

準備運動時の脳循環応答について

東京慈恵会医科大学 池田道明
(共同研究者) 同 古幡博
同 鈴木直樹

Response of Cerebral Circulation During Warming Up Exercise

by

Michiaki Ikeda*

Hiroshi Furuhata**, Naoki Suzuki**

* *Dept. The 1st Physiol. The Jikei University School of Medicine*

** *Medical Engineering Laboratory,
The Jikei Univ. School of Medicine*

ABSTRACT

It was studied that the common carotid artery (CCA) blood flow in 3 healthy young males responded during and after the light-exercise by a bicycle ergometer, using of the quantative flow measurement system.

Main conclusions were as follows:

1. The mean CCA blood flow volume of all subjects was inclined to increase over the resting level in the exercise of work loads with 25 watt and 37.5 watt.
2. There was the significant relation ($r=0.949$, $p<0.001$) between mean blood velocity and mean blood flow volume in CCA.
3. The mean diameter of the CCA didn't much change in these three stages: before exercise, during exercise and after exercise.

要 旨

健康成人男子3名(平均年齢22歳)に自転車エ

ルゴメータを用い、準備運動と同等の運動負荷(1kp, 1.5kp, 50回転/分)で、脳循環入力端の総頸動脈血流量を超音波定量的血流量測定装置を

用いて検討し、次のような結果を得た。

1. 平均総頸動脈血流量は、全例において、運動時には安静時水準より増加傾向を示した。
2. 平均総頸動脈血流量は、運動開始直後に一過性の減少傾向が認められ、その減少率は負強度が重度のとき大きい。
3. 平均血流速度と平均血流量の間には相関係数 0.949 ($p < 0.001$) と有意な相関が認められた。
4. 平均血管径は安静時、運動時、回復期に大きな変動を示さなかった。

1. 緒 言

運動処方では、どのような運動に対しても十分なウォーミングアップは不可欠要因としている。

運動時には心拍出量、心拍数、動脈血圧は上昇する。このような循環動態に対し、脳循環がどのような応答を示すかは興味ある問題である。しかし、脳循環系の解析に適切な無侵襲的計測手段がないために、運動時の脳循環動態についての報告が少ない。この種の報告についても、ヒトの運動の影響として脳血流は増す²⁾ というもの、減少する⁴⁾ というもの、変らない^{1,6)} というものなど、統一的な見解は得られていない。

すでに、運動負荷前後の総頸動脈血流について著者らは報告³⁾ したが、運動負荷強度が大であるとき運動直後の血流量が増大する傾向があった。運動中の応答は検討し得なかったが、少なくとも運動直後が運動中を最も近似的に反映しているとしたら、運動負荷が大きくなると総頸動脈血流も増加するよううかがえた。

本研究は、脳循環系入力端の総頸動脈血流を無侵襲的に測定することにより脳循環動態を探るために、超音波定量的血流量測定装置を用いて、準備運動と類推できる軽運動時の総頸動脈血流を検討した。

2. 方 法

被験者は、心循環系に異常を認めない健康男子 3 名とした。平均年齢 22 歳である。

測定項目として総頸動脈血流、心拍数を同時記録した。平均総頸動脈血流量 (QCCA, ml/sec) は超音波定量的血流量測定装置 (Ultrasonic Quantative Flow Measurement System, QFM) によった。この QFM は、超音波パルスエコートラック法によって血流速度を測定し、血管径から血管断面積 ($\pi \cdot D^2/L$) を求め、血流速度との積から血流量を算出する装置である。出力は血流量、血流速度、血管径の各拍動波形とその最大、最小、平均値および心拍数で、これらの血流情報がプリントアウトされる。

運動負荷は、Monark 社製の自転車エルゴメータによった。被験者は、上体を後方 40 度に傾けた座位とし、1kp, 1.5kp の負荷で各 50 rpm の強度について実験を行なった。また、コントロールとして、負荷強度を 0kp として毎分 50 回転でペダル踏み運動を行なった。血流の測定は、可能な限り 1 分間隔とした。被験者には 45 分の安静後、安静時 5 分の計測後、負荷時間 10 分、回復期 10 分間の計測をした。

3. 結果と考察

得られた心拍数変化を図 1 に示した。

運動中の心拍数変化率を被験者別に算出し、平均すると、25 watt 負荷では 45.3%、37.5 watt 負荷では 66.6% の増加であり、負荷強度による影響を示した。この心拍数から運動強度を推定するとき、体育科学センター⁷⁾ の提唱する年齢別の心拍数と運動強度の関係を検討すると、本実験の被験者の運動強度は 40% 以下に相当する。準備運動としては微弱すぎる負荷強度ではなく、被験者にとって適度な強度として考えられる。

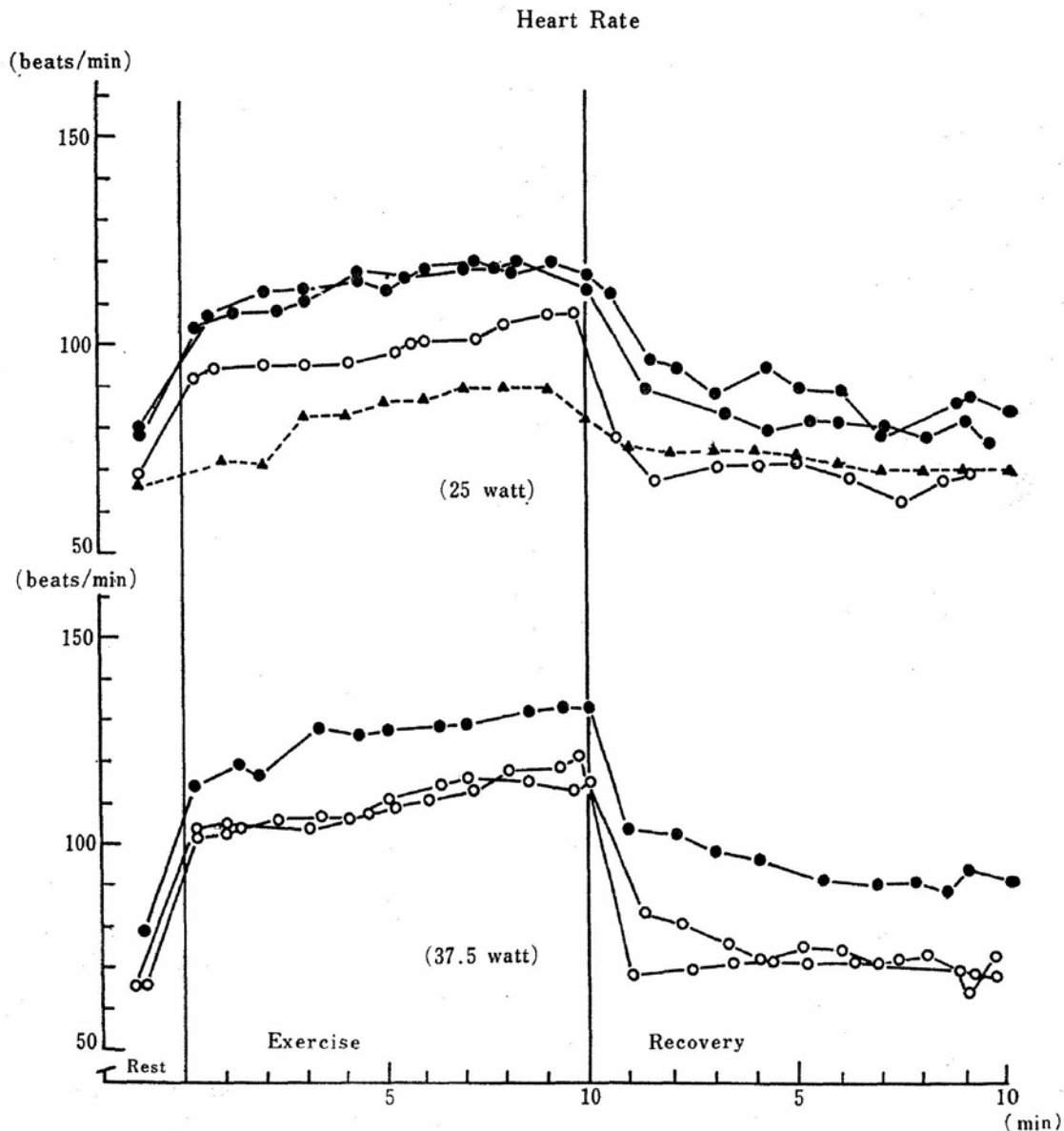


図1 Heart rate before and during 10 minutes of light-exercise by a bicycle ergometer and during 10 minutes of rest after exercise

図2には総頸動脈血流量の動態の経時的变化と血管径、血流速の成績の代表例を示した。

25 watt 負荷時には QCCA が増加傾向にあり、その変化率は 22% であった。35 watt 負荷時の QCCA では、運動初期の一過性の減少から運動開始 3 分以降には増加を示した。その増加は安静値の 41.2% の増加であった。この増加が運動休止期まで持続され、回復期初期に減少され、その後 fluctuation をしながら 10 分には安静水準に復帰した。同様の傾向が他の 2 例にも観察された。コントロールは、負荷のないペダリング動作時の

QCCA、平均血管径、平均血流速を图示したが、単なるペダリング動作は、心拍数においては安静時の 57 拍/分から運動中最高 89 拍/分まで上昇させる傾向はあるが、総頸動脈血流への影響は極めて少ないと考えられる。一方、負荷時には 25 watt より 37.5 watt 時に血流量の増大が示された。心拍数の上昇度合も同様に、37.5 watt 負荷時のほうが大であった。心拍数がこのレベルに保持されているとき、心拍出量の増大も推定される。血流量の増加傾向は、心拍出量の増大による影響として考えたい。

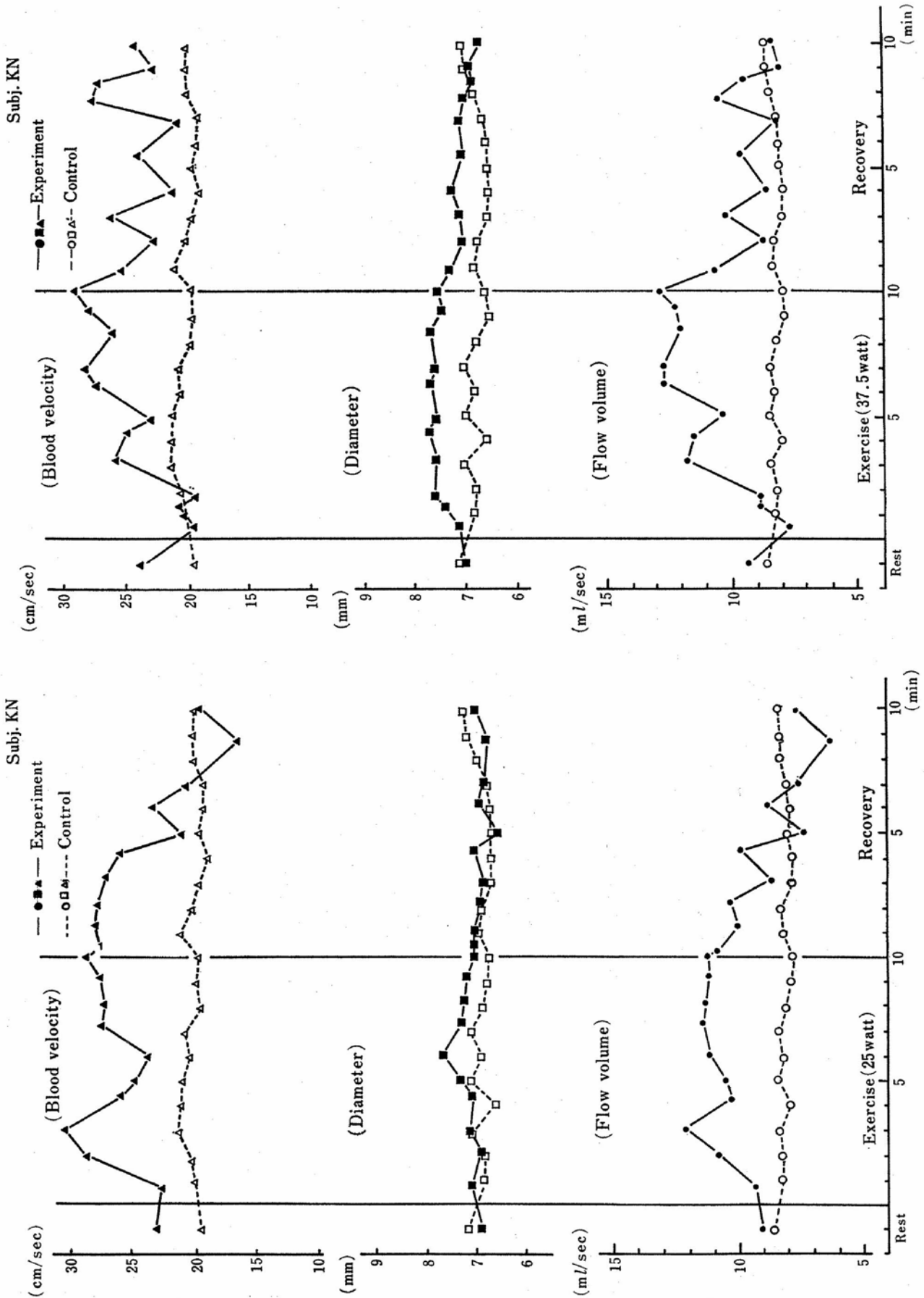


图 2 平均血速、平均直径和平均血流量在自行车轻功量计运动和运动后 10 分钟休息期间的变化

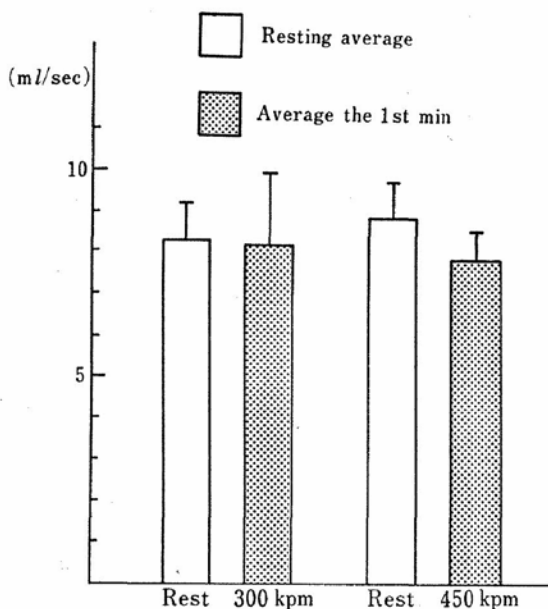


図3 Comparison of the mean CCA blood flow volume between in the rest and the initial first minute during exercise

図3は、運動初期45秒から1分30秒までの間の数値を全例の平均で示した。安静値との比較をするために両者を図示した。25 watt (300 kpm) 負荷時には運動初期に1.8%の減少傾向があり、37.5 watt (450 kpm) では減少の割合が13.3%とさらに大きくなった。図2に示した被験者K.N.の場合にも、25 watt 負荷では運動初期の減少傾向はなく、37.5 watt 負荷時に運動初期の一過性の減少傾向は明らかである。これは、運動時の心拍出量増加に対し、総頸動脈血流を制御し、脳循環血流の負担量を制御する自動調節機構の存在が推定される。

この運動初期のQCCAの一過性の減少は、急激な心拍出量の増大に対する自動調節機構の過制御による結果と考えられる。

この自動調節機構の因子として baroreceptor, chemoreceptor, hypothalamic difference area などの信号などが考慮されるが、図2の成績における平均血管径に大きな変動がないことから、現在、これらの因子の関与によるかは明らかにすることは出来ない。

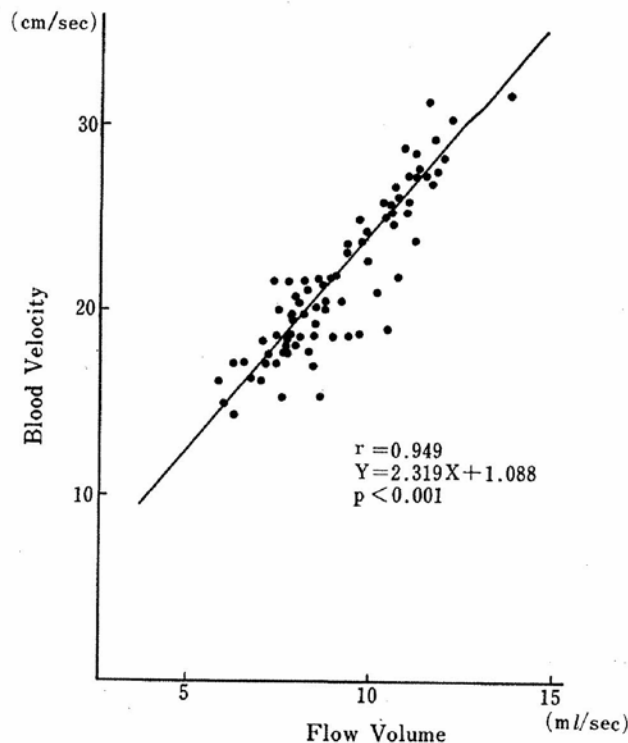


図4 Relationship between mean blood velocity and mean blood flow volume in CCA before, during and after 10 minutes of exercise by a bicycle ergometer in the subject K.N. (21 y., male)

図4は、図2の被験者と同被験者の平均血流速と平均血流量の関係を示したものである。

このデータは、被験者K.N.運動負荷前、運動中、回復期の全成績をプロットした。両者の間には相関係数0.949、 $p < 0.001$ 水準で有意性があり、高相関であった。つまり、平均血流量は平均血流速に依存されている。運動負荷による心周期の短縮が平均血流速に変化を与える影響として考えられる。CCAの血管径の変動が少ないことから、平均血流速への依存度が高くなることが推定される。

Samnegårdら⁵⁾は、自転車エルゴメータによる本研究の運動強度より低い負荷を平均年齢60歳の被験者たちに与えて、内頸動脈に電磁流量計を手術により装着し、平均内頸動脈血流を測定した。その結果は、運動中安静時より約10%程度上昇し運動中止後に血流量は安静時水準に減少した

とのことである。本研究の CCA の成績と対応させると、運動時に程度の差があった。手術後の運動、負荷強度の相違、計測部位の違い、年齢の相違と問題点があるとしても、運動中の上昇傾向は同傾向の応答であった。

これらの結果から微弱な負荷による軽運動（準備運動）のとき、脳循環量は増加すると考えられるが、心拍出量の増加量と正相関には増加しないと考えられる。

4. 結 語

健康成人男子 3 名を対象に QFM を用いて自転車エルゴメータによる準備運動と相当する軽運動負荷時の総頸動脈血流について検討し、次のような結果を得た。

1. 平均総頸動脈血流量は、全例において、運動時には安静時水準より増加傾向を示した。

2. 平均総頸動脈血流量は、運動開始直後に一過性の減少傾向が認められ、その減少率は負荷強度が重度になる程大きい。

3. 平均血流速度と平均血流量の間には相関係数 0.949 ($p < 0.001$) と有意な相関が認められた。

4. 平均血管径は安静時、運動時、回復期に大きな変動を示さなかった。

文 献

- 1) Eldred G. Zobl, Fredrick N. Jalmers, Raymond C. Christessen, and Lesem J. Baer; Effect of exercise on the Cerebral circulation and metabolism, *J. Appl. Physiol.* **20** (6), 1289—1293 (1965)
- 2) Fritz Magaad and Arne Rytman; Regional cerebral blood flow and vertebral angiography at rest and in connection with arm work in patients with the “subclavian steal phenomenon”, *Scand. J. Thor. Cardiovasc. Surg.* **10**: 96—111, 6 (1974)
- 3) 池田道明, 古幡 博, 管野亮一; 無侵襲的定量的血流測定法による頸動脈の運動処方的研究. デサントスポーツ科定 **2**: 138—143 (1981)
- 4) Peritz Scheinberg, L. Ione Blakburn, Maurice Rich and Milton Saslan; Effects of rigorous physical exercise on cerebral circulation and metabolism, *Am. J. of Medicine*, 541—554 (1954)
- 5) Samnegård, H. and Carlens, P.; Effect of physical exercise on internal carotid artery blood flow after arterial reconstruction, *Scand. J. Thor. Cardiovasc. Surg.*, **9**: 220—228 (1975)
- 6) Sven Hedlund, Gustau Nylin and Olof Regnstrom; The Behaviour of the Cerebral Circulation during Muscular Exercise. *Acta. Physiol. Scand.*, **54**, 316—324 (1962)
- 7) 体育科学センター; 健康づくり運動カルテ, 講談社 (1976)