

# 人工重力負荷における重力耐性と心拍数の関係

吉田 豊<sup>1</sup>, 岩瀬敏<sup>2</sup>, 高田宗樹<sup>3</sup>, 西村直記<sup>2</sup>, 佐藤麻紀<sup>2</sup>, 横山 清子<sup>1</sup>

## Relationship between Gravity Tolerance and Heart Rate under the Artificial Gravity Load

Yutaka Yoshida<sup>1</sup>, Satoshi Iwase<sup>2</sup>, Hiroki Takada<sup>3</sup>, Naoki Nishimura<sup>2</sup>, Maki Sato<sup>2</sup>, Kiyoko Yokoyama<sup>1</sup>  
Nagoya City Univ.<sup>1</sup>, Aichi Med.Univ.<sup>2</sup>, Fukui Univ.<sup>3</sup>

**Abstract:** When returning earth, the space deconditioning may be developed. As this countermeasure, the artificial gravity load device(1.0~2.0G) using the centrifuge is proposed in the space station. But the gravity load might cause the faint, and safe gravity load is uncertainty. We proposed discriminate strength of gravity tolerance by using Heart Rate (HR). Index of gravity tolerance was calculated from Natural logarithm approximation of HR change while adding 1.0G gravity load. The accuracy of discrimination was 87.5% .

**Keywords :** artificial gravity, heart rate, gravity tolerance

### 1. はじめに

人工重力負荷装置は、地球帰還時に発症するに心循環系デコンディショニングの対抗措置となるが<sup>(1)</sup>, 過重力による失神を引き起こす危険性もある。予め自身の重力耐性を知ることができれば、失神回避にも繋がる。

本研究では、重力負荷開始時の心拍数の増加から、重力耐性の有無を判別することを目的として、重力負荷開始時の心拍数増加と重力耐性の関連について調べた。

### 2. 実験方法

#### 〈2.1〉被験者

研究対象は48例（健常男性22名，21±2歳）で，すべての被験者に本研究の主旨および目的に関する説明を行い，了承を得た。

#### 〈2.2〉実験プロトコル

実験プロトコルは，仰臥位で10分間の安静の後，人工重力負荷装置を用いて10分間1.0Gの重力負荷を与えてから，5分おきに重力負荷を0.2Gずつ増加させて，2.0Gで終了した。重力負荷は心臓位置(負荷装置中心から約70cm)で1.0~2.0Gに設定した。

#### 〈2.3〉実験中断基準

実験の中断は，下記に示す中断条件に基づいた。

- ①収縮期血圧が緩やかに減少し，80mmHg以下になった時
- ②15mmHg以上の急激な血圧低下した時
- ③前失神症状が見られた時
- ④被験者の申告

上記の事象が一つでも見られた場合，被験者自身がブレーキをかけるか，回転を止めて実験を中止した。

### 3. 解析方法

#### 〈3.1〉重力耐性の指標

まず，心拍変動時系列をスプライン関数を用いて1秒で補間した後に，重力負荷開始30秒前~1.0G終了までの心拍変動時系列を(1)式で示す自然対数関数で近似した。重力耐性と負荷開始時の心拍の反応性に関連があると仮定して，(1)式の変化の割合Aを重力耐性の指標とした。変化の割合が大きいと心拍数の増加量が大きくなることを示す。

$$HR(t)=A\log_e(t)+B \quad \cdots (1)$$

#### 〈3.2〉Gスコア

重力耐性の実測値としてGスコアを用いた。Gスコアは重力(G)と時間(s)で与えられる。例えば，1.4Gの3分で実験を中止した場合，Gスコアは(2)式のようになる。

$$\begin{aligned} \text{Gscore} &= (1.0\text{G} \times 600\text{s}) + (1.2\text{G} \times 300\text{s}) \\ &\quad + (1.4\text{G} \times 180\text{s}) = 1212(\text{G} \cdot \text{s}) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

#### 4. 結果・考察

図1は重力負荷開始30秒前から1.0G終了までの心拍変動を自然対数関数で近似したものである。図2は重力耐性1.0～1.8Gの例における近似曲線の傾きとGスコアとの散布図である。相関係数は $-0.68$ となり、有意な負の相関が得られた( $p<0.01$ )。なお、実験を完遂した6例はGスコアが同一となり相関係数が計算できないため除いた。心拍変動の近似曲線の傾きとGスコアに強い負の相関が得られたため、重力負荷開始時の心拍数の増加量を用いることによって、重力耐性の有無を判別できると考えられる。

図3は重力耐性の強い群を1.4～2.0G、弱い群を1.0～1.2Gとして、心拍数の増加量に関してt検定を行った結果、弱い群の方が有意に高くなった( $p<0.01$ )。

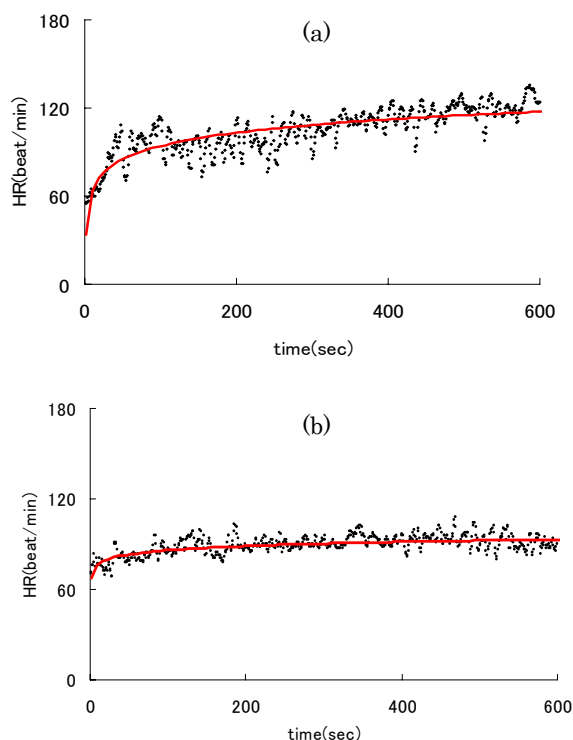


Fig.1 HR of during experiment(1.0G).

- (a) gravity tolerance:1.4G, G-score:1114( $\text{G} \cdot \text{s}$ )  
 (b) gravity tolerance:2.0G, G-score:2980( $\text{G} \cdot \text{s}$ )

重力耐性の有無を判別する際の閾値として、強い群の平均値に、強い群の標準偏差を加えた値とした。この閾値で、48例中42例が正しく判別された。従って判別精度は $(42/48) \times 100 = 87.5(\%)$ と高精度が得られた。

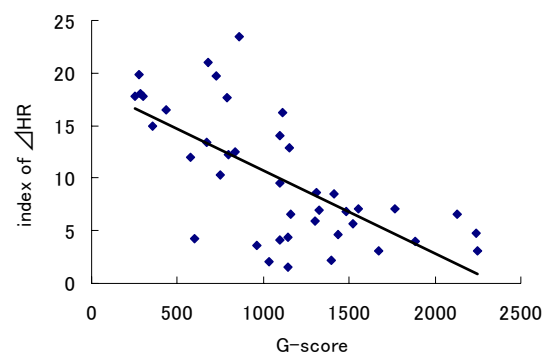


Fig.2 Correlation of index of HR and G-score.  
 $r = -0.68$  ( $p<0.01$ ),  $n=42$

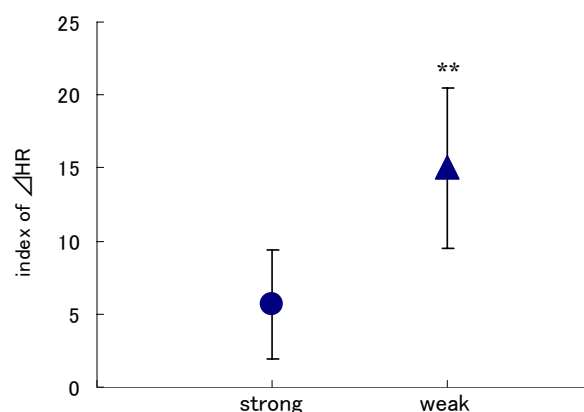


Fig.3 Index of HR of strong group and weak group.  
 $**p<0.01$

#### 5. まとめ

今回の心拍変動解析から、下肢への体液シフトしたときの心拍数の増加と重力耐性に強い負の相関関係があることが確認された。人工重力実験は失神を伴う危険性があるため、予め重力耐性を知っておくことが必要不可欠である。今回、著者らは重力負荷開始早期に重力耐性の判別を試みたが、理想としては重力負荷開始前に重力耐性を判別することが望ましい。

そのため、実験前の血漿量から、重力耐性を判別することを考えている。

#### 参考文献

- (1) A.Kamiya, S.Iwase, H.Kitazawa, T.Mano, OL.Vinogradova, IB. Kharchenko : "Baroreflex control of muscle sympathetic nerve activity after 120 days of 6 degrees head-down bed rest" *American journal of physiology, Regulatory, integrative and comparative physiology*, Vol.278, No.2, pp.445- 452, 2000