

## MICROBIAL CONTAMINATION OF A DIVING SUIT

### SKAŻENIE MIKROBIOLOGICZNE KOMBINEZONU NURKOWEGO

### МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАРАЖЕНИЕ ГИДРОКОСТЮМА

### MIKROBIOLOGISCHE KONTAMINATION DES TAUCHERANZUGS

### CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL TRAJE DE BUCEO

Zbigniew Dąbrowiecki, Małgorzata Dąbrowiecka, Romuald Olszański, Piotr Siermontowski

Department of Maritime and Hyperbaric Medicine, Military Medical Institute  
Zakład Medycyny Morskiej i Hiperbarycznej, Wojskowy Instytut Medyczny

## STRESZCZENIA / ABSTRACTS

Pathogenic micro-organisms can easily transfer from the surface of a diver's skin onto the surfaces of a protective suit. A long-term stay in a hyperbaric chamber during a saturation dive increases the risk of infection if in the chamber there is even a single carrier of disease-causing pathogens.

The conducted research has confirmed that the diving equipment located in Diving Centres is a place of many different bacteria and fungi, including pathogenic ones. The vast majority of microbes found on the surfaces of wetsuits, etc. are commensals (with some being opportunistic organisms). This fact allows us to realise that the surfaces of diving equipment are an excellent "transmission route" for various dermatoses and other diseases. In order to reduce the risk of infection the diving equipment used by various people should be subject to the process of decontamination. The authors recommend decontamination with the use of gaseous hydrogen peroxide which does not cause damage to equipment.

**Keywords:** diving, diving suit, contamination.

Drobnoustroje chorobotwórcze bardzo łatwo mogą przenosić się z powierzchni skóry nurka na powierzchnie tkaniny kombinezonu ochronnego. Długotrwały pobyt w komorze hiperbarycznej, w której występuje podczas nurkowania saturowanego zwiększa ryzyko infekcji jeśli w komorze znajdzie się chociaż jeden nosiciel chorobotwórczych patogenów.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że sprzęt nurkowy znajdujący się w Ośrodkach Nurkowych, jest siedliskiem wielu różnych bakterii i grzybów, również tych patogennych.

Ogromna większość drobnoustrojów znajdujących się na powierzchni pianek, kombinezonów itp. to komensale (niektóre z nich są organizmami oportunistycznymi), lecz fakt ten uświadamia nam, że powierzchnie sprzętu nurkowego są wspaniałą „drogą przenoszenia” różnych dermatoz i innych chorób. Aby zmniejszyć możliwość zakażenia należy sprzęt nurkowy, z którego korzystają różne osoby poddawać procesowi dekontaminacji.

Autorzy rekomendują dekontaminację gazowym nadtlenkiem wodoru, który nie uszkadza sprzętu

**Słowa kluczowe:** nurkowanie, kombinezon nurkowy, kontaminacja.

Боллезнетворные микроорганизмы могут очень легко переноситься с поверхности кожи ныряльщика на поверхность ткани защитного комбинезона. Длительное пребывание в гипербарической камере, которое происходит во время ныряния, повышает риск инфекции, если в камере есть хотя бы один представитель болезнетворных бактерий.

Проведенные исследования подтвердили, что оборудование ныряльщиков, которое находится в Центрах подводного плавания, является рассадником различных бактерий и грибов, в том числе болезнетворных.

Огромное количество микроорганизмов, находящихся на поверхности пенопласта, комбинезонов и т.п. - это симбиотические бактерии (некоторые из них являются оппортунистическими организмами), но этот факт показывает нам, что поверхность гидрокостюмов является отличным "путем переноса" различных дерматозов и других заболеваний. Для снижения вероятности заражения следует оборудование для ныряльщиков, которыми пользуются разные люди, подвергать процессу деkontaminации.

Авторы рекомендуют деkontaminацию газовой перекисью водорода, которая не повреждает оборудование.

**Ключевые слова:** ныряние, гидрокостюм, контаминация.

---

## ARTICLE INFO

PolHypRes 201 Vol. 62 Issue 1 pp. 61 - 74

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: 10.2478/phr-2018-0005

Pages: 14, figures: 6, tables: 2

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

Typ artykułu: przeglądowy  
Review article

Termin nadesłania: 05.01.2018 r.

Termin zatwierdzenia do druku: 15.03.2018 r.

### Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Krankheitserregende Mikroorganismen gelangen von der Hautoberfläche des Tauchers sehr leicht auf die Oberfläche des Materials des Taucheranzuges. Ein längerer Aufenthalt in der Druckkammer, so wie es auch bei "nassen Tauchen" vorkommt, erhöht das Risiko einer Infektion, wenn sich in der Kammer auch nur ein Träger von Krankheitserregern befindet.

Die Studien haben bestätigt, dass die Tauchausrüstung in den Tauchzentren die Heimat einer Vielzahl von Bakterien und Pilzen sind, einschließlich jener Krankheitserreger.

Die allermeisten Mikroben auf der Oberfläche von Schaum, von Taucheranzügen usw. Kommensale (einige von ihnen gar opportunistische Organismen), dennoch macht uns diese Tatsache bewusst, dass die Oberflächen von Taucheranzügen ein ausgezeichneter "Übertragungsweg" für Dermatosen u. dergl. sind. Um das Risiko einer Infektion zu vermindern, muss Taucherausrüstung, die von verschiedenen Personen verwendet wird, entsprechend dekontaminiert werden.

Die Autoren empfehlen eine Dekontamination mit Wasserstoffperoxidgas, da es die Ausrüstung nicht beschädigt.

**Schlüsselwörter:** Tauchen, Taucheranzug, Kontamination.

Los microorganismos patógenos pueden transferirse con gran facilidad desde la superficie de la piel del buzo a la superficie del tejido del traje de protección. Una permanencia prolongada en una cámara hiperbárica, lo que ocurre durante una inmersión saturada, aumenta el riesgo de infección si hay al menos un portador de patógenos en la cámara.

Los estudios realizados confirmaron que el equipo de buceo localizado en los Centros de Buceo es un hábitat para muchas bacterias y hongos diferentes, incluyendo los patógenos.

La gran mayoría de los microorganismos que se encuentran en la superficie de neoprenos, trajes, etc. son comensales (algunos de los cuales son organismos oportunistas), aunque este hecho nos confirma que las superficies de los equipos de buceo son una excelente "vía de transmisión" de distintas dermatosis y otro tipo de enfermedades. Para reducir la posibilidad de infección, el equipo de buceo utilizado por diferentes personas debe descontaminarse.

Los autores recomiendan la descontaminación con gas de peróxido de hidrógeno, que no daña el equipo.

**Palabras clave:** submarinismo, traje de buceo, contaminación.

## WSTĘP

W 2003 roku Wang i wsp [1] opisali przypadek infekcji lekoopornego szczepu gronkowca złocistego, Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) wśród 6 nurków poddanych 45 dniowej ekspozycji w warunkach saturovani. Źródłem infekcji był jeden z nurków. Najbardziej prawdopodobną drogą rozprzestrzenienia się infekcji był kontakt bezpośredni pomiędzy zarażonym nurkiem a pozostałym uczestnikami ekspozycji. Bakterie z rodzaju *Staphylococcus* kolonizują skórę każdego człowieka, stanowiąc naturalną, fizjologiczną florę bakteryjną, ale należy pamiętać, że te same gatunki w zmienionych warunkach mogą wywoływać infekcje. *Staphylococcus aureus* szczególnie często kolonizuje przedsionek nosa, można go znaleźć u ok. 40% osób. Jego obecność u ludzi określana jest mianem nosicielstwa.

Gronkowiec złocisty może być przyczyną miejscowych infekcji dotyczących praktycznie wszystkich tkanek i narządów oraz zakażeń uogólnionych, często zagrażających życiu. Do najczęściej spotykanych należą ropne stany zapalne skóry i tkanek miękkich: czyraki, jęczmień, liszajec, ropnie, ropowice a także zapalenie szpiku kostnego, septyczne zapalenie stawów, zapalenie wsierdza i zapalenie płuc. Okres inkubacji (czas od kontaktu z patogenem do wystąpienia pierwszych objawów chorobowych) wynosi od 4 do 10 dni.

W pracy Hind i wsp [2] zaobserwowano efekt zwiększenia lekooporności patogenów chorobotwórczych takich jak, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* oraz *salmonella typhimurium* w warunkach podwyższonego ciśnienia występującego podczas nurkowania saturowanego (heliox, 36 i 71 barów).

Drobnoustroje chorobotwórcze bardzo łatwo mogą przenosić się z powierzchni tkaniny na powierzchnię ciała pracownika używającego kombinezonu ochronnego.

Dodatkowo, istnieje ryzyko przeniesienia patogennych drobnoustrojów pomiędzy osobami używającymi tej samej odzieży roboczej, szczególnie w przypadkach drogich, specjalistycznych kombinezonów. Mikroorganizmy, które mogą potencjalnie rozprzestrzeniać się poprzez odzież obejmują bakterie jelitowe, takie jak: *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *E.coli* (w tym *E.coli* O157), *C.difficile*, wirusy wywołujące infekcje górnych dróg oddechowych oraz układu pokarmowego (norawirusy, rotawirusy, adeno i astrowirusy).

Ryzyko infekcji obejmuje również wirusy grypy, herpeswirusy, oraz patogeny przenoszone poprzez skórę, takie jak *S.aureus* (w tym MRSA), grzyby drożdżopodobne (*Candida albicans*), szczepy grzybów wywołujących *Tinea pedis* (grzybica stóp) i *Tinea corporis* (grzybica skóry gładkiej) [3].

Ocenia się, że człowiek może dziennie emitować do środowiska około milion komórek martwego naskórka, które mogą zawierać grzyby i bakterie, w tym *S.aureus* [4].

Przeżywalność drobnoustrojów na różnych powierzchniach zależy od rodzaju tkaniny, wilgotności i temperatury oraz początkowego stężenia patogenu. Neeley i Maley badali przeżywalność 22 gatunków bakterii Gram-dodatnich na takich materiałach jak: 100% bawełna, 60% bawełna+40% poliestru, 100% poliestru.

## INTRODUCTION

In 2003, Wang et al. [1] reported a case of infection with Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in 6 divers exposed to a 45-day exposure in saturated conditions. The source of the infection was one of the divers. The most probable transmission route of the infection was a direct contact between the infected diver and other participants of the exposure. The bacteria of the *Staphylococcus* genus colonise the skin of every human being, constituting its natural physiological bacterial flora, however it should be remembered that in altered conditions the same species may cause infections. *Staphylococcus aureus* mainly colonises the nasal vestibule and can be found in approximately 40% of people. Its presence in humans is referred to as carrier state.

*Staphylococcus aureus* may be the cause of local infections, virtually affecting all tissues and organs, as well as generalised, often life-threatening ones. The most common are purulent inflammations of the skin and soft tissues: furuncles, sties, impetigo, abscesses, purulent fungi and bone marrow inflammation, septic arthritis, endocarditis and pneumonia. The incubation period (time from the contact with the pathogen to the first symptoms) is between 4 and 10 days.

In the work of Hind et al. [2], the effect of an increasing drug resistance of disease-causing pathogens was noted in relation to *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *salmonella typhimurium* in the conditions of an increased pressure during saturation diving (heliox, 36 and 71 bar).

Pathogenic micro-organisms can very easily transfer from the surface of a fabric onto the body of a worker using a protective suit.

In addition, there is a risk of transferring pathogenic micro-organisms between people using the same work clothes, particularly in the case of expensive, specialist suits. Micro-organisms that can potentially spread through clothing include intestinal bacteria such as: *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *E. coli* (including *E. coli* O157), *C.difficile* that cause infections of upper respiratory tract and digestive tract (noraviruses, rotaviruses, adeno and astroviruses).

The risk of infection also includes influenza viruses, herpesviruses, and pathogens transmitted through the skin, such as *S. aureus* (including MRSA), yeast-like fungi (*Candida albicans*), strains of fungi that cause *Tinea pedis* (foot tinea) and *Tinea corporis* (mycosis of smooth skin) [3].

It is estimated that a person may emit approximately one million dead skin cells per day, which may contain fungi and bacteria, including *S. aureus* [4].

The survival of micro-organisms on different surfaces depends on the type of fabric, humidity and temperature, as well as the initial pathogen concentration. Neeley and Maley studied the survival of 22 species of Gram-positive bacteria on such fabrics as: 100% cotton, 60% cotton + 40% polyester, 100% polyester.

All micro-organisms survived on selected materials for at least 1 day, and some of them for as many as 90 days. In general, the survival rate of bacteria, viruses and fungi on smooth hydrophobic surfaces is at least 2-4 times higher as compared with such fabrics as

Wszystkie mikroorganizmy przeżyły co najmniej 1 dzień, a niektóre z nich nawet 90 dni na wybranych materiałach. Generalnie przeżywalność bakterii, wirusów i grzybów na powierzchniach hydrofobowych, gładkich jest co najmniej 2-4 razy wyższa od przeżywalności na materiałach typu czysta bawełna (gładka, frotte) lub mieszanek bawełna/poliester [5,6,7].

Drobnoustroje chorobotwórcze bardzo łatwo mogą przenosić się z powierzchni tkaniny na powierzchnię ciała pracownika używającego odzież ochronną. W pracy Sattar i wsp. wykazano, że jednym z najistotniejszych czynników determinujących szybkość transferu patogenu z powierzchni tkaniny na rękę pracownika jest wilgotność materiału. Osuszenie powierzchni może zmniejszyć transfer drobnoustroju aż 10 razy, w stosunku transferu z wilgotnej powierzchni do wilgotnej skóry [8].

### CEL BADANIA

- Przeprowadzone badania miały na celu określenie stopnia zanieczyszczenia drobnoustrojami sprzętu nurkowego używanego w czasie planowych szkoleń.
- Stopień skażenia mikrobiologicznego używanego sprzętu nie ma wpływu na przebieg szkoleń, ale może być przyczyną licznych dermatoz stwierdzanych w środowisku nurków i osób, które skorzystały z usług ośrodków oferujących takie szkolenia, lub wypożyczalni sprzętu nurkowego.
- Badania miały określić jakość mikrobiologiczną sprzętu nurkowego i wykazać dlaczego należy go poddawać procesowi dekontaminacji.

### PRZEBIEG BADANIA

- Pobranie odcisków z płaskich powierzchni wewnętrznych i zewnętrznych kombinezonów i pianek na podłoża do zliczania ogólnej ilości drobnoustrojów i podłoża na obecność drożdży i grzybów.
- Pobranie wymazów z kombinezonów, pianek, ustników, masek, kamizelek ratunkowych itp.
- Przygotowanie pobranych wymazów do posiewu na podłoża TSA (ogólna ilość drobnoustrojów), podłoża Chapmana (w kierunku obecności *Staphylococcus aureus* i innych bakterii z rodzaju *Staphylococcus*) i podłoża SA (w kierunku obecności drożdży, dermatofitów i innych grzybów).
- Ocena wykonanych posiewów.

Badano poziom skażenia mikrobiologicznego powierzchni kombinezonów nurkowych wykorzystując testy odciskowe firmy Orion. Testy odciskowe Hygicult są przeznaczone do szybkiego monitorowania higieny mikrobiologicznej i/lub wstępnej identyfikacji drobnoustrojów (całkowitej liczby bakterii, drożdży, pleśni i pałeczek jelitowych) na różnego rodzaju powierzchniach. Test można przeprowadzić na miejscu lub użyć podłoża, jako dogodnego sposobu transportu próbek.

Podłoża Hygicult TPC jest pokryte z obu stron agarem Total Plate Count, który ułatwia szybki wzrost większości rozpowszechnionych mikroorganizmów. Test

pure cotton (smooth, terry) or cotton / polyester (5,6,7).

Pathogenic micro-organisms can very easily spread from the fabric surface onto the body of a worker using protective clothing. In the work of Sattar et al., it was demonstrated that one of the most important factors determining the rate of transfer of pathogens from the surface of the fabric onto the employee's hand is the fabric's humidity. Drying of the surface can reduce micro-organism transfer by up to 10 times in relation to the transfer from a wet surface onto moist skin [8].

### RESEARCH OBJECTIVE

- The research was aimed at determining the degree of microbiological contamination of diving equipment used during planned training.
- The degree of microbiological contamination of the equipment used has no impact on the course of training but may be the cause of numerous dermatoses found in the environment of divers and individuals who have used the services of centres offering such trainings, or diving equipment rental facilities.
- The research was to determine the microbiological quality of diving equipment and demonstrate why it should be subjected to a decontamination process.

### RESEARCH COURSE

- Collection of imprints from flat internal and external surfaces of diving suits and wetsuits onto media used for determining the total count of microorganisms as well as those used to indicate the presence of yeasts and fungi.
- Collection of swabs from suits, wetsuits, mouthpieces, masks, life jackets, etc.
- Preparation of collected culture swabs on TSA medium (to demonstrate total count of microorganisms), Chapman's medium (for the presence of *Staphylococcus aureus* and other *Staphylococcus* bacteria) and SA medium (for the presence of yeasts, dermatophytes and other fungi).
- Evaluation of cultures.

The level of microbiological contamination of surfaces of diving suits was tested using Orion's imprint tests. Hygicult tests are designed to enable fast monitoring of microbiological hygiene and/or preliminary identification of micro-organisms (total number of bacteria, yeasts, molds and enteric bacilli) on various types of surfaces. The test can be carried out on site or the slides can be used as convenient transport media for cultured samples.

The Hygicult TPC slide is coated on both sides with Total Plate Count agar, which facilitates rapid growth of the most common micro-organisms. The test is designed to detect an elevated total microbial count. The Hygicult Y&F slide is coated on both sides with Malt agar, which facilitates rapid growth of yeast and mold. The growth of bacteria is inhibited. The test is designed to detect an increased count of fungi on the tested surface.

With the use of Hygicult tests we are able to obtain preliminary information regarding not only the state of microbiological purity, but also that related to the

jest przeznaczony do wykrywania podwyższonej liczby całkowitej drobnoustrojów. Podłoże Hygicult Y&F jest pokryte z obu stron agarem Malt, który ułatwia szybki wzrost drożdży i pleśni. Wzrost bakterii jest zahamowany. Test jest przeznaczony do wykrywania podwyższonej liczby grzybów na badanej powierzchni.

Przy użyciu testów Hygicult uzyskujemy wstępną informację nie tylko o stanie czystości mikrobiologicznej, ale również o rodzaju drobnoustroju powodującego kontaminację (w zależności od wybranego testu Hygicult). Pobrane próbki inkubowano przez 24 godziny w cieplarni w temperaturze 35-37°C. Korzystając z załączonego wzorca określano stopień zanieczyszczenia w jtk/cm<sup>2</sup>.

## WYNIKI

W tabelach 1 i 2 przedstawiono skażenie mikrobiologiczne wybranych fragmentów kombinezonów oraz sprzętu nurkowego.

type of micro-organism that causes contamination (depending on the Hygicult test). The collected samples were incubated for 24 hours in an incubator at 35-37°C. Using the attached model, the degree of contamination was determined in cfu/cm<sup>2</sup>.

## RESULTS

Tables 1 and 2 present the microbiological contamination of selected fragments of suits and diving equipment.

Sample collection from diving equipment surfaces on October 6, 2017 (after dives).

Pobranie próbek z powierzchni sprzętu nurkowego w dniu 06.10.2017 (po nurkowaniach).

| Research results                                                                                                                              |                                         |                                       |                                          |                                                                      |                                          |                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|----|
| <div><div>• + small growth 1 – 20 cfu;</div><div>• ++ large growth 20 – 100 cfu;</div><div>• +++ very large growth above 100 cfu;</div></div> |                                         |                                       |                                          |                                                                      |                                          |                                             |    |
| No.                                                                                                                                           | place of swab collection                | Imprint<br>general microbial<br>count | TSA medium<br>general microbial<br>count | SA medium<br>presence of yeasts,<br>dermatophytes and<br>other fungi | Chapman medium                           |                                             |    |
|                                                                                                                                               |                                         |                                       |                                          |                                                                      | presence of<br><i>Staphylococcus</i> sp. | presence of<br><i>Staphylococcus aureus</i> |    |
| 1                                                                                                                                             | Diving suit no. 1 – inside, armpits     | +++                                   | +++                                      | ++                                                                   | +                                        |                                             | -  |
| 2                                                                                                                                             | Diving suit no. 1 – inside, neck area   | ++                                    | ++                                       | ++                                                                   | ++                                       |                                             | +  |
| 3                                                                                                                                             | No swabs collected                      |                                       |                                          |                                                                      |                                          |                                             |    |
| 4                                                                                                                                             | Diving suit no. 2 – inside, crotch area | ++                                    | ++                                       | ++                                                                   | +                                        |                                             | +  |
| 5                                                                                                                                             | Diving suit no. 2 – outside             | +++                                   | +++                                      | +++                                                                  | ++                                       |                                             | +  |
| 6                                                                                                                                             | Diving suit no. 3 – inside, hands area  | +++                                   | +++                                      | +++                                                                  | ++                                       |                                             | ++ |
| 7                                                                                                                                             | Diving suit no. 3 – inside, armpit      | +++                                   | +++                                      | +++                                                                  | ++                                       |                                             | ++ |
| 8                                                                                                                                             | Wetsuit no. 1 – inside, neck area       | ++                                    | ++                                       | ++                                                                   | ++                                       |                                             | +  |
| 9                                                                                                                                             | Wetsuit no. 1 – inside, head            | ++                                    | ++                                       | +                                                                    | +                                        |                                             | +  |
| 10                                                                                                                                            | Wetsuit no. 1 – inside, torso           | +++                                   | ++                                       | ++                                                                   | ++                                       |                                             | +  |

Tab. 1 cont.

Sample collection from diving equipment surfaces on October 6, 2017 (after dives).

Pobranie próbek z powierzchni sprzętu nurkowego w dniu 06.10.2017 (po nurkowaniach).

#### Research results

- + small growth 1 – 20 cfu;
- ++ large growth 20 – 100 cfu;
- +++ very large growth above 100 cfu;

| No. | place of swab collection            | Imprint<br>general microbial<br>count | TSA medium<br>general microbial<br>count | SA medium<br>presence of yeasts,<br>dermatophytes and<br>other fungi | Chapman medium                           |                                                       |
|-----|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|     |                                     |                                       |                                          |                                                                      | presence of<br><i>Staphylococcus</i> sp. | presence of<br><i>Staphylococcus</i><br><i>aureus</i> |
| 11  | Wetsuit no. 2 – inside, sleeves     | ++                                    | ++                                       | ++                                                                   | ++                                       | +                                                     |
| 12  | Wetsuit no. 2 – inside, legs        | +++                                   | +++                                      | +++                                                                  | +++                                      | -                                                     |
| 13  | Wetsuit no. 2 – inside, crotch area | +++                                   | +++                                      | +++                                                                  | +++                                      | +++                                                   |
| 14  | Wetsuit no. 3 – inside, armpit      | +++                                   | ++                                       | +++                                                                  | +                                        | +                                                     |
| 15  | Wetsuit no. 3 – inside, legs        | ++                                    | ++                                       | +++                                                                  | +                                        | +                                                     |
| 16  | Wetsuit no. 3 – outside, zip area   | +++                                   | ++                                       | ++                                                                   | +++                                      | ++                                                    |
| 17  | Wetsuit no. 4 – inside, head        | ++                                    | ++                                       | ++                                                                   | ++                                       | +                                                     |
| 18  | Wetsuit no. 4 – inside, torso       | +++                                   | +++                                      | +++                                                                  | +++                                      | +                                                     |
| 19  | Life-jacket – neck area             | ++                                    | ++                                       | ++                                                                   | +++                                      | ++                                                    |
| 20  | Life-jacket – zip area              | ++                                    | ++                                       | ++                                                                   | +++                                      | -                                                     |

Sample collection from diving equipment surfaces on October 17, 2017 (before diving).

Pobranie próbek z powierzchni sprzętu nurkowego w dniu 17.10.2017 (przed nurkowaniami).

| No. | place of swab collection            | Research results                      |                                          |                                                                      |                                                            |                                             |
|-----|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|     |                                     | Imprint<br>general microbial<br>count | TSA medium<br>general microbial<br>count | SA medium<br>presence of yeasts,<br>dermatophytes and other<br>fungi | Chapman medium<br>presence of<br><i>Staphylococcus</i> sp. | presence of<br><i>Staphylococcus aureus</i> |
|     |                                     |                                       |                                          |                                                                      |                                                            |                                             |
| 1   | Diving suit no. 1 inside, head      | +++                                   | +++                                      | +++                                                                  | +++                                                        | +++                                         |
| 2   | Diving suit no. 1 inside, neck area | ++                                    | ++                                       | ++                                                                   | ++                                                         | +                                           |
| 3   | Wetsuit boot no. 1 inside           | ++                                    | ++                                       | +                                                                    | -                                                          | -                                           |
| 4   | Wetsuit boot no. 2 inside           | ++                                    | ++                                       | ++                                                                   | +                                                          | -                                           |
| 5   | Flipper inside                      | ++                                    | ++                                       | ++                                                                   | +                                                          | -                                           |
| 6   | Goggles, nose area                  | ++                                    | +++                                      | ++                                                                   | ++                                                         | +                                           |
| 7   | Diving suit no. 2 inside, head      | ++                                    | +++                                      | +++                                                                  | ++                                                         | +                                           |
| 8   | Diving suit no. 2 inside, armpit    | -                                     | +                                        | +                                                                    | +                                                          | -                                           |
| 9   | Mask, mouth and nose area           | ++                                    | ++                                       | +                                                                    | ++                                                         | +                                           |
| 10  | Diving suit no. 3 inside, neck area | +++                                   | +++                                      | ++                                                                   | +++                                                        | ++                                          |
| 11  | Sock inside                         | ++                                    | +++                                      | +++                                                                  | +++                                                        | +                                           |
| 12  | Diving suit no. 4 inside, neck area | ++                                    | ++                                       | ++                                                                   | ++                                                         | +                                           |

Tab. 2 cont.

Sample collection from diving equipment surfaces on October 17, 2017 (before diving).

Pobranie próbek z powierzchni sprzętu nurkowego w dniu 17.10.2017 (przed nurkowaniami).

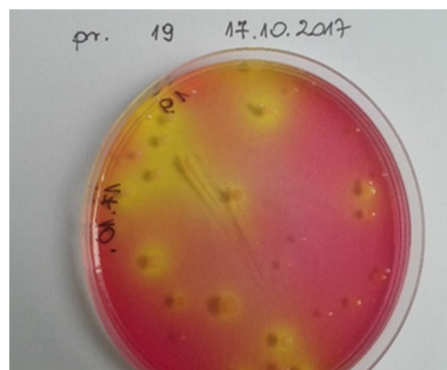
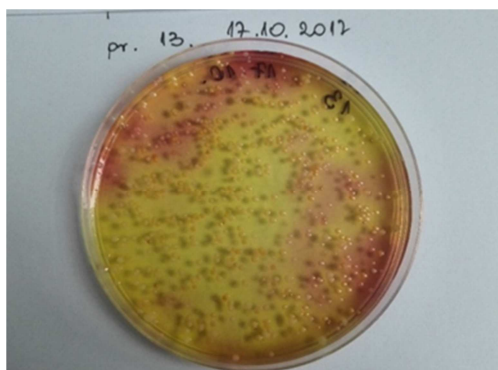
#### Research results

- + small growth 1 – 20 cfu;
- ++ large growth 20 – 100 cfu;
- +++ very large growth above 100 cfu;

| No. | place of swab collection                       | Chapman medium                        |                                          |                                                                      |                                                                          |
|-----|------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|     |                                                | Imprint<br>general microbial<br>count | TSA medium<br>general microbial<br>count | SA medium<br>presence of yeasts,<br>dermatophytes and<br>other fungi | presence of<br><i>Staphylococcus sp.</i><br><i>Staphylococcus aureus</i> |
| 13  | Diving suit no. 4 inside, lower<br>sleeve part | ++                                    | +++                                      | +++                                                                  | +++                                                                      |
| 14  | Fleece undersuit no. 1 inside,<br>crotch area  | ++                                    | +++                                      | ++                                                                   | +                                                                        |
| 15  | Fleece undersuit no. 1 inside,<br>armpit       | +                                     | +                                        | +                                                                    | -                                                                        |
| 16  | Fleece undersuit no. 2 inside, neck<br>area    | +++                                   | +++                                      | +++                                                                  | +                                                                        |
| 17  | Fleece undersuit no. 2 inside, leg             | +++                                   | +++                                      | +++                                                                  | ++                                                                       |
| 18  | Orange life jacket, neck area                  | ++                                    | +++                                      | ++                                                                   | +                                                                        |
| 19  | Mouthpiece no. 1                               | Not collected                         | +++                                      | +++                                                                  | +                                                                        |
| 20  | Mouthpiece no. 2                               | Not collected                         | +++                                      | +++                                                                  | -                                                                        |

## OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

## DISCUSSION OF RESEARCH RESULTS

Fig. 1/ Rys. 1 *Staphylococcus aureus*.

- Próbkę nr 13, wymaz pobrany z wnętrza rękawa kombinezonu.
- Próbkę nr 19, wymaz pobrany z wnętrza ustnika.
- Z posiewu na podłoże Chapmana wyizolowano bakterie *Staphylococcus aureus*.
- Bakterie z rodzaju *Staphylococcus* kolonizują skórę każdego człowieka stanowiąc naturalną, fizjologiczną florę bakteryjną, ale należy pamiętać, że te same gatunki w zmienionych warunkach mogą wywoływać infekcje. *Staphylococcus aureus* szczególnie często kolonizuje przedsionek nosa, można go znaleźć u ok. 40% osób. Jego obecność u ludzi określana jest mianem nosicielstwa.
- Gronkowiec złocisty może być przyczyną miejscowych infekcji dotyczących praktycznie wszystkich tkanek i narządów oraz zakażeń uogólnionych, często zagrażających życiu. Do najczęściej spotykanych należą ropne stany zapalne skóry i tkanek miękkich: czyraki, jęczmień, liszajec, ropnie, ropowice a także zapalenie szpiku kostnego, septyczne zapalenie stawów, zapalenie wsierdza i zapalenie płuc.

- Sample no. 13, the swab was taken from the inside of a sleeve of a diving suit.
- Sample No. 19, the swab was taken from the inside of a mouthpiece.
- *Staphylococcus aureus* bacteria were isolated from Chapman medium.
- The bacteria of the *Staphylococcus* genus colonise the skin of every human being, constituting a natural, physiological bacterial flora, however it should be remembered that in altered conditions the same species may cause infections. *Staphylococcus aureus* mainly colonises the nasal vestibule and can be found in approximately 40% of people. Its presence in humans is referred to as carrier state.
- *Staphylococcus aureus* may be the cause of local infections, virtually affecting all tissues and organs, as well as generalised infections, often of a life-threatening character. The most common are purulent inflammations of the skin and soft tissues: furuncles, sties, impetigo, abscesses, purulent fungi and bone marrow inflammation, septic arthritis, endocarditis and pneumonia.

Fig. 2/ Rys. 2 *Pseudomonas aeruginosa*.

- Próbkę nr 20, wymaz pobrano z wnętrza ustnika, wyizolowano Pałeczkę ropy błękitnej *Pseudomonas aeruginosa*.
- *Pseudomonas aeruginosa* wywołuje między innymi:
  - zakażenia dolnych dróg oddechowych, które mogą przebiegać różnie od bezobjawowego nosicielstwa, przez łagodne zapalenie tchawicy i oskrzeli, aż po ciężkie zapalenie płuc;
  - zapalenie ucha zewnętrznego, szczególnie u osób kąpiących się w basenach, tzw. „ucho pływaka”;
  - zapalenie mieszków włosowych, głównie u osób z trądzikiem, zwłaszcza po ekspozycji na zanieczyszczoną tymi pałeczkami wodę np. na pływalni;
  - pałeczki *Pseudomonas aeruginosa* są naturalnie odporne na wiele antybiotyków i łatwo nabywają oporność na kolejne, co bardzo utrudnia proces leczenia zakażenia tymi bakteriami.

- Sample No. 20, the swab was taken from the inside of a mouthpiece; the *Pseudomonas aeruginosa* bacillus was isolated
- *Pseudomonas aeruginosa* causes, *inter alia*:
  - infections of the lower respiratory tract, which may take various courses, from asymptomatic carrier state, through mild tracheitis and bronchitis, to severe pneumonia;
  - otitis externa, particularly in individuals swimming in pools, known as "swimmer's ear";
  - inflammation of hair follicles, mainly in people with acne, especially after an exposure to water contaminated with these bacilli, e.g. in the swimming pool;
  - *pseudomonas aeruginosa* bacilli are naturally resistant to many antibiotics and easily acquire resistance to subsequent ones, which makes it very difficult to treat infections induced by these bacteria.

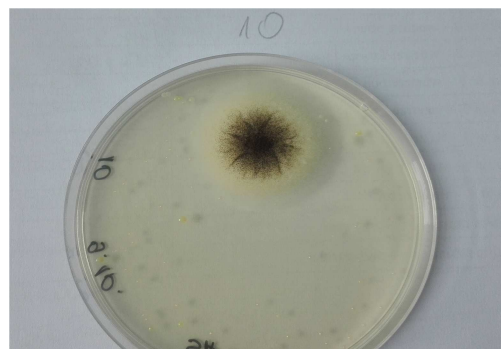
Fig. 3/ Rys. 3 *Candida albicans*.

- Próbkę nr 2, wymaz pobrano z wnętrza kombinezonu z okolic szyi.
- Próbkę nr 16, wymaz pobrano z wnętrza ocieplacza polarowego z okolic szyi.
- Z posiewu na podłoże Sabourauda wyizolowano drożdżaki z rodzaju *Candida*.
- Najczęstszym przedstawicielem i jednocześnie najczęstszym patogenem jest *Candida albicans*, będący powszechnym komensalem przewodu pokarmowego człowieka, ale występując na powierzchni skóry jest drobnoustrojem oportunistycznym.
- Drożdżycę (kandydozę) najczęściej dotyczy skóry, błon śluzowych i paznokci.
- Rozwojowi zakażenia sprzyjają m.in. długotrwała antybiotykoterapia, mikrourazy skóry, maceracja naskórka związana z nadmiernym poceniem się, otyłość, cukrzyca, nadużywanie alkoholu.

- Sample no. 2, the swab was taken from the inside of a diving suit in the neck area.
- Sample no. 16, the swab was taken from the inside of a fleece undersuit in the neck area.
- Yeasts of the genus *Candida* were isolated from Sabouraud medium.
- The major representative and at the same time the most frequently occurring pathogen is *Candida albicans*, which is a common commensal of the human gastrointestinal tract, however when it is present on the surface of the skin it is an opportunistic micro-organism.
- Candidiasis mainly affects the skin, mucous membranes and nails.
- The development of infection is favoured by a long-lasting antibiotic therapy, skin micro-injuries, skin maceration associated with excessive sweating, obesity, diabetes, alcohol abuse.



Fig. 4/ Rys. 4 *Aspergillus Niger*.



- Próbkę nr 10, wymaz pobrano z wnętrza pianki, z okolic głowy.
- Z posiewu na podłożu Sabourauda wyizolowano kropidlaka *Aspergillus Niger*.
- Grzyby z rodzaju *Aspergillus* odpowiedzialne są za grzybice kropidlakowe.
- Zakażenie może się umiejscawiać niemal prawie w każdej tkance, ale najczęściej dotyczy układu oddechowego.

- Sample no. 10, the swab was taken from the inside of a wetsuit in the head area.
- *Aspergillus niger* was isolated from Sabouraud medium.
- Fungi of the genus *Aspergillus* are responsible for aspergillosis.
- The infection can be located almost in almost any tissue, however it mainly affects the respiratory system.



Fig. 5/ Rys. 5 *Trichophyton*.



- Próbkę nr 4, wymaz pobrano z wnętrza buta piankowego.
- Próbkę nr 8, wymaz pobrano z wnętrza pianki z okolic szyi.
- Z posiewu na podłożu Sabourauda wyizolowano dermatofity z rodzaju *Trichophyton*, będące drobnoustrojami chorobotwórczymi.
- Najczęściej występującymi dermatofitozami wywołanymi przez ten rodzaj grzybów są grzybice stóp, płytki paznokciowej, skóry głowy i włosów, oraz brody (u mężczyzn).
- Schorzenia te wymagają długotrwałego leczenia i ścisłego przestrzegania zasad higieny osobistej, gdyż zakażenia przenoszą się również przez kontakt bezpośredni lub przedmioty osobistego użytku.

- Sample no. 4, the swab was taken from the inside of a wetsuit boot.
- Sample no. 8, the swab was taken from the inside of the wetsuit in the neck area.
- Sabouraud agar culture allowed to isolate dermatophytes from the *Trichophyton* genus, which belong among disease-causing organisms.
- The most common dermatophytoses caused by this type of fungus affect the feet, nail plates, scalp, hair, and chin (in men).
- These conditions require long-term treatment and strict adherence to the principles of personal hygiene, as the infections are also transmitted by a direct contact or through the use of one's personal items.

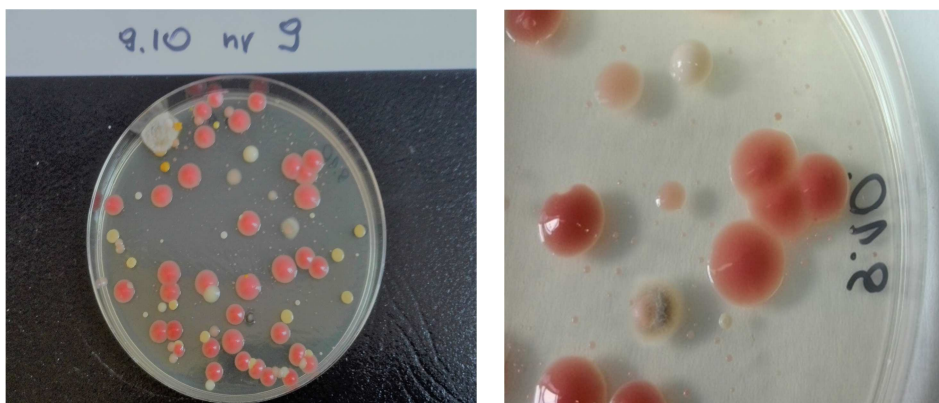


Fig. 6/ Rys. 6 *Rhodotorula mucilaginosa*.

- Próbkę nr 9, wymaz pobrano z wnętrza pianki, z okolic głowy.
- Z posiewu na podłoże Sabourauda wyizolowano drożdże z rodzaju *Rhodotorula*, powszechnie występujące drobnoustroje saprofityczne, będące składnikiem flory fizjologicznej skóry ludzkiej.
- Jednak ostatnio opisano wiele zakażeń spowodowanych przez gatunki *R.mucilaginosa*, *R.glutinis*, *R.minuta*.

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ – WNIOSKI OGÓLNE

- Żadna z pobranych próbek nie była jałowa.
- Z 80% pobranych próbek wyizolowano bakterie *Staphylococcus aureus*.
- Z próbek pobranych z ustników wyizolowano bakterie *Pseudomonas aeruginosa*.
- Z przeważającej większości pobranych wymazów i odcisków uzyskano wzrost liczny lub bardzo liczny.
- Z posiewów na podłożu Sabourauda w kierunku obecności drożdżaków, dermatofitów i innych grzybów wyizolowano drobnoustroje z rodzajów *Candida*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Trichophyton*, *Aspergillus* i wiele innych.

#### WNIOSKI

- Przeprowadzone badania potwierdziły, że sprzęt nurkowy znajdujący się w Ośrodkach Nurkowych, jest siedliskiem wielu różnych bakterii i grzybów, również tych patogennych.
- Ogromna większość drobnoustrojów znajdujących się na powierzchni pianek, kombinezonów itp. to komensale (niektóre z nich są organizmami oportunistycznymi), lecz fakt ten uświadamia nam, że powierzchnie sprzętu nurkowego są wspaniałą „drogą przenoszenia” różnych dermatoz i innych chorób.
- Aby zmniejszyć możliwość zakażenia należy sprzęt nurkowy, z którego korzystają różne osoby poddawać procesowi dekontaminacji [9].
- Autorzy rekomendują dekontaminację gazowym nadtlenkiem wodoru, który nie uszkadza sprzętu.

- Sample no. 9, the swab was taken from the inside of a wetsuit in the head area.
- Yeasts from the *Rhodotorula* genus were isolated from the Sabouraud medium, i.e. common saprophytic microorganisms constituting a component of the physiological flora of human skin.
- However, recently numerous infections caused by *R.mucilaginosa*, *R.glutinis*, *R.minuta* species have been reported.

#### DISCUSSION OF RESEARCH RESULTS – GENERAL CONCLUSIONS

- None of the samples collected was sterile.
- *Staphylococcus aureus* bacteria were isolated from 80% of collected samples.
- *Pseudomonas aeruginosa* bacteria were isolated from samples taken from mouthpieces.
- The overwhelming majority of swabs and imprints resulted in a large or very large growth.
- Microorganisms from the genera *Candida*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Trichophyton*, *Aspergillus* and many others were isolated from cultures on Sabouraud agar growth medium used in the cultivation of yeasts, dermatophytes and other fungi.

#### CONCLUSIONS

- The research confirmed that the diving equipment located in Diving Centres is the home of many different bacteria and fungi, including pathogenic ones.
- The vast majority of microbes found on the surfaces of wetsuits, diving suits, etc. are commensals (with some of them being opportunistic organisms). This fact allows us to realise that the surfaces of diving equipment are an excellent "transmission route" for various dermatoses and other diseases.
- In order to reduce the risk of infection the diving equipment that is used by various people should be subject to decontamination [9].
- The authors recommend decontamination with gaseous hydrogen peroxide which does not cause damage to equipment.

## REFERENCES

1. Wang J, Barth S, Richardson M, Corson K, Madera J. An outbreak of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* cutaneous infection in a saturation diving facility. *Undersea Hyperb Med* 2003 Winter;30 (4), 277-284;
2. Hind J, Attwell RW, The effect of antibiotics on bacteria under hyperbaric conditions, *J. Antimicrobial Chemotherapy*, 1996 Feb, 37(2)253-263;
3. International Scientific Forum on Home Hygiene 2011, The chain of infection transmission in the home and everyday life settings, and role of hygiene in reducing the risk of infection. Accessed at <http://www.ifh-homehygiene.org>;
4. Noble WC. Dispersal of skin microorganisms. *British Journal of Dermatology* 1975;93:477-85;
5. Neely AN, Maley MP. Survival of enterococci and staphylococci on hospital fabrics and plastic. *Journal of Clinical Microbiology* 2000;38:724-6;
6. Brady MT, Evans J, Cuartas J. Survival and disinfection of parainfluenza viruses on environmental surfaces. *American Journal of Infection Control* 1990;146:47-51;
7. Neely AN, Orloff MM. Survival of some medically important fungi on hospital fabrics and plastics. *Journal of Clinical Microbiology* 2001;39:3360-1; DOI: 10.1128/JCM.39.9.3360-3361.2001
8. Sattar SA, Springthorpe S, Mani S, Gallant N, Nair RC, Scott E, Kain J. Transfer of bacteria from fabrics to hands: development and application of quantitative method using *Staphylococcus aureus* as model. *Journal of Applied Microbiology* 2001;90:962-70;
9. Dąbrowiecki Z, Dąbrowiecka M, Olszański R, Siermontowski P. Decontamination of diving suits. *PolHypRes* 2016,57(4),45-54. DOI: 10.1515/phr-2016-0025

**dr n. biol. Zbigniew Dąbrowiecki**  
Zakład Medycyny Morskiej i Hiperbarycznej  
Wojskowy Instytut Medyczny  
ul. Grudzińskiego 4 81-103 Gdynia 3 skr. poczt. 18  
tel: 604291581  
e-mail: [zdabrowiecki@wim.mil.p](mailto:zdabrowiecki@wim.mil.p)