

高与圧かつ高可動性船外活動用宇宙服の試作と検証

田中邦彦¹、安部 力¹、山方健士²、増田勇野²、岩田ちひろ¹、森田啓之¹

1. 岐阜大学 大学院医学系研究科 神経統御学講座 生理学分野

2. 宇宙航空研究開発機構 有人宇宙環境利用ミッション本部 有人宇宙技術部

Development and Verification of Extravehicular Activity Suit with High Pressure and High Mobility.

Kunihiko Tanaka¹, Chikara Abe¹, Kenji Yamagata², Yuuya Masuda², Chihiro Iwata¹, and Hironobu Morita¹

1. Department of Physiology, Gifu University, Graduate School of Medicine. Gifu 501-1194

2. Human Space Technology and Astronauts Department, JAXA, Tsukuba 305-8505

E-Mail: kutanaka@gifu-u.ac.jp

Abstract: High mobility of elastic glove and sleeve have been demonstrated. If mobility is high, internal pressure of extravehicular activity (EVA) suit does not have to be low like current U.S. EVA suit. In the present study, we developed and examined physiological effects i.e., range of motion (ROM) and electromyography (EMG) of the sleeves. of the elastic sleeve with pressure differential of 0.58 atm, which is the least pressure of no-prebreathing before EVA. The effects were also compared to those of a non-elastic glove, which simulated the current EVA suit used in the U.S.A with 0.3 atm. No significant difference in ROM of the middle finger joint and EMG amplitude during grip was observed between elastic sleeve of 0.58 atm and non-elastic sleeve of 0.3 atm. However, EMG amplitude during elbow flexion with elastic sleeve was significantly larger than that with non-elastic sleeve. Thus, elastic glove of 0.58 atm can move similarly to ,non-elastic glove of 0.3 atm, but another concept is needed for the elbow joint.

Key Words; Space Suit, Pre-breathing, Electromyography, Range of Motion

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 (約 0.3 気圧) に加圧している (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い。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。これら稼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、スリーブを試作し、その有用性を証明してきた (2)。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、握力持続時間等に有意に優れていた。可動性が高ければ、高い与圧を行うことができ、予備呼吸時間短縮、減圧

症予防につながると考えられる。そこで今回我々は船内 1 気圧から予備呼吸なしで船外活動を行える最低与圧である 0.58 気圧での可動性を検証した。

実験

被検者は右利きの健康成人男女 10 名、計測は右上肢で行った (♂:♀=7:3, 19 - 30 y. o., 153 - 179 cmHt, 55 - 83 kgB. W.)。実験を行うにあたって岐阜大学大学院医学系研究科倫理委員会の承認、宇宙航空研究開発機構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。

第 3 指近位指節間関節の可動域および屈曲時の浅指屈筋筋電図 (S720 Shape Sensor and Bagnoli Desktop EMG Systems, DELSYS, Boston, MA)、最大握力、肘関節 0~90° 屈曲時の上腕二頭筋筋電図を計測した。計測は①素手 (1 気圧)、②非伸縮性スリーブ (-0.29 気圧 = -220 mmHg)、③伸縮性スリーブ (-0.58 気圧 = -456mmHg)。スリーブ着用実験においては非伸縮性あるいは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まで減圧し、船外活動時の圧較差を模擬した状態で行った。

結果と考察

伸縮性スリーブ 0.58 気圧と非伸縮性スリーブ 0.29 気圧では指関節可動域 (図 1) とその屈曲時筋電図振幅 (図 2) に有意な差をみとめなかった。

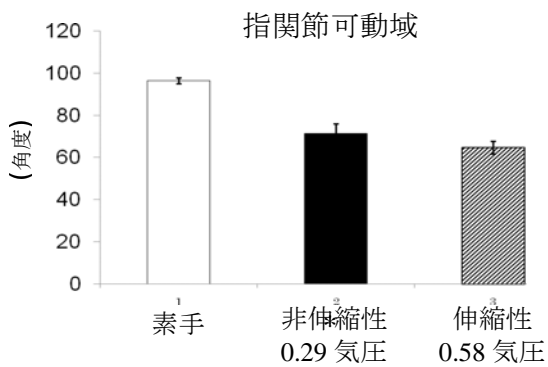


図 1. 右第 3 指近位指節間関節可動域
* $p < 0.05$ vs. 素手

即ち、伸縮性スリーブを用いれば予備呼吸を必要としないほどの高与圧時でも現行の EVA スーツと同等の可動性が得られることがわかった。一方、肘関

節屈曲時の筋電図振幅は伸縮性 0.58 気圧の方が非伸縮性 0.29 気圧よりも有意に大きかった。以上の結果から、伸縮性素材を使用することによってグローブ部分については予備呼吸不要な 0.58 気圧の与圧下でも現行の非伸縮性グローブ 0.29 気圧と同等な可動性が得られるが、肘関節のような大関節については異なった仕様が必要であると考えられた。

文献

1. Jordan NC et al. The extravehicular mobility unit: A review of environment, requirements, and design changes in the US spacesuit. *Acta Astronautica* 2006; 59: 1135-1145.
2. Tanaka et al. Mobility of a Gas-pressurized Elastic Glove for Extravehicular Activity. *Acta Astronaut* (in press).