

疑似低重力環境下における心機能および交感神経活動の変化

荒川友希（岐阜大・院/愛知医大），岩瀬敏（愛知医大），丸目恭平（延岡病院/愛知医大），
佐藤麻紀（愛知医大），西村直樹（福祉大）

Impact of Simulated Moon and Mars Gravity with Head-up Tilt on Cardiac Function and Autonomic activity

Yuki Arakawa*, Satoshi Iwase, kyohei Marume, Maki Sato, Naoki Nishimura

*Gifu Univ., 1-1 Yanagido, Gifu 501-1194

E-Mail: yuki_t0501@yahoo.co.jp

Abstract:

In the near future, exploration of the moon and Mars will require astronauts to remain healthy in different gravity environments for longer than previously achieved. It is important to know what the effect of partial gravity is on the human body. We performed the study to evaluate cardiac and autonomic nervous system function in the gravity of the moon and Mars simulated using head-up tilt. The results of our study suggest the gravity of the moon and Mars should affect the activation of the sympathetic nervous function.

Key words: Moon and mars gravity, Cardiac function, Autonomic nervous system function.

1. はじめに

近年，月面基地，火星進出計画が盛んに取りざたされている．月や火星の探査では，低重力環境下において過去に達成されたよりも長く，かつ十分に行動できなければならない．しかし，これらの低重力環境がヒトの健康に及ぼす影響についてはまだ不明な点が多い．今回我々は，月や火星における低重力環境がヒトの循環動態や交感神経活動に及ぼす影響を調べるため，ヘッドアップチルト(HUT)を用いた模擬低重力環境下での実験を行った．

2. 方法

6名の健康成人ボランティアを対象とし，実験を行った．チルト台を使用し，被験者を仰臥位とした後， 0° ， 10° ， 20° ， 60° の順にHUTを行い，それぞれの体位で20分間の安静の後，次項に示す項目を測定した．HUT 10° を月重力(1/6G)，HUT 20° を火星重力(3/8G)，HUT 60° を1Gと定義した．

3. 評価項目

①血圧，脈拍

自動血圧計を用い，左上腕で血圧，脈拍を測定した．

②径胸壁二次元心エコー

径胸壁二次元心エコーを用い，心機能を計測した．

HUTに伴い二次元描出は困難で十分なデータが得られないと判断し，連続波ドプラーを用いた評価とした．左室流出路連続波ドプラーを1回心拍出量

(Stroke volume; SV)の，僧房弁流入ドプラーを左室拡張能/容積の指標とした．

③心拍変動解析(HRV)

自律神経による心拍(RR間隔)の揺らぎを周波数毎に0.04Hz-0.15HzのLow frequency(LF)成分と0.15Hz以上のHigh frequency(HF)成分に分類する．LF成分は交感神経，HF成分は交感神経および副交感神経によって規定される．HFは通常呼吸周波数と等しく，LF/HF比を以て交感神経，副交感神経のバランスを評価する．

④筋交感神経活動(MSNA)

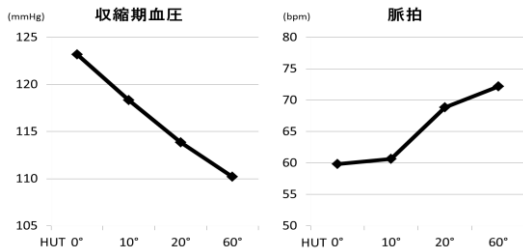
筋交感神経活動は末梢血管抵抗の調節を担う．末梢神経筋線維束へ直径150~200 μ mのタングステン微小電極を直接刺入し，Microneurography(微小神経電図法)を用いて計測する．本実験では膝窩部の脛骨神経から筋交感神経活動を記録した．

4. 結果

被験者は6名全てが男性で，年齢 27 ± 9 歳(平均 \pm 標準誤差)であった．身長 168 ± 6 cm，体重 69 ± 12 kgで，Body mass indexは 24.6 ± 5.6 kg/m²であった．実験開始前の血圧は $114 \pm 19/77 \pm 9$ mmHg，脈拍は 62 ± 13 bpmで，左室駆出率(EF)は $58 \pm 0.5\%$ であった．いずれの被験者も喫煙歴はなく，糖尿病，脂質異常症，高血圧症，心疾患等の既往のあるものはなかった．投薬歴もなく，全ての被験者において実験中の失神等なく，安全に実験を完遂した．

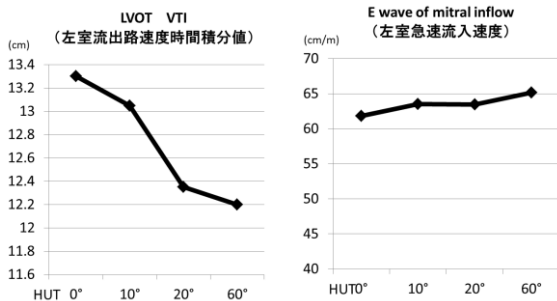
① 血圧, 脈拍

収縮期血圧の平均値±標準誤差は HUT 0° で 123 ± 4.5mmHg に対し, HUT10° で 118 ± 8.7mmHg, HUT20° で 113 ± 6.2mmHg, HUT60° で 110 ± 6.0mmHg と頭部挙上に伴い低下傾向を認めた. 一方, 拡張期血圧は同順で 77 ± 3.5mmHg, 75.1 ± 9.0mmHg, 72 ± 6.8mmHg, 83.2 ± 2.5mmHg であった. 脈拍は同順で 60 ± 6.3bpm, 61 ± 6.9bpm, 69 ± 9.8bpm, 72 ± 10.0bpm と頭部挙上に伴う増加傾向を認めた.



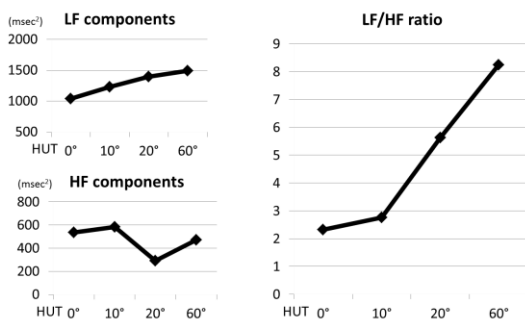
② 心エコー所見

HUT 0°, 10°, 20°, 60° と頭部挙上を進めるに従い, 左室流出路時間速度積分値(LVOT VTI)は平均 13.3 ± 1.0cm, 13.1 ± 1.4cm, 12.4 ± 0.2cm, 12.2 ± 0.1cm と減少した. 左室急速流入速度(E)は 61.8 ± 9.5, 63.5 ± 15.8, 63.5 ± 9.9, 65.1 ± 1.7cm/m と変化し, 心房収縮期流入速度(A)との比で左室拡張能の指標となる E/A は 1.6, 2.0, 1.9, 2.0 と変化した.



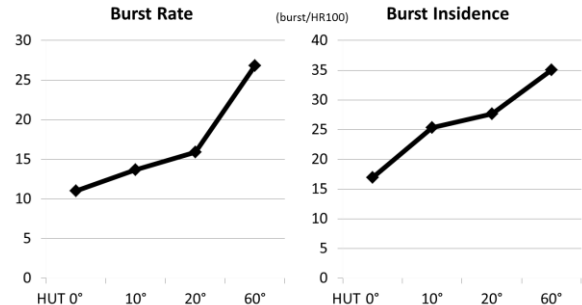
③ HRV

同様に頭部挙上に従い LF は 1042msec², 1231 msec², 1394 msec², 1495 msec² と変化し, HF は 536 msec², 584 msec², 291 msec², 472 msec² であった. LF/HF 比は 2.33, 2.75, 5.63, 8.25 と, 頭部挙上に従い増加傾向を認めた.



④ MSNA

1 分間当たりの burst 回数を表す burst rate は 11.0, 13.7, 15.9, 26.8 と頭部挙上に伴い増加した. また, 100 心拍当たりの burst 回数である burst incidence も同様に, 16.9, 25.3, 27.7, 35.0 と増加した.



5. 考察

頭部挙上による模擬低重力環境下の実験により, 重力負荷は以下の傾向をもたらした.

- ・収縮期血圧の低下, 脈拍数の増加
- ・Stroke volume の低下
- ・交感神経活動の亢進

以上より, 低重力環境下においては循環動態のみならず, それに伴う交感神経活動の低下を主とした自律神経活動の変化も起こることが推測される.

地球へ帰還後の宇宙飛行士は, 効率に起立性低血圧を来すとされている. この重力耐用能の低下には, 骨格筋筋力の低下や心拍出量, 循環血漿量の減少のみならず, 交感神経活動の低下が少なからず寄与しているものと考えられる.

6. 結語

低重力環境下では循環動態の変化や交感神経活動の低下が引き起こされると考えられた. より安全な宇宙環境開発のため, 今後も低重力環境がヒトの健康に及ぼす影響に関し, さらなる研究が求められる. 今後はさらに検討数を増やし, 低重力環境下での循環動態と交感神経活動の変化について, より詳細な評価を行いたい

参考文献

- 1) Widjaja D. et al. Cardiovascular autonomic adaptation in lunar and martian gravity during parabolic flight. *Eur J Appl Physiol.* 2015 Jun;115(6):1205-18.
- 2) Iwase S., Hayano J., Orimo S.(eds.) *Clinical Assessment of Autonomic Nerve System*, Springer 2017
- 3) Nagishi K. et al. Effect of gravitational gradients on cardiac filling and performance. *J Am Soc Echocardiogr* 2017;30:1180-8