

# スクーバダイビング中の小型医療機器を用いた測定を可能にする防水ケースのデータの信頼性に関する検討

田中博史\*, 森口哲史\*\*\*, 勝又 宏\*\*, 兵頭圭介\*\*  
小田切優子\*\*\*, 下光輝一\*\*\*

\*スポーツ・健康科学部スポーツ科学科, \*\*スポーツ・健康科学部健康科学科  
\*\*\*東京医科大学

## The examination of reliability of data using a waterproofing case for a small medical measuring apparatus during scuba diving

Hiroshi Tanaka, Tetsushi Moriguchi, Hiromu Katsumata, Keisuke Hyodo  
Yuko Odagiri, Teruichi Shimomitsu

### Abstract

Sampling clinical data during scuba diving is technically challenging, since equipment for measuring the data can not be used in the water. In a previous study, a waterproof case, with which clinical data (e.g., SPO<sub>2</sub> and hart rates) can be measured in the water, was developed. The aim of the present study was to examine the validity of data that is collected by using the waterproof case.

The following conclusions were obtained from the results of this study.

- 1) SPO<sub>2</sub> and hart rates collected by attaching the waterproof case to participants' hands were compared with the one that was collected without the case. The results revealed no significant difference in those measures, indicating accurate measurements can be obtained by using the case.
- 2) Previous studies have reported that sampling clinical data during scuba diving should be included in medical checks for divers. The present study showed that the sampling method using the waterproof case makes such a medical check possible. An index of diving safely can be obtained with the method.

## はじめに

スクーバダイビング (Scuba Diving) は約50年前に日本に紹介され<sup>9)</sup>、現在では老若男女が楽しめる生涯スポーツのひとつとして多くの人を楽しまれている。以前は、職業としてのスクーバダイビングが多かったが、現在ではレジャーダイビングとよばれスポーツもしくはレクリエーションとして潜水を楽しむ人が飛躍的に増え<sup>4)</sup>、国内だけで10万人以上の人たちが楽しんでいるといわれている。

このように多くの人たちを楽しまれているスクーバダイビングであるが一方で潜水事故も後を絶たない。このような現状の中で我々の研究グループにおいては潜水前のメディカルチェックまたは潜水中の生体情報の測定により潜水中に突然起こる身体的な疾患を未然に防ぐよう特に高齢者ダイバーを対象として調査研究を行っており、この取り組みについては先日NHKの番組内で紹介された (2005年8月24日首都圏ネットワーク内で放映)。

スクーバダイビングによってもたらされる身体の変化に関する研究は減圧症に関する研究が多くみられ、その中でもダイビング事後の症状について報告されたもの<sup>5)7)8)12)14)</sup>が多い。また、作業ダイバーについての研究<sup>6)12)13)</sup>や減圧症に代表される潜水事故に関する報告<sup>10)17)18)19)</sup>などもみられる。ダイビング中における人体の生理的機能についての測定を行った研究については河合ら<sup>3)</sup>や藤原ら<sup>1)</sup>によるものがあり、いずれの報告も潜水前のメディカルチェックの重要性を述べ、疾患後やダイビングの適性検査において実際のダイビング中における生体情報の測定の有用性を述べている。

そこで我々の研究グループではダイビング中における生体変化のデータを臨床のレベルでより多く取得し、潜水前のメディカルチェックのための基礎的資料を得る試みを開始し、実際のスクーバダイビング中に小型の医療機器を用いて測定を可能にする防水ケースの開発に成功した。ケースの作成段階において最も重要な部分である防水性の検討についてはすでに行われており田中ら<sup>15)</sup>によって報告済みである。しかし、手首部の防水性を確保するゴム素材の水圧による手首部の圧迫についてはレギュレーターの装着により解決をされているものの、ゴム素材そのものによる手首部の圧迫が動脈血酸素飽和度や心拍数の測定値に影響を及ぼすのではないかとということが懸念される。

そこで本研究は、実際のスクーバダイビング中に各種小型医療機器を用いて生体情報を測定可能にするため、防水ケースを用いて測定した際に取得されるデータがケースを用いない時と差があるのかについて調査し、ケースを使用して得られたデータの信頼性について明らかにすることを目的として行った。

なお、すでに作成済みで本研究においてその信頼性を確認しようとしている防水ケースは「潜水用手部ドライケース」の名称で実用新案登録済 (登録第3113352号) である。

## 方 法

### (1) 被験者

被験者は、学内健康診断において健康体であることが確認されている大学生男女5名（男性2名、女性3名）、平均年齢は20歳3ヶ月であった。また、被験者にはあらかじめ検査の趣旨などを口頭説明しインフォームドコンセントを得た上で検査を開始した。

### (2) 期間及び場所

期間は2005年6月から8月の間に被験者の都合の良いときにあわせて行った。1被験者に対して防水ケース非装着時と装着時それぞれ15分間ずつ測定を行ったが、体調やその他の外部環境による変化などをなくすためすべての被験者が2回の測定を同一日に行うようにした。

場所については本学の会議室にて行い、なるべくリラックスした姿勢がとれるように大きめのいすを用意した。また、室温についてもなるべく一定となるようにエアコンにて調節し、リラックス状態を著しく害するようなストレスを被験者につけないようにした。

### (3) 調査内容について

調査に用いた医療機器は、指先にて動脈血酸素飽和度及び心拍数が測定できる KONICA MINOLTA 社製 PULSOX-3i (医療用具製造承認番号20900BZZ00154000) にクリップタイプのプローブ SR-5C を装着して行った。

測定は、PULSOX-3i のみを装着 (図1参照) して15分間を1回、防水ケースをした後 PULSOX-3i を装着 (図2参照) して15分間を1回、1人の被験者につき2回の動脈血酸素飽和度及び心拍数を測定した。測定値は PULSOX-3i 内部のメモリに保存され、測定終了後 KONICA MINOLTA 社製インターフェイスユニット IF-3を介し (図3参照) KONICA MINOLTA 社製酸素飽和度解析ソフトウェア DS-3 Ver.3を用いてパソコン上にデータを取り出した。なお抽出されたデータのサンプリング間隔は5秒であった。

パソコン上に抽出したデータを用いて、防水ケース非使用時及び使用時における動脈血酸素飽和度及び心拍数の差について統計的手法を用いて比較検討した。

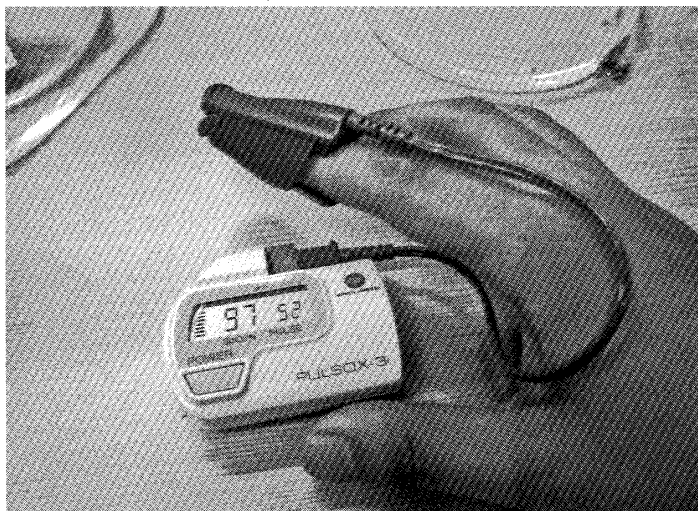


図 1. PULSOX-3i での動脈血酸素飽和度測定

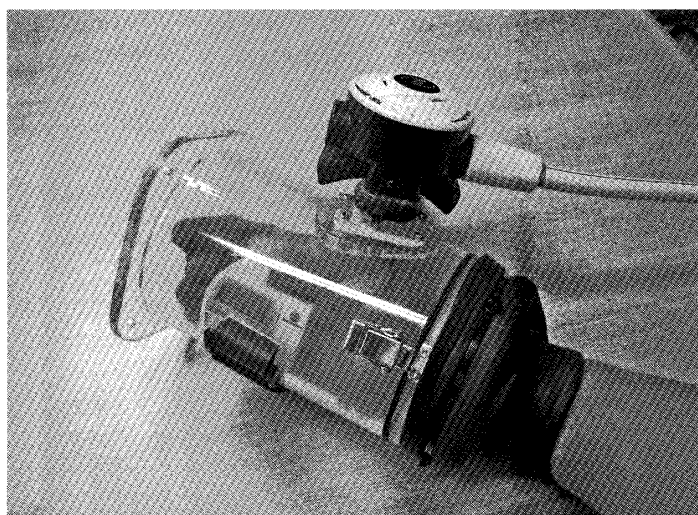


図 2. 防水ケースを装着しての PULSOX-3i での動脈血酸素飽和度測定

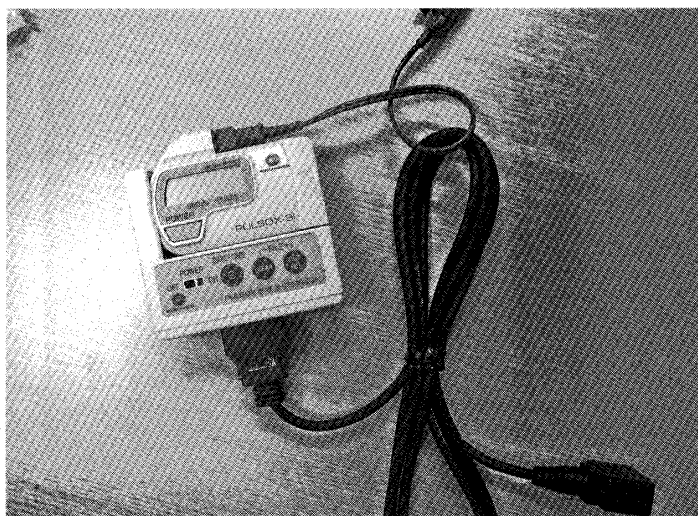


図 3. PULSOX-3i とインターフェイスユニット IF-3

## 結果及び考察

### (1) 動脈血酸素飽和度測定について

PULSOX-3i を用いて動脈血酸素飽和度を防水ケース使用時と防水ケース未使用時、それぞれ15分間ずつ測定を行った。15分間の測定値の平均値及び標準偏差値を算出（表1）し被験者ごとに平均値の差の検定を行ったところ、すべての被験者において差がみられなかった（図4）。このことより PULSOX-3i を用いての動脈血酸素飽和度測定においては、防水ケース着用時においても防水ケース未使用時と同様のデータを得られるということがわかった。

### (2) 心拍数測定について

PULSOX-3i を用いて動脈血酸素飽和度とあわせて心拍数を防水ケース使用時と防水ケース未使用時、それぞれ15分間ずつ測定を行った。15分間の測定値の平均値及び標準偏差値を算出（表2）し被験者ごとに平均値の差の検定を行ったところ、すべての被験者において差がみられなかった（図5）。このことより PULSOX-3i を用いての心拍数測定においては動脈血酸素飽和度測定と同様、防水ケース着用時においても防水ケース未使用時と同様のデータを得られることがわかった。

表1. 各被験者における15分間の酸素飽和度測定の平均及び標準偏差

Case	Sub 1		Sub 2		Sub 3		Sub 4		Sub 5	
	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有
M	97.5	97.1	97.7	97.9	97.3	97.4	97.1	97.7	97.1	97.2
SD	0.51	0.51	0.63	0.47	0.52	0.61	0.69	0.60	0.61	0.61

表2. 各被験者における15分間の心拍数測定の平均及び標準偏差

Case	Sub 1		Sub 2		Sub 3		Sub 4		Sub 5	
	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有
M	51.8	51.2	66.3	66.5	62.4	61.6	60.0	60.6	53.5	54.3
SD	2.81	2.97	3.00	3.21	3.33	4.58	2.46	4.00	3.84	4.35

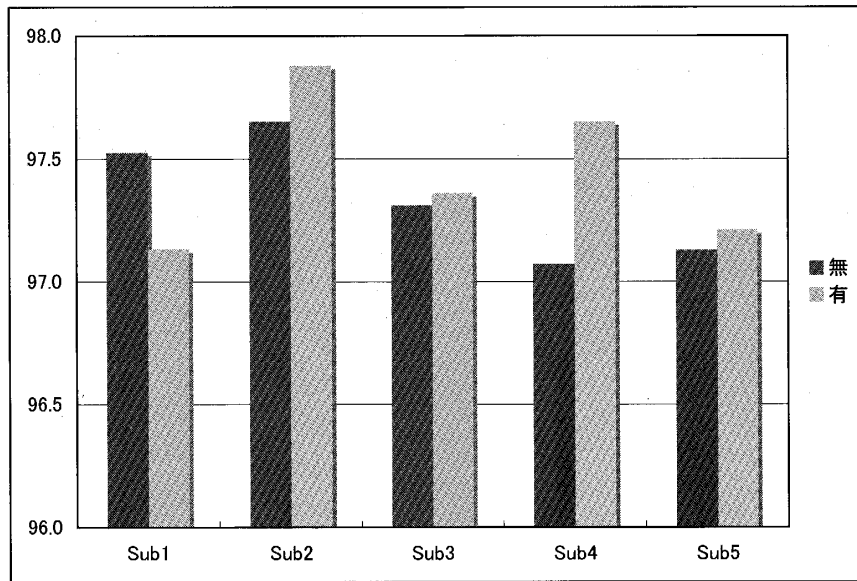


図4. 各被験者における15分間の酸素飽和度測定平均値の比較

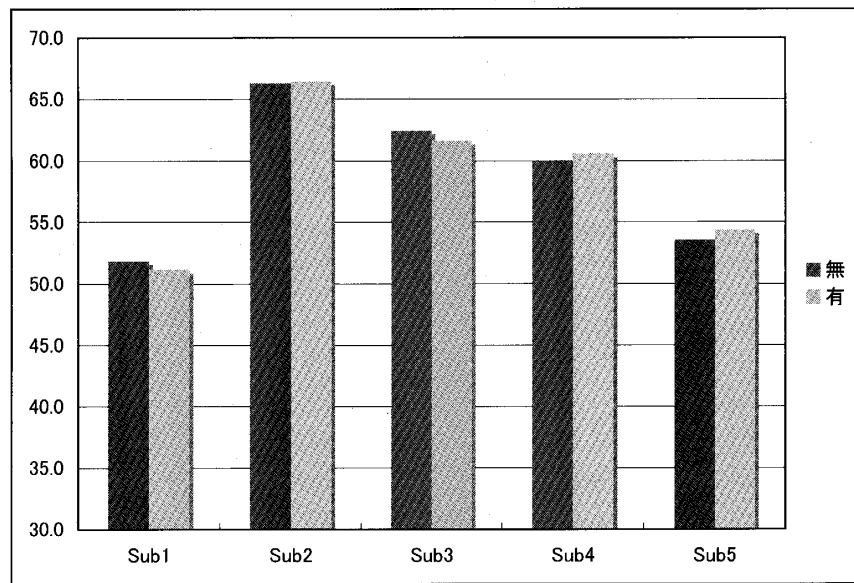


図5. 各被験者における15分間の心拍数測定平均値の比較

以上のことより、防水ケースを手部に装着した状態で PULSOX-3i を用いての動脈血酸素飽和度及び心拍数の測定において得られたデータは、PULSOX-3i を通常使用（防水ケース未使用時）したときと同様のデータを得られ、それらのデータの信頼性が確認された。

前回の防水性テスト終了後に手首部の防水性を確保するゴム部が手首部の血管を圧迫し測定器の通常使用（防水ケース未使用時）の時と同じデータを得られないのではないかとの懸念があったが今回の調査により、同様のデータが得られることがわかり、懸念は解消された。また、水圧による手首部の圧迫で同様のことが懸念されるが、このことについては、防水ケースにレギュレー

ターが取り付けられており、ケース内部の圧力と外部の圧力を一定に保つことがケースの構造上可能であるため（特許請求項）水圧によるスクイズはほとんど無く、血管を圧迫することはないことが確認されている。

河合ら<sup>3)</sup>の調査では、ホルター心電計を水中カメラ収納などに用いる簡単なハウジングに入れることにより心電図の水中記録を可能にし、これらの検査はルーチンの負荷心電図に比べてより現場に即した心電図検査であったことから、それぞれの運動の場に対応した医学検査の必要性について述べている。今回、我々の研究グループで作成した潜水用手部防水ケースにおいても測定できるデータの信頼性が確立されたことにより、ダイビング中の動脈血酸素飽和度及び心拍数の測定を行うことが可能となり、ダイビング前におけるメディカルチェックの指標となるデータを臨床のレベルで得ることができるようになった。この装置を用いて得られたデータは今後の安全ダイビングのための貴重な資料になるだろうと思われる。

また、藤原ら<sup>1)</sup>はドライスーツを着用し、ダイビング中及びその前後のホルター心電図測定を実施しダイビング中の虚血性変化の有無や不整脈についての観察を行い、心筋梗塞後にダイビング復帰を目指す人たちの可能性を検討している。さらに河合ら<sup>2)</sup>はスクーバ潜水や水泳・潜水競技などの水中運動のメディカルチェックを行う機会は増加しているが、通常の運動負荷心電図検査は水中運動の負荷検査としては理論的にも不完全であると述べている。このように、実際のダイビング中の生体情報を得ることは、通常の運動負荷心電図検査などよりもダイバーの診断として極めて高い有用性があり、本研究により開発された潜水用手部防水ケースにより臨床データを得ることで今後の安全ダイビングの指標が得られると考えられる。

## 抄 録

本研究は防水ケースを用いた測定において取得されるデータがケースを用いない時と差があるのかについて調査しケースを使用して得られるデータの信頼性について明らかにすることを目的として行った。この開発によりスクーバダイビング中の生体に関する臨床データを得ることが可能となり、安全ダイビングのための指標を得ることが出来ると考えられる。

本研究で以下の結論を得た。

- 1) 動脈血酸素飽和度及び心拍数は、ケースを用いた場合でも正確なデータが得られることが確認された。
- 2) ダイバーのメディカルチェックにおいては、今回開発された防水ケースなどを用いた方法が最も有用性が高いことが示唆された。

## 文 献

- 1) 藤原正義, 中聡夫, 大西衛ら: 心筋拘束後にダイビング復帰を希望されたスポーツダイバーの一例—スクーバダイビング中ホルター心電図の試み—, 心臓リハビリテーション, 第7巻第1号, 131-134, 1996
- 2) 河合祥雄: 運動療法・運動処方のための診断書・意見書「改訂第3版運動療法ガイド 正しい運動処方を求めて」, 日本醫事新報社, 156-164, 2000
- 3) 河合祥雄, 久岡英彦: 水泳・潜水に対するメディカルチェック—防水型ホルター心電計と簡易潜水反射—, 水と健康医学研究会誌, 第4巻1号, 29-34, 2001
- 4) 池田知純: 潜水医学入門—安全に潜るために—, (株)大修館書店, 1995年, 東京
- 5) Mano Y., N. Yamami, M. Shibayama, and M. Kawashima: Profile of actual diving circumstance on recreation divers in japan. Proceedings of the 14<sup>th</sup> Meeting of the United States-Japan Cooperative Program in Natural Resources (UJNR) Panel on Diving Physiology, Florida, 139-148, 1998
- 6) 眞野喜洋: 圧気土木作業における減圧症発症率に関する研究—最近5年間の発症率推移—, 産業医学, 29(4), 271-278, 1987
- 7) 中山晴美, 芝山正治, 小宮正久, 内山めぐみ, 山見信夫, 高橋正好, 眞野喜洋: レジャーダイバーの減圧症罹患頻度について, 日高压医誌, 33(2), 73-80, 1998
- 8) 眞野喜洋, 芝山正治: 潜水病(減圧症), 臨床スポーツ医学, 文光堂, 3(6), 593-597, 1986
- 9) 大岩弘典: 新しい潜水医学, (株)水中造形センター, 2003年, 東京
- 10) 関邦博, 眞野喜洋, 横山曠大 訳: U.S. NAVY ダイビングマニュアル第6刷, (株)朝倉書店, 2002年, 東京
- 11) 柴山正治, 眞野喜洋: 追い込み漁潜水作業における潜水プロフィールと労作強度, 日衛誌, 44(2), 587-594, 1989
- 12) 柴山正治: 潜水で用いる自動減圧計によって発症した減圧症について, 駒沢女子大学研究紀要, 3, 95-100, 1996
- 13) 柴山正治, 眞野喜洋, 大久保仁: 漁業(追い込み漁法)ダイバー耳管機能に関する研究, 産業医学, 29(4), 265-270, 1987
- 14) 柴山正治, 山見信夫, 中山晴美, 高橋正好, 水野哲也, 眞野喜洋: レジャーダイバーの現状—現地実態調査からの分析—, 日高压医誌, 33(4), 201-204, 1998
- 15) 田中博史, 森口哲史, 兵頭圭介, 中間和男: スクーバダイビング中の小型医療機器を用いた測定を可能にする防水ケース開発に関する研究, 大東文化大学紀要, 第43号, 279-287, 2005
- 16) 山見信夫, 眞野喜洋, 芝山正治, 高橋正好: DAN ホットラインの実状及び潜水後の酸素の利用, 日高压医誌, 33(3), 143-150, 1998
- 17) 山見信夫, 眞野喜洋, 芝山正治, 高橋正好: 高所移動に伴う減圧症, 日高压医誌, 35(4) 205-213, 2001
- 18) 山見信夫, 芝山正治, 水野哲也, 高橋正好, 中山徹, 眞野喜洋: ダイバーのための緊急電話相談に寄せられた減圧症の特徴, 臨床スポーツ医学, 13(6), 691-693, 1996
- 19) 山見信夫, 芝山正治, 高橋正好, 眞野喜洋: スクーバ潜水後の飛行機搭乗によって発症するスポーツダイバー減圧症, 日本臨床スポーツ医学会, 8(2), 171-176, 2000

(2005年9月24日受理)