

船外活動宇宙服用伸縮性スリーブの有用性評価

田中邦彦¹、安部 力¹、山方健士²、村上尚子²、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

Verification of Gas-Pressurized Elastic Sleeves for Extravehicular Activity

Kunihiko Tanaka¹, Chikara Abe¹, Kenji Yamagata², Naoko Murakami², 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: We developed gas-pressurized elastic sleeves for extravehicular activity (EVA) in the space. In the present study, we examined physiological effects, i.e., cutaneous blood flow and skin temperature, and ergonomical effects i.e., range of motion (ROM) and electromyography (EMG) of the sleeves. The effects were also compared to those of a non-elastic glove, which simulated the current EVA suit used in the U.S.A and Russia, and verified the feasibility of the glove. No significant difference in ROM of the wrist joint was observed between elastic and non-elastic sleeves, but amplitudes of the EMG using elastic sleeves were significantly smaller than that of a non-elastic sleeve. Thus, elastic sleeves can move with less effort, compared to the non-elastic sleeve.

Key Words; Space Suit, Blood Flow, 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。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、稼働に対する抵抗増大ならびに可動域の低下を来している。これら稼働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。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。今回我々は研究範囲を拡大し伸縮性スリーブで、その有用性を検証した。

実験

被検者は 19 - 30 歳の右利き健康成人男女 10 名の計測は右上腕について計測を行った。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。

安静時の前腕における皮膚血流をレーザードップラー血流計 (TBF-LG1, ユニークメディカル, 日本) で、皮膚温をサーミスター (SST-1, Physitemp, U. S. A) で計測した。手関節および肘関節の可動域を 1 軸 Goniometer (DELSYS, U. S. A) を用いて計測した。また手関節水平位から最大屈曲位まで稼働した際の橈側手根屈筋および肘関節水平位から 90° 屈曲位まで稼働した際の上腕二頭筋筋電図を計測した (DELSYS, U. S. A)。筋電図波形は積分したのち 1 秒あたりの振幅に Normalize した。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 -220mmHg まで減圧した状態で行った。

結果と考察

スリーブ着用時の皮膚血流は非着用時に比較して約2倍に増加した。また皮膚温は2°C上昇した。この変化は伸縮性、非伸縮性スリーブで同様であった。このことからグローブの内部環境が、生存に最も重要である局所循環に及ぼす影響はその素材に関係なく同様であると考えられた。また、手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、また素材間に差を認めなかった。しかし伸縮性スリーブ稼働時の筋電図振幅は非伸縮性のそれよりも有意に小さかった。同様に、肘関節屈曲時の筋電図振幅も伸縮性スリーブの方が有意に小さかった。これらの結果から、伸縮性スリーブは、現行の非伸縮性素材を用いたスリーブに比して、より小さい労力で稼働することができると考えられた。