

原 著

運動時肝門脈血流量におよぼす門脈本幹断面積と 血流速度の影響

矢野博己¹⁾ 宮地元彦¹⁾ 矢野里佐²⁾

川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科¹⁾

岡山大学 医学部 公衆衛生学²⁾

(平成7年10月18日受理)

Effect of Cross-sectional Area and Venous Velocity on Portal Venous Flow during Exercise

Hiromi YANO¹⁾, Motohiko MIYACHI¹⁾ and Lisa YANO²⁾

*Department of Health and Sports Sciences
Kawasaki University of Medical Welfare¹⁾
288 Matsushima, Kurashiki, Okayama 701-01, Japan*

*Department of Public Health
Okayama University Medical School²⁾
2-5-1 Shikata-Chou, Okayama 700, Japan*

(Accepted Oct. 18, 1995)

Key words : portal vein, liver, oxygen uptake, ultrasonics, pulsed Doppler

Abstract

In the present study, we examined the effect of cross-sectional area and venous velocity on portal venous flow during exercise. Portal venous flow was reduced at 60% and 80% $\dot{V}O_2$ max intensities of exercise as compared with the resting level. A high simple correlation coefficient value between portal venous flow and the cross-sectional area was observed ($r=0.812$, $p<0.01$). A significant simple correlation coefficient value between portal venous flow and venous velocity was also observed ($r=0.375$, $p<0.05$). The partial correlation coefficient of portal venous flow and cross-sectional area was high during exercise (vs. cross-sectional area and vs. venous velocity, $r_{xy \cdot z}=0.809$ and $r_{xz \cdot y}=0.301$, respectively). The mechanisms of the effects of the cross-sectional area on portal venous flow were discussed.

要 約

本研究は、運動時の肝門脈血流量低下に対して、それを決定する因子である肝門脈本幹断面積および血流速度がおよぼす影響について検討した。肝門脈血流量は運動強度に依存して低下した。運動時の門脈血流量と血管断面積間の単相関係数は高かった($r=0.812, p<0.01$)。門脈血流量に対して血流速度も単相関係数には有意性が認められた ($r=0.375, p<0.05$)。門脈血流量に対する偏相関係数は、門脈本幹断面積が高かった (vs. cross-sectional area and vs. venous velocity, $r_{xy \cdot z}=0.809$ and $r_{xz \cdot y}=0.301$)。門脈本幹断面積変化が門脈血流量により強く寄与したメカニズムについて考察した。

緒 言

肝は、肝動脈と肝門脈の2つの血管系を介して血液の供給を受ける臓器である。その血流配分は総肝血流量の80%が門脈血流であるとされている。これまで我々は、ヒト及びラットを用いて、運動強度の増加に対する肝門脈血流量の低下を報告してきた^{1,2)}。一般的には、運動時における肝血流量の低下は活動筋への血流増加に伴う相対的内臓血流量の低下であるとされてきたが、機序に関しては十分に明らかでない。

肝門脈圧は7~14cmH₂Oと低く³⁾、静脈血管であるため、圧迫による変化を受けやすい⁴⁾。ヒトの場合、運動強度の増加に伴う換気の亢進は腹腔内圧を上昇させ⁵⁾、肝あるいは門脈を圧迫している可能性が考えられる。

そこで本研究は、運動強度の増加に対する肝門脈血流量変化に対して、それを決定する因子である門脈本幹断面積の変化がどの程度関係しているのかについて、血流速度との比較も含めて検討を行った。

方 法

被検者は健康な男子大学生5名であった (Table 1)。自転車エルゴメータを用いて測定した最大酸素摂取量を基準に、30%、60%、80% $\dot{V}O_2\max$ 強度を決定した。実験前夜は絶食とし、15分間以上の座位安静の後、肝門脈血流量を測定した。その後、各運動強度とも10分間の自転車エルゴメータ (Monark 社製) 運動を负荷した。ただし各運動強度における负荷テストは、1日以上の間をあけて実施した。

呼気ガス分析には、ダグラスバック法を用い

た。ガス量の定量には乾式ガスメーター (Shinagawa Seiki 社製) を使用し、ガス濃度分析にはマスペクトロメーター (Westron 社製) を使用した。運動強度の監視には、ECG テレメーター (日本光電社製) を用いて心拍数により随時行った。

また門脈本幹断面積と腹腔圧との関係を検討するため、同一被験者を用いて以下の実験を行った。すなわち、コルセットで腹囲を90%に制限し、腹部を圧迫後5分から10分にかけて門脈本幹断面積の変化を測定した。姿勢は自転車エルゴメータ上で安静座位とした。

門脈血流量の測定には、アロカ社製2次元超音波血流映像装置 (超音波ドップラー血流計 SSD-2000型) を使用し Ohnishi ら⁶⁾の方法に従って行った。すなわち、心窩部から腹部矢状操作により、Bモードで門脈本幹中央部を長軸に写し出し、門脈血管断面積は楕円の短軸を直径とし算出した。また血流速度は血管中央部の2mm幅をサンプリングボリュームとし、血管走行に対してビームを60°以下で入射、ドップラーモードで測定を行った。

関連多群の差の検定には、Friedman-test に

Table 1 Characteristics of subjects

number	5
hight	173.3±4.0 cm
body weihgt	61.8±2.6 kg
age	20±0.4 yr
$\dot{V}O_2\max$	57.3±2.7 ml/min/kg
portal venous flow at rest	603±13 ml/min

より分散に有意性の認められたものについて、Scheffe F-test を用いて行った。関連2群の差の検定には、Wilcoxon-test を用いた。門脈血流量、門脈本幹断面積、および門脈血流速度それぞれ相互の単相関係数を求めた。さらに重回帰分析を行い、門脈血流量に対する、門脈本幹断面積、および門脈血流速度の偏相関係数を算出した。すべて5%水準をもって有意な差があるとした。

結 果

運動強度の増加に伴って肝門脈血流量は低下傾向を示した。運動開始9—10分の時点において、肝門脈本幹の血管断面積は安静時と比較して、30% $\dot{V}O_2$ max, 60% $\dot{V}O_2$ max で低下傾向を示し、80% $\dot{V}O_2$ max では有意な低下であった(p<0.01)。また肝門脈本幹の平均血流速度は、安静時と比較して、30% $\dot{V}O_2$ max では低下傾向を示し、60% $\dot{V}O_2$ max (p<0.05)、および80% $\dot{V}O_2$ max (p<0.05)では有意な低下を示した(Table 2)。

運動時における肝門脈血流量変化に対して、血管断面積(r=0.812, p<0.01)、血流速度(r=0.375, p<0.05)ともに単相関係数に有意性が見られた。血管断面積と血流速度との間には有意な相関関係はなかった(r=0.212, NS)。従って血管断面積と血流速度は門脈血流量に対してそれぞれ独立した従属変数と考えられる。肝門脈血流量に対するこの2変数の重回帰係数はR=0.986で、偏相関係数は、血管断面積が $r_{xy \cdot z} = 0.809$ 、血流速度が $r_{xz \cdot y} = 0.301$ であった(Fig. 1)。

安静座位における5分間の腹部圧迫による門脈本幹断面積は、非圧迫時と比較して約83%の

有意な減少を示した (p<0.05, Fig. 2)。

考 察

肝門脈血流量は門脈本幹断面積と血流速度の積によって求められる。本研究において、肝門脈血流速度は、門脈血流量の低下に対して、寄与する割合が30%程度と低かった。これに対して門脈本幹断面積変化の寄与率は80%を超える高い値を示した。すなわち、運動時肝門脈血流量変化は、門脈本幹断面積の変化と深く関係していることを示唆するものと考えられる。

門脈は弁を有しない静脈血管であり、安静時には脈動もほとんどなく、血流速度もゆっくりとしている。その圧は7~14cmH₂O程度で³⁾、

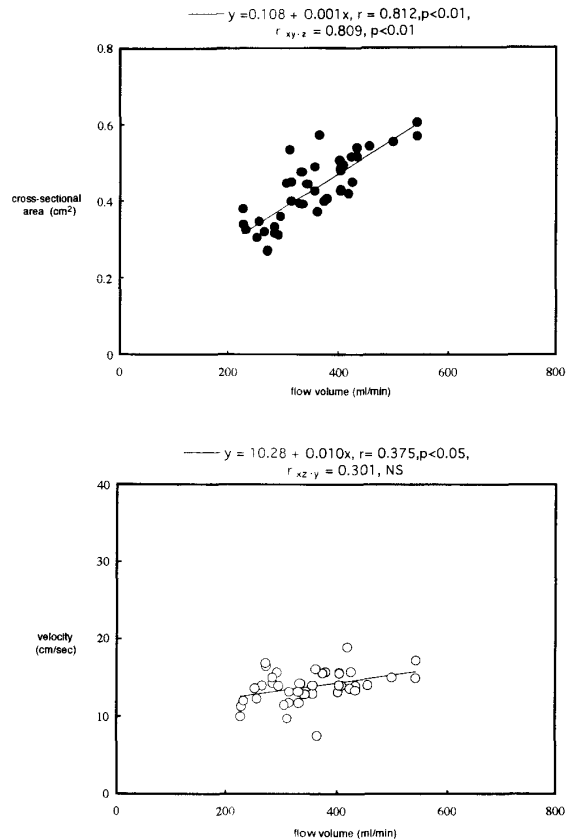


Fig. 1 Correlations between portal venous flow and cross-sectional area (upper), and venous velocity (lower) during exercise.

y = a + bx ; simple regression line
 r ; simple correlation coefficient
 $r_{xy \cdot z}$ and $r_{xz \cdot y}$; partial correlation coefficient
 p ; probability

Table 2 Effects of exercise on portal venous flow, cross-sectional area of portal vein and portal venous velocity.

	flow	cross-sectional area	mean velocity
rest	602 ± 13	0.56 ± 0.02	18.2 ± 1.0
30% $\dot{V}O_2$ max	404 ± 26	0.46 ± 0.03	14.6 ± 0.5
60% $\dot{V}O_2$ max	348 ± 29*	0.41 ± 0.03	14.3 ± 1.1*
80% $\dot{V}O_2$ max	261 ± 19**	0.35 ± 0.02**	12.2 ± 0.6*

* : p<0.05 and ** : p<0.01 vs. value at rest.

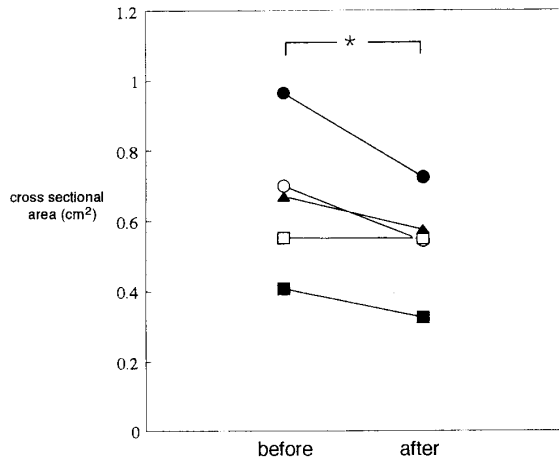


Fig. 2 Comparison between before and after abdominal compression.

* ; $p < 0.05$

外圧に左右されやすいものと考えられる。Diebelら⁴⁾は $14\text{cmH}_2\text{O}$ 程度の腹腔内圧の上昇によっても、門脈血流量および肝微小循環血流量が低下傾向にあることを、swine を用いた実験から報告している。一方、運動強度の増加に伴う換気亢進と同様に、腹腔内圧上昇が強度に依存して生じることも報告されている⁵⁾。安静時の腹腔内圧は $5\text{cmH}_2\text{O}$ 程度で、門脈圧に対して低いと考えられるが、高強度運動時には、平均 $13\text{cmH}_2\text{O}$ まで上昇することが gastric pressure を指標として示されている。従って肝門脈血流量の低下に対して、血流速度よりも血管断面積との相関関係が高かったことは、肝門脈血流量の低下に関与するいくつかの要因の1つとして、運動強度の増加に伴う腹腔内圧上昇が門脈を圧迫し、

断面積を小さくした可能性が考えられる。本研究における圧迫負荷に伴う門脈本幹断面積の低下は、必ずしも、運動負荷に伴う腹腔内圧の上昇をシュミレーションするものではないが、少なくとも腹腔内圧上昇が門脈断面積を小さくした可能性を支持するものと思われる。運動強度の増加に依存して、活動筋の血流量は増大し⁷⁾、肝血流量は低下する^{1,2,8)}。しかしながら、腹腔内圧の上昇といった物理的な刺激は、運動の持つ1つの特性であり、単に活動筋への血流供給が亢進したことによる肝血流量の相対的低下が運動時の肝血流量の低下だとする考え方とは、異なるものである可能性が考えられる。

ただし血流低下によって血管径が小さくなったのか、血管径が小さくなったことによって血流量が低下したのかについて、本研究からは定かでない。

結 論

本研究は各運動強度に伴う肝門脈血流量変化に及ぼす肝門脈本幹断面積変化と平均血流速度の変化についてヒトを対象として検討した。運動時の肝門脈血流量の低下は運動強度に依存し、その肝門脈血流量の低下は、血流速度よりも門脈断面積変化と深く関係するものと考えられた。

謝 辞

本研究に当たりご協力いただいたアロカ岡山営業所に感謝の意を表す。

文 献

- 1) 矢野博己, 矢野里佐, 宮地元彦 (1994) 仰臥位運動による肝門脈血流量の動態. *デサントスポーツ科学*, **15**, 200-205.
- 2) 矢野里佐, 矢野博己, 武田和久 (1995) 電磁血流計の半恒久的埋込により測定し得た肝門脈血流量に及ぼす運動強度の影響. *肝臓*, **36**(3), 173-174.
- 3) 大西久仁彦 (1990) 門脈圧亢進症. 木谷健一, 戸田剛太郎編, *臨床生理学シリーズ5 肝臓*, 初版, 南江堂, 東京, pp17-25.
- 4) Diebel LN, Wilson RF, Dulchavsky SA and Saxe J (1992) Effect of increased intra-abdominal pressure on hepatic arterial, portal venous, and hepatic microcirculatory blood flow. *The Journal of Trauma*, **33**(2), 279-283.
- 5) Henke KG, Sharratt M, Pegelow D and Dempsey JA (1988) Regulation of end-expiratory lung

- volume during exercise. *Journal of Applied Physiology*, **65**(1), 135—146.
- 6) Ohnishi K, Saito M, Koen H, Nakayama T, Nomura F and Okuda K (1985) Pulsed Doppler flow as a criterion of portal venous velocity : Comparison with cineangiographic measurements. *Radiology*, **154**, 495—498.
 - 7) Rowell LB, Saltin B, Kiens B and Christensen NJ (1986) Is peak quadriceps blood flow in humans even higher during exercise with hypoxemia? *American Journal of Physiology*, **251**(Heart Circulation physiology 20), H1038—H1044.
 - 8) Rowell LB, Blackmaon JR and Bruce RA (1964) Indocyanine green clearance and estimated hepatic blood flow during mild to maximal exercise in upright. *Journal of Clinical Investigation*, **43**(8), 1677—1690.