



# 安静温熱負荷時および運動時における上腕部導管血管の血流応答特性

大上, 安奈

---

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

2008-03-25

(Date of Publication)

2012-12-05

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲4282

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1004282>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏 名 大上 安奈  
博士の専攻分野の名称 博士（学術）  
学 位 記 番 号 博い第 727 号  
学位授与の 要 件 学位規則第 5 条第 1 項該当  
学位授与の 日 付 平成 20 年 3 月 25 日

【 学位論文題目 】

安静温熱負荷時および運動時における上腕部導管血管の血流応答特性

審 査 委 員

主 査 教 授 近藤 徳彦  
教 授 柳田 泰義  
教 授 岡田 修一  
教 授 平川 和文  
准教授 武井 義明

## 論文内容の要旨

氏名 大上 安奈  
 専攻 コミュニケーション科学  
 指導教員氏名 近藤 徳彦 教授

## 論文題目

安静温熱負荷時および運動時における上腕部導管血管の血流応答特性

## 論文要旨

本研究では、深部体温上昇時における上腕部の導管動脈および導管静脈の血流応答特性を明らかにするために、安静温熱負荷および脚運動による深部体温上昇時において上腕動脈、尺側皮静脈（表在性静脈）および上腕静脈（深在性静脈）の血流速度と血管径を測定し、血流量を算出した。本研究で得られた主な結果は以下のとおりである。

1) 安静温熱負荷時および運動時とも上腕動脈および尺側皮静脈の血流量は深部体温上昇に伴い増大するが、同一深部体温時の血流量は安静温熱負荷時が運動時よりも有意に大きくなる。一方、いずれの条件も上腕静脈の血流量は大きく変化しない。2) いずれの条件も血流量の変化は血流速度のそれに依存するが、運動時における深部体温上昇初期の上腕動脈および尺側皮静脈血流量の運動強度間差は血管径のそれに関連する。3) 安静温熱負荷および運動時とも上腕動脈-尺側皮静脈の血流量の対応関係は直線  $y=x$  付近において直線関係を示すが、上腕動脈血流量の増大に対し上腕静脈血流量はほとんど変化しない。4) いずれの条件でも深部体温が大きく上昇するとき、上腕部における両静脈の血流量変化から前腕部の皮膚と手部の血流量および前腕部の筋血流量の変化をある程度推定できる可能性がある。

気温が上昇したり、運動を実施した場合でも、ヒトの深部体温は過度に上昇することなく、ほぼ一定の範囲内に保たれている。これはヒトには優れた熱放散反応（皮膚血流反応や発汗反応）が備わっているためである。皮膚血流量や発汗量は深部体温の上昇に依存して増大するが、これは生体内の様々な部位、例えば、内臓や非活動筋において血流量が低下する血流再分配が生じることで可能になる。さらに、安静状態で深部体温が上昇した場合と運動による場合では全身の血流再分配は異なり、これと関連して深部体温上昇に伴う皮膚血流量の変化は安静状態と運動時では違いがみられる。これまで、熱放散反応の指標としての皮膚血流量は非活動肢において測定されており、なかでも前腕部での検討がほとんどである。しかし、この前腕部に血液を供給し、そこから血液を還流している上腕部における導管血管の血流応答については不明な点が多く残されている。

上腕部の導管動脈は前腕部および手部に血液を供給し、導管静脈はそこから血液を還流している。さらに、導管静脈には表在性静脈と深在性静脈の2種類が存在しており、前者は主に前腕部の皮膚と手前から、後者は主に前腕部の筋から血液を還流している。前述のように条件により前腕部の皮膚血流応答が異なるということは、上腕部の導管血管の血流応答もその影響を受けると予想されるが、これら導管血管の血流応答は明らかにされていない。前腕部や手部にどのように血液が供給され、またそこからどのように血液が還流されるのか、さらにその還流経路はどのようになっているのかを明らかにすることは、前腕部における熱放散反応特性を解明するための有益な情報になると考えられる。そこで本研究では、深部体温上昇時の上腕部導管血管の血流応答特性を明らかにするために、

1. 深部体温上昇に伴う上腕部導管血管の血流量変化。
2. 深部体温上昇に伴う上腕部導管血管の血流量変化に対する血流速度と血管径の関連。
3. 深部体温上昇に伴う上腕部の導管動脈血流量と導管静脈血流量の対応関係。
4. 深部体温上昇に伴う上腕部の表在性静脈と深在性静脈の血流量変化の差異（前腕部の皮膚と手部の血流量および前腕部の筋血流量の推定の検討）。

に着目して検討した。

各章の内容は次のとおりである。

第1章では、本論文の研究意義を述べた。

第2章において文献研究を行い、現在までの導管血管の血流応答特性における不明な点

を明らかにし、以下の検討課題を設定した。

1. 安静温熱負荷時において、深部体温上昇に伴い上腕部の導管動脈および導管静脈の血流量はどのように変化し、この血流量変化は血流速度と血管径のどちらに依存するのか (第3章)。
2. 脚運動時において、深部体温上昇に伴い上腕部の導管動脈および導管静脈の血流量はどのように変化し、この血流量変化は血流速度と血管径のどちらに依存するのか。また、これらの血流応答 (血流量, 血流速度および血管径) に対し運動強度はどのような影響を及ぼすのか (第4章)。
3. 安静温熱負荷による深部体温上昇に伴う上腕部導管血管の血流応答と脚運動によるそれは異なるのか (第5章)。
4. 深部体温上昇時において、動脈血流量-静脈血流量の対応関係はどうなるのか。また、安静温熱負荷時と運動時でこの関係は異なるのか (第3~5章)。
5. 深部体温上昇時において、表在性静脈血流量の変化と深在性静脈血流量のそれどのように異なるのか。また、安静温熱負荷時における両静脈の血流量変化の差異と運動時におけるそれに違いはみられるのか。さらに、両静脈の血流量変化を比較することで前腕部の皮膚と手部の血流量および前腕部の筋血流量を分離して検討できるのか (第3~5章)。

これらをもとに2つの実験を計画し、以下のように第3章から第5章を構成した。

第3章では、安静温熱負荷時の上腕部導管血管の血流応答を明らかにするため、仰臥位姿勢の被験者 (健康な男女20名) に全身性の温熱負荷 (皮膚温を37~38℃に維持) を行い、上腕動脈 (導管動脈)、尺側皮静脈 (表在性静脈) および上腕静脈 (深在性静脈) の血流速度と血管径を測定し、両パラメータから血流量を算出した (実験I)。深部体温上昇に伴い導管動脈および表在性静脈の血流量は増大し、このとき、深部体温上昇に伴う両血管の血流速度の変化は血流量のそれと同様であったが、血管径はほとんど変化しなかった。一方、深在性静脈の血流応答 (血流量, 血流速度および血管径) は深部体温上昇に伴う大きな変化はみられなかった。また、安静温熱負荷時において導管動脈血流量の変化に対し、表在性静脈血流量は直線的に増大したが、深在性静脈血流量はほとんど変化しなかった。

第4章では、脚運動時の上腕部導管血管の血流応答を明らかにするため、仰臥位姿勢の被験者 (健康な男女14名) に最大酸素摂取量の40%強度 (低強度) および60~69%強度 (高強度) で自転車運動を実施させ、実験Iと同様の導管血管の血流パラメータを測定した (実

験II)。深部体温上昇初期において、導管動脈および表在性静脈の血流量はわずかに低下し運動強度間に差がみられたが、それ以降の深部体温上昇に伴い両血管の血流量は増大し、これは運動強度の影響を受けなかった。両血管における血流速度の変化は血流量のそれと類似していたが、運動強度間に差はみられなかった。また、導管動脈の血管径はいずれの強度とも深部体温上昇に伴い大きく変化しなかったが運動強度間に差がみられ、表在性静脈の血管径は高強度時において深部体温上昇初期に大きく低下し、低強度時よりも有意に小さい値を示した。一方、運動中、いずれの強度も深部体温の上昇に伴い深在性静脈の血流応答は大きく変化しなかった。また、運動時において導管動脈血流量の変化に対し、表在性静脈血流量は直線的に増大するが、深在性静脈血流量はほとんど変化せず、さらに、本研究で用いた運動強度ではこれらの関係に影響を及ぼさなかった。

第5章では、安静温熱負荷時の上腕部導管血管の血流応答と脚運動時のそれとの差異を明らかにするため、実験Iおよび実験IIで測定した上腕部導管血管の血流応答を比較した。導管動脈および表在性静脈において、安静温熱負荷時および脚運動時とも深部体温上昇に伴い血流量は増大したが、同一深部体温時の血流量は安静温熱負荷時が脚運動時よりも大きくなった。導管動脈では血流速度の変化における条件間差は血流量のそれとほぼ同様であったが、血管径の変化には血流速度ほど条件間の差がみられず、表在性静脈では血流速度と血管径の両者に条件間の差がみられた。一方、安静温熱負荷時でも脚運動時でも深部体温上昇に伴い深在性静脈の血流応答は大きく変化せず、条件間にも差はみられなかった。また、いずれの条件も導管動脈血流量の変化に対し表在性静脈血流量は直線的に増大するが、運動時の関係はほぼ直線  $y=x$  上に、安静温熱負荷時の関係はそれよりやや上方に位置した。一方、導管動脈血流量の増大に対し、いずれの条件も深在性静脈血流量はほとんど変化しなかった。

本研究の結果より、

1. 安静温熱負荷時において、深部体温上昇に伴い導管動脈および表在性静脈の血流量はほぼ直線的に増大するが、運動時において、これらの血管の血流量は深部体温上昇初期にわずかに低下し強度間に差がみられ、それ以降、深部体温上昇に伴い増大することが、一方、安静温熱負荷時および脚運動時とも深在性静脈の血流量は大きく変化しないことが示された。
2. 安静温熱負荷時において、導管動脈および表在性静脈の血流量変化は血流速度に依存するが、運動時において、深部体温上昇初期におけるこれらの血管の血流量の運

動強度間の差は血管径に、それ以降の血流量増大は血流速度に依存することが示された。

3. 安静温熱負荷時および脚運動時とも導管動脈の血流量増大に対し、表在性静脈血流量は直線  $y=x$  付近で増加するが、安静温熱負荷時の関係は脚運動時のそれよりやや上方に位置し、一方、深在性静脈血流量は大きく変化しないことが示された。
4. 安静温熱負荷時および脚運動時とも表在性静脈血流量は深部体温上昇に伴い増大するが、深在性静脈血流量は大きく変化せず、このことから深部体温が大きく上昇している場合、これら上腕部の導管静脈血流量の変化から前腕部の皮膚と手部の血流量および前腕部の筋血流量をある程度分離して推定できる可能性が示された。

論文審査の結果の要旨

氏名	大 上 安 奈		
論文題目	安静温熱負荷時および運動時における上腕部導管血管の血流応答特性		
判定	合格・不合格		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	近藤 徳彦
	副査	教授	柳田 泰義
	副査	教授	岡田 修一
	副査	教授	平川 和文
	副査	准教授	武井 義明
要 旨			
<p>本論文は、体温維持に欠かせないヒトの導管血管（太めの血管）の血流応答がどのような特性を有しているのかを、安静時に体温が変化する場合や運動時の場合について検討したもので、7章からなっている。</p> <p>第1章では、体温をある範囲内に維持するための体温調節機構の中で、皮膚血流調節がなぜ重要なのか、また、それに導管血管の血流応答がどのように関係しているのを示し、さらに、この研究がどのような面に応用できるのかを指摘しながら、ヒトの体温調節研究において本研究がどのような位置づけなのかを明確にしている。</p> <p>第2章では、これまでの文献をもとに、まず、導管血管の解剖学的知見から、本研究で測定する上腕部の動脈と静脈の位置関係を明確にし、これらの血管と前腕部や手部の血管との対応関係を示している。また、体温上昇に伴う導管血管の血流応答の不明な点を、1) 導管血管の血流量変化、2) 1) の変化と血流速度と血管径との関連、3) 導管動脈の血流量と静脈のそれの対応関係、4) 皮膚の浅いところに位置している（表在性）導管静脈の血流応答と深いところに位置している（深在性）それの差異（前腕部への筋と皮膚等の血流分離の可能性）、から検討し、本論文の目的を明確に述べている。</p>			

第3章では、安静時に体温が上昇した場合における上腕部の導管血管の血流応答を検討し、この血管の動脈と表在性静脈の血流量は体温上昇とともに同様な増加を示し、これらの変化は血管径より血流速度に大きく依存していることを明らかにした。一方、深在性静脈の血流量はほとんど変化しないことも指摘した。つまり、体温が上昇した場合、上腕部からの血液は前腕部の皮膚や手に分配されていることを示した。

第4章では、運動時において体温が上昇した場合における上腕部の導管血管の血流応答を運動の強さの違いも含めて検討した。その結果、動脈と表在性静脈の血流量は体温が上昇しはじめるとき運動強度に依存した小さな低下を示した後、体温上昇とともに大きく増加することを、また、血流量の増加には第3章と同様に血流速度が主に関係していることを明らかにした。一方、深在性静脈の血流量には大きな変化がみられないことも指摘した。

第5章では、第3章と第4章で明らかにした安静時に体温が上昇した場合と運動時における上腕部の導管血管の血流応答の違いを検討した。同じ体温で比較すると、安静時の動脈と表在性静脈の血流量は運動時のそれらより多いことを示し、この差には血流速度と血管径の両者が関係していることを指摘した。また、深在性静脈の変化には条件間で差がないことを明らかにした。

第6章では、第3章から第5章までの結果を総合的に検討し、安静時や運動時に関わらず、体温が上昇した場合における上腕部の導管血管の血流応答は、動脈と表在性静脈では同様な変化を示すが、深在性静脈のそれは体温の変化には影響されないこと指摘した。また、表在性静脈と深在性静脈との血流応答の違いから、前腕部の筋や皮膚（手も含める）の血流変化がある程度分離して評価できる可能性をみだしている。

本論文は、体温維持に欠かせない皮膚血流調節に大きく関係している導管血管の血流応答を多くの視点から検討したもので、これまで不明であったことを緻密な実験から明らかにしている。また、温度変化に対するヒトの生理学的適応能への新しい所見を提示した点は総合人間科学研究科に相応しい内容になっている。本論文の一部は、1) *European Journal of Applied Physiology* 101: 97-103, 2007, 2) *Environmental Ergonomics* 12: 255-258, 2007, 3) *European Journal of Applied Physiology*, accepted on February, 2008, の学術雑誌へ掲載あるいは掲載予定であり、このことから本論文が当該領域において高く評価され、その領域の学術研究の水準を十分に満たしていると判断できる。よって、審査員全員一致で、学位申請者 大上安奈は博士(学術)の学位を得る資格があると認める。