

超音波パルスドップラ法を用いた75 g ブドウ糖経口 負荷による門脈血流速度変化の評価とその有用性

亀子文子, 寺澤文子, 小穴こず枝

Changes of the Portal-vein Blood Flow after an Administration of 75 g Glucose —An Evaluation using Ultrasonic Pulsed Doppler System—

Influences of glucose ingestion on a velocity of portal-blood flow (VPBF) were investigated in 5 males and 10 females, using a ultrasonic pulsed-Doppler system. They ranged in age from 19 to 26 (mean age, 20 years). The VPBF significantly increased from 6.8 ± 2.2 cm/s (mean \pm SD) to 14.3 ± 3.3 cm/s ($P < 0.01$) in males from 7.8 ± 1.6 cm/s to 15.7 ± 4.1 cm/s ($P < 0.01$) in females within 20 minutes after ingestion of 75-gram glucose.

The plasma glucose concentration in males reached the maximum 141 ± 26 % of the fasting glucose level, after 30 minutes. In females, the maximum level of plasma glucose showed 181 ± 57 % of that after 60 minutes. The duration to reach the maximum value of VPBF correlated well with the duration to reach the maximum level of plasma glucose concentration.

These results suggest that the rate of increase in VPBF correlated well with the tolerance of glucose.

Key Words :

velocity of portal blood flow (VPBF) (門脈血流速度)

ultrasonic pulsed doppler system (超音波パルスドップラ法)

ingestion of 75-gram glucose (75 g ブドウ糖負荷)

left portal vein umbilical portion (門脈左枝臍静脈部)

はじめに

超音波ドップラ法は、ドップラ効果を利用して生体内の血流速度を非観血的に測定する

方法である。この方法は、日本で開発されたものであるが¹⁾、当初の超音波ドップラ装置では、ドップラシフトの周波数差のみを検出していたために血流方向については不明で

あった。1970年 Baker により距離分解能を持つパルスドップラ法が実用化され、また断層法との併用により血流計測部位の同定が容易になったため、現在では循環器領域をはじめとし消化器領域や産婦人科領域など広く臨床に応用されるようになってきた。腹部における超音波パルスドップラ法の発展は、測定精度の向上により深部血管、特に末梢血管の血流測定が高い精度で可能になり、肝の血行動態についても種々の知見がもたらされている²⁻⁴⁾。特に門脈血流は肝循環における主要な血流であり、肝機能や器質的な状態を反映する一つの指標として関心をもたれている。その血流速度に影響を及ぼす因子としては食事⁵⁾、薬物⁶⁾、入浴等⁷⁾があげられる。今回我々は、パルスドップラ法による若年成人の門脈血流速度の計測を試み、さらに、水および75gブドウ糖を経口負荷し、門脈血流速度に及ぼす影響を検討したので報告する。

対象および方法

装置は東芝 SSA-250A で3.75 MHz のコンベックス型探触子を用いた。対象は、本学の学生で定期健康診断において異常を認めない若年成人男性5名、女性10名の計15名とした。年齢は19~26歳、平均20歳であった。

測定は、安静空腹時に背臥位とし、呼吸は吸気位にて呼吸を停止して行なった。ドップラ計測の対象血管は、心窩部斜走査により描出した門脈左枝臍静脈部 (left portal vein umbilical portion) とした。ドップラビームは尾側より入射し、サンプリングポイントは臍静脈部を最長に描出した中央部とした。超音波ビームと門脈血流のなす角度 (超音波入射角: θ) は可能なかぎり20度以下にした。サンプリングボリュームは3 mm の大きさとした。門脈血流曲線が層流をなしている波形の平均の高さをもって門脈血流速度とした (図1)。門脈血流速度の測定は、75gブドウ

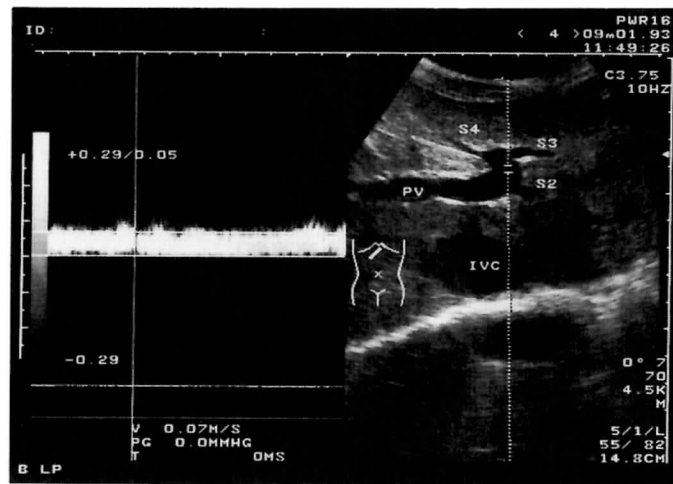


図1 門脈左枝臍静脈部断層像およびドップラによる門脈血流速度

- S2 : Left lateral superior subsegment branch 左外側上亜区域枝
- S3 : Left lateral inferior subsegment branch 左外側下亜区域枝
- S4 : Left medial segment branch 左内側区域枝
- PV : Portal vein 門脈左枝水平部
- IVC : Inferior vena cava 下大静脈
- V : Velocity 門脈血流速度
- = : サンプリングポイント

糖を経口投与後、1分から30分までは2.5分間隔、30分から2時間までは5分間隔で経時的に行った。血糖値の測定は負荷前、負荷後15分、30分、60分、90分後に静脈血採血により、POD-GOD法を用いてCOBAS BIO（ロッシュ社）で測定した。また対照として健常者5名において等量の水の経口投与後の門脈血流速度の変化を測定した。

結 果

1. 空腹時門脈血流速度

空腹時、安静背臥位における門脈血流速度は、男性群は、5～10 cm/s（平均±標準偏差：6.8±2.2 cm/s）であった。女性群は、5～11 cm/s（7.8±1.6 cm/s）であり、両群の間に有意差は認められなかった。

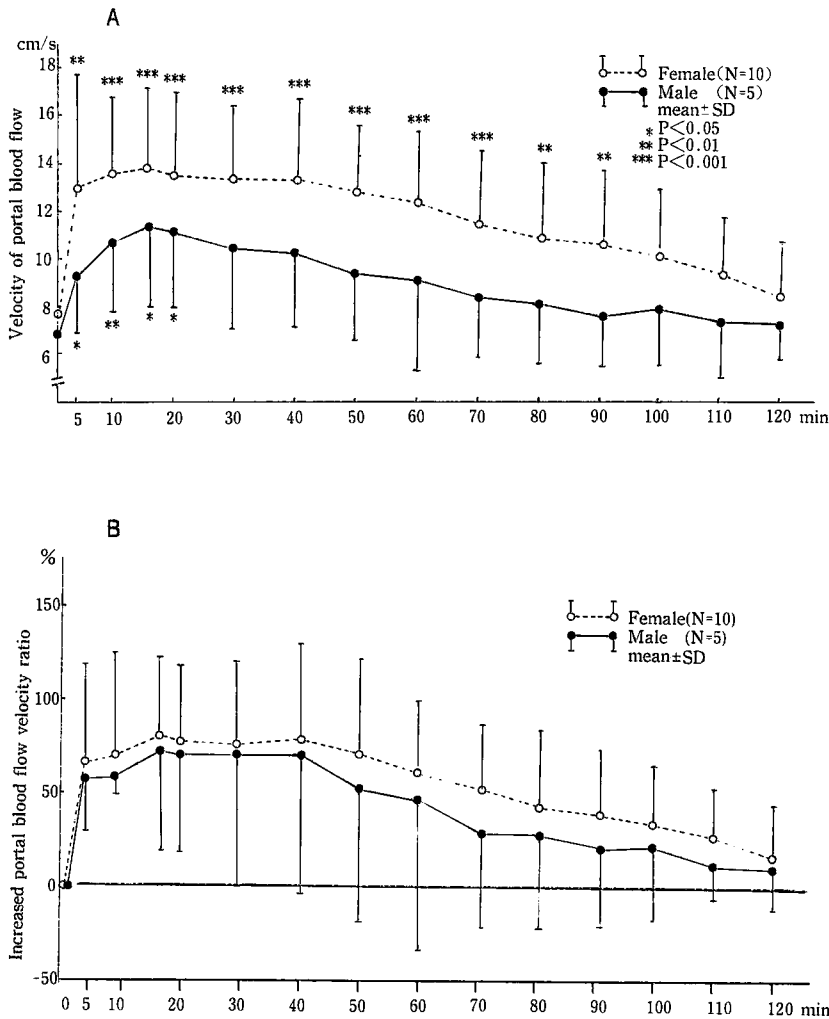


図2 75 gブドウ糖経口投与後の門脈血流速度の変化
 A：糖負荷後の門脈血流速度の経時変化
 B：糖負荷後の門脈血流速度の増加率の経時変化

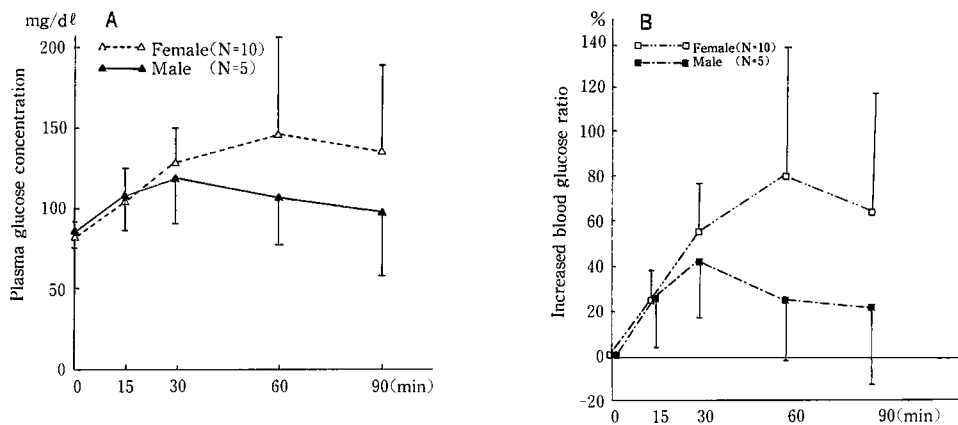


図3 75 g ブドウ糖経口投与による血糖値
A : 血糖値 B : 増加率

2. 75 g ブドウ糖経口投与後の門脈血流速度の変動

糖負荷後の門脈血流速度のピーク値は、男性群は11~18 cm/s (14.3 ± 3.3 cm/s), 女性群は8~20 cm/s (15.7 ± 4.1 cm/s)であった。負荷後の門脈血流速度の経時的变化と増加率の変化を図2に示す。男性群は負荷後1分で 10.8 ± 4.8 cm/s ($57 \pm 36\%$) {実測値(相対変化量)}, 17分で 11.3 ± 3.3 cm/s ($72 \pm 53\%$) と最大の増加を認めた。50%を越す増加は50分まで続いた。以後徐々に減少したが120分後でも 7.3 ± 1.9 cm/s ($10 \pm 20\%$) と負荷前値よりも高い値を示した。女性群は負荷後1分で 10.4 ± 2.8 cm/s ($37 \pm 35\%$), 17分で 13.9 ± 3.5 cm/s ($80 \pm 41\%$) と最大の増加を認めた。70%以上の増加が50分まで続いた。その後、男性群と同じ減少傾向を示し、120分後には 8.6 ± 2.6 cm/s ($14 \pm 30\%$) となった。女性群は負荷後5分から90分までの各時点で、負荷前値に比し有意に血流速度の増加を認めた ($P < 0.01$ または $P < 0.001$)。男性群は負荷後20分まで有意な増加を認めた ($P < 0.05$ または $P < 0.01$)。しかし両群の間に有意差は認められなかった。

門脈血流速度がピーク値に達するまでの時間は、男性群は最短1分から最長40分、女性群は同じく3分から50分で平均は共に17分であったがバラツキが大きかった。また、門脈血流速度が前値にもどるまでの回復時間は、男性群は50~130分、平均80分、女性群は75~150分、平均112分であった。

3. 75 g ブドウ糖経口投与による血糖値

糖負荷前後の血糖値および増加率を図3に示した。男性群は糖負荷後30分に 120.8 ± 28.8 mg/dl ($41 \pm 26\%$) と最大となり、女性群は負荷後60分に 147.8 ± 42.2 mg/dl ($81 \pm 57\%$) と最大となった。女性群は60分、90分の実測値、増加率ともに男性群に比べ高い傾向にあった。

4. 血糖値の増加と門脈血流速度の関係

男性群は5例中1例が90分後に血糖値が最大となった。この1例において門脈血流速度の増加率は30分から60分まで180%と高い値を示した。また門脈血流速度のピーク値に達する時間が40分と他の4例の平均8分に比べ大きく遅延傾向を示した。

女性群は10例中8例が糖負荷後60分に血糖値が最高となった。そのうち4例(40%)は

90分後の血糖値が170 mg/dl 以上を示した。この4例における門脈血流速度の増加率は、15分で $89 \pm 50\%$ 、30分で $82 \pm 55\%$ 、60分で $65 \pm 35\%$ 、90分で $45 \pm 11\%$ と他の6例が示すそれぞれの値 $76 \pm 39\%$ 、 $66 \pm 35\%$ 、 $59 \pm 37\%$ 、 $32 \pm 24\%$ に比べ、高い傾向が認められた。

血糖値の増加率が高く、ピークに達する時間に遅延傾向を示す4例で、門脈血流速度のピーク値に達する時間が平均30分と他の6例の平均9分に比べ有意な遅延を認めた ($P < 0.01$)。

5. 水の経口投与後の門脈血流速度の変動

飲水3分後に 8.2 ± 2.0 cm/s ($13 \pm 9\%$)を示した。水の投与直後から15分までわずかの増加を示したが、17分後には全例が負荷前値に回復した。

考 察

我々は、門脈血流に影響を及ぼす種々の因子のうち75gブドウ糖負荷前後の門脈血流速度の計測を経時的に試みた。門脈血流速度の増加率は、糖負荷後1分で男性群が $57 \pm 36\%$ 、女性群は $37 \pm 35\%$ を示し、17分で両群とも増加率70%以上と最大の増加を認めた。これに対して血糖値の最大は、男性群が30分後(増加率 $41 \pm 26\%$)、女性群は60分後($81 \pm 57\%$)であった。門脈血流速度がピーク値に達する時間は、両群とも平均17分であったが、到達時間は1~50分とバラツキは大きかった。しかし、全例とも血糖値のピークに達する時間より早く、門脈血流速度のピークを認めた。これは小腸におけるブドウ糖の吸収が1~5分で行なわれ上腸間膜静脈から門脈系へとすばやく移行するためと考えられる。門脈血流は脾や腸管からの門脈系へのin-flow、肝内門脈血管抵抗⁶⁾、肝動脈血流、心拍出量⁹⁾、背臥位における重力の影響⁵⁾など多く

の因子によって修飾をうけていると考えられる。門脈血流速度の上昇はこれら因子を含め総合的に評価する必要がある。一方、血糖値の上昇は肝における糖代謝および膵から分泌されるインシュリンの作用等により調節され、通常正常人では糖負荷後30分で最高値に達する。今回対象とした女性群は10例中8例が糖負荷後60分に血糖値が最大を示した。このうち90分後の血糖値が170 mg/dl 以上を示した4例と、血糖値が90分後に150 mg/dlを示した男性群の1例において明らかなように、血糖値の増加が強い傾向にある被検者において、門脈血流速度の増加率が高い傾向にあった。また、門脈血流速度がピーク値に達する時間は、血糖値の増加が遅延傾向を示す例において有意な遅延を認めた。以上より血糖値と門脈血流速度の変化との間には増加傾向及び経時的変動に強い関連があることが示唆された。

腹部における超音波パルスドップラ法の発展は、肝の血行動態に関して種々の知見をもたらしているが、器械の精度あるいは手技的な面からも測定信頼性に問題が残されている⁹⁻¹¹⁾。門脈血流速度の測定において特に問題となる点はいかに超音波ビーム角度を小さくする断面を描出できるかということである。門脈血流速度の計測という目的からすると測定のサンプリングポイントは、門脈本幹で行なうのが最良と考えられるが、門脈を長軸に描出し本幹の血流速度を計測した場合、血流と超音波ビームのなす角度 θ が60度前後になり血流速度は過少評価されることになる。60度以下が定量的測定の許容範囲と考えられるが、より小さな角度で測定した方が正確な計測が施行できる。このため可能な限り角度を20度以下にするために、我々はドップラ計測の対象血管を、心窩部斜走査により

描出した門脈左枝臍静脈部の中央部と設定した。血流と超音波ビームのなす角度はほぼ平行であり、角度補正を必要とせずに血流速度を計測することができた。しかし、門脈血流としては肝内門脈二次分枝血流速度となるため森安ら⁴⁾の報告による門脈本幹血流速度より低速となり、男女平均で 7.3 ± 1.9 cm/sであった。この値は古瀬ら¹²⁾の報告した門脈左枝臍静脈部の血流速度 5.4 ± 1.8 cm/sに比べ若干速い血流速度であった。

また、今回はBモード検査と共用のコンベックス型のプローブを使用した。同プローブは、Bモード検査と同時に血流測定が実施でき、主に心循環器系の超音波検査で用いられている。腹部領域の血管は体表と平行に走行しているものが多いため、同様のプローブを用いて血流測定を施行する場合には、血管壁を明瞭に描出するために血管とドップラビームの角度が鈍角である必要があり、明瞭なドップラスペクトルを得るためには血管とドップラビームの角度が鋭角である必要があるという原理的な矛盾が生じる。このような問題点を考慮に入れて測定を行う必要があるが、超音波ドップラ法による定量的な門脈血流計測は非観血的、非侵襲的にしかも生理的条件下で測定できることの臨床的意義は極めて大きいと考えられる。糖尿病、肝硬変等の患者における血流速度への影響など臨床的検討が今後の課題である。

ま と め

1. 超音波診断装置を用いて、パルスドップラ法による門脈血流速度の計測を75 g ブドウ糖負荷前後で試みた。
2. 安静空腹時、背臥位における門脈血流速度は男性 6.8 ± 2.2 cm/s、女性 7.8 ± 1.6 cm/sで、男女間に有意差を認めなかった。

3. 75 g ブドウ糖経口負荷後の門脈血流速度のピーク値は男性 14.3 ± 3.3 cm/s、女性 15.7 ± 4.1 cm/sとなり、糖負荷により有意に血流速度の増加を認めた ($P < 0.01$)。

4. 糖負荷による血糖値の上昇に比較し門脈血流速度の増加は早い反応を示した。一方血糖値の増加が強い傾向にある者は、門脈血流速度の増加率が高い傾向にあった。また、血糖値の増加が遅延傾向にある者は門脈血流速度の増加に有意な遅延を認めた ($P < 0.01$)。

5. 水の経口投与後には門脈血流速度は有意な変化を認めなかった。

以上より血糖値と門脈血流速度の変化との間には増加傾向及び経時的変動に強い関連があることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるに当たり、ご指導頂きました厚生連安曇総合病院副院長 中谷功易先生、ならびに本学 林 良一先生に深謝します。

文 献

- 1) Satomura S: Ultrasonic Doppler method for the inspection of cardiac function. J Acoust Soc Am, 29: 1181-1185, 1957.
- 2) 岡崎 和一, 他: 肝硬変症における超音波断層パルスドップラ法による門脈循環の検索. 肝臓, 24: 733-738, 1983.
- 3) 森安史典, 他: 各種肝疾患における門脈血流量の測定—超音波パルスドップラ複合装置による定量的測定—. 肝臓, 26: 208-214, 1985.
- 4) 森安史典, 他: リニヤ電子スキャン・パルスドップラ—複合血流計による門脈血流量測定. 肝臓, 24: 537-543, 1983.
- 5) 橘 逸勢, 他: 食事前後, 硬化療法前後の門脈血流量の変化. 日超医論文集, 59: 627-628, 1991.
- 6) 田邊若子, 他: パルスドップラ法を用いた門脈

血流に対する亜硝酸アミル負荷試験の開発—臨床的評価—。肝臓, 32: 497-498, 1991.

7) 山根行雄, 他: 入院時負荷(入浴等)の門脈血流量におよぼす影響。日超医論文集, 55: 129-130, 1989.

8) 土居忠文, 他: 超音波パルスドップラ法による心拍出量を基準とした門脈血流量測定 of 検討。臨床病理, 17: 977-980, 1986.

9) 川崎俊彦, 他: 超音波ドップラ法を用いた門脈及び上腸間膜動脈の定量的血流測定における精度に関する検討。Jpn Med Ultrasonics, 18: 71-76, 1991.

10) Gill RW: Measurement of blood flow by

ultrasound: accuracy and source of error. *Ultrasound Med Biol*, 11: 625-641, 1985.

11) Burn P, Taylor K, Blei AT: Doppler flowmetry and portal hypertension. *Gastroenterology*, 92: 824-826, 1987.

12) 古瀬純司, 他: 超音波パルスドップラ法による肝内門脈血流計測—特に門脈左枝血流計測の病態的意義について—。日超医論文集, 53: 517-518, 1988.

受付日: 1993年10月19日

受理日: 1993年11月22日

