an important role in the development of the list. Farr's and Cullen's work was the basis for the creation of the International Classification of Diseases and Medical Procedures (ICD), which was developed by the World Health Organization (WHO). It comprises as a translation of medical terminology into codes that facilitate the organization of work, the making of diagnoses, as well as the conducting of surveys on morbidity and mortality. This classification consists of three parts: the classification of diseases, a guide to coding, and the classification of medical procedures. The ICD is constantly being updated. Poland currently uses the International Classification of Medical Procedures ICD - 9 -CM, while in qualifying illnesses and diseases it uses the International Classification of Diseases and Related Health Problems ICD -10 [1,2,3,4].

In the United States during the sixties, it was observed that patients with the same disease, who underwent the same tests and procedures, and had hospital stays of similar length, also generated the same costs. At the beginning of the seventies, Professor Robert Fetter of Yale University first put forward the idea of a system of Diagnosis Related Groups (DRGs). Patients were divided according to medical procedure and costs into 333 groups across 54 major diagnostic categories. Professor Robert Fetter's work was based on the data of 1.7 million patients hospitalized in New Jersey hospitals. DRGs were therefore created as a way of accounting for health services funded by the public payer, the National Health Fund in the case of Poland. The idea behind this was to develop a simple means of qualifying a given group for benefits from a clearly defined list of subsidized services [5,6,7].

Probably the best-known, clinically relevant, commonly used and to this day unchanging scale is the Glasgow Coma Scale (GCS), used in medicine to assess the level of consciousness. Initially it was introduced in order to enable rapid assessment of patients with head injuries and a preliminary determination of operation and prognosis. It is now widely used in both emergency medicine, neurosurgery, neurology and traumatology, in its broadest sense, to track changes in the level of consciousness of patients during treatment [8].

Another is the widely known and interdisciplinary 5- step ASA scale (American Society of Anaesthesiology). It is commonly used in anaesthesia in the classification evaluating operational risk associated with the occurrence of serious complications or death of the patient during anaesthesia or thereafter [9,10].

An example of a scale for assessing patients 'trauma', namely the Trauma Score (TS), was developed in 1981 and modified in 1989 by Champion and his colleagues. As modified, and currently in use, the Revised Trauma Score (RTS), consists of three parameters: the numerical value of the GCS, systolic arterial blood pressure and respiratory rate. These parameters are assigned a rating from 0 to 4 point, depending on the degree of deviation from the norm [11].

The above represents a small sample of the scales in use and applied in medicine. This applies mainly to English-speaking countries. The initiatives concerning disabled persons proposed below are a logical continuation of the gradual introduction of standards and normative scales in clinical medicine and classification.

FUNKCJONOWANIE ORZECZNICTWA LEKARSKIEGO W POLSCE

Orzecznictwo lekarskie w Polsce ma charakter wyłącznie medyczny. Polega na dokonywaniu przez lekarza oceny stopnia naruszenia sprawności organizmu oraz upośledzenia jego funkcji i postawieniu stosownego rozpoznania. Przyznane świadczenia pieniężne są wynikiem wydania decyzji administracyjnej o przysługujących świadczeniach z zabezpieczenia społecznego, świadczeniach o charakterze rzeczowym lub usługowym. Świadczenia pieniężne w Polsce przeznaczone dla osób niepełnosprawnych stanowią 30 mld zł, co stanowi ponad 2% PKB Polski [12].

W Polsce funkcjonuje obecnie kilka systemów orzekania o niepełnosprawności, utracie zdolności do samodzielnego życia i wykonywania pracy zawodowej. Najważniejszym z nich jest system orzecznictwa ZUS. Równolegle funkcjonuje system orzecznictwa dla celów zatrudnienia, w skład którego wchodzi Powiatowe i Wojewódzkie Komisje do Orzekania o Niepełnosprawności dla celów zatrudnienia. System ten jest nadzorowany przez Pełnomocnika Rządu ds. Osób Niepełnosprawnych. Ponadto istnieją systemy specjalistyczne tzn. rolny KRUS (dla rolników i pracujących z nim domowników), ministerstwa spraw wewnętrznych (m.in. ABW, BOR, policja, straż graniczna) i wojskowy MON. W ramach tych systemów dokonywana jest ocena stanu zdrowia, funkcjonowania i zdolności do pracy, na podstawie której wydawane są orzeczenia o stopniu utraty zdolności do wykonywania pracy zarobkowej oraz zdolności do samodzielnej egzystencji. Każde orzeczenie stanowi także podstawę do uzyskania świadczeń społecznych w postaci renty z tytułu częściowej lub całkowitej niezdolności do pracy, bądź do uzyskania (w przypadku osób niepełnosprawnych) prawa do dofinansowania pracodawcy wynagrodzeń zatrudnionego pracownika z niepełnosprawnością. System świadczeń będący efektem wydanych orzeczeń zaczyna deformować polski system zabezpieczenia społecznego poprzez fakt, że identyczne orzeczenia przyznawane są osobom o często diametralnie różnej zdolności do zatrudniania, co powoduje, że osoby o różnej zdolności do zatrudnienia otrzymują (np. w przypadku zatrudnienia) identyczne wsparcie w postaci subsydiów płacowych.

Innym aspektem tego zjawiska jest łatwość zmiany orzeczenia mimo, że stan zdrowia i sprawności często nie uzasadnia takiej sytuacji. W 2012 roku kilkadziesiąt tysięcy osób z orzeczeniem o lekkim stopniu niepełnosprawności uzyskało zmianę kwalifikacji orzeczniczej na stopień umiarkowany. Konsekwencją takiej zmiany jest konieczność wypłacenia wyższych dofinansowań do wynagrodzeń tej grupy pracowników, co kosztowało PFRON dodatkowo kilkanaście milionów złotych. Przejście do wyższej grupy niepełnosprawności spowodowane było większą skalą korzyści jakie z zatrudniania osób niepełnosprawnych uzyskuje pracodawca.

Instytucje oraz organizacje społeczne zajmujące się rehabilitacją zawodową oraz społeczną osób niepełnosprawnych wielokrotnie podnosiły problem niemożności opracowania indywidualnych programów rehabilitacji zawodowej i społecznej w oparciu o funkcjonujący system orzekania o niepełnosprawności. Wskazania i przeciwwskazania umieszczone w orzeczeniach są zbyt ogólne i nieprecyzyjne, co nie pozwala na jednoznaczną ocenę stopnia sprawności fizycznej, umysłowej i społecznej takiej osoby, a tym samym wywołuje potrzebę dokonania osobnej pogłębionej oceny zdrowia i funkcjonalności.

W tej sytuacji pilnym problemem społecznym staje się gruntowna reforma systemu orzekania o niepełnosprawności dla celów rentowych i dla celów zatrudnieniowych, który służyłby obiektywnej ocenie stopnia utraty zdrowia, zdolności do egzystencji i wykonywania pracy zarobkowej, a także co istotne, byłby ważnym punktem wyjścia do procesu rehabilitacji leczniczej i zawodowej, którego istotnym celem jest przywrócenie jednostce (niepełnosprawnemu) optymalnej zdolności do funkcjonowania społecznego i zawodowego po przebytych wypadkach i chorobach zawodowych.

THE FUNCTIONING OF MEDICAL CERTIFICATION IN POLAND

Medical certification in Poland is of a purely medical nature. It involves the physician's evaluation of the degree of impairment of the organism and its function, as well as making the appropriate diagnosis. Financial support is subject to an administrative decision about entitlement to social security benefits, either material or in the form of services rendered. Financial support for people with disabilities in Poland totals 30 billion PLN, which accounts for more than 2% of GDP [12].

In Poland, there are currently several certification systems for disability, loss of independence and the inability to work. The most important of these is the Social Security system of certification, which operates in parallel with a system for the purposes of employment, to which the District and Provincial Committees for Certification of Disability contribute. This system is supervised by the Government Plenipotentiary for Persons with Disabilities. In addition, there are specialized systems, i.e. the Social Security system dedicated to the agricultural industry (for farmers and their workers), the Ministry of the Interior (including the Internal Security Agency, BOR – the Polish Secret Service, the police, and border guards) and the Military Defence Force. These systems provide assessments of the health status, the ability to function and work, upon which are based decisions about the degree to which an individual has lost the ability to undertake gainful employment and the ability to live independently. Any such decisions are also the basis for obtaining social benefits in the form of a pension for those with a partial or complete inability to work, or in the case of employees with disabilities the right to subsidize the salary costs incurred by the employer.

The benefits system, which has resulted from such decisions, has begun to distort the Polish social security system, since identical assessments are often made of people with radically different disability levels. As a result, people with differing levels of impairment to, for example, employment, receive the same levels of support in the form of wage subsidies.

Another aspect of this phenomenon is the ease with which decisions can be changed, even though the state of the individual's health and fitness often do not justify such an amendment. In 2012, tens of thousands of people deemed to suffer from a slight degree of disability qualified for certification at the higher moderate level. The consequence of this change was the need to pay higher wage subsidies for this group of workers, with an additional cost to PFRON between 10 to 20 million PLN. This was due to the higher scale of entitlements to employers hiring workers with a higher disability level. Institutions and civil society organizations involved in the social and vocational rehabilitation of disabled persons repeatedly raised the problem of the inability to develop individual programs of vocational and social rehabilitation on the basis of a functioning system of disability. Indications and contraindications contained in the decisions are too general and vague, preventing an unambiguous assessment of the degree of physical, mental and social disability of such people, and thereby causing the need for a separate in-depth assessment of health and functionality.

This social problem results in the need for a fundamental reform of the system of certifying disability for the purposes of pension and employment, so that it provides an objective assessment of the limitations to health, gainful employment and the ability to earn a livelihood. Similarly, this should have an important flow-on effect on the medical and professional rehabilitation process, which is essentially intended restore the disabled individual's optimal capacity to function in a social and occupational context, following an accident or other occupational health problem.

STANDARDY ICF

W 2001 roku 54 światowe Zgromadzenie Zdrowia przyjęło Międzynarodową Klasyfikację Funkcjonowania, Niepełnosprawności i Zdrowia (ICF - ang. International Classification of Functioning, Disability and Health). Kraje członkowskie WHO zadeklarowały wprowadzenie w życie tej metodologii oceny funkcjonowania człowieka w powiązaniu z jego problemami zdrowotnymi.

CEL ICF

Wielozadaniowa klasyfikacja opracowana na użytek wielu dyscyplin i różnych sektorów. Jej szczególne cele można w skrócie przedstawić następująco:

- stworzenie naukowych podstaw dla zrozumienia i badania kwestii zdrowia i związanych z nim stanów, wyników i wyznaczników,
- ustalenie wspólnego języka do opisu zdrowia i stanów związanych ze zdrowiem, w celu usprawnienia porozumiewania się różnych użytkowników, jak np.: pracowników służby zdrowia, pracowników naukowych, decydentów i społeczeństwa, z uwzględnieniem osób niepełnosprawnych,
- umożliwienie porównania danych z różnych krajów, z wielu dziedzin opieki zdrowotnej, usług i okresów czasu, z różnych kultur,
- stworzenie usystematyzowanego schematu kodowania dla systemów informatycznych w dziedzinie zdrowia [13].

ZASTOSOWANIE ICF

Klasyfikacja ukierunkowana na zagadnienia zdrowia i stanów z nim związanych, docelowo ma być wykorzystywane na rynku ubezpieczeń, ubezpieczeń społecznych, polityki społecznej, szkolnictwa, ekonomii, statystyki i prawodawstwa.

UNIWERSALNOŚĆ ICF

Polega na opisanu aspektów ludzkiego zdrowia i stanów związanych ze zdrowiem, dobrym samopoczuciem fizycznym i psychicznym, np.: dziedziny zdrowia (np.: widzenie, słyszenie, chodzenie, uczenie się i zapamiętywanie) i dziedziny związane ze zdrowiem (przemieszczanie się, kształcenie, wzajemne kontakty społeczne) [13]. Nie dotyczy to tylko osób niepełnosprawnych, powyższe aspekty dotyczą wszystkich ludzi.

ZAKRES ICF

Tworzy strukturę, która jest podzielona i uporządkowana w logiczny sposób, łatwo zrozumiały i dostępny dla każdego po krótkim wyjaśnieniu. Zakres treści w poszczególnych tematach może ewaluować, można zgłaszać propozycje dopisania czynników do Światowej Organizacji Zdrowia - WHO.

Informacje przedstawione są w dwóch częściach:

1. Funkcjonowanie i niepełnosprawność.
 - 1.1. Funkcje i struktury ciała (dotyczy ciała ludzkiego, upośledzenie funkcji, ograniczenie aktywności ze względu na niepełnosprawność).
 - 1.1.1. Funkcjonowanie (czynności) układów ciała.
 - 1.1.2. Struktura (budowa) ciała.
 - 1.2. Aktywność i uczestniczenie (obejmuje funkcjonowanie z perspektywy pojedynczej osoby jak i społeczeństwa).

ICF STANDARDS

In 2001, the 54th World Health Assembly adopted the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). WHO member states declared the implementation of this methodology for assessing human functioning in conjunction with health problems.

THE PURPOSE OF THE ICF

A multi-classification system developed for use in many disciplines and different sectors. Its specific objectives can be summarized as follows:

- establishing a scientific basis for understanding and study of health and related states, outcomes and determinants,
- establishing a common language for the description of health and health-related states in order to facilitate communication between different users , such as health professionals, academics , policy makers and the public, including persons with disabilities,
- allowing the comparison of data from different countries, in many areas of health care, services and periods of time, as well as different cultures,
- the creation of a structured coding scheme for systems in the field of health [13].

THE USE OF THE ICF

The classification of health issues and associated conditions, for use in the insurance market, social security, social policy, education, economics, statistics and legislation.

THE UNIVERSAL APPLICABILITY OF THE ICF

The ICF can be applied to the description of aspects of human health and related conditions related, physical and mental well-being, for example areas of health, such as vision, hearing, walking, learning and memory) and in areas related to health (mobility, education, interpersonal contact) [13]. This is not restricted to persons with disabilities, but applies to everybody.

THE SCOPE OF ICF

This creates a structure that is divided and organized in a logical manner, easily understandable and accessible to anyone after a brief explanation. The contents of different topics can change; revisions can be submitted to the World Health Organization (WHO).

The information is presented in two parts:

1 Functioning and disability

1.1 Functions and structure of the body (for the human body, impairment, activity limitation due to disability)

1.1.1 Functioning (operations) of the body's systems

1.1.2 Structure (construction) of the body

1.2 Activity and participation (includes functioning from the perspective of a single person and the public).

2. Czynniki kontekstowe.

2.1. Czynniki środowiskowe (wywierają wpływ na każdy element funkcjonowania niepełnosprawności, listę zaczynają czynniki bezpośredniego otoczenia a kończą ze środowiska ogólnego).

2.2. Czynniki osobowe (nie zostały sklasyfikowane w ICF ze względu na związane z nimi duże zróżnicowanie społeczne i kulturowe) [13].

Zawsze należy pamiętać, że ICF nie jest klasyfikacją ludzi, natomiast jest klasyfikacją cech charakterystycznych stanu zdrowia człowieka, w kontekście jego indywidualnej sytuacji życiowej oraz wpływów otaczającego środowiska [14]. Sytuacja ta może się zmieniać przy współpracy m.in. z fizjoterapeutami, psychologami, opieką społeczną.

WPROWADZENIE KLASYFIKACJI ICF W POLSCE

16 kwietnia 2010 roku została powołana przez Dyrektora Centrum Systemów Informacyjnych Ochrony Zdrowia - Rada ds. Międzynarodowej Klasyfikacji Funkcjonowania i Zdrowia pod kierunkiem profesor Anny Wilmowskiej-Pietruszyńskiej[13]. Do zadań Rady ICF należy opracowanie propozycji dotyczących wdrażania klasyfikacji ICF w Polsce.

30 stycznia 2012 r. Minister Zdrowia Bartosz Arłukowicz podpisał Dwuletnią Umowę o Współpracy (BCA, ang. Biennial Collaborative Agreement) na lata 2012–2013 pomiędzy Ministerstwem Zdrowia a Regionalnym Europejskim Biurem Światowej Organizacji Zdrowia. Jednym z celów jest wdrożenie Międzynarodowej Klasyfikacji Funkcjonowania, Niepełnosprawności i Zdrowia. Za realizację tego zadania odpowiedzialne jest Centrum Systemów Informacyjnych Ochrony Zdrowia.

Obecnie szkolenie z klasyfikacji ICF prowadzi w Polsce Fundacja Aktywnej Rehabilitacji m. in. dzięki wsparciu środków Państwowego Funduszu Rehabilitacji Osób Niepełnosprawnych. Jednocześnie Stowarzyszenie EKON podjęło przygotowania do utworzenia opartego na metodologii ISC ośrodka oceny i rozwoju indywidualnego kapitału ludzkiego osób z niepełnosprawnością. Autorzy pomysłu wyszli z założenia, że niezbędną bazą skutecznego procesu kompleksowej rehabilitacji osoby z niepełnosprawnością jest precyzyjna, obiektywna i wszechstronna ocena stanu zdrowia i funkcjonalności osoby które na skutek wypadku lub choroby zawodowej utraciła zdolność do kontynuowania zatrudnienia na dotychczasowym stanowisku pracy. ICF jest bowiem metodą która pozwala na szczegółowy opis uszkodzeń funkcji ciała, koncentruje się także na analizie cech osobowości i kontekstu społecznego co ma istotne znaczenie dla sukcesu planowanej rehabilitacji.

Wzorując się na ośrodkach rehabilitacji działających w Szwajcarii i wykorzystujących metodę ICF nie tylko do oceny stanu zdrowia i funkcjonalności ale do kompleksowej rehabilitacji, EKON planuje traktować proces rehabilitacji jako efekt współdziałania specjalistów z różnych dziedzin, którzy na bazie oceny planują proces interwencji medycznej, psychologicznej i zawodowej. Oznacza to, że we wczesnym stadium utraty sprawności pacjentem zajmuje się zespół, w skład którego wchodzi lekarz prowadzący, psycholog, fizjoterapeuta oraz doradca zawodowy. W trakcie sesji roboczych ustalają oni program usprawnienia organizmu, poprawy dobrostanu psychologicznego oraz indywidualnego programu rozwoju zawodowego. Taka współpraca specjalistów daje znakomite wyniki, gdyż proces rehabilitacji psychologicznej wspomaga proces rehabilitacji medycznej a stworzenie perspektywy zdobycia nowego zawodu wspierane przez współpracujące z zespołem środowisko rodzinne (żona, brat, rodzice) czy społeczne (koledzy), jest istotnym czynnikiem wpływającym na przebieg procesu rehabilitacji.

Warto też podkreślić, że Stowarzyszenie EKON jako pierwsze w Polsce dokonało tłumaczenia opracowanego przez WHO podręcznika stosowania kwestionariusza oceny niepełnosprawności WHO Disability Assessment Schedule, zwanego potocznie WHODAS 2.0. Obecnie, wdrażanie kompleksowej oceny klasyfikacji ICF w Polsce jest na etapie tłumaczeń: dokumentacji, zaleceń, list do oceny. Do chwili obecnej, nie zatwierdzono żadnych przepisów prawnych. Wdrożeniem i informacją o klasyfikacji ICF miało się zająć Centrum Systemów Informatycznych w Warszawie.

2. Contextual Factors

2.1. Environmental factors (The impact of the disability on every aspect of functioning; the list of factors begin with the immediate environment and end with the general environment)

2.2 Personal factors (not classified in the ICF due to the associated large diversity of social and cultural factors) [13].

It must always be remembered that the ICF is not a classification of people, rather the classification of characteristics of human health in the context of their individual circumstances and influences of the surrounding environment [14]. This may change through cooperation with, amongst others, physiotherapists, psychologists, social welfare workers.

THE INTRODUCTION OF THE ICF CLASSIFICATION IN POLAND

On 16 April 2010 the Council for International Classification of Functioning and Health under the leadership of Professor Anna Wilmowska-Pietruszyńska was established by the Director of the Centre for Health Information Systems [13]. The Council for the ICF should develop proposals for the implementation of the ICF classification system in Poland.

On 30 January 2012 the Minister for Health, Bartosz Arlukowicz signed the two-year BCA (Biennia called Collaborative Agreement) for 2012-2013 between the Ministry of Health and the Regional Office for Europe of the World Health Organization. One of the objectives is the implementation of the International Classification of Functioning, Disability and Health, for which The Centre for Health Information Systems is responsible.

Currently, training in the ICF classification system in Poland is led by the Polish Foundation for Active Rehabilitation, with the support of the State Fund for Rehabilitation of Persons with Disabilities, amongst others. At the same time the EKON Association has undertaken to prepare for the establishment of a centre for the assessment and development of individual human capital of those with disabilities, based on the methodology of the ISC. The authors of this proposal are working on the assumption that the indispensable process of complex rehabilitation of persons with disabilities provides an accurate, objective and comprehensive assessment of their health and ability to function, in cases where they have lost the ability to continue to work at their current workplace, as a result of an accident or occupational health disorder. In fact, the ICF is the method that allows for a detailed description of the damage to the functions of the body, and focuses on the analysis of personality traits and social contexts, which play a vital role in the success of planned rehabilitation.

Along the lines of Swiss rehabilitation centers using the ICF method not only for assessing health and functioning, but also comprehensive rehabilitation, EKON plans to treat the rehabilitation process as a result of cooperation between specialists from various fields who plan medical, psychological and professional intervention on the basis of the evaluation process. This means that in the early stages of disability, a patient will be looked after by a team comprising the attending physician, psychologist, physical therapist and counselor. The team will establish a program to improve the physical and psychological well-being of the patient, as well as a personal development program. Such cooperation by specialists provides excellent results, as the process of psychological rehabilitation helps in medical rehabilitation and the creation of new vocational prospects, supported by members of the family (partner, siblings, parents) or social circles (friends and acquaintances). Therefore, it is an important factor in the process of rehabilitation.

It should be noted that the EKON Association was the first to develop a Polish translation of the guide to the WHO Disability Assessment Questionnaire Disability Assessment Schedule, commonly called WHODAS 2.0. Currently a comprehensive evaluation of the ICF classification system in Poland is being translated. This includes documentation, recommendations and lists for evaluation. To date, no legislation has been passed. Implementation and information about the ICF classification system was to be looked after by the Information Systems Centre in Warsaw.

W 2010 roku instytucji udało się przetłumaczyć książkę Międzynarodowej Klasyfikacji Funkcjonowania, Zdrowia i Niepełnosprawności (ICF). Głównie z powodu niskiej świadomości na temat klasyfikacji ICF oraz braku zabezpieczenia finansowego, klasyfikacja nie jest stosowana w Polsce. Całość procedur wymaga stosownych działań władzy ustawodawczej.

PODSUMOWANIE

Międzynarodowa Klasyfikacja Funkcjonowania, Zdrowia i Niepełnosprawności (ICF) może mieć wielorakie zastosowanie zarówno w tworzeniu systemów informacyjnych w zarządzaniu opieką zdrowotną ale także powinna być wykorzystana dla potrzeb polityki społecznej, szczególnie w dziedzinie orzekania o niepełnosprawności, szeroko rozumianej edukacji i kierowaniu rynkiem pracy.

Zdaniem profesor Anny Wilmowskiej-Pietruszyńskiej, zastosowanie ICF – wiąże się głównie z koniecznością uporania się ze sprzecznościami, lukami i niekonsekwencjami w dziedzinie wiedzy o zdrowiu i niepełnosprawności, co ma olbrzymie znaczenie praktyczne.

Zdaniem autorów, należy podjąć działania informacyjne w środkach masowego przekazu, ponieważ całość problemu dotycząca ICF jest nieznana ogółowi społeczeństwa, a także części osób zajmujących się problematyką medyczną. Pozytywnym zjawiskiem jest rosnące zainteresowanie organizacji pozarządowych, realizujących proces rehabilitacji medycznej, społecznej i zawodowej - wykorzystaniem metodologii ICF do analizy stanu zdrowia i funkcjonalności swoich podopiecznych i wynikające stąd próby praktycznego wdrożenia tej metodologii.

In 2010, the institution was able to translate the book of the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). Due mainly to limited awareness of the ICF and a lack of financial resources, the classification is not in use in Poland. The entire process requires appropriate action and engagement of the Polish legislature.

CONCLUSIONS

The International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) can have a many uses, including not only the creation of information systems in healthcare management, but also for the purposes of social policy, particularly in the field of disability, education, in the broad sense, and leadership of the labour market.

According to Professor Anne Wilmowska-Pietruszyńska, the use of the ICF is of great practical importance, primarily in dealing with the contradictions, inconsistencies and gaps in knowledge about health and disability.

According to the authors, information campaigns in the mass media are necessary, due to a complete lack of awareness about the ICF in the general public, as well as some of those involved in the medical issues. A positive development is the growing interest amongst non-governmental organizations in the implementation of medical, social and professional rehabilitation, using the ICF system to analyze the health and functioning of their charges and the results of attempts to implement it.

BIBLIOGRAPHY

1. Janiszewski R. ABC of settlements in 2009 with regard to diagnosis-related groups. Warsaw; Wydawnictwo Kwadryga; 2009.
2. Kozierekiewicz A. Diagnosis-related groups – a guide through the system. National Health Fund. Warsaw; 2009.
3. Mullin R. A Brief History of ICD-10-PCS
http://library.ahima.org/xpedio/groups/public/documents/ahima/bok3_004938.hcsp?dDocName=bok3_00493[cytowano 2013.01.04].
4. History of the development of the ICD
<http://www.who.int/classifications/icd/en/HistoryOfICD.pdf>[cytowano 2013.01.04.]
5. Kozierekiewicz A. Diagnosis-related groups. Polish Cardiology. 2008; 66: 708 – 710.
6. Paszkiewicz J. Diagnosis-related groups – a guide through the system. Health Manager 2008; 4; 2 – 46.
7. Gilewski D. Diagnosis-related groups. System basics. National Health Fund – Head Office, Department of Health Care Services, Warsaw; 2010.
8. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. Lancet 1974; 2: 81-84
9. Little JP. Consistency of ASA grading. Anaesthesia. 1995; 50: 658-9.
10. Dixon J. Consistency of the ASA classification. Anaesthesia. 1995; 50: 826.
11. Nazimek R. Procalcitonin as an early non-invasive marker of pulmonary complications in patients with severe and multiple physical injuries. Doctorate thesis CM UJ, Cracow 2008.
12. Golinowska S. Organisation and functioning of medical reports for the needs of social security, employment support and social integration and persons with disabilities. In: Wilmowska A, ed. by Institutional, health-related and social disability determinants. 1st edition Warsaw Institute of Labour and Social Affairs; 2012.
13. ICF International Classification of Functioning, Disability and Health. Warsaw; CSIOZ. Warsaw; 2009.
14. Wilmowska-Pietruszyńska A, Bilski D. International Classification of Functioning, Disability and Health. Disability – issues, problems, solutions. 2013;13(7):5-19.

mgr Małgorzata Machaj

Dział Organizacji i Zasobów Ludzkich
Centralny Szpital Kliniczny MSW
ul. Wołoska 137
02-507 Warszawa
e-mail: mmachaj1@wp.pl

dr med. Jacek Lorkowski

Klinika Ortopedii i Traumatologii
Narządu Ruchu
Centralny Szpital Kliniczny MSW
ul. Wołoska 137, 02-507 Warszawa
e-mail: jacek.lorkowski@gmail.com

dr med. Małgorzata Starczyńska

Wydział Nauk o Zdrowiu
Uniwersytet Jana Kochanowskiego,
Al. IX Wieków Kielc 19, 25-317 Kielce
e-mail: starm@ujk.edu.pl

dr hab. med. Agnieszka Pedrycz

Katedra i Zakład Histologii i Embriologii
z Pracownią Cytologii Doświadczalnej Uniwersytetu
Medycznego w Lublinie.
ul. Radziwiłłowska 11 20-080, Lublin
e-mail: apw4@wp.pl

dr hab. med. prof. UJK Ireneusz Kotela

Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu
Centralny Szpital Kliniczny MSW
ul. Wołoska 137, 02-507 Warszawa
Wydział Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Jana Kochanowskiego,
Al. IX Wieków Kielc 19, 25-317 Kielce
e-mail: ikotela@op.pl

XV JUBILEUSZOWA KONFERENCJA NAUKOWA POLSKIEGO TOWARZYSTWA MEDYCyny I TECHNIKI HIPERBARYCZNEJ

**16 – 17 listopada 2013 roku
Sopot**

W dniach 16 – 17 listopada 2013 roku po raz piętnasty odbyła się Konferencja Naukowa Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej. Tradycyjnie miejscem konferencji był ośrodek WDW w Sopocie. Ponieważ w tym roku Towarzystwo obchodzi 15-lecie swojej



Prezes Zarządu V kadencji PTMiTH dr A. Olejnik podczas wystąpienia inauguracyjnego XV Konferencji Naukowej PTMiTH Sopot 2013.

działalności, przebieg inauguracji konferencji był nieco odmienny od dotychczasowego. Prezes PTMiTH dr inż. Adam Olejnik wygłosił okolicznościowe wystąpienie, w którym krótko podsumował działalność Towarzystwa od 1998 roku (tekst wystąpienia na końcu tego materiału). W wystąpieniu Prezes w imieniu Towarzystwa podziękował za wsparcie i pomoc sympatyków i przyjaciół PTMiTH oraz wyraził wdzięczność Towarzystwa dla ludzi, którzy na co dzień wspomagają pracę Zarządu. Wręczył też pamiątkowe medale wybite z okazji 15 - lecia, z okolicznościową dedykacją. Medale za wspieranie PTMiTH otrzymali:

Wiceadmirał Ryszard Demczuk,
Wiceadmirał Maciej Węglewski.

Natomiast za zasługi dla Towarzystwa medale otrzymały następujące osoby (w kolejności alfabetycznej):

Burke Stephen, Denis Andrzej, Kaczerska Dorota, Kaczerski Maciej, Kłos Ryszard, Konarski Maciej, Krefft Łukasz, Krefft Karolina, Krzyżak Jarosław, Lakomov Elena, Morawiec Bartosz, Olszański Romuald, Ruszkowski Cezary, Samborska Małgorzata, Siermontowski Piotr, Szczepkowska Kamila, Wójtowicz Anna.



Medal pamiątkowy PTMiTH z okazji 15 lecia działalności.¹

Następnie ogłoszono wyniki na doroczne nagrody Towarzystwa. W roku 2013 nagrodę PTMiTH za osiągnięcia w dziedzinie medycyny hiperbarycznej otrzymał **prof. Siergiej Guliar** z Zakładu Fizjologii Podwodnej Instytutu Fizjologii im. Bohomolca w Kijowie, który ze względów służbowych nie mógł przybyć na obrady konferencji i w związku z powyższym wręczenie tej nagrody nastąpi w roku przyszłym. Redakcja czasopisma Polish Hyperbaric Research postanowiła w roku 2013 nie przyznawać nagrody dla debiutantów nauki. Po raz kolejny z powodzeniem udało się przeprowadzić konkurs o stypendium naukowe im. Antoniego Dębskiego.



Wręczenie pamiątkowych medali podczas inauguracji XV Konferencji Naukowej PTMiTH.

Wyniki tego konkursu ogłosił przewodniczący kapituły stypendium dr med. Maciej Konarski. W bieżącym roku laureatem konkursu został **Piotr Bałazy** z Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii nauk w Sopocie. Podczas wręczenia stypendium odczytano okolicznościowy list do laureata od Pani Haliny Dębskiej, wdowy po patronacie stypendium, która w tym roku nie mogła przybyć na konferencję. Po ogłoszeniu wyników konkursów, tradycyjnie obrady konferencji otworzył **wiceadmirał Ryszard Demczuk**. Tegoroczny wykład inauguracyjny wygłosił **kmdr rez. dr inż. Stanisław Skrzyński**, jego tematem była technika hiperbaryczna ostatniego półwiecza.

¹ Medal z dedykacją otrzymali zasłużeni dla PTMiTH, ponadto wszyscy obecni na konferencji członkowie Towarzystwa otrzymali ten medal w formie okolicznościowej pamiątki podczas zebrania członków w dniu 17.11.2013r. Pozostałym członkom Towarzystwa medale zostaną dostarczone drogą pocztową z najbliższym numerem PHR.

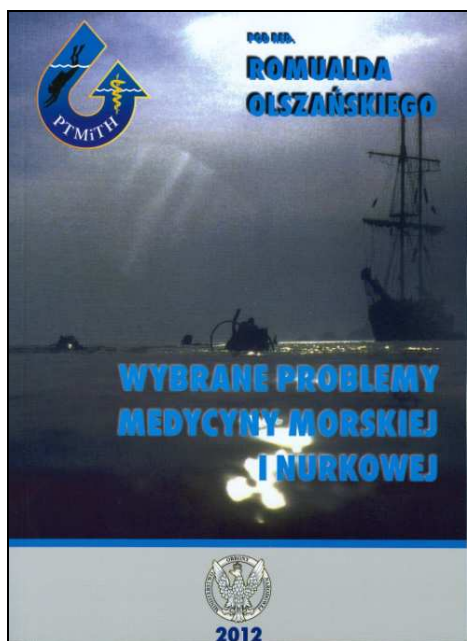


Wręczenie stypendium im. A.Dębskiego laureatowi III konkursu p. Piotrowi Bałazy z Instytutu Oceanologii PAN.



Wiceadmirał Ryszard Demczuk otwiera obrady XV Jubileuszowej Konferencji Naukowej PTMiTH.

Podczas tegorocznej konferencji ogłoszono kilkadziesiąt interesujących referatów pogrupowanych w osiem sesji tematycznych, były to referaty z zakresu medycyny, techniki, wychowania fizycznego, psychologii oraz po raz pierwszy w historii konferencji sesja tematyczna poświęcona badaniom realizowanym w ośrodkach przemysłowych (streszczenia wybranych referatów w dalszej części tekstu). Ponadto program konferencji zawierał szereg dodatkowych atrakcji. PTMiTH wspólnie z Muzeum Marynarki Wojennej w Gdyni z okazji przypadającej w roku 2013 90-tej rocznicy służby nurkowej w MW RP przygotowało na konferencji wystawę fotograficzną poświęconą tej tematyce. W kularach zaprezentowano fragment większej ekspozycji, którą można w całości obejrzeć na terenie muzeum w Gdyni. Wystawa ta jest zorganizowana przez Historical Diving Association Poland i Muzeum Nurkowania w Warszawie. W czasie konferencji odbyły się również wodowania dwóch wydawnictw monograficznych, napisanych przez członków Towarzystwa.



Okładki wodowanych podczas konferencji publikacji monograficznych.

Z okazji 15-sto lecia działalności PTMiTH wyemitowało również okolicznościowy znaczek pocztowy w limitowanej ilości, który zostanie przekazany wszystkim członkom towarzystwa w terminie późniejszym.



Pamiątkowy znaczek pocztowy wyemitowany przez PTMiTH z okazji 15-lecia działalności.

W drugi dzień konferencji miało miejsce Walne Zgromadzenie członków Towarzystwa, podczas którego Prezes Zarządu V kadencji złożył sprawozdanie z działalności zarządu podczas kadencji i odbyły się wybory nowych władz. W wyniku głosowania **Prezesem Zarządu VI kadencji został dr med. Maciej Konarski**, a zgodnie z statutem Towarzystwa **dr inż. Adam Olejnik** objął stanowisko I-go Vice Prezesa Zarządu. Drugim Vice-Prezesem została wybrana **Pani dr hab. med. Agnieszka Pedrycz**. Ponadto w wyniku głosowania do zarządu Towarzystwa weszli: **Piotr Siermontowski, Paweł Różański, Paweł Zarzycki, Joanna Walczyńska** i **Krzysztof Stopierzyński**. Po wyborach zarządu odbyły się wybory członków Komisji Rewizyjnej, do której weszli: **Bartosz Morawiec, Dorota Kaczerska** i **Michał Penkowski**.

Następnie przeprowadzono wybory Sądu Koleżeńskiego, w skład którego weszli: **Ryszard Kłos**, **Andrzej Ratajczak** i **Zbigniew Jeszke**.

Sponsorami tegorocznej konferencji było **Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego**, **Ministerstwo Obrony Narodowej** oraz **Wojskowa Izba Lekarska** i firmy **Linde Gaz Polska Sp. z o.o.** oraz **Prof. Cosmetics Sp. z o.o.**

STRESZCZENIA WYBRANYCH REFERATÓW

Piotr Radziwon, Romuald Olszański, Jolanta Korsak.

CZYNNIK XII – OGRANICZENIE NURKÓW ?

Powstawanie mikropęcherzyków gazu podczas dekompresji jest główną przyczyną rozwoju choroby dekompresyjnej (DCS). Mikropęcherzyki pojawiające się we krwi stanowią niefizjologiczną powierzchnię, która wchodzi w interakcje z płytkami krwi i białkami osocza. W konsekwencji aktywowane są płytki krwi i czynniki kontaktu. Interakcja ta nie prowadzi jednak do aktywacji krzepnięcia krwi lecz, jak wykazały badania własne, do aktywacji fibrynolizy. W szczególności dochodzi do aktywacji czynnika XII. Czynnikiem XII jest beta-globulina



Prof. P. Radziwon.

syntetyzowaną w wątrobie mającą właściwości proesterazy. Aktywuje on czynnik XI, prekalikreinę i proaktywator plazminogenu, który z kolei powoduje generację plazminy. Aktywny czynnik XII także proteolitycznie inaktywuje inhibitor tkankowego aktywatora plazminogenu (PAI-1).

W związku z powyższym u nurków, po dekompresji obserwujemy wzrost stężenia kompleksów plazmina-antyplazmina i spadek stężenia i aktywności PAI-1. Może to być przynajmniej częściowym wyjaśnieniem stwierdzanych u nurków krwotoków do OUN, okolicy podokostnowej oczodołów, ucha wewnętrznego oraz płuc, które nie powstały na skutek urazów czy też koincydencji innych jednostek chorobowych. Mikropęcherzyki gazu wykrywane metodą Dopplera nie są wystarczającym wskaźnikiem zagrożenia chorobą dekompresyjną i nadal poszukiwane są wskaźniki, które dokładniej określałyby ryzyko DCS. Wyniki badań wskazują na potrzebę rozszerzenia panelu badań osób kwalifikowanych do nurkowania o czynniki ryzyka wystąpienia powikłań krwotocznych oraz badania liczby płytek krwi i wskaźników aktywacji fibrynolizy.



Obrady XV Konferencji Naukowej PTMiTH Sopot 2013.

Jacek Fabisiak, Jarosław Michalak, Adam Olejnik, Bartłomiej Pączek

BRÓŃ CHEMICZNA W BAŁTYKU - OCENA ZAGROŻENIA I PRZECIWDZIAŁANIE

Udostępniona przez państwa nadbałtyckie, Wielką Brytanię, Stany Zjednoczone oraz Norwegię dokumentacja dotycząca zatopienia powojennej amunicji chemicznej pozwoliła ustalić, iż na dnie Bałtyku zdeponowano ok 45 000 ton broni chemicznej wyprodukowanej w Niemczech do zakończenia II wojny światowej. Powołana w 1993 roku przez Komisję Helsińską grupa robocza HELCOM CHEMU, na podstawie narodowych raportów ustaliła, że zatopiono od 6 000 do 13 000 ton bojowych środków trujących, wśród których dominują: iperyt, chloroacetofenon, Clark I, Clark II, adamsyt, fosgen, luizyt, tabun oraz cyjanowódór. Jako oficjalne miejsca zatopienia przyjęto: południowo-wschodnią część Głębi Gotlandzkiej, wschodnią część Głębi Bornholmskiej, cieśninę Mały Bełt a także, na podstawie wiarygodnych zeznań świadków, rejon na południowy zachód od Bornholmu.

Jednakże udostępniona dokumentacja nie była do końca była kompletna. Brakowało i do dziś wciąż brak jest wiarygodnych danych od Rosjan, którzy bardzo aktywnie uczestniczyli w zatopianiu amunicji chemicznej, szczególnie w środkowej części Bałtyku. Niedawno odtajniona archiwalna dokumentacja byłej NRD, w sposób niedwuznaczny wskazuje, że amunicję chemiczną zatapiano także w latach 60 ubiegłego wieku. Również istnieją szczątkowe dane, głównie zeznania świadków, na podstawie których można przypuszczać, że amunicję chemiczną w latach 60 zatapiali także Rosjanie. Te i wiele innych informacji, także przypadków wyrzucania przez morze amunicji na plażę dało mocne podstawy, by przypuszczać, iż istnieją w Bałtyku inne, poza oficjalnymi, miejsca zatopiania amunicji chemicznej.

15 lat po opublikowaniu raportów Komisji Helsińskiej, państwa nadbałtyckie postanowiły zweryfikować ich zapisy i wytyczne, a także zaktualizować wiedzę o zatopionych w Morzu Bałtyckim bojowych środkach trujących w oparciu o nowe informacje i badania naukowe, które od 1994 roku prowadzone były w tym obszarze. W tym samym czasie 5 państw nadbałtyckich, pod przewodnictwem Polski, rozpoczęło zakrojony na wielką skalę projekt badawczy pod nazwą CHEMSEA. Wykonawcy projektu podjęli się zweryfikowania hipotezy o zatopianiu wokół Głębi Gdańskiej i Gotlandzkiej, a także w rejonie Rynny Słupskiej amunicji

chemicznej. Ponadto celem projektu jest oszacowanie stężeń bojowych środków trujących i ich produktów degradacji w osadach dennych otaczających znaleziska, a także ocena ryzyka związanego z przypadkowym lub naturalnym uwolnieniem tych substancji do toni wodnej.

W referacie przedstawiono dotychczasowe wyniki badań w ramach projektu CHEMSEA związane z oceną zagrożenia amunicją chemiczną i bojowymi środkami zatopionymi w Bałtyku, metody poszukiwania i weryfikowania prawdopodobnych miejsc zatapiania amunicji chemicznej oraz dotychczasowe wyniki, w szczególności dotyczące Głębi Gdańskiej.

Bronisław K. Głód, Iwona Kiersztyn, Paweł Wantusiak, Paweł Piszcz

RÓŻNE ELEKTROANALITYCZNE TECHNIKI OZNACZANIA CAŁKOWITEGO POTENCJAŁU ANTYOKSYDACYJNEGO KRWI

Tlen atmosferyczny jest wolnym rodnikiem, występującym w nietypowym stanie tripletowym. Z jednej strony jest on niezbędny do życia, z drugiej – szkodliwy dla organizmów żywych. To samo można powiedzieć zarówno o innych wolnych rodnikach jak i antyoksydantach, chociaż ich mechanizmy oddziaływania na organizmy żywe są różne. Czysty tlen, pod zwiększonym ciśnieniem, jest używany w celach terapeutycznych mimo, że jest toksyczny. Dlatego istotne jest badanie jak zmieniają się wówczas stężenia wolnych rodników. Ponieważ tworzy się wówczas łańcuch reakcji wolnorodnikowych często oznacza się ich sumaryczne stężenie. Podobnie jest w przypadku antyoksydantów. Często więcej informacji dostarcza Całkowity Potencjał Antyoksydacyjny (CPA), będący sumą iloczynów ich stężeń i stałych szybkości reakcji z rodnikiem, niż stężenie poszczególnych antyoksydantów. Dodatkowo, oznaczanie tych ostatnich jest często utrudnione ze względu na nieznaną skład próbki oraz wzajemne ich oddziaływanie.

CPA można wyznaczać metodami bezpośrednimi, elektrochemicznymi, do których zalicza się potencjometrię i różne techniki voltametryczne. Na ogół CPA jest mierzone w odniesieniu do rodników trwałych lub wytworzonych w wyniku termo-, elektro-, foto- lub radiolizy. W trakcie wystąpienia omówione zostaną cztery nowe metody pomiaru CPA z zastosowaniem voltametrii:

- pomiar pola powierzchni piku voltametrycznego w którym oś potencjałowa przedstawiona jest w odniesieniu do rodnika hydroksylowego, w skali eksponentialnej;
- pomiary w odniesione do rodnika hydroksylowego, którego produkt reakcji z tzw. sensorem oznaczany jest chromatograficznie z detektorem elektrochemicznym;
- pomiary w odniesione do rodnika DPPH, którego zmiany stężenia oznaczane jest za pomocą HPLC z detekcją elektrochemiczną;
- w których miarą CPA jest całkowite pole powierzchni wszystkich pików chromatograficznych zarejestrowanych za pomocą detektora elektrochemicznego.



Prof. B.K. Głód.



Obrady XV Konferencji Naukowej PTMiTH Sopot 2013.

Jaromir Jakacki, Krzysztof Poraziński,
Instytut Oceanologii PAN
Przedsiębiorstwo Badawczo-Produkcyjne FORKOS Sp. z o.o.

ANALIZA RYTMU SERCA ZA POMOCĄ METOD INTEGRACYJNYCH.

Metody diagnostyczne serca w niektórych przypadkach nie obrazują we właściwy i szybki sposób dolegliwości takich jak na przykład arytmia serca.

W pracy tej wykorzystano model IPFM (Integral Pulse Frequency Modulation) oraz jego modyfikację jako podstawowy schemat pozwalający w prosty sposób na określenie np. arytmii serca. Kluczowym elementem takiego modelu jest wartość progowa integratora. W tym przypadku rozważono kilka różnych wersji doboru progu w celu precyzyjniejszej diagnozy choroby serca. W pracy tej planowane jest zaprezentowanie wersji teoretycznej takiego modelu oraz jego numeryczna implementacja. Metoda ta daje bardzo szybko obraz zmienności pulsu serca wraz z jego odchyleniami i może być z pewnością stosowana, oczywiście po odpowiednim sparametryzowaniu, do tego typu chorób.

Janusz Kapuściński
Firma POLIMAT

WYBRANE ASPEKTY ZASTOSOWANIA ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW EO/IR® FLIR W BEZZAŁOGOWYCH PLATFORMACH NAWODNYCH PRZEZNACZONYCH DO DZIAŁAŃ SAR

Zadania SAR na morzu oraz w rejonie krytycznej infrastruktury portowej realizowane są głównie przez specjalistyczne statki patrolowe, ratownicze oraz śmigłowce SAR. Wypełnianie misji SAR wymaga posiadania odpowiedniej struktury organizacyjnej oraz doświadczonej kadry. Kryteriami ograniczającymi intensywność zadań ratowniczych są koszty oraz ograniczenia wynikające z warunków meteorologicznych. Szybkość i skuteczność wykorzystania platform latających, zwłaszcza śmigłowców jest ich największą zaletą. Z drugiej strony, koszt pozyskania platform latających oraz prowadzenie operacji śmigłowcowych w ramach akcji SAR wymaga aby instytucje zajmujące się ratownictwem dbały o zapewnienie stosownych środków budżetowych. Dużym utrudnieniem w operacjach śmigłowcowych jest z reguły czas nadejście zmroku co znacznie ogranicza efektywność operacji SAR przez zmniejszenie zdolności wykrywania poszukiwanych obiektów w wyznaczonym obszarze poszukiwań.

W ciągu ostatnich lat, w ramach projektów naukowo-badawczych opracowano oraz zbudowano szereg prototypów platform bezzałogowych do zadań patrolowych i interwencyjnych będących modyfikacjami popularnych łodzi typu RIB. Każda z nich wyposażona jest w środki do obserwacji wizualnej, radary nawigacyjne lub poszukiwawcze oraz urządzenia do zdalnego sterowania i teletransmisji obrazów do stanowiska sterowania systemem. Zainstalowany zestaw urządzeń powinien umożliwiać wykrywanie przeszkód pływających i unikanie kolizji, prowadzenie obserwacji potrzeby SAR co prowadzić powinno do wykrycia i ustalania współrzędnych poszukiwanych obiektów oraz jego śledzenie do momentu gdy możliwa będzie interwencja z wykorzystaniem innych środków. W warunkach zróżnicowanego i częściowego oświetlenia obserwowanego obszaru światłem sztucznym wysokoczułe kamery telewizyjne są nieskuteczne ze względu na oślepienie przez światło wpadające do obiektywu. Znany jest szereg aplikacji kamer FLIR na łodziach roboczych statków przeznaczonych do zwalczania pożarów przez zapewnienia możliwości obserwacji w warunkach zadymienia, co jest szczególną cechą kamer do obserwacji w podczerwieni podczas prowadzenia operacji gaszenia pożaru. FLIR oferuje kamery do zadań SAR, które oprócz wizualizacji będą mogły mierzyć temperaturę w zadanych sektorach.

Wybór urządzeń na wyposażenie platformy bezzałogowej powinien uwzględniać szereg czynników i przyjęcie jedynie kryterium ceny, wiązać może się z rezygnacją z tak istotnych parametrów jak np. małe gabaryty i masa urządzenia czy też dostępność interfejsów i urządzeń peryferyjnych lub zdolność do pracy w środowisku narażonym na działanie środowiska morskiego oraz wysoki i długotrwały poziom drgań, przyspieszeń i uderzeń. Szczególnie ważnym zadaniem w integracji systemu EO/IR jest zdolność do współpracy z radarem poszukiwawczym i nawigacyjnym oraz innymi urządzeniami przeznaczonymi do misji SAR.

Doświadczenie zdobyte przez firmę POLIMAT w projekcie SAR3000 (Optoelektroniczny System Poszukiwania Rozbitków) pozwala na opracowanie projektu integracji urządzeń EO/IR na doświadczalnej uniwersalnej platformie bezzałogowej do wspomagania zadań poszukiwawczych na akwenach przybrzeżnych. Platforma przeznaczona byłaby m.in. do sprawdzenia możliwości wykorzystania urządzeń i technologii dostępnych komercyjnie do zadań SAR.

*Marcin Malec, Marcin Morawski Adam Olejnik Tomasz Praczyk,
Piotr Szymak, Jerzy Zajac*

ŁAWICA BIOMIMETYCZNYCH POJAZDÓW PODWODNYCH DLA ROZPOZNANIA PODWODNEGO – PROPOZYCJA PROJEKTU PK. SABUVIS w EDA

(ang. Swarm of Biomimetic Underwater Vehicles for Underwater ISR)

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój robotyki podwodnej. Jednym z kierunków jej rozwoju są autonomiczne biomimetyczne pojazdy podwodne (ABPP), które naśladują zarówno w budowie, jak i sposobie ruchu żywe organizmy podwodne, np. ryby. Tego typu pojazdy posiadają następujące właściwości istotne z punktu widzenia wojskowego: ich napęd jest bardziej efektywny energetycznie i cichszy niż klasyczny napęd oparty na pędnikach śrubowych (bazując na wstępnych badaniach przeprowadzonych w Akademii Marynarki Wojennej), są bardzo trudno odróżnialne od rzeczywistych mieszkańców środowiska podwodnego. Dlatego też można zauważyć większą skrytość i potencjalnie większy zasięg działania ABPP z napędem falowym w porównaniu do klasycznych pojazdów podwodnych z napędem śrubowym.

Głównym celem proponowanego projektu jest zbudowanie heterogenicznych ABPP z napędem falowym dla wybranych scenariuszy rozpoznania podwodnego. Nowe konstrukcje ABPP będą bazowały na doświadczeniach z budowy 5 wersji ABPP CyberRyba z Politechniki Krakowskiej.



Obrady XV Konferencji Naukowej PTMiTH Sopot 2013.

Marek Narewski
Polski Rejestr Statków SA

WYBRANE ASPEKTY OCENY BEZPIECZEŃSTWA MORSKICH OBIEKTÓW REKREACYJNYCH Z FUNKCJAMI NURKOWANIA

Rosnąca popularność sportów wodnych, w skład których wchodzi również nurkowanie z jego różnymi formami (często ekstremalnymi), sprzyja opracowywaniu koncepcji różnego rodzaju pływających lub zanurzonych obiektów rekreacyjnych. Wykorzystanie szeroko pojmowanej wiedzy i techniki projektowania oraz budowy luksusowych statków wycieczkowych ma zasadnicze znaczenie w przypadku obiektów pływających, gdzie funkcje nurkowania są realizowane w sposób tradycyjny – statek jest specjalnym samobieźnym hotelem a wejście do wody umożliwiają drabiny lub specjalne platformy czy też urządzenia dźwignicowe.

Bardziej futurystyczne pomysły są związane z opracowywaniem koncepcji obiektów, w których pewna ilość pomieszczeń jak np. kabiny mieszkalne, restauracje, bary czy sale konferencyjne znajduje się stale pod wodą. Zapewnienie długoterminowego bezpieczeństwa ludziom oraz konstrukcji wymaga dużej wiedzy inżynierskiej oraz doświadczenia i znajomości szeregu zagadnień specyficznych dla środowiska morskiego. Istniejące regulacje (przepisy, normy, wytyczne) mogą okazać się niewystarczające w przypadku awangardowych rozwiązań technicznych związanych np. unikalnymi lokalizacjami. Projektowanie nietypowych konstrukcji, zwłaszcza podwodnych wymaga także znajomości stosownych standardów technicznych lub wytycznych oraz gdy zachodzi potrzeba przepisów towarzystw klasyfikacyjnych. Uwarunkowania finansowe mogą być także czynnikiem o dużym znaczeniu dla zapewnienia poziomu bezpiecznej eksploatacji oraz bezpiecznego pobytu ludziom oraz personelowi obsługującemu. Ocena bezpieczeństwa pojmowanego jako bezpieczna konstrukcja oraz bezpieczne rozwiązania projektowe, a w dalszej kolejności zastosowane procedury organizacyjne i eksploatacyjne, obejmują nie tylko weryfikację dokumentacji technicznej ale także specyficzne działania jak np. różne formy analizy ryzyka. Faktyczna ocena bezpieczeństwa obiektu przed rozpoczęciem fazy realizacyjnej mająca na celu zapewnienia adekwatnego do wymagań przepisów i standardów poziomu bezpieczeństwa jest wypadkową wszystkich działań projektowo-realizacyjnych oraz proceduralnych. Kluczem do uzyskania obiektywnej oceny ryzyka jest zapewnieniu niezależnej oceny przez dysponujących odpowiednią wiedzą specjalistów i akredytowane do tego organizacje.

Adam Olejnik, Krzysztof Poraziński
Zakład Technologii Prac Podwodnych AMW
Przedsiębiorstwo Badawczo-Produkcyjne FORKOS Sp. z o.o.

MODUŁOWY SYSTEM INSPEKCJI PODWODNEJ

Od 4 Programu Ramowego UE wydała na badania i rozwój w zakresie bezzałogowych platform morskich ponad 200 mld PLN. Badania te były realizowane w europejskich ośrodkach naukowych i przemysłowych, a ich efektem jest aktualna dominacja kontynentu europejskiego w zakresie prototypowych konstrukcji pojazdów podwodnych. W chwili obecnej na tym obszarze oferowanych jest ponad 65% wszystkich prototypowych konstrukcji dostępnych na świecie. Główne kierunki tej działalności skupiają się na:

- pozyskaniu nowych możliwości badawczych,
- wzrostu wydajności i autonomiczności pojazdów,
- ograniczeniu kosztów produkcji,
- miniaturyzacji,
- zmniejszenia zapotrzebowania na energię
- nowe sposoby przechowywania energii,
- zwiększenie zdolności manipulatorów montowanych jako urządzenia peryferyjne pojazdów,
- modułowość konstrukcji.

Przynajmniej w dwóch z powyżej wymienionych obszarów realizowana jest owocna współpraca pomiędzy Zakładem Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej a Przedsiębiorstwem Badawczo-Produkcyjnym „Forkos” Sp. z o.o. z Gdyni (tzn. miniaturyzacja i modułowość konstrukcji), w ramach której następuje transfer technologii i wymiana doświadczeń pomiędzy przemysłem a ośrodkiem badawczym.

W ostatnim czasie instytucje te wystąpiły o realizację wspólnego projektu w ramach III Konkursu w Programie NCBiR pod nazwą InnoTech. Celem projektu jest opracowanie i zbudowanie modułowej konstrukcji systemu inspekcji podwodnej składającego się z opracowanego w firmie Forkos pojazdu miniROV o nazwie KH-100 i pojazdu z klasy micro, którego koncepcję opracowano w ZTPP-AMW. W wyniku realizacji tego projektu ma powstać jedna z pierwszych europejskich konstrukcji podwodnego pojazdu bezzałogowego typu Fly-out-ROV. Przedmiotem referatu jest omówienie aktualnych trendów rozwojowych w konstrukcjach pojazdów typu ROV i koncepcji systemu budowanego w ramach w/w projektu.

*Romuald Olszański, Piotr Radziwon, Jolanta Korsak,
Zbigniew Dąbrowiecki*

OCENA ZAGROŻENIA CHOROBA DEKOMPRESYJNĄ U NURKÓW NA PODSTAWIE WYBRANYCH PARAMETRÓW HEMOSTAZY I FIBRYNOLIZY

Nie ma obecnie tabel dekompresyjnych, które by w pełni gwarantowały bezpieczeństwo nurkom. Nawet przy ścisłym przestrzeganiu zasad określonych w tabelach dekompresyjnych może pojawić się choroba dekompresyjna, np. przy poprawnym stosowaniu najpopularniejszych tabel US Navy, choroba dekompresyjna występuje aż w 3,9% przypadków.

W czasie trwania dekompresji, jak i po jej zakończeniu, we krwi nurków może występować tolerowana przez organizm pewna ilość bezobjawowych pęcherzyków gazowych, które w piśmiennictwie określa się także jako pęcherzyki nieme (*silent bubbles*). Zwykle nie dają objawów patologicznych, ale po przekroczeniu wielkości średnicy naczyń włosowatych, powodują mikrozatory gazowe, co prowadzi do rozwinięcia lokalnej hipoksji. Stan, w którym

występują pęcherzyki śródnacyniowe, ale nie stwierdza się choroby dekompresyjnej, nazywamy stresem dekompresyjnym.

Najdłużej znanym i najpowszechniej stosowanym kryterium oceny bezpieczeństwa nurków jest brak objawów „bends”. Innym kryterium są badania dopplerowskie na obecność mikropęcherzyków u nurków. Obecnie uważa się, że mikropęcherzyki gazowe mogą powstać u nurków po prawie każdej ekspozycji, mimo przestrzegania tabel dekompresyjnych. Dowodem na to, że badanie dopplerowskie i brak objawów *bends* nie są wystarczające dla oceny bezpiecznej dekompresji, jest występowanie w późniejszym okresie jałowej martwicy kości u nurków. Zagrożenie jałową martwicą kości, która jest późnym następstwem nurkowania, zmusza do opracowania nowych kryteriów określających bezpieczeństwo dla nurków.

Takim nowym kryterium do oceny zagrożenia nurków chorobą dekompresyjną, a także do oceny tabel dekompresyjnych mogą być zmiany krzepnięcia krwi i fibrynolizy występujące w czasie i po dekompresji. Wychodząc z tego założenia, od ponad 20 lat rozpoczęto w Polsce weryfikować tabele dekompresyjne za pomocą oceny zmian w układzie krzepnięcia i fibrynolizy.

Najwięcej cytowań dotyczących *polskiej metody* oceny bezpieczeństwa tabel dekompresyjnych za pomocą zmian w układzie krzepnięcia i fibrynolizy, pojawiły się w piśmiennictwie zagranicznym z ostatnich pięciu lat.

Zastosowanie metody hemostazy nie uwzględnianej dotychczas w ocenie tabel nurkowych w świecie umożliwia interpretację zjawisk zachodzących podczas dekompresji i może być podstawowym elementem określającym stopień zagrożenia chorobą dekompresyjną u nurków.

Michał Penkowski

PROSTE URZĄDZENIE DO POMIARU IN VITRO OBJĘTOŚCI GAZÓW ROZPUSZCZONYCH WE KRWI

Przedstawiono proste urządzenie pozwalające na pomiar objętości gazów rozpuszczonych we krwi. Aparatura wykorzystuje próbki krwi zawarte w probówkach podciśnieniowych. Za pomocą układu volumetrycznego podłączonego do scalonego, różnicowego czujnika ciśnienia wyznacza się wartość ciśnienia końcowego. Objętość uwolnionego gazu określona jest względem dowolnie zadanego ciśnienia zewnętrznego co pozwala na badanie uwalniania pęcherzyków dla ciśnienia większego od atmosferycznego.



Obrady XV Konferencji Naukowej PTMiTH Sopot 2013.

Paweł Różański

**PROFIL SZKOLENIA STUDENTÓW SPECJALNOŚCI SŁUŻBY MUNDUROWE AWF W BIAŁEJ PODLASKIEJ,
W ZALEŻNOŚCI OD ICH ZAINTERESOWAŃ FORMACJĄ OBRONNĄ**

Praca dotyczy określenia oczekiwań studentów AWF w Białej Podlaskiej w kontekście przygotowania zawodowego funkcjonariuszy i żołnierzy RP. W opracowaniu zaprezentowano ogólne kierunki i trendy szkoleniowe jak również wykazano osiągnięte efekty prowadzonych dotychczas szkoleń specjalistycznych. W opracowaniu badawczo-sondazowym respondenci za pomocą anonimowo wypełnianych ankiet wskazywali docelowe formacje, do których zamierzają się rekrutować po ukończeniu specjalności mundurowej. Ponadto poddano analizie główne czynniki motywujące studentów AWF do pojęcia służby w wybranych formacjach obronnych. Wyniki pracy wzbogacono o informację z zakresu zainteresowania zdobywaniem kierunkowych uprawnień zawodowych, takich jak: instruktorskie uprawnienia z samoobrony, ratownictwa wodnego, ratownictwa medycznego, nurkowania, strzelectwa i spadochroniarstwa – przydatnych ich zdaniem w służbie zawodowej.

Bartosz Rutkowski

SZKOLENIE NURKÓW W POLSKIEJ MARYNARCE WOJENNEJ PO ODZYSKANIU NIEPODLEGŁOŚCI

Referat omawia szkolenie nurków w Polskiej marynarce Wojennej po odzyskaniu niepodległości w 1918r. Jego inicjatorem i pomysłodawcą był komandor Witold Żelechowski. Przed I wojną Światową był on oficerem Carskiej Marynarki Wojennej Rosji. Ukończył szkolenie nurkowe w szkole nurkowej w Kronsztadzie, która rocznie szkolila około 200 marynarzy i 6 oficerów. W styczniu 1914 roku został oddelegowany do komisji wyznaczonej przez rosyjski Morski Sztab Generalny mającej opracować nowe przepisy nurkowania. Ponieważ wybuch wojny przerwał te prace a istniała szybka konieczność nowelizacji przepisów nurkowych pochodzących z 1897 roku Żelechowski jako Szef Służby Nurkowej zarekomendował Dowódcy Floty przyjęcie przepisów według metody stosowanej przez admiralicję brytyjską. Komandor Żelechowski jako pierwszy jeszcze w 1919 roku dostrzegł potrzebę stworzenia służby nurkowej w tworzącej się marynarce wojennej. Już 15-go grudnia 1919 roku złożył na ręce Szefa Departamentu Spraw Morskich swój wniosek o zapoczątkowanie szkolenia nurkowego. Jako podstawę do rozpoczęcia szkolenia złożył wniosek o zakupienie jednego aparatu nurkowego. Zgoda została wydana w dwa dni później. Główny Urząd Zaopatrywania Armii zamówił sprzęt w firmie Siebe Gorman wraz z katalogami firmowymi. Jednocześnie od razu zamówiono katalogi w konkurencyjnej firmie francuskiej na wypadek konieczności dywersyfikacji dostaw sprzętu. Cały rok 1920 minął na wymyślaniu organizacji nowo tworzonej służby i zakupach. 1.01.1921 Komandor Żelechowski został wyznaczony jako Kierownik Części Departamentu Spraw Morskich do Dowództwa Wybrzeża Morskiego w Pucku celem zorganizowania i prowadzenia szkolenia nurków. Wszystko trzeba było tworzyć od podstaw. Jako początkowe miejsce stacjonowania szkoły wybrano Modlin. Zaczęto gromadzić sprzęt nurkowy często go naprawiając. Rozpoczęto też poszukiwanie kandydatów na instruktorów. Okazało się, że udało się pozyskać tylko jedną osobę – sierżanta Ignacego Sieję, który służył 6 lat jako nurek w marynarce Austro-Węgierskiej. Kandydatów na nurków zgłosiło się dużo ale ich stan zdrowotny po ponad sześciu latach ciągłych wojen był słaby. Komandor Żelechowski sam opracował normy badań lekarskich jakim powinni podlegać nurkowie.

21.05.1921 roku rozpoczął się nowy etap w istnieniu szkoły nurkowej, została przeniesiona na Hel w celu prowadzenia praktycznego szkolenia nurkowego w morzu. Warunki były iście spartańskie. Hel nie miał połączenia drogowego z Gdynią. Jedynym stałym połączeniem był gdański statek wycieczkowy przyplływający raz w tygodniu w niedzielę. Jedzenie składało się z zepsutych ziemniaków i śledzi a po świeżą żywność do Pucka komandor Żelechowski pływał na wypożyczonym od rybaków kutrze gdyż część kursantów zrezygnowała

z kursu z powodu niedożywienia. Dodatkowo należy wspomnieć, iż pierwszą kwaterą dla szkoły nurkowej był zdemolowany budynek więzienia dzielony z internowanymi Ukraińcami a dla szkoły nie naliczono żadnych przydziałów, więc na przykład opał zdobywali nielegalnym wyrębem lasu. Dochodziła do tego niechęć większości ludności Helu niezadowolonej z przyłączenia ich do Polski. Pomimo wszystkich przeciwności 22 kwietnia 1922 r. sześciu pierwszych nurków zdało pozytywnie egzaminy i z dniem 1 maja zaliczono ich do specjalności nurków.

Radosław Tworus, Ludmiła Kosinska, Stanisław Ilnicki

EFEKTY ZASTOSOWANIA HIPERBARYCZNEJ TERAPII TLENOWEJ U WETERANA PKW IRAK Z URAZEM AKUSTYCZNYM, mTBI I OBJAWAMI PTSD - OPIS PRZYPADKU

Opis przypadku żołnierza PKW Irak ewakuowanego z powodu objawów „ostrej reakcji na stres z towarzyszącymi objawami somatycznymi ze strony układu krążenia i pokarmowego oraz licznymi dolegliwościami bólowymi”. Zgłaszane dolegliwości somatyczne ze strony w/w układów nie miały potwierdzenia w badaniu fizykalnym przeprowadzonym w Grupie Zabezpieczenia Medycznego PKW Irak. Objawy określone jako stresowe wystąpiły u żołnierza w 3 dobie po ostrzale raketowym bazy.

W trakcie hospitalizacji w Klinice Psychiatrii i Stresu Bojowego WIM stwierdzono znacznie nasilone objawy PTSD, które pomimo oddziaływań psycho i farmakoterapeutycznych nie ulegały redukcji. Poszerzona diagnostyka wykazała występowanie u chorego zaburzeń słuchu, które dysymulował oraz świeże naczyniopochodne uszkodzenia OUN zakwalifikowane jako mTBI.

Leczenie urazu akustycznego w komorze hiperbarycznej przynosiło bardzo szybką stabilizację słuchu oraz jednoczesne stopniowe ustępowanie objawów PTSD i współwystępujących licznych dolegliwości somatycznych. Stosowane oddziaływania psycho-farmakoterapeutyczne zaczęły przynosić poprawę stanu psychicznego dopiero po leczeniu hiperbarycznym. Żołnierz z kliniki został wypisany po 61 dniach leczenia w stanie pełnej poprawy objawowej. Wrócił do służby wojskowej.

Paweł K. Zarzycki

ZASTOSOWANIE PROSTYCH NARZĘDZI CHEMOMETRYCZNYCH W INTERPRETACJI WYNIKÓW ANALIZ FIZYKOCHEMICZNYCH EKOSYSTEMÓW WODNYCH

Osoby prowadzące wysokospecjalistyczne prace podwodne mogą być narażone na szereg substancji organicznych w formie cząsteczkowej (hormony sterydowe i substancje zaliczane do grupy modulatorów hormonalnych EDCs – *Endocrine Disrupting Compounds*) oraz nanokonglomeratów o charakterze ksenobiotyków np. nanocząsteczki fulerenów i innych postaci węgla. Ocena jakości ekosystemów wodnych dokonywana jest obecnie poprzez zebranie informacji o stężeniach setek lub tysięcy związków, wykorzystując różnorodne pomiary fizykochemiczne, w tym urządzenia do chromatografii i elektroforezy. Ilość danych generowanych tym sposobem wymaga użycia zaawansowanych metod chemometrycznych i umiejętnej interpretacji wyników. Niniejszy komunikat stanowi podsumowanie badań naszego zespołu dotyczących problemów klasyfikacji ekosystemów wodnych w oparciu proste ale efektywne narzędzia statystyki wielowariancyjnej, w szczególności analizę czynników głównych. Przedyskutowana zostanie możliwość zastosowania opracowanych procedur do monitorowania ekosystemów i zbiorników wodnych dla celów prac podwodnych.



Obrady XV Konferencji Naukowej PTMiTH Sopot 2013.

**Wystąpienie okolicznościowe Prezesa Zarządu V kadencji PTMiTH
dr inż. Adama Olejnika
z okazji XV – lecia działalności Towarzystwa**

Szanowni Państwo!

Tegoroczna konferencja jest piętnastą organizowaną przez Towarzystwo. Piętnaście lat temu grupa zapaleńców, a w śród nich należy wymienić: dr Luboińskiego, dr Krzyżaka, Kol. Denisa, prof. Olszańskiego i prof. Kłosa, zawiązała grupę inicjatywną dzięki której zmaterializowało się nasze Towarzystwo.

Pierwszy zarząd pod kierownictwem dr Jarosława Krzyżaka wykonał ogromną, wręcz tytaniczną pracę organiczną związaną z organizacją ram prawnych, napisaniem statutu i jego zalegalizowaniem, nadaniem ram organizacyjnych oraz stworzeniem osobowości prawnej dla Towarzystwa.

Zarząd II kadencji pod kierownictwem prof. Romualda Olszańskiego wzmocnił i wprowadził Towarzystwo w bieżącą działalność określając jego podstawowe kierunki działania.

Podczas III kadencji za prezesury prof. Ryszarda Kłosa nastąpiły pewne zmiany polegające na przesunięciu środka ciężkości naszej aktywności na działalność związaną z upowszechnianiem nauki. To od tego momentu wydajemy nasze czasopismo Polish Hyperbaric Research i przyznajemy nagrody za osiągnięcia zawodowe w dziedzinie medycyny i techniki hiperbarycznej oraz za działalność na rzecz Towarzystwa.

W trakcie działania zarządu IV kadencji kierowanego przez dr Piotra Siermontowskiego nasze czasopismo uzyskało status pisma indeksowanego na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, ponadto zarząd podjął starania o wpisanie Towarzystwa na listę organizacji pożytku publicznego.

Zarząd V kadencji, którym mam niewątpliwą przyjemność kierować, a który w dniu jutrzejszym przekaże władzę i zakończy swoją działalność, dokończył starania i dziś Towarzystwo ma status organizacji pożytku publicznego, ponadto rozpoczął starania o wpisanie Polish Hyperbaric Research na listę filadelfijską. Uruchomił też pierwsze stypendium naukowe

fundowane przez Towarzystwo – Stypendium im. Antoniego Dębskiego – pioniera polskiej i światowej hiperbarii, który odszedł od nas w 2006 roku.

Dziś po 15 latach działalności Towarzystwo to dobrze naoliwiona i sprawnie działająca maszyna. To organizacja wpisana na listę krajowych towarzystw naukowych, na listę organizacji pozarządowych i towarzystwo o statusie organizacji pożytku publicznego. Piętnastoletni dorobek to kilkadziesiąt ekspertyz i opinii napisanych na prośbę różnych instytucji rządowych, rekomendacji dla krajowych konsultantów, to kilkadziesiąt specjalistycznych kursów z zakresu medycyny i techniki. Towarzystwo stało się również ważnym wydawnictwem naukowym, w czasie 15 lat nakładem Towarzystwa ukazało się ponad 20 monografii, tylko w tym roku trzy.

Niewątpliwym sukcesem jest nasze czasopismo, coś co na początku wydawało się bardzo nierealne, a można nawet powiedzieć, że ryzykowne ponieważ generuje cały czas koszty, a chciałbym przypomnieć, że pismo dla członków jest darmowe, a jego pełnotekstowe zasoby internetowe są również udostępniane bezpłatnie. Dziś Polish Hyperbaric Research zbliża się do dziesięciolecia swojej działalności, pismo powstało na bazie biuletynu Towarzystwa, który obecnie wydawany jest tylko jako wydawnictwo konferencyjne. Od dwóch lat pismo wydawane jest jako wydawnictwo bilingual, w języku polskim i angielskim, a jego zasięg jest obecnie ponad-europejski. Od 2004 roku ukazało się 36 woluminów pisma zawierających około 200 publikacji naukowych i popularnonaukowych o różnej tematyce, a status pisma jest większy niż niektórych wydawnictw akademickich. To również jedyne krajowe czasopismo naukowe, które przyznaje swoją nagrodę dla debiutantów naukowych.

Proszę Państwa, Towarzystwo posiada dziś dobrą i stabilną sytuacją finansową. Jest tak dla tego, że jako organizacja udało nam się osiągnąć zdolność do pozyskiwania środków celowych na realizację działalności statutowej i wprowadzić dyscyplinę finansową. Dzięki czemu dziś składki członkowskie to zaledwie niecałe 1,3% naszego budżetu rocznego.

Towarzystwo to również działalność konferencyjna, coś czego doświadcza Państwo dzisiaj. Szanowni Państwo, 15 konferencji organizowanych w sposób ciągły i nieprzerwany przez kilkanaście lat – to łącznie około 2000 uczestników i ponad 450 referatów konferencyjnych w różnych obszarach wiedzy i nauki. Dziś nasza konferencja stała się forum wymiany doświadczeń i spotkań dla pracowników nauki i specjalistów oraz pasjonatów, a jej formuła jest obecnie bardzo szeroka i wykracza niejednokrotnie poza definitywne obszary działalności Towarzystwa, ale to dobrze. Ponieważ ta konferencja wpisała się już na stałe w świadomość środowiska, które przywykło do tego, że pod koniec roku kalendarzowego ma okazję do pochwalenia się swoimi dokonaniem i spotkania oraz nawiązania lub podtrzymania współpracy z partnerami.

Szanowni Państwo, ten piętnastoletni dorobek nie byłby możliwy bez wsparcia i pomocy naszych przyjaciół, którym chciałbym w tym miejscu serdecznie podziękować. A te słowa podziękowania w pierwszej kolejności kieruję przede wszystkim do Panów Admirałów:

Ryszarda Demczuka
i Macieja Węglewskiego.

Nasz dorobek nie byłby również możliwy bez pracy ludzi, których na co dzień, można tak chyba powiedzieć, po prostu nie widać. Ale bardzo realne i widoczne są efekty ich pracy. To zespół ludzi wspomagających zarząd w szarej codziennej pracy, którzy bardzo często nie są nawet członkami Towarzystwa, ale bez ich zaangażowania i pracowitości nasza organizacja nie mogła by dzisiaj funkcjonować. Chciałbym w tym miejscu złożyć im podziękowania a mam tu na myśli:

Pani Małgorzata Samborska – która jest sekretarzem redakcji PHR i korektorką pisma,
Pani Anna Wójtowicz – która zajmuje się tłumaczeniami tekstów na język angielski,

Pani Elena Lakomov – która zajmuje się tłumaczeniami tekstów na język rosyjski,
Pani Dorota Kaczerska – która od dawna nadzoruje pracę naszego konferencyjnego sekretariatu,
Pani Kamila Szczepkowska – nasza księgowa,
Pani Karolina Krefft – pracująca od lat w sekretariacie konferencji,
Pan Łukasz Krefft – który jest administratorem naszych stron internetowych, czasopisma i towarzystwa,
Pan Maciej Kaczerski – który stanowi nasze zabezpieczenie techniczne podczas konferencji.
I obywatel Wielkiej Brytanii Stephen Burke, który jest redaktorem językowym PHR.

Proszę Państwa!

W ciągu tych 15 lat działało 5 zarządów Towarzystwa, to dosyć skomplikowana struktura z sądem koleżeńskim, komisjami, dziś nadzorująca również pracę redakcji czasopisma i wydawnictwo, a w ostatnim czasie także kapitułę stypendium. W zarządach tych zawsze zasiadają członkowie Towarzystwa wybrani podczas walnego zgromadzenia. To praca społeczna i czasem niewdzięczna, bardzo często wymagająca zaangażowania. A jednak kilka razy zdarzyło się tak, że na członków zarządu, przewodniczących komisji były wybierane te same osoby, oczywiście za ich zgodą. Tym najbardziej zaangażowanym w ciągu tych 15 lat chciałbym teraz podziękować. Są to Panowie:

Bartosz Morawiec,
Maciej Konarski,
Andrzej Denis
i Cezary Ruszkowski.

Proszę Państwa i na końcu, choć nie według ważności, chciałbym wyrazić wdzięczność swoim poprzednikom, byłym prezesom Towarzystwa:

Panu dr Jarosławowi Krzyżakowi prezesowi zarządu I kadencji,
Panu prof. Romualdowi Olszańskiemu – prezesowi zarządu II kadencji,
Panu prof. Ryszardowi Kłos prezesowi zarządu III kadencji,
Panu dr Piotrowi Siermontowskiemu – prezesowi zarządu IV kadencji,

Wszystkim nagrodzonym gratuluję i jeszcze raz serdecznie dziękuję za ich pracę i zaangażowanie, przypominając, że Towarzystwo od każdego członka oczekuje, aby spełnił dobrze swój obowiązek.

Szanowni Państwo!

Mam nadzieję, że tegoroczna konferencja będzie dla Państwa interesująca, otrzymaliśmy wiele zgłoszeń ciekawych referatów, to kilkadziesiąt interesujących doniesień z medycyny, techniki, psychologii, wychowania fizycznego i po raz pierwszy na naszej konferencji pojawia się sesja poświęcona badaniom realizowanym w ośrodkach przemysłowych. W tym roku przygotowaliśmy również kilka dodatkowych atrakcji.

Ponieważ w bieżącym roku przypada 90-ta rocznica służby nurkowej w MW RP, razem z Muzeum Marynarki Wojennej i HDS Poland oraz Muzeum Nurkowania w Warszawie przygotowaliśmy małą wystawę fotograficzną poświęconą tej tematyce. Jest to fragment większej ekspozycji, którą możecie Państwo zwiedzić na terenie Muzeum Marynarki Wojennej w Gdyni.

Oprócz tego wydarzenia około konferencyjne zawierają w dowodzenie dwóch interesujących książek na temat medycyny i badania wraków, napisanych przez naszych członków.

Serdecznie zapraszam na wszystkie konferencyjne wydarzenia, życząc ciekawych i interesujących obrad.

Dziękuję za uwagę.

