

運動負荷時の体温ならびに循環調節に及ぼす ヘッドダウンティルトの影響

白石義光 河合康明
鳥取大学医学部第二生理

はじめに

宇宙開発の進展にともない、人間が微小重力環境にさらされる機会が生じてきた。宇宙の微小重力環境下では抗重力筋の廃用性萎縮が起こることから、対応策として筋力トレーニングが行われている。地上での微小重力環境のシュミレーション実験としては、ベッド上で水平より6°頭部を下げた姿勢に維持するヘッドダウンティルト(HDT)が一般的に用いられている¹⁾。そこで本研究では座位とHDT位で運動負荷を行い、発汗および循環動態に及ぼす体位変化の影響について検討した。

対象と方法

年齢21~52歳の男性11名の健常者を対象とした。実験に先立って被検者には実験に関する詳細な説明をし、インフォームドコンセントを得た。実験は全て気温24℃~26℃の室内において行った。局所発汗量連続測定装置(Kenz-Perspiro OSS-100, スズケン社)を用い、プローブを前額部に固定して発汗量を測定した。体温測定にはサーミスタープローブを外耳道に装着し、核心温とした。心拍数の測定のため心電図を記録した。これらのデータはサーマルアレイ・レコーダーに同時記録した。血圧測定は市販の自動血圧計を用い、右上腕部にて計測した。運動負荷は自転車エルゴメーターを用いて行った。HDT位は頭部が水平より6°下がるようにベッドを傾け、仰臥位とした。座位はサドルに腰掛け、ハンドルを握る姿勢とした。実験は各被検者ごとに座位とHDT位で数日間の間隔をおいて1回ずつ行なった。両体位とも10分間のコントロール期、つづいて40分間のエルゴメーターによる運動負荷、その後20分間の回復期に測定を行った。エルゴメーターの負荷強度は、座位

では80ワット(1.6kp, 50回転/分)、HDT位では60ワット(1.2kp, 50回転/分)とした。これらの運動強度は、それぞれの体位における酸素摂取量が最大酸素摂取量の約60%を示す強度である。

発汗量は発汗信号をパソコンに取り込み、専用ソフトを用い定量化した。運動負荷前の10分間のコントロール期の総水分量を基礎発汗量とし、運動中ならびに回復期の反応性発汗量は総水分量から基礎発汗量を差し引いた量とした。本文および図中の結果は平均値±標準誤差を示す。

結 果

1. 心拍数の経時的変化

図1に10分毎の心拍数の経時的変化を示す。運動負荷前のコントロール期の段階で、座位では、 74.8 ± 3.3 /分、HDT位では 65.6 ± 2.5 /分と差が見られた。運動負荷を開始すると、心拍数は両群とも急激に増加した。増加幅は、

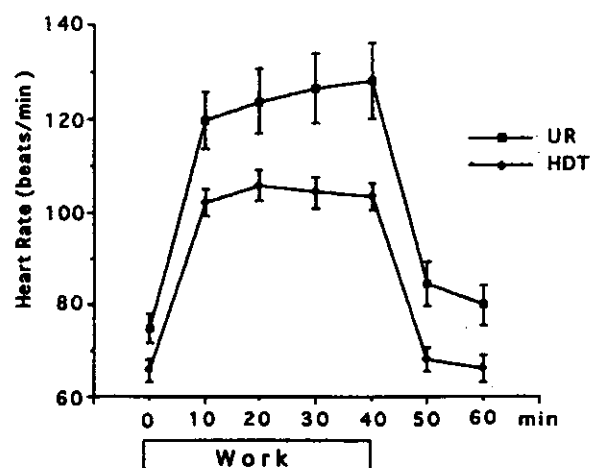


図1 座位(n=11)とHDT位(n=11)における運動負荷前後の心拍数の10分毎の経時的変化。平均値±標準誤差。

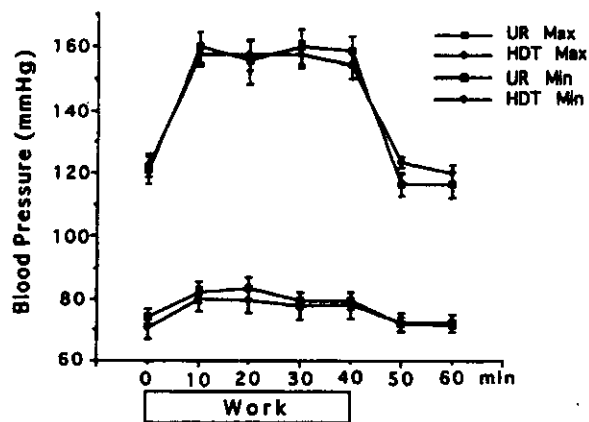


図2 座位(n=11)とHDT位(n=11)における運動負荷前後の最高血圧と最低血圧の10分毎の経時的変化。平均値±標準誤差。

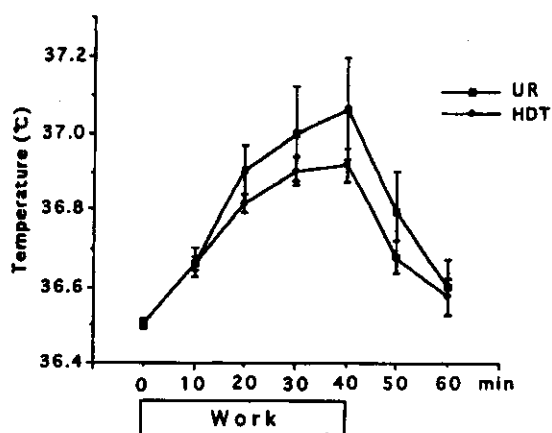


図3 座位(n=11)とHDT位(n=11)における運動負荷前後の鼓膜温の10分毎の経時的変化。平均値±標準誤差。

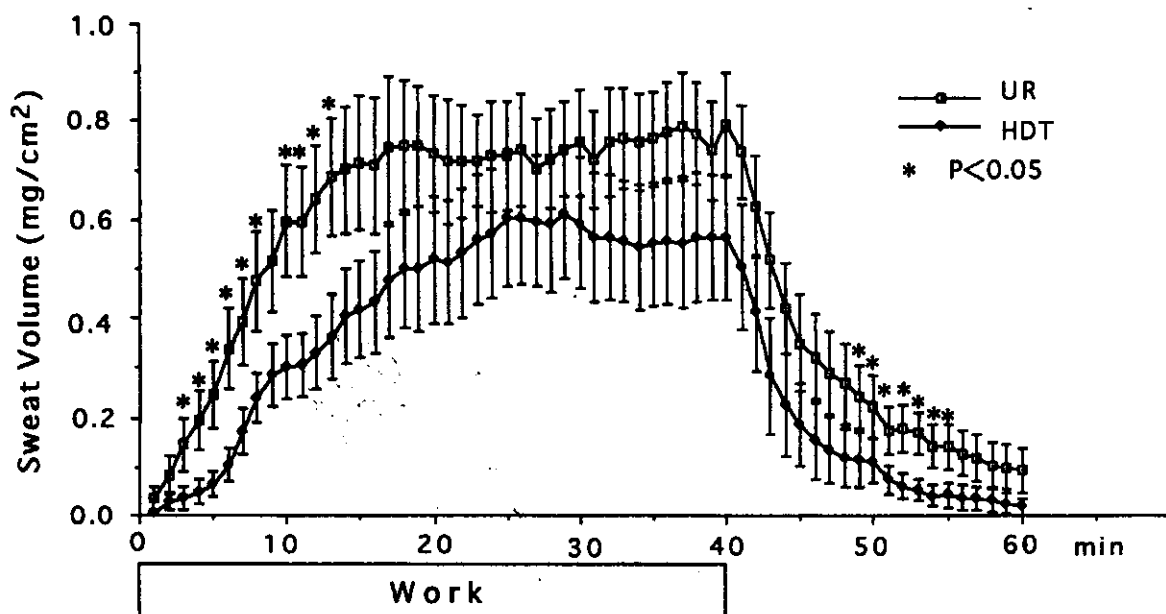


図4 座位(n=11)とHDT位(n=11)における運動負荷前後の発汗量の1分間毎の経時的変化。*は座位とHDT位での比較で有意差ありを示す(P<0.05)。

座位で 44.9 ± 5.4 /分、HDT位で 36.5 ± 2.7 /分であり、両者の間には有意差は認められなかった。

2. 血圧の経時的変化

最高血圧と最低血圧の10分毎の変化を図2に示す。図に示すように座位、HDT位ともほぼ同様な変化を示した。最高血圧は運動負荷により約40mmHgの上昇が見られたが、最低血圧は約10mmHgの上昇しか示さなかった。運動負荷を終了すると、いずれもコントロール値に回復した。

3. 体温の経時的変化

外耳道で測定した核心温の10分毎の変化を図3に示す。運動負荷を開始すると徐々に核心温は上昇し、運動負荷終了時点で最高値を示した。コントロール値に比べ、約0.4~0.5℃上昇していた。座位の方が高い値を示す傾向があったが、有意差は認められなかった。

4. 発汗量の経時的変化

発汗量の1分間毎の経時的変化を図4に示す。座位では、運動負荷開始後から発汗量は17分後までほぼ直線的に増加し、その後一定

になり運動負荷終了まで持続した。それに比べ、HDT位では増加速度が緩やかで、25分後まで増加し続けた。座位、HDT位とも運動負荷を終了すると発汗量は急激に減少し、ほぼコントロール値に回復した。1分毎の発汗量を座位とHDT位で比較すると3分後から13分後まで(9分後を除く)HDT位で発汗量が有意に少なかった($P<0.05$)。

各被検者毎に座位とHDT位で総発汗量を比較すると、HDT位の方が少ない例が7名、逆にHDT位の方が多い例が2名、差が見られない例が2名であった。また運動負荷開始から発汗が始まるまでの時間を11名の平均と標準誤差でみると、座位では 171 ± 40 秒、HDT位では 295 ± 52 秒であり、HDT位で発汗開始が遅くなる傾向がみられた。

考 察

微小重力環境下における運動が身体に及ぼす影響について、座位とHDT位で運動負荷を行い、発汗および循環動態に注目して検討した。自転車エルゴメーターでの運動負荷により生じる心拍数、血圧、体温の変化量には座位群とHDT位群で有意な差は認められなかったが、発汗量に関しては運動開始から13分後まではHDT位群では有意に発汗量が少なかった。姿勢による発汗への影響は、「皮膚圧-発汗反射」機構が働き、立位に比べHDT位で発汗量が減少するという報告がある^{2,3)}。しかし、多量発汗時、とくに体温の上昇中には「皮膚圧-発汗反射」は現れにくくなるという報告もあり⁴⁾、HDT位の時に運動による発汗量が減少する機序を「皮膚圧-発汗反射」単独で説明するのは困難と思われる。ヒトが微小重力環境に暴露されると、発汗を含め自律神経

機能のバランスが損なわれることが報告されている⁵⁾。またHDT位により体液の頭方への移動が生じたり⁶⁾、頭蓋内圧が高くなる⁷⁾ことが報告されている。これらの要因が、運動負荷に対する発汗反応に何らかの影響を与えた可能性が示唆される。

文 献

- 1) Kakurin, L.I., Lobachik, V.I., Mikhailov, V.M. and Senkevich, Y.A.: Antiorthostatic hypokinesia as a method of weightlessness simulation. *Aviat. Space Environ. Med.* 47, 1083-1086, 1976
- 2) Takagi, K. and Sakurai, T.: A sweat reflex due to pressure on the body surface. *Jpn. J. Physiol.* 1, 22-28, 1950
- 3) Ogawa, T., Sugeno, J., Ohnishi, N., Natsume, K. and Imai, K.: Sweating response to simulated weightlessness. *Proceed. of 3rd International Sympo. on Space Medicine in Nagoya*, 273-281, 1992
- 4) 宮側敏明, 小川徳雄, 朝山正巳: 皮膚圧迫による発汗抑制効果に対する高度温熱負荷の影響。日生氣誌 21, 21-28, 1984
- 5) Oman, C.M., Lichtenberg, B.K. and Money, K.E.: Space motion sickness monitoring experiment: Spacelab 1. In: *Motion and Space Sickness*. Edited by Crampton, G.H. Boca Raton, FL, CRC Press, pp. 217-246, 1990
- 6) Kaplansky, A.S. et al.: Antiorthostatic hypokinesia in monkeys: morphological examination. *Kosmo. Biol. Aviakosm. Med.*, 19, 53-60, 1985
- 7) Murthy, G., et al.: Increased intracranial pressure in humans during simulated microgravity. *Physiologist*, 35, Suppl., S184-S185, 1992