

第7回 航空機による学生無重力実験コンテスト(速報)

実験テーマ: 重力変化が血流量と自律神経活動に及ぼす影響

実験チーム: 京都大学/放送大学合同チーム

永友文子、池田展世、尾方弘樹、神崎素樹(支援教員)

1. 目的

重力変化は、体液シフトや神経活動の増減を引き起こすと考えられる。本研究では、航空機を使用したパラボリックフライトによって、加重力や微小重力の重力変化時に「血流量」および「自律神経活動」がどのように変化するのかを検討した。

2. 実験方法・実験装置

[実験方法]

被験者には健康な学生2名を用いた。パラボリックフライトの前日とパラボリックフライト中における「上下肢の血流量」および「自律神経活動」を解析した。

1) 血流量の測定

血流量測定装置とデータを保存するためのコンピュータを航空機に搭載して、座位・安静時における左手の肘の直下部と甲の中心部、左足の膝の直下部と甲の中心部を走行する静脈の血流量(4か所)を測定した。血流量の測定は、1G時点から開始して、1.8G、 μ G、1.5G、そして1Gに戻るまでの重力変化時に継続して行った。血流量を測定する部位にはあらかじめ電極を固定する「円形ゴム」を取り付けておき、1パラボリックフライトごとに肘の直下部、手の甲の中心部、膝の直下部、足の甲の中心部の順に測定部位を移動した。

2) 自律神経活動の測定

心拍計(本体と送信機)を使用して心拍を記録した。胸部に取り付けた送信機により心拍を記録して、無線によってデータを右腕に取り付けた本体に送信して保存した。心拍変動(R-R間隔)から低周波数成分(0.03~0.15Hz:交感神経機能・副交感神経機能両者を反映する)と高周波数成分(0.15~0.4Hz:副交感神経機能を反映する)、低周波/高周波成分(交感神経機能を反映する)を分析して、自律神経活動の変化を解析した。

[実験装置]

1) 血流量測定装置(1台)/血流量データ解析ソフト

ニューロサイエンス FLO-N1/Log Worx

2) 血流量測定装置のデータ保存用コンピュータ(1台)

パナソニック CF-W8UWJAAS

3) 心拍計(本体および送信機:自律神経活動測定用)(1台)

3. 実験結果

1) 血流量

1Gから1.8Gへの移行時には、上肢および下肢ともに血流量の変化は認められなかった。一方、1.8Gから μ Gへの移行直後には、上肢および下肢ともに血流量の増大が認められた。なお、 μ Gへの移行直後に認められた血流量の増大は、下肢よりも上肢で顕著であった。さらに、上肢で認められた血流量の増大は、 μ G中（約20秒間）は継続して、その後はゆっくり下降したが、下肢で認められた血流量の増大は、 μ G中に急速に減少して、1G時に認められた血流量より減少した。 μ Gから1.5Gへの移行時と、その後の1Gへの回復時には、上肢および下肢ともに血流量の変化は認められなかった。パラボリックフライト中に認められた上記の血流量の変化については、2名の被験者で同様であった。

2) 自律神経機能

現在、分析を進めている。

4. 考察

本研究では、重力変化に伴う上肢と下肢の血流量の変化を比較した。その結果、パラボリックフライト開始時の加重力時には、上肢と下肢ともに血流量の変化は認められなかったが、加重力から微小重力への移行直後に血流量の増大が認められた。これについては、微小重力への反応による「心臓からの血液の流出量（拍動量）の増大」と「血管拡張による血流量の増大」が考えられるが、微小重力への移動直後に瞬時に血流量が増大したことから、「血管の拡張」により血流量が増大したと推察される。このような微小重力への曝露に伴う「血管の拡張」については、血管の収縮や拡張に影響を与える自律神経の関与が考えられるが、これについてはさらに検討が必要である。

微小重力への移行直後に認められた血流量の増大は、下肢よりも上肢で顕著であった。さらに、微小重力への曝露中（約20秒間）には、上肢の血流量は緩やかに減少したが、下肢の血流量は急速に減少して1Gでの血流量を下回った。このような変化が微小重力の環境下で慢性的に生じるならば、微小重力への曝露中は下肢の血流量は1G下での血流量より少なくなり、その結果、下肢への酸素や栄養分の供給が減少すると考えられる。

しかし、本研究では、パラボリックフライトによる加重力から微小重力、さらに微小重力から加重力への短い時間での重力変化に伴う血流量の変化を検討しており、急性的な反応（反射）により得られた結果である。したがって、本研究で得られた結果は、慢性的な加重力や微小重力への曝露時とは異なる変化を示していると考えられる。これについては、微小重力の環境をシミュレーションできるヘッドダウン（頭部を水平状態から9度低くして寝ること）などの方法によって、長時間にわたる血流量の変化を検討することで比較が可能であると考えられる。

心拍変動による自律神経活動の影響については、現在、分析を進めている。重力変化に伴う神経活動の変化を把握することができれば、加重力から微小重力への移行直後に認められた血流量の増大に自律神経の関与を結びつけることができる可能性がある。

5. まとめ

1. 8Gから μ Gへの重力変化の直後には、上肢および下肢ともに血流量が増大した。この時に認められた血流量の増大は、下肢よりも上肢で顕著であった。さらに、上肢で認められた血流量の増大は、 μ G中は継続して、その後ゆっくり下降したが、下肢で認められた血流量の増大は、 μ G中に急速に減少して、1G時に認められた血流量より減少した。

謝辞

宇宙航空研究開発機構、日本宇宙フォーラム、ダイヤモンドエアサービスの関係者の方々に深く感謝申し上げます。また、安全管理者として本実験にお立ち合い頂きました、宇宙航空研究開発機構 田中一成先生に心より感謝いたします。