

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 10 月 23 日現在

機関番号：24701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16456

研究課題名(和文) 脊髄損傷者の高温環境における体温・循環調節に関する研究

研究課題名(英文) Body temperature and cardiac regulations during heat stress in individuals with spinal cord injury

研究代表者

河崎 敬 (Kawasaki, Takashi)

和歌山県立医科大学・医学部・講師

研究者番号：50453189

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、脊髄損傷者の温熱負荷時の心機能を評価し、健常者と比較検討することである。頸髄損傷者群、胸腰髄損傷者群と健常者群の三群を対象として、両下肢または全身を加温することで深部体温を上昇させ、安静時と体温上昇後に心機能などを評価した。今回の研究において、体温上昇時の心拡張能は、健常群、胸腰損群、頸損群のいずれも保たれていた。一方で、左房、左室収縮能は健常群では増加したが、頸損群では変化しなかった。また、胸腰損群では増加したが健常群よりは減弱していた。これらの結果から、心交感神経活動は温熱負荷時の心収縮能に寄与しているが、心拡張能には寄与していない可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to evaluate cardiac function during heat stress in individuals with spinal cord injury and compare to healthy subjects. Seven healthy able-bodied, seven paraplegics and seven tetraplegics participated in this study. Lower body was heated until esophageal temperature had increased by 1.0. Echocardiographic indexes of diastolic and systolic function were performed before and at the end of heat stress. Diastolic function was maintained in all groups. Indexes of left atrial and ventricular systolic function were enhanced in the able-bodied, but did not change in tetraplegics, while these changes in paraplegics were attenuated to the able-bodied. These data suggested that the cardiac sympathetic nervous activity contributed to achieve normal increases in cardiac systolic function during heat stress, but not required to maintain diastolic function.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：脊髄損傷 暑熱負荷 循環調節機能 体温調節機能

## 1. 研究開始当初の背景

### 1) 障がい者スポーツについて

障がい者アスリートには様々な障害があるが、中でもアスリートとして多くの選手が活躍しているのは、脊髄損傷者(以下、脊損者)である。脊損者は脊髄が障害されることで、損傷レベル以下の運動機能障害の他、自律神経障害による循環調節機能障害と体温調節機能障害があり、脊損者はいわゆる“うつ熱”によって高体温になりやすいことが知られている。パラリンピックをはじめ、多くの国際大会は夏季に行われることが多い。高温環境下に曝露されると、深部体温の上昇が促進され、熱中症を発症しやすくなる。また、熱中症に至らずとも、選手のパフォーマンスは大きく低下する。パラリンピックでメダルを獲得するためには、高温環境下でのパフォーマンス維持が重要である。しかし、運動を伴わない暑熱負荷についてさえ、脊損者の体温調節機能や循環調節機能が健常者に対してどの程度低下しているのかを比較検討した研究は少なく、危険性について検討しようにも基礎的なデータが明らかに不足している。

### 2) 高体温の循環機能への影響

健常者では、暑熱環境下に曝露されると、発汗や能動的な皮膚血管拡張を行う事により循環血漿量が低下し、末梢への volume shift が起こり、その結果、静脈還流量が低下する。静脈還流量低下による心拍出量の低下を維持・上昇させる為に、心機能調節が行われる。具体的には、心拍数の上昇と1回心拍出量の維持がおきる。全身温熱時の心機能調節については、先行研究が行われており、機序が明らかとなってきた(1)。

ヒトにおいて、全身への温熱負荷による深部体温の上昇は、静脈還流量の低下による肺動脈楔入圧の低下を起こし、一回心拍出量を減少させる。だが、一回心拍出量を維持する為、左房・左室の収縮性が上昇し、肺動脈楔入圧が減少しても、一回心拍出量は維持される(2)。健常者の温熱負荷による深部体温上昇が循環調節に作用する事は先行研究で明らかになっているが心機能の上昇が真に温熱負荷による深部体温上昇のみが作用しているのか、温熱負荷による皮膚の温度受容器への侵害刺激によって修飾されているのかは明らかになっていない。また、脊損者の温熱負荷時の心機能評価、循環調節機能を評価した研究はこれまでなく健常者との差異についても現状では全く不明である。

### 3) 脊損者の循環調節機能、体温調節機能における生理学的特徴

脊損者は損傷レベルにより生理学的特徴が異なる。頸髄およびT5より上の高位胸髄レベルの損傷では、心臓交感神経活動による心拍数上昇、1回拍出量増加などが起こらないため

心拍出量増加や血圧維持が困難となる。またT6以下の脊損者の場合でも、心拍数の増加が可能であっても血圧調節のもう一つの大事な調節機構である末梢血管の収縮が交感神経支配であるため、損傷レベル以下での血管収縮が障害され、血圧調節は完全とはいえない。体温調節については、脊損者は損傷部で感覚神経が障害されているため、損傷部位以下の四肢、体幹への温熱性の求心性入力はなく、発汗調節機能も損傷部位以下で障害されている。

## 2. 研究の目的

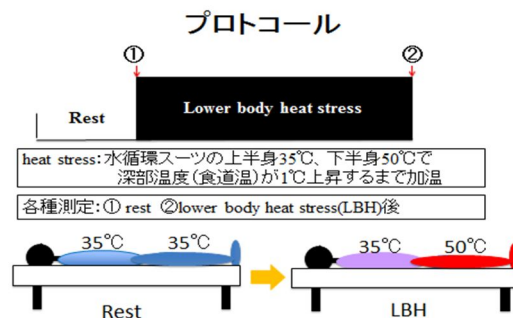
本研究の目的は、脊髄損傷者の暑熱負荷時における心機能評価を測定し、健常者と比較検討することである。頸髄および高位胸髄レベルの損傷を有する頸損群、下位胸髄および腰髄レベルの損傷を有する胸腰損群と年齢、身体特性の類似する健常群の三群で、深部体温上昇時の心機能を評価する。群間の比較により、脊損者の特異性と損傷部位による差異を検証し、健常者における循環調節機能の解明を行うことを目標とした。

## 3. 研究の方法

対象:

頸髄および高位胸髄レベル(～T5)の損傷を有する頸損者(頸損群、CSCI)、下位胸髄(T6～)から腰髄レベルに損傷を有する胸腰損者(胸腰損群、TSCI)と、年齢および身体特性の類似する健常者(健常群、AB)を対象とした。被験者は全て成人男性とした。

方法:



被験者は研究室に到着後、25 に設定した人工気候室内に入室し、口から食道に深部体温測定用のプローブを挿入、上半身と下半身に水循環スーツを装着する。深部体温が一定となったのちにまず上半身、下半身を共に35 の中性温水で灌流させ30分の安静臥床を行う。安静終了時に採血と各種測定を行う(測定)。測定後、熱負荷として上半身は35を維持し、下半身のスーツにのみ50の温水を還流させて、下肢加温を開始する。深部体温をモニターし、深部体温が1 上昇した時点で、再度採血と各種測定(測定)を行い、測定を終了する。

・暑熱負荷に関して

受動的に深部体温を上昇させるために水循

環スーツを用いる。伸縮性の高い服の内側にチューブを這わせ、チューブ内に温水または冷水を循環させることによって皮膚の温度を変化させる。今回の研究では、高体温時の循環調節測定が主たる目的であるために、温水を循環する。ただし、被験者の安全性を考慮して、負荷終了時または実験中断時にすぐに体温を低下させるために、冷水を循環させる準備をした。

#### 測定項目、方法

1. 心臓超音波検査：被験者の心臓形態を評価するとともに、収縮能(左室内径短縮率、駆出率、1回拍出量)および拡張能(左室流入血流速度波形、僧帽弁輪移動速度、左室容積)を評価する。具体的には、等容性拡張時間(IRT)と拡張早期左室流入血流速度(E)と拡張早期僧房弁輪速度(E')から左室拡張機能を、収縮期僧房弁輪加速度(IVA)と収縮期僧房弁輪速度(S')から左室収縮能、拡張後期左室流入血流速度(A)と拡張後期僧房弁輪速度(A')から左房収縮能を測定・評価する。
2. 心拍数：モニター心電図を用いて連続的に心拍数を測定する。
3. 平均動脈圧、血圧：水循環スーツは両手部が露出した形状のため、右中指に自動動脈圧計を装着し平均動脈圧を測定する。
4. 皮膚血流量：レーザードップラー法による簡易的な血流速度を測定し、相対的变化から局所の皮膚血流量反応を評価する。

#### 4. 研究成果

頸損群7名(36±9歳、57±9kg)、胸腰損群7名(39±8歳、66±12kg)、健常群7名(39±6歳、66±7kg)で年齢、身長は群間に有意差なかったが体重は頸損群で有意に少なかった。温熱負荷前の心拍出量は頸損群が有意に低値であったが、心拍数、1回拍出量、平均血圧には差がなかった。

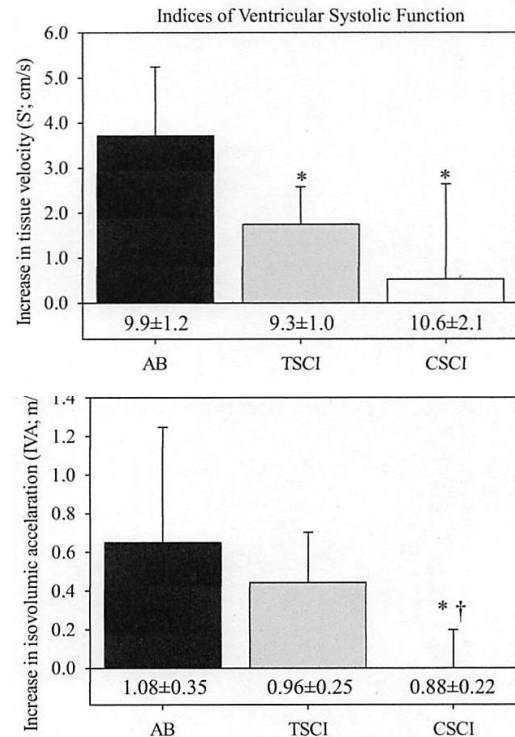
##### ・体温変化と心拍出量の結果

食道温を1°C上昇させた際に、皮膚表面温度は健常群、頸損群、胸腰損群ともに約3°C上昇し、胸部の皮膚血管抵抗は健常群と胸腰損群では上昇したが、頸損群は変化しなかった。温熱負荷により心拍出量は三群のいずれも有意に上昇したが(AB 2.3±1.0 L/min、TSCI 1.6±0.6 L/min、CSCI 1.3±0.4 L/min)、1回拍出量は変化しなかった。また、頸損群の心拍出量変化量は健常群よりも有意に低かったが、健常群と胸腰損群では差がなかった。心拍数の変化量はAB 31±8拍/分、TSCI 20±4拍/分、CSCI 12±5拍/分で有意に群間差が生じた。心臓超音波検査による循環血漿量の計算値では健常群で9.0±2.2%と最も変化し、胸腰損群、頸損群よりも有意に増加した。

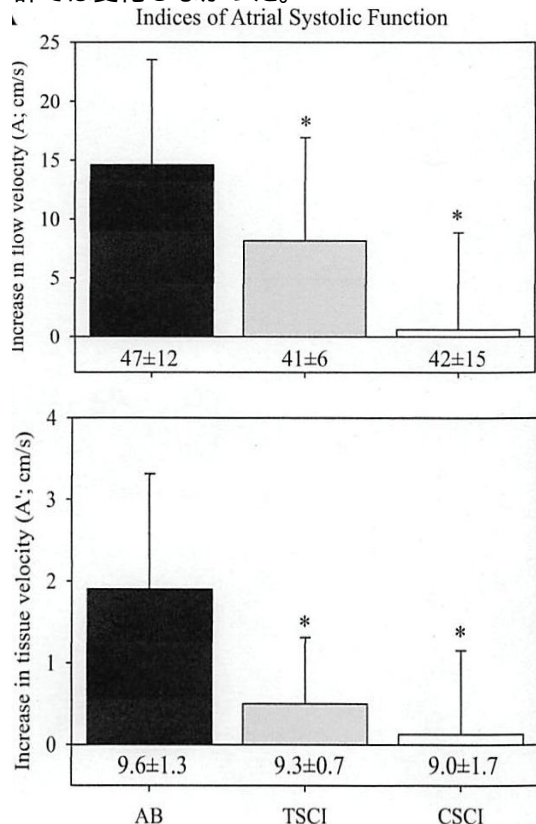
##### ・心臓超音波検査による評価の結果

温熱負荷前の心機能は三群間で差はなかった。左室収縮能の指標である、収縮期僧房弁輪加速度(IVA)と収縮期僧房弁輪速度(S')は下図に示すように、健常群、胸腰損群では増加し

たが頸損群ではほぼ変化しなかった。



また、左房収縮能の指標である拡張後期左室流入血流速度(A)と拡張後期僧房弁輪速度(A')は、下図に示すように健常群は共に増加し、胸腰損群はAのみ増加した。しかし頸損群では変化しなかった。



左室拡張機能については、拡張早期左室流入血流速度(E)と拡張早期僧房弁輪速度(E')は温熱負荷によって三群ともに変化しなかった。心機能評価をまとめると、温熱負荷により、

健常群は左房収縮能、左室収縮能、心拡張能が全て増加した。胸腰損群も同様であった。しかし、頸損群では左房収縮能、左室収縮能は変化せず、心拡張能は増加した。

今回の研究において、体温上昇時の心拡張能は、健常群、胸腰損群、頸損群のいずれも保たれていた。一方で、左房、左室収縮能は健常群では増加したが、頸損群では変化しなかった。また、胸腰損群では増加したが健常群よりは減弱していた。これらの結果から、心交感神経活動は温熱負荷時の心収縮能に寄与しているが、拡張能には寄与していない可能性が示唆された。

#### <引用文献>

- (1) Crandall CG and González-Alonso J, Cardiovascular function in the heat-stressed human. Acta Physiol (Oxf). 2010 Aug;199(4):407-23.
- (2) Brothers RM, Crandall CG et al, Cardiac systolic and diastolic function during whole body heat stress. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2009 Apr;296(4):H1150-6

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者は下線)

[雑誌論文](計 0件)

[学会発表](計 0件)

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

河崎 敬 (Kawasaki Takashi)

和歌山県立医科大学 医学部・講師

研究者番号： 50453189