

予備呼吸不要な船外活動用宇宙服グローブの開発と検証

田中邦彦

岐阜医療科学大学 保健科学部 放射線技術学科

Development and Verification of a Glove for Extravehicular Activity without Pre-breathing

Kunihiko Tanaka

Department of Radiotechnology, School of Health Science, Gifu University of Medical Science.
Seki 501-3892

E-Mail: ktanaka@u-gifu-ms.ac.jp

Abstract: Current extravehicular activity (EVA) suit is pressurized at 0.29 atm. With this low pressurization, pre-breathing is needed to avoid decompression sickness. Higher pressure is safer but the mobility should be sacrificed due to pressure differential between inside and outside of the suit. Recently, we have developed and demonstrated that gas-pressurized elastic glove has larger mobility compared to non-elastic glove as used in current EVA suit. If mobility is higher, pressurization can be higher. In the present study, we examined ergonomics i.e., range of motion (ROM) and electromyography (EMG) of the elastic glove with pressure differential of 0.65 atm, which is considered pre-breathing is not needed. ROM was similar, but the amplitude of EMG during grip is significantly smaller than that of non-elastic glove of 0.29 atm. Thus, elastic suit may achieve high mobility EVA suit without pre-breathing

Key Words; Space Suit, Electromyography, Range of Motion, Decompression Sickness

現在アメリカ航宇宙局 (NASA) で用いられている船外活動用宇宙服 (Extravehicular Mobility Unit、以下 EMU) は服内部を純酸素で 220 mmHg (0.29 気圧) に与圧している¹⁾。この圧は地上および宇宙船内 1 気圧に比較して非常に小さく、減圧症を引き起こす危険が高いため飛行士は船外活動にあたって約 24 時間もの予備呼吸を行う必要がある²⁾。それでも外部の高度真空との圧較差によって服は膨張し、稼動に対する抵抗増大ならびに可動域の低下を来している。これら可動性低下の原因としては、服が非伸縮性素材によって構成されているため圧較差による膨張に抗して屈曲側に「皺」を形成しなければ屈曲できないこと、屈曲側の膨張が屈曲を妨げていることなどが考えられる。これまでに我々は伸縮性素材を用いて船外活動用グローブを試作し、その有用性を証明してきた^{3, 4)}。すなわち、伸縮性素材で編成したグローブは現行の EMU のような非伸縮性グローブ比して最大握力、第 3 指可動域、握力持続時間ともに有意に優れていた。可動性が良好であるなら、与圧をさらに高いものにし、減圧症の危険性を小さ

くすることができる。今回我々は、伸縮性グローブも用いて、急速な減圧であっても減圧症を引き起こさない 0.65 気圧の圧較差での可動性を検証した。

実験

被検者は 22 - 24 歳の右利き健康成人男女 10 名で、右手で計測を行った。実験を行うにあたって岐阜医療科学大学倫理委員会の承認、ならびに被検者から説明に基づく承諾書を得た。

右第 2 指近位指節間関節可動域をビデオカメラで撮影後解析した。また第 2 指屈曲時の浅指屈筋筋電図を計測し、振幅の 2 乗平均平方根を求めた。これらの計測を 1 気圧下グローブ非装着時および圧較差生成下グローブ装着時に行った。装着実験においては、伸縮性あるいは現行 EMU を模擬した非伸縮性スリーブを装着し、チャンバー内に挿入した後チャンバー内を -0.29 気圧 (伸縮性、非伸縮性)、-0.65 気圧 (伸縮性のみ) まで減圧した状態で行った。

結果と考察

指関節の可動域は非伸縮性、伸縮性グローブともに素手よりも有意に小さく、また素材の違い、圧較差の違いによる差を認めなかった。しかし伸縮性グローブの圧較差 0.29 気圧、0.65 気圧での筋電図振幅はいずれも非伸縮性 0.29 気圧のそれよりも有意に小さかった。この結果から、伸縮性グローブは、予備呼吸を行わなくても減圧症を引き起こさない程度まで与圧しても現行の非伸縮性素材を用いたグローブに比して、より小さい労力で稼働することができると考えられた。

文献

- [1] Jordan NC, Saleh JH, Newman DJ. The extravehicular mobility unit: A review of environment, requirements, and design changes in the US spacesuit. *Acta Astronautica*. 2006 Dec;59:1135-45.
- [2] McBarron JW, 2nd. U.S. prebreathe protocol. *Acta Astronaut*. 1994 Jan;32: 75-8.
- [3] Tanaka K, Abe C, Iwata C, Yamagata K, Murakami N, Tanaka M, et al. Mobility of a Gas-pressurized Elastic Glove for Extravehicular Activity. *Acta Astronaut*. 2010;66:1039 - 43.
- [4] Tanaka K, Tohnan M, Abe C, Iwata C, Yamagata K, Tanaka M, et al. Development and evaluation of gas-pressurized elastic sleeves for extravehicular activity. *Aviat Space Environ Med*. 2010 Jul;81(7):671-6.