

Intravoxel Incoherent Motion (IVIM)-DWI of the Liver : 肝の灌流とアルコール摂取

廣瀬 準司¹, 本杉宇太郎^{2,3}, 佐藤 祐一¹, 雨宮 良治¹,
依田 芳起¹

¹山梨県厚生連健康管理センター ²山梨大学医学部放射線科

³Department of Radiology, University of Wisconsin, School of Medicine and Public Health

背 景

拡散強調像は生体内の分子拡散を画像化する撮像法であり、プロトンの動きを位相変化に変換し、その結果生じた信号低下率として検出している¹⁾。拡散強調像における信号低下は、ボクセル内のランダムな分子運動の総和であり、このランダムな運動を総称して IVIM (intravoxel incoherent motion) と呼ぶ。非制限拡散が仮定されかつ MR 信号が理論どおりに得られる理想的な状況下では、プロトンの IVIM は分子拡散と同義であろう。しかし実際の生体における撮像では様々な confounder がある。特に、毛細血管内の血流（ここでは灌流と呼ぶ）に代表される拡散以外の動きはボクセル内ではランダムな動きとみなされ分子拡散と並んで拡散強調像の信号に影響する因子の一つである。1980 年代 Le Bihan らは b 値に対する拡散強調像の信号減衰曲線が biexponential curve でよく近似できることを提唱した^{2)~7)}。この近似式では速さの異なる二つの拡散係数とその比率で定義されている。灌流による水分子運動速度は水分子の拡散速度よりずっと速い。そのため、このモデルでは速い拡散 (D^*) が

灌流を反映し、遅い拡散 (D) が分子拡散を反映している。近年の臨床例での報告では、拡散強調像 (DWI) でこのモデルを用いて拡散計測をする法を IVIM-DWI⁸⁾, DW-IVIM imaging⁹⁾, もしくは単に IVIM imaging¹⁰⁾ と呼んでいる。従来の拡散強調像では、高い b 値を用いて灌流の影響を最小限にするアプローチが採られていたが、灌流の影響を取り入れた IVIM モデルがより正確なモデルとして近年脚光を浴びている^{9)~12)}。

アルコールを摂取したときに門脈血流が上昇することは古くから知られている¹³⁾。ヒトがアルコールを経口摂取した後、アルコールは胃、小腸から吸収され、肝へ輸送される。この時、アルコールを摂取していない生体に比べて肝臓内では門脈血流、更には毛細血管血流が増加することをいう。肝 IVIM-DWI では、肝内の灌流を間接的に定量できるため、アルコール摂取における門脈血流上昇を肝内の速い拡散係数 (D^*) の上昇としてとらえることができると予想される。

今回我々は、アルコール摂取によって門脈血流および肝内の灌流が変化する既知の現象をもとに、IVIM との関係性を調べた。本研究はヒト

キーワード IVIM (Intravoxel Incoherent motion) of liver, portal blood flow, biexponential curve fitting, alcohol ingestion

生体データを用いた解析である。

対象と方法

1. 対象

院内の倫理審査を経た4名の正常ボランティアを対象とした；40歳男性（ボランティアA）、28歳男性（ボランティアB）、28歳男性（ボランティアC）、30歳男性（ボランティアD）。全例において、健診腹部超音波データと血液検査データで脂肪肝でないことと肝機能が正常であることを確認した。体重はボランティアA：60.1 kg，ボランティアB：74.5 kg，ボランティアC：61.3 kg，ボランティアD：66.2 kgであった。

2. 実験プロトコル

2種類の食事による実験を設定した。2種類の食事摂取プロトコルは以下のとおり。

アルコールなしの食事：

カロリーメイト+グレープジュース

アルコールありの食事：

カロリーメイト+赤ワイン

カロリーメイト（大塚製薬株式会社 製造販売）は体重による調整を行い、体重1 kgあたり10 kcalとした（ボランティアA：600 kcal，B：750 kcal，C：600 kcal，D：650 kcal）。飲料は果汁100%グレープジュース（アルプスワイン株式会社 製造販売）と赤ワイン（丸藤葡萄酒株式会社 製造販売）を用いた。摂取量はいずれも360 mlとした（グレープジュース262.8 kcal，赤ワイン169.2 kcal）。

撮像はすべて夜に行い、昼食から実験開始までの時間は6時間に設定、昼食後実験までは絶飲食とした。すべてのボランティアが1週間の間を空けて両方の実験に参加した。

3. MR撮像法

測定装置はPhilips Achieva 1.5T (R2.6)，コイルは心臓用SENSE Torso Cardiac coil

32chを使用した。以下に示すシーケンスを食事摂取前（Pre）と摂取後（Post）に2回撮影した。昼食から6時間の絶飲食を確認した後、まずPreを撮影。撮影終了後、いったん架台から降りて患者準備室で食事を摂取し、再び架台上でポジショニングをして、同一のシーケンスで撮像を行った（Post）。食事摂取開始からPostの撮像開始までの時間は30分とし、撮像直前の5分間は右側臥位とした。

検討対象とした撮像シーケンスは以下の2種類。

1) 二次元位相コントラスト法 (2D-PC) 法

T₁ Fast field echo (T₁FFE) による2D-phase contrast法。撮像断面は臍よりも頭側の門脈本幹に直交する断面とした。PreとPostで同一断面が撮像できるよう細心の注意を払って撮像面の設定を行った。撮像はPPUでトリガーをかけ、Rピーク時から特定スライスまでの時間をtrigger delayとし、1000 ms分のデータを収集した。trigger delayにより約15 ms前後の間隔で60枚前後のスライス画像を収集。field of view (FOV) = 300 mm × 150 mm, RFOV = 50%, voxel size = 2.34 mm (Ny) × 2.34 mm (Nx) × 6.0 mm (Nz), recon voxel size = 1.17 mm (Ny) × 1.17 mm (Nx) × 6.0 mm (Nz), scan percentage = 100%, slice thickness = 6 mm, TR = 10 ms, TE = 6.9 ms, flip angle = 15°, flow compensation = yes, cardiac synchronization device = PPU, band width = 449 Hz, NEX = 3, fat suppression = SPIR, total scan duration = 4 min, PC flow directions = FH, PC velocity = 40 cm/s。

2) IVIM-DWI

Navigation echoを用いた呼吸同期併用 spin echo-echo planar imaging法。motion probing gradient (MPG) パルスは直交する3軸に印加した。MPGパルスの印加時間 (δ) とパルス間隔 (Δ) は、最大値 $b = 800$ で固定、それ

2015年3月3日受理 2015年4月30日改訂

別刷請求先 〒400-0035 山梨県甲府市飯田1-1-26 山梨県厚生連健康管理センター 廣瀬準司

それ印加時間 (δ) = 20.9 ms, MPG パルス間隔 (Δ) = 32.9 ms だった. 撮像条件は, field of view (FOV) = 320 mm × 208 mm, RFOV = 65 %, voxel size = 2.0 mm (N_y) × 2.0 mm (N_x) × 7.0 mm (N_z), recon voxel size = 1.0 mm (N_y) × 1.0 mm (N_x) × 7.0 mm (N_z), SENSE phase reduction = 2.0, slice thickness = 7 mm, slice gap = 20 mm, slices = 4, TR = 530 ms, TE = 67 ms, flip angle = 90°, EPI factor = 55, half scan factor = 0.60, water fat shift = 15.6 pixel, band width = 13.9 Hz, NEX = 3, fat suppression = SPIR, total scan duration = 50.4 s. b 値は, 0, 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 200, 400, 800 の 11 種類を用いた. 信号収集に心電同期法は使用しなかった.

3) IVIM-DWI の撮像位置

Fig. 1 に, IVIM-DWI の撮像ポジションと ROI の場所を示す. 撮像は 4 スライス行い, そのうちの肝門レベルの画像を用いて解析した.

4. 解析方法

1) 門脈血流の定量

門脈血流の解析は, MRI 装置 Philips Achieva 1.5T (R2.6) に標準装備されている計算ソフトを用いた. 門脈断面を拡大し, トレースす

る事により門脈内平均速度 (velocity [cm/s]) と門脈平均血流量 (flow volume [cm³/s]) を求めた.

2) 肝 IVIM の定量

ADC 値, D 値, D*値, および perfusion の比率 f 値の算出は以下の式を用いて最小二乗法で行った.

ADC 値の算出 :

$$\frac{S_b}{S_0} = \exp(-bADC) \dots\dots\dots (1)$$

ここではすべての b 値の画像が用いられた.

IVIM モデルによる D 値, D*値, f 値の算出 :

$$\frac{S_{b>200}}{S_{b=200}} = \exp(-bD) \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{S_b}{S_0} = (1-f) \times \exp(-bD) + f \times \exp(-b(D+D^*)) \dots\dots\dots (3)$$

ここでは, まず b 値 200 以上の画像を用いて式(2)より線形近似 D 値を導いた後, 式(3)よりすべての b 値の画像を用いて非線形近似で D*値と f 値を導いた. IVIM model の計算は, 山梨大学放射線科のウェブページで提供されて

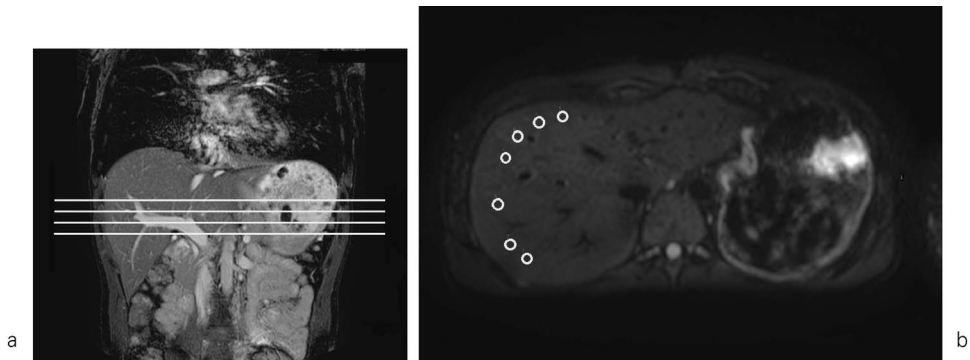


Fig. 1.
 (a) Examples of slice position for IVIM-DWI.
 (b) The examples of the location and number of ROI was determined while observing the residual sum of squares.

いる計算ソフトを使用した。このソフトでは、各 b 値における信号値を入力することで ADC 値、D 値、D*値、f 値を算出することができる (<http://yamarad.umin.ne.jp/ivim/simplex.html>)。

信号の計測値は肝臓右葉に region of interest (ROI) を 3 個置き、その信号平均値から求めた。この計測値から上記の方法で ADC 値、D 値、D*値、f 値を算出する際、計測された信号値のばらつきにより、モデルの当てはまりが悪くなる。そのため今回は次のような方法を用いて、モデルのあてはめが悪い場合の補正を行った。3 個の ROI の平均値から ADC 値、D 値、D*値、f 値、更に残差平方和を求めた後、ROI を一つ増加させ 4 個にする。その 4 個の ROI の信号平均値から再び計算ソフトで算出し、ADC 値、D 値、D*値、f 値、残差平方和を確認する。ここで、もし残差平方和が減少していれば、この 4 個目の ROI を採用し、減少していない場合には、この ROI は採用せず、新たな 4 個目の ROI を置く。この作業を残差平方和が 200 以下になるか、ROI の数が 10 個になるまで繰り返した。

3) 統計解析

各ボランティアにおいて、食事による計測値の増加率を次式で算出した。

増加率 (increase rate)

$$= \text{Post (食事摂取後の測定値)} \div \text{Pre (食事摂取前の測定値)}$$

これらの変化率に対し、アルコールなしの食事とアルコールありの食事の間で有意差検定を行った。検定には paired t-test を用いた。

結 果

1. 門脈血流の解析

Table に門脈血流の流速、血流量測定結果を増加率 (increase rate) で示す。門脈血流速度の食後増加率は、アルコールなしの食事におい

Table. Increase rate with and without alcohol

	Without alcohol	With alcohol	P value
Portal velocity	1.21 ± 0.19	1.90 ± 0.32	P=0.005
Flow volume	1.11 ± 0.20	1.49 ± 0.10	P=0.010
ADC	0.97 ± 0.10	1.10 ± 0.21	P=0.171
D	1.12 ± 0.24	1.19 ± 0.36	P=0.325
D*	1.51 ± 0.24	3.60 ± 1.35	P=0.028
f	0.97 ± 0.21	1.05 ± 0.36	P=0.527

て平均で 1.21 倍であった (Pre 平均 12.6 cm/s, Post 平均 15.3 cm/s)。それに対して、アルコールありの食事において門脈血流速度は平均で 1.90 倍に増加し (Pre 平均 10.9 cm/s, Post 平均 20.7 cm/s)、アルコールありの食事では有意に門脈血流速度の増加率が高かった ($P=0.005$)。同様の結果が門脈血流量の計測においても確認された ($P=0.010$)。

また Fig. 2 に各々のボランティアによる Pre, Post の流速増加率を示す。アルコールなしの食事では、ボランティア B 以外、食事摂取後で流速が増加した ($P=0.049$)。またアルコールありの食事においては、全てのボランティアにおいて食事後で流速が増加し、増加率はアルコールなしの食事よりも有意に高かった ($P=0.002$)。

2. 肝 IVIM の解析

Table に ADC 値、D 値、D*値、f 値の解析結果を示す。これらのパラメータの中で、アルコール摂取による影響は D*値の増加で最も顕著に現れた。アルコールなしの食事において、D*値は平均で 1.51 倍 (Pre 平均 62.1 mm²/s, Post 平均 93.2 mm²/s)、アルコールありの食事では、平均で 3.60 倍増加した (Pre 平均 55.7 mm²/s, Post 平均 201.7 mm²/s) の増加を示した。アルコールありの食事ではアルコールなしの食事に比べ有意に増加率が高かった ($P=0.028$)。Fig. 3 に、D*の実測値を示す。同様に全ボランティアの食事後で D*値が増加し、アルコールありの食事において増加率が有

IVIM : 肝の灌流とアルコール摂取

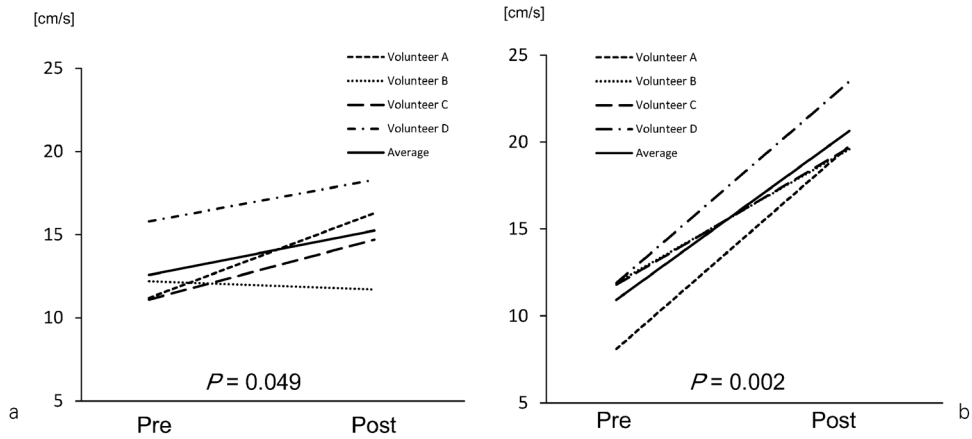


Fig. 2. Portal blood flow velocity measured by PC-MRI were significantly increased after a meal either with (a) or without (b) alcohol. Each line in the graph represents each participant and an average.

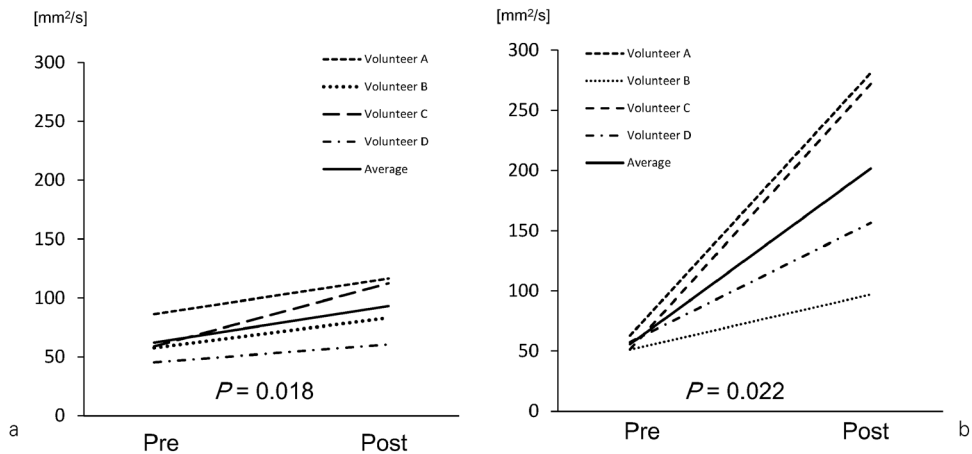


Fig. 3. D* measured by IVIM-DWI were significantly increased after a meal either with (a) or without (b) alcohol. Each line in the graph represents each participant and an average.

意に高かった ($P=0.022$).

それに対して、残りの三つのパラメータではアルコール摂取のありなしの間で増加率に有意差は見られなかった ($P=0.171-0.527$). ADC値の増加率は、アルコールなしの食事において、平均で0.97倍、アルコールありの食事で平均1.10倍. 同様に、D値の増加率は、アルコールなしの食事で平均1.12倍、アルコール

ありの食事で平均1.19倍、fの増加率は、アルコールなしの食事で平均0.97倍、アルコールありの食事で平均1.05倍であった.

Fig. 4 に biexponential fitting の一例を示す. グラフはボランティア B アルコールありのデータである. この例では、ROI を 9 個置いたときに残差平方和が 186.4 となり、ROI による信号値計測を終了した. その他のフィッ

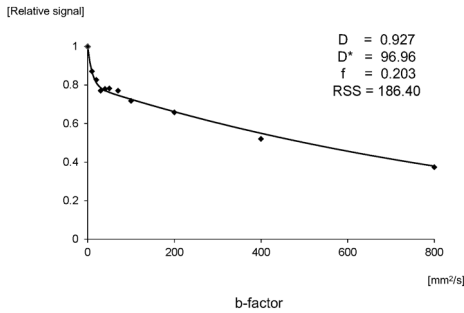


Fig. 4. An example of biexponential curve fitting. RSS means residual sum of squares, which represent precision of the fitting. Residual sum of squares for the fitting became less than 200 by making 9 ROIs on the DW images of each b value.

ティングにおける残差平方和は 376.2-13.3 (中央値 197.8) であった。

考 察

門脈の流速, 血流量は, アルコールありの食事でそれぞれ平均 1.90 倍, 1.49 倍増加した。これは, アルコールなしの食事 (1.21 倍, 1.11 倍) よりも有意に高い増加率だった。また, 食事前後の肝 IVIM-DWI 撮像では, ADC, D, f 値に傾向は見られなかったものの, D*値は, アルコールありの食事においてアルコールなしの食事よりも大きな増加率を示した。この傾向は全例と同様に認められた。

D*値は灌流に関連したプロトンの早い拡散を間接的に示す数値である。これはつまり肝内の類洞内または毛細血管内の血流速度が増加したことを示すものと思われる。これらの結果から, 食事時にアルコールを摂取すると, アルコールを摂取しないときよりも門脈の血流が増加し, さらに肝の類洞内/毛細血管血流も増加すると考察できる。Hijioka らによれば, アルコールを摂取すると門脈圧が増加するという¹⁴⁾。そして, アルコール摂取は肝内微小循環に変化を与える, と述べている。これは我

々が確認した門脈血流の増加と矛盾しない。そして, D*値がアルコール摂取により増加し, 肝の灌流が変化したことにも一致する。また Orrego らはエタノール摂取により, 門脈血流が 1.4~1.6 倍増加する¹⁵⁾, と述べている。我々の平均値は 1.9 倍の増加を示しておりほぼ同様の結果が PC-MRI を用いて確認できた。

IVIM-DWI の臨床応用は多く報告されている。Lu PX らは, 線維化した肝臓は D*値が低下したと報告している¹⁶⁾。Chung SR らは更に線維化の程度を評価できるとしている¹⁷⁾。また Zhu L らは, 肝悪性腫瘍と血管腫を比較し, 差異が認められたと報告している¹⁸⁾。これらは早い拡散係数, つまり灌流の情報が IVIM-DWI によって, 診断ツールの可能性を示している。食事の前後では計測値に大きな影響を与えることは明らかであったが, 今回の我々の検討からは食事の有無だけでなく, 食事の内容によっても計測値に差がでることが示唆される。類似の報告としては, Strang らは, アルコールありとなしの生体で, 脳灌流成分を調べたものがある¹⁹⁾。そのなかで, アルコール摂取時の CBF 増加を確認している。アルコール摂取により, 体内の血液循環が活発になったためと推測される。検査前にアルコールを摂取する被験者は多くないと思われるが, アルコール依存症患者の検査では, 測定値の解釈に注意が必要であろう。

今回の研究には限界が三つある。一つは生体の吸収差である。試験施行時, ジュース, ワイン, 食事摂取後に右側臥位で 5 分安静とし, 小腸への蠕動移動を試みた。しかしながら, 撮像時に胃の弓隆部に残留しているカロリーメイト, 液体が確認できたため, 摂取量のすべてが消化吸収されたのではない可能性が考えられる。消化吸収量の個人差による誤差を最小限にするため, 本研究ではクロスオーバー法を用いた²⁰⁾。しかし, 同一個人かつ同時刻・同等の食事条件であっても消化吸収能力が必ずしも同一であるとは限らず, 今回の研究の誤差として

含まれているものと思われる。二つめは D^* 値の特性によるものである。 D^* 値は、灌流そのものを見ているのではなく、速いプロトンの拡散を反映した値である。つまり、今回の解析結果の数値増加分すべてが門脈から肝細胞へと繋がる毛細血管増加分ではない。これは IVIM モデルの限界として知られるところであり²¹⁾、灌流現象を「拡散」として扱うところに議論の余地が残されている。そして最後は撮像技術によるものであり、single shot-EPI に起因する画像歪みである。この対策として近年 EPI 法の k 空間 readout 方向を分割し、multi shot として撮像する新しい技術が確立された^{22),23)}。さらに、 k 空間の埋め方を radial scan と fast-spin-echo を用いた PROPELLER 法を用いることにより歪み軽減が可能との技術も報告されている^{24),25)}。今後、画像歪みが少なく、正確な画像が取得できることは、IVIM-DWI 信号の再現性向上に寄与する技術と考えられる。

結 論

アルコール(ワイン)を伴う食事は、アルコールなしの食事よりも門脈血流の増加率が高い。この現象は IVIM-DWI の速い拡散係数の計測でもとらえることが可能であった。

文 献

- 1) Stejskal EO, Tanner JE : Spin diffusion measurements : spin echos in the presence of a time-dependent field gradient. *J Chem Phys* 1965 ; 42 : 288-292
- 2) Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, Grenier P, Cabanis E, Lavel-Jeantet M : MR imaging of intravoxel incoherent motions application to diffusion and perfusion in neurologic disorders. *Radiology* 1986 ; 161 : 401-407
- 3) Cercueil JP, Petit JM, Nougaret S, et al. : Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging in the liver : comparison of mono- and tri-exponential modelling at 3.0-T. *Eur Radiol* 2014 ; 20
- 4) Hu YC, Yan LF, Wu L, et al. : Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging of gliomas : efficacy in preoperative grading. *Sci Rep* 2014 ; 4 : 7208
- 5) Dyvorne H, Jajamovich G, Kakite S, Kuehn B, Taouli B : Intravoxel incoherent motion diffusion imaging of the liver : optimal b-value subsampling and impact on parameter precision and reproducibility. *Eur J Radiol* 2014 ; 12 : 2109-2113
- 6) Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, Audin ML, Vignaud J, Lavel-Jeantet M : Separation of diffusion and perfusion in intravoxel incoherent motion MR imaging. *Radiology* 1988 ; 168 : 497-505
- 7) Tuner RT, Le Bihan D, Maier J, Vavrek R, Hedges LK, Pekar J : Echo-planar imaging of intravoxel incoherent motion. *Radiology* 1991 ; 177 : 407-414
- 8) Döpfert J, Lemke A, Weidner A, Schad LR : Investigation of prostate cancer using diffusion weighted intravoxel incoherent motion imaging. *Magn Reson Imaging* 2011 ; 29 : 1053-1058
- 9) Filli L, Wurnig MC, Luechinger R, Eberhardt C, Guggenberger R, Boss A : Whole-body intravoxel incoherent motion imaging. *Eur Radiol* 2015 ; 10
- 10) Park YS, Lee CH, Kim JH, Kim IS, Kiefer B, Seo TS, Kim KA, Park CM : Using intravoxel incoherent motion (IVIM) MR imaging to predict lipiodol uptake in patients with hepatocellular carcinoma following transcatheter arterial chemoembolization : a preliminary result. *Magn Reson Imaging* 2014 ; 32 : 638-646
- 11) Wu WC, Chen YF, Tseng HM, Yang SC, My PC : Caveat of measuring perfusion indexes using intravoxel incoherent motion magnetic resonance imaging in the human brain. *Eur Radiol* 2015 ; 19
- 12) Suo S, Lin N, Wang H, Zhang L, Wang R, Zhang S, Hua J, Xu J : Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging of breast cancer at 3.0 tesla : comparison of different curve-fitting methods. *J Magn Reson Imaging* 2014 ; 19

- 13) McKaigney JP, Carmichael FJ, Saldivia V, Israel Y, Orrego H : Role of ethanol metabolism in the ethanol-induced increase in splanchnic circulation. *Am J Physiol* 1986 ; 250 : 518-523
- 14) Hijioka T, Sato N, Matsumura T, Yoshihara H, Takei Y, Fukui H, Oshita M, Kawano S, Kamada T : Ethanol-induced disturbance of hepatic microcirculation and hepatic hypoxia. *Biochem Pharmacol* 1991 ; 41 : 1551-1557
- 15) Orrego H, Carmichael FJ, Israel Y : New insights on the mechanism of the alcohol-induced increase in portal blood flow. *Can J Physiol Pharmacol* 1988 ; 66 : 1-9
- 16) Lu PX, Huang H, Yuan J, Zhao F, Chen ZY, Zhang Q, Ahuja AT, Zhou BP, Wang YX : Decreases in Molecular Diffusion, Perfusion Fraction and Perfusion-Related Diffusion in Fibrotic Livers : A Prospective Clinical Intravoxel Incoherent Motion MR Imaging Study. *PLoS One* 2014 ; 9 : 12
- 17) Chung SR, Lee SS, Kim N, Yu ES, Kim E, Kühn B, Kim IS : Intravoxel incoherent motion MRI for liver fibrosis assessment : a pilot study. *Acta Radiol* 2014 ; 0284185114559763
- 18) Zhu L, Cheng Q, Luo W, Bao L, Guo G : A comparative study of apparent diffusion coefficient and intravoxel incoherent motion-derived parameters for the characterization of common solid hepatic tumors. *Acta Radiol* 2014 Nov 24. pii : 0284185114559426 [Epub ahead of print]
- 19) Strang NM, Claus ED, Ramchandani VA, Graff-Guerrero A, Boileau I, Hendershot CS : Dose-dependent effects of intravenous alcohol administration on cerebral blood flow in young adults. *Psychopharmacology* 2015 ; 232 : 733-744
- 20) do Nascimento C, Paulo DF, Pita MS, Pedrazzi V, de Albuquerque Junior RF : Microbial diversity of the supra- and subgingival biofilm of healthy individuals after brushing with chlorhexidine- or silver-coated toothbrush bristles. *Can J Microbiol* 2014 ; 5 : 1-12
- 21) 荒木 力 : 拡散強調画像の特徴. 拡散 MRI—ブ라운運動, 拡散テンソルから q 空間へ—. 秀潤社, 2006 ; 138-169
- 22) Ishida G, Oishi M, Morii K, Hasegawa K, Saito A, Sato M, Takizawa O, Murata K, Porter D, Matsuzawa H, Fujii Y : Application of brain diffusion-weighted imaging performed using readout segmentation of long variable echo trains. *No Shinkei Geka* 2015 ; 43 : 31-40
- 23) Thian YL, Xie W, Porter DA, Weileng Ang B : Readout-segmented echo-planar imaging for diffusion-weighted imaging in the pelvis at 3T-A feasibility study. *Acad Radiol* 2014 ; 21 : 531-537
- 24) Goto M, Aoki S, Hayashi N, et al. : Distinguishing between occluded and low-flow vessels with PROPELLER DWI sequence : a phantom study. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi* 2004 ; 60 : 1519-1525
- 25) Naka T, Takahashi M : A study of ADC value in PROPELLER DWI. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi* 2009 ; 65 : 1519-1522

Intravoxel Incoherent Motion (IVIM)-DWI of the Liver : Perfusion of the Liver after Alcohol Intake

Junji HIROSE¹, Utaroh MOTOSUGI^{2,3}, Yuuichi SATOU¹,
Ryoji AMEMIYA¹, Yoshioki YODA¹

¹*Yamanashi Koseiren Health Care Center
1-1-26 Iida, Kofu, Yamanashi 400-0035*

²*Department of Radiology, University of Yamanashi*

³*Department of Radiology, University of Wisconsin, Madison, WI, USA*

Purpose : We evaluated the effect of alcohol intake with a meal on changes in portal flow using intravoxel incoherent motion (IVIM) diffusion-weighted (IVIM-DWI) and 2-dimensional (2D) phase contrast (PC) magnetic resonance (MR) imaging.

Materials and Methods : Our institutional ethics committee approved this study. Four healthy volunteers underwent MR imaging before and after eating a meal that included 360 mL of wine (Test 1). One week later, all participants underwent the same MR imaging before and after a meal that included 360 mL of grape juice (Test 2). We acquired 2D-PC gradient echo MR images to measure portal flow and multi-b-value DWI to calculate diffusivity results using an IVIM model with b-values of 0, 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 200, 400, and 800 s/mm². We measured portal flow and compared diffusion parameters (Apparent diffusion coefficient : ADC, True diffusion coefficient : D, Pseudodiffusion coefficient : D*, and Perfusion fraction : f) between Tests 1 and 2 to identify any effect of alcohol intake on portal flow and/or changes in liver diffusivity.

Results : Portal flow velocity measured by PC-MR imaging was significantly more increased at Test 1 (1.90 times) compared with Test 2 (1.21 times, $P=0.005$). Similarly, an increase in D* value was significantly more prominent at Test 1 (3.6 times) than at Test 2 (1.51 times, $P=0.028$), whereas any effect of alcoholic intake was observed in the other diffusion parameters (ADC, D, f).

Conclusion : Portal flow increased more following a meal with intake of alcohol than without alcohol and is confirmed as a larger change of perfusion in the liver using IVIM-DWI.