

20 日間の -6° ヘッドダウンベッドレスト後の起立耐性に対する人工重力および運動負荷の有効性

西村直記¹、岩瀬敏¹、菅屋潤壹¹、清水祐樹¹、櫻井博紀^{1,2}、佐藤麻紀¹、Dominika Kanikowska¹、鈴木里美³、渡邊順子⁴、石田浩司⁵、秋間広⁵、片山敬章⁵、平柳要⁶、山本哲也⁷、高田宗樹⁷、

1: 愛知医大・医・生理2、2: 同・医・痛み学、3: 同・看・成人・在宅看護、4: 聖クリストファー看護大・看、5: 名大・保体センター、6: 日大・医・社会医学、7: 岐阜医療大・保健科学

Effectiveness of combined artificial gravity and ergometer exercise on orthostatic tolerance induced by bed rest

Naoki Nishimura, Satoshi Iwase, Junichi Sugeno, Yuuki Shimizu, Hiroki Sakurai, Maki Sato, Dominika Kanikowska, Satomi Suzuki, Yoriko Watanabe, Koji Ishida, Hiroshi Akima, Keisyou Katayama, Kaname Hirayanagi, Tomoki Shiozawa, Tetsuya Yamamoto, Hiroki Takada

N Nishimura: Department of Physiology, Aichi Medical University School of Medicine, Nagakute, Aichi 480-1195

E-Mail: nao2460@aichi-med-u.ac.jp

Abstract: Centrifuge-induced artificial gravity with ergometric exercise has been employed for countermeasures to spaceflight deconditioning. We examined that effectiveness of combined artificial gravity and ergometer exercise on orthostatic tolerance induced by head-down bed rest (HDBR). Diastolic blood pressure has decreased though the MSNA after HDBR increased in the control group. The decrease in Anti-G score after HDBR was not able to be controlled by the artificial gravity with ergometer exercise of putting by a day.

Key words: artificial gravity, ergometer exercise, orthostatic tolerance

1. はじめに

頭部を 6° 下げた状態(-6° ヘッドダウンベッドレスト)を維持させると頭部への体液移動がおこり、これが宇宙滞在のような微小重力環境での体液分布を模擬していると考えられている。長期の微小重力暴露により、心・循環系、骨格筋系および骨代謝系などにデコンディショニングが起こることが知られており、これらを総称して「宇宙デコンディショニング」と呼ばれている。我々は、これまで棒状回転体(直径4m)を回転させることにより生ずる遠心力を利用した人工重力負荷装置に自転車エルゴメータを具備した装置を考案し、この装置を用いた人工重力負荷と運動負荷の組み合わせが、宇宙デコンディショニングに対する対抗措置として有用であるか否かについて検討してきた。

昨年度(2006)行われた20日間の -6° ヘッドダウンベッドレスト実験において、ベッドレスト中に連日の人工重力負荷と運動負荷(30分/日)を行わせた群(対抗措置群)では、ベッドレスト後の起立耐性の低下が有意に抑制されるという結果を得た。

そこで本年度(2007)では、20日間の -6° ヘッドダウンベッドレスト実験において、1日置きに人

工重力負荷と運動負荷(30分/日、14日間)を行わせたときの起立耐性の変化について、人工重力負荷および運動負荷を行わなかった群(対照群)と比較・検討した。

2. 実験方法

本研究の目的、方法、医学上の貢献および危険性についての説明を書面と口答で説明し、被験者として実験参加の同意が得られた健康な成人男性8名(年齢: 27.8 ± 3.9 歳、身長: 167.9 ± 4.4 cm、体重 65.1 ± 8.2 kg)を対照とした。本研究を行うにあたり、愛知医科大学医学部倫理委員会の承認を得た。すべての被験者には頭部を -6° 下げた状態にセットしたベッド上に横たわせ、食事、排尿および排便などのすべての日常生活をその状態で行わせた。テレビ・ビデオ鑑賞、読書、携帯型ゲームなどは自由に行わせ、被験者のストレス緩和に努めた。1日の食事摂取量は2300kcalとし、水分摂取量は、脱水を回避させるために前日の尿量と同量を摂取させた。

8名の被験者の内、4名の被験者に人工重力負荷および運動負荷を1日置き(計14日間)に行わせ、残りの4名を対照群(-6° ヘッドダウンベッドレ

ストのみ)とした。対抗措置群に対する人工重力負荷は1.0G、運動負荷は60Wとし、被験者の同意が得られれば0.2Gもしくは15Wづつ負荷を増加させた。

ベッドレスト前後に耐G試験およびティルト試験を行った。耐G試験は被験者が中止を訴えるまでの人工重力負荷の積算時間と運動負荷の積により算出した。ティルト試験はティルトベッド上にて仰臥位で15分間の安静後、ベッドを $-6^{\circ} \rightarrow 0^{\circ} \rightarrow 30^{\circ} \rightarrow 60^{\circ}$ の順に傾斜させた。各ステージともそれぞれ15分間保持させ、最後まで完遂した場合はnon-fainter、途中で中止した場合にはfainterとした。この際、被験者の膝窩部の脛骨神経から筋交感神経活動を記録した。また血圧、胸部誘導心電図を連続記録した。

3. 結果および考察

20日間のベッドレスト前後のティルト試験時の筋交感神経活動の変化を図1に示した。対照群では、 0° での筋交感神経活動がベッドレスト前(12.2 ± 5.4 beats/min)に比してベッドレスト後(29.6 ± 10.1 beats/min)で顕著に増加したが、その後の体位の変化(傾斜の増加)に伴う増加は認められなかった。さらに、筋交感神経活動がベッドレスト後で増加しているにもかかわらず、拡張期血圧の低下が認められた。このことは、対照群では筋交感神経活動の賦活化に対する血管の反応性(収縮機能)が低下しているものと推察される。他方、対抗措置群では、ベッドレスト前後で筋交感神経活動の変化に差が認められなかった。

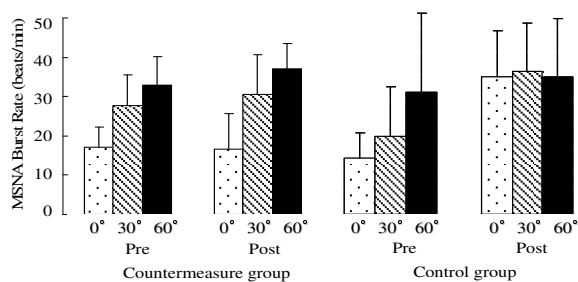


Fig.1 Change in MSNA burst rate during tilt test.

起立耐性の評価方法に関しては、①15分の 60° ティルトに耐えられるかどうか、② 60° ティルトに何分耐えられるか、③耐G試験でスコアを何点得られるかの3通りの評価方法を採用してきた。

①および②に関しては、ベッドレスト前において対抗措置群では4/4が、対照群でも3/4が 60° で

15分間を耐えており、同一の被験者のみがベッドレスト後においても 60° の途中で中止に至った。

③に関しては、対照群ではいずれの被験者においてもベッドレスト後にスコアの低下を認め、対抗措置群においても1名のみがベッドレスト後にスコアが増加したが、残りの3名では低下が認められた。

以上の結果から、20日間の -6° ヘッドダウンベッドレスト実験において、1日置き的人工重力負荷と運動負荷(30分/日、14日間)では、ベッドレスト後の起立耐性の低下を完全に抑制することができなかったことから、ベッドレスト後の起立耐性の維持には、より高頻度での人工重力負荷と運動負荷が必要であるかもしれない。

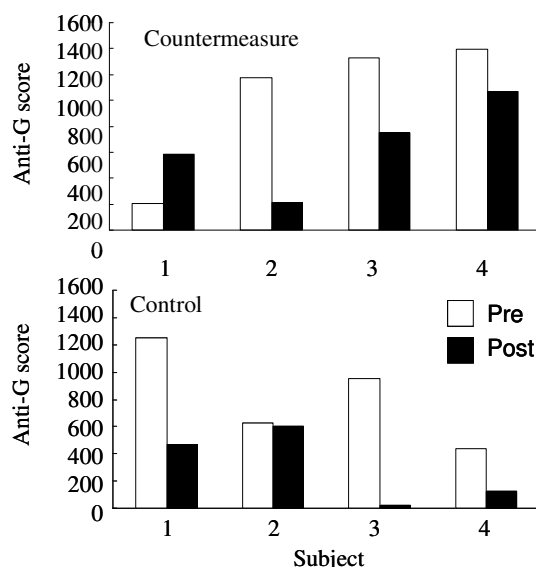


Fig.2 Change in Anti-G score.