

半自動解析法を用いた Patlak plot 法に基づく平均脳血流量の測定法

小保田智彦[†] 多湖博史^{††} 原 武史[†] 福岡大輔^{†††}

片渕哲朗^{††††} 後藤裕夫^{††} 藤田広志[†]

[†]岐阜大学大学院医学系研究科再生医科学専攻知能イメージ情報分野 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

^{††}岐阜赤十字病院放射線科部 〒502-8511 岐阜県岐阜市岩倉町 3-36

^{†††}岐阜大学教育学部技術教育講座 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

^{††††}岐阜医療科学大学保健科学部放射線技術学科 〒501-3892 岐阜県関市市平賀字長峰 795-1

E-mail: † {kobota, hara, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp

あらまし Patlak plot 法は、脳血流シンチグラフィにおいて低侵襲な平均脳血流量(mCBF)の測定法として利用される。mCBFの値の再現性は認知症の診断に重要である。しかし手動操作による大脳半球、大動脈弓のROIの設定は、測定値の再現性に影響する。今回我々は関心領域の設定を行うことでmCBFを算出する半自動解析法を開発した。44症例を用いて、5名の診療放射線技師の手動による測定値と本手法による測定値の比較を行った。その結果本手法による測定値は左脳37症例、右脳30症例で5名の技師のばらつきの範囲内に収まり、5名の測定者による測定値との相関は0.83から0.93であった。よって提案する本手法は手動操作による測定者間のばらつきを低減する可能性がある。

キーワード 医用画像処理, 脳血流シンチグラフィ, Patlak plot 法

Semi-automated measurement of mean cerebral blood flow based on dynamic scintigrams

Tomohiko KOBOTA[†] Hiroshi TAGO^{††} Takeshi HARA[†] Daisuke FUKUOKA^{†††}

Tetsuro KATAFUCHI^{††††} Hiroo GOTO^{††} and Hiroshi FUJITA[†]

[†]Department of Intelligent Image Information, Gifu University Graduate School of Medicine

1-1 Yanagido, Gifu, Gifu, 501-1194 Japan

^{††}Department of Radiology, Japanese Red Cross Gifu Hospital, 3-36 Iwakura, Gifu, Gifu, 502-8511 Japan

^{†††}Technology Education, Faculty of Education, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu, Gifu, 501-1194 Japan

^{††††}Department of Radiological Technology, Faculty of Health Science, Gifu University of Medical Science

795-1 Ichihiraga aza nagamine, Seki, Gifu, 501-3892 Japan

E-mail: † { kobota, hara, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp

Abstract Patlak plot method is used as a minimally invasive measurement of mean cerebral blood flow (mCBF) on scintigraphy. A reproducibility of the mCBF measurements is important for diagnosis of dementia, but the reproducibility is often affected by manual procedures to set region of interest (ROI) on cerebral hemispheres and aorta. The purpose of this study was to develop a method of semi-automated analysis to measure the mCBF. We compared two measurement results of the semi-automated analysis method and manual procedures by five radiological technologists (RTs). As a result of the comparison, the mCBFs measured on 37 left and 30 right cerebral hemispheres of 44 cases exited in the range of manual measurements of five RTs. Correlation between our methods and the five RTs for the measurements were from 0.82 to 0.93. In conclusions, the proposed method will decrease the variances among operators by the manual procedures.

Keywords medical image processing, Cerebral blood flow scintigraphy, Patlak plot method

1. はじめに

脳血流シンチグラフィは認知症の早期発見に用いられている[1]. 瀰漫性の脳血流量の低下や脳組織別の血流量の把握には大脳平均脳血流量(mean cerebral blood flow : mCBF)の算出が不可欠であり, $^{99m}\text{Tc-ECD}$ を用いた際 Patlak plot 法は低侵襲な測定法として利用されている[2, 3]. しかし測定時における関心領域(Region of interest : ROI)の設定や時間補正, 直線回帰における点選択において手動操作が存在する. そのため測定者によって結果にばらつきがあり, mCBF の再現性に問題がある. ばらつきの低減を目的とした試みは他グループでも行われている. 矢野らは健常部における血流の比較を行い, 平均絶対誤差は $3.1 \pm 2.5\%$ と報告している[4].

本研究の目的はばらつきの低減, 再現性の向上を目的とした Patlak plot 法に基づく mCBF 算出手法の開発である. 今回は関心領域の設定を行うことで mCBF の算出する半自動解析法の開発を行い, 5 名の手動による測定値との比較を 44 症例で行った.

2. Patlak plot 法

Patlak plot 法では ROI を設定後, 2つの ROI 内のカウント値の時間変化を示す時間放射能曲線(Time activity curve : TAC)の時間軸合わせを行う. 図 1 に 2つの TAC の例を示す. 時間軸合わせは TAC でピーク位置を決定し, 2つのピーク位置を揃えることで時間軸合わせを行う, それぞれ $A(t)$, $B(t)$ とし X 軸に $\int_0^t A(\tau)/A(t)$, Y 軸に $B(t)/A(t)$ の Patlak plot を行う. 得られた点群から点選択を行い, 回帰直線を作成することで測定値を得る.

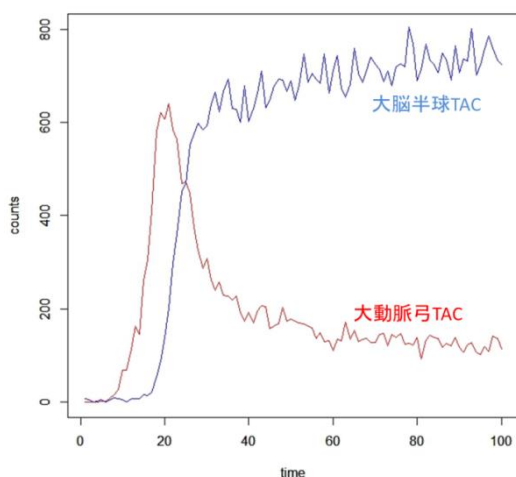


図 1 大動脈弓と大脳半球の TAC

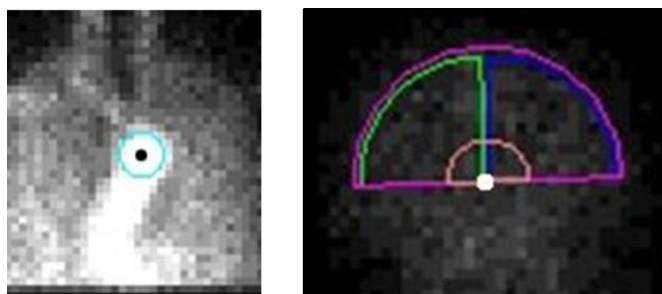


図 2 使用する大動脈弓 ROI (左), 大脳半球 ROI(右)

2.1 半自動解析法に用いる ROI

半自動解析法では ROI の設定に幾何学図形を用いる. 測定者は ROI の大きさ, 傾きを変えることで ROI を設定することができる. 図 2 に今回用いる 2つの ROI を示す.

2.2 ピーク位置の自動決定

大動脈弓の TAC は単峰性を示し, その後減少する. そのため移動平均フィルタによる平滑化を行いカウント値が最も高い位置を大動脈弓の TAC におけるピーク位置とする. また大脳半球の TAC は大動脈弓から遅れてカウント値の上昇が始まり薬剤が脳に集積後カウント値は緩やかに上昇する. ピーク位置は脳に集積し, TAC が緩やかになる位置に設定する. 本手法では指標となる座標 X を設定し, 座標 X とピーク位置の候補となる点との距離 r が最も小さい点をピーク位置として設定する. 図 3 に概念図を示す.

2.3 回帰直線作成のための点選択

点選択は候補領域を設定し行う. Patlak plot を行ったグラフの X 軸において, 15~50 の範囲にプロットされた点を用いて最小二乗法を用いて回帰直線の作成を行う.

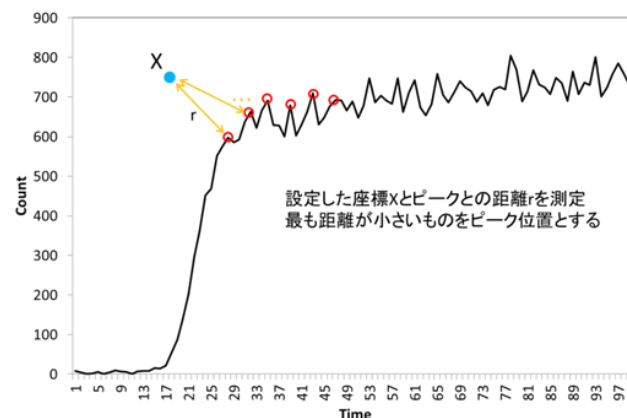


図 3 本手法による大脳半球ピーク位置決定

3. 実験

実験には 2011 年位撮影された 44 症例を用いた。手動による測定は GE 社製 Xeleris3.0 を用いて、5 年以上の経験を持つ臨床放射線技師 5 名が行った。また本手法での ROI の設定は 1 名の臨床放射線技師が行った。表 1 に今回用いた症例の男女別平均年齢、表 2 に収集条件を示す。

表 1 男女別平均年齢

	症例数	年齢(Average±SD)
男性	23	76.2±9.3
女性	21	75.9±6.9
計	44	

表 2 収集条件

使用製剤	99mTc 600MBq
収集マトリックス	128×128
Zoom	1.0
エネルギーウィンドウ	140keV±10%
コリメータ	LEHR

4. 結果

4.1. 相関係数と絶対誤差

本手法による結果と、技師 5 名の手動による結果を相関係数と平均絶対誤差を用いて比較した。

5 名の技師の測定者間の相関係数は右脳 0.87~0.95、左脳 0.84~0.92 であった。右脳における技師 5 名の手

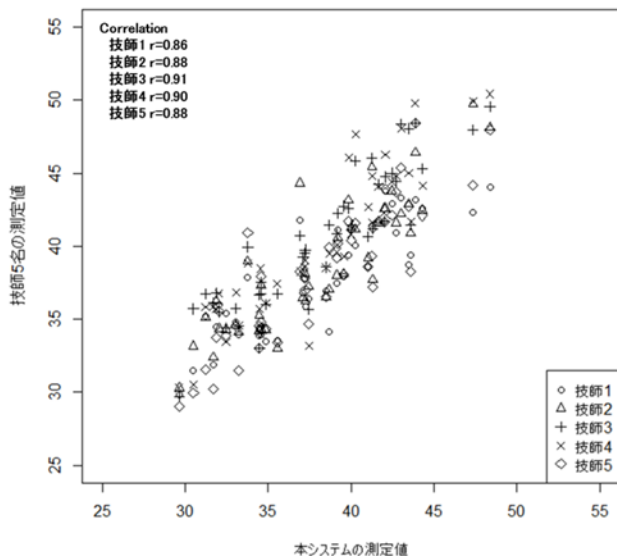


図4 相関係数右脳

動による結果と本手法による結果の相関係数を図 4 に示す。本システムと技師 5 名との相関係数は右脳 0.86~0.91、左脳 0.82~0.93 を示した。本システムによる測定値は技師 5 名の手動の測定値との間に 0.8 以上の高い相関を示し、また測定者間の相関係数に近い値を示した。

絶対誤差は右脳で最大 7.39[mL/100g/min]、最小 0.02[mL/100g/min]、平均 20.3[mL/100g/min]、左脳で最大 9.19[mL/100g/min]、最小 0.01[mL/100g/min]、平均 1.91[mL/100g/min]であった。技師 5 名の測定者間の絶対誤差は最大で右脳 9.36[mL/100g/min]、左脳 11.70[mL/100g/min]であり、本システムと測定者との測定値の絶対誤差の最大値は、測定者間の絶対誤差の最大値より小さい結果となった。

4.2. 測定者間のばらつきの幅との比較

本手法による測定値が測定者間のばらつきの範囲内に収まるか検討した。症例ごとの技師 5 名の測定結果から最大、最小を求め、本手法による測定値が最大と最小の範囲内に収まれば good、収まらなければ bad とした。その結果右脳において good は 30 症例(68.2%)、左脳において good は 37 症例(84.1%)となった。結果を図 5 に示す。右脳、左脳ともに高い確率でばらつきの範囲内に収まった。

5. 考察

本手法による測定は相関係数、平均絶対誤差、ばらつきの幅との比較から 5 名の手動による測定値に近い測定値を得ることができた。しかし絶対誤差が右脳で最大 7.39[mL/100g/min]、左脳で最大 9.19 右脳であり、図 5 の症例 6 は本手法による測定値がはずれて算出されている。本手法では ROI は大動脈弓で円、大脳半球で半円の幾何学図形を用いることで ROI の形状による測定値のばらつきの低減を目指した。そのため半円が形状として即していない場合、大きく ROI をとりすぎてしまうため本手法による測定値が小さくなったと考えられる。また ROI の設定以降の処理は自動で行っているため、精度向上が必要であると考えられる。

6. まとめ

Patak plot 法において、測定者間の測定値のばらつきが存在し、再現性が問題となっている。本手法では、ROI に幾何学形状を利用、また ROI 設定後の処理を自動で行うことでばらつきの減少を目指す半自動解析法の開発を行った。本手法による測定値は 5 名の手動による測定値と高い相関を示し、絶対誤差は最大で右脳 7.39[mL/100g/min]、左脳 9.19[mL/100g/min]であり、測

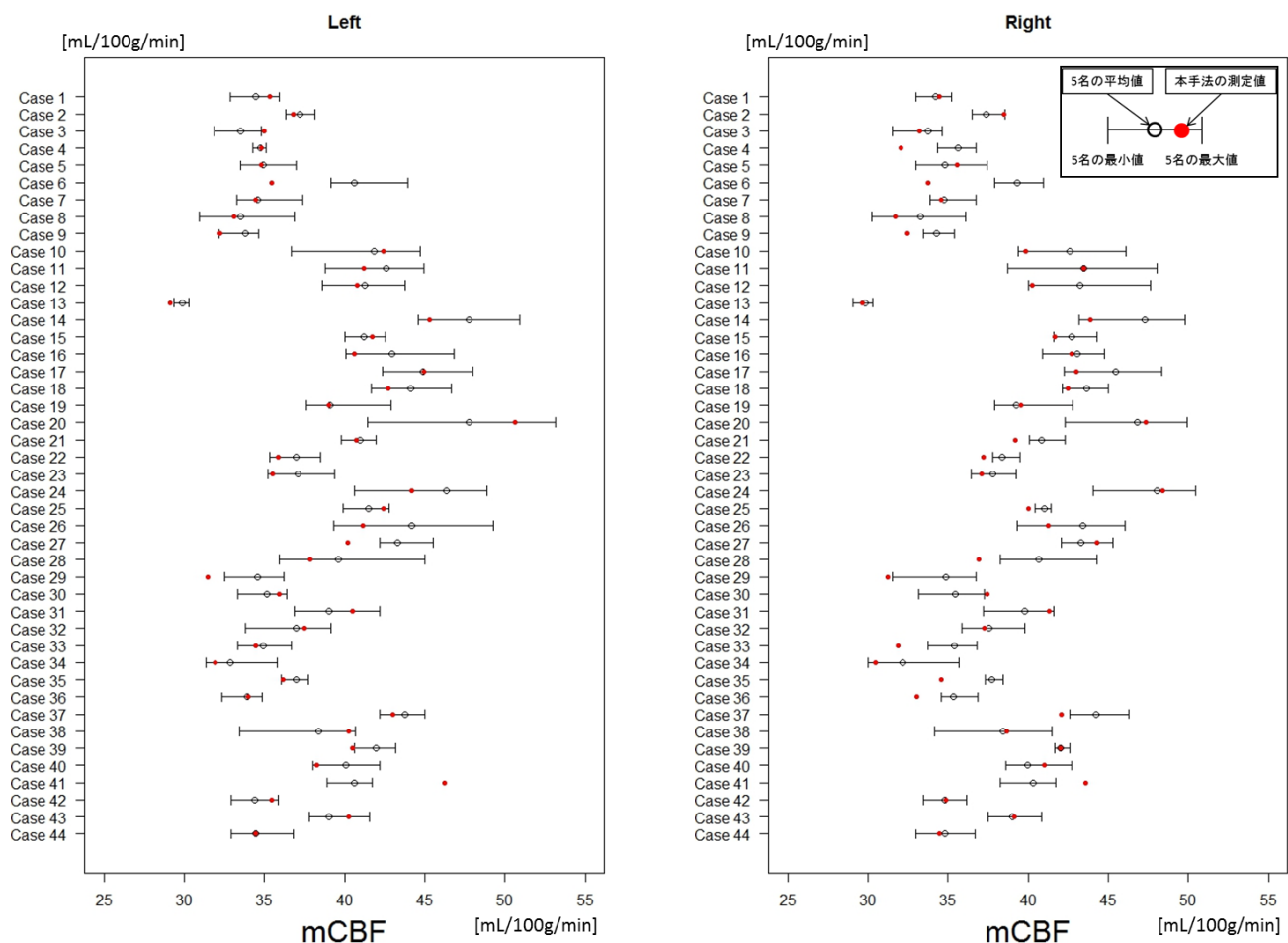


図 5 技師 5 名の症例ごとのばらつきと本手法による測定結果(左:左脳, 右:右脳)

定者間の絶対誤差の最大値より低い結果となった。また右脳 30 症例(68.2%), 左脳 37 症例(84.1%)で測定者間のばらつきの範囲内に収まった。本手法による測定値は技師 5 名の測定値に近い妥当な測定値が得られた。本解析法が実際に測定者間の測定値のばらつきの低減に有用であるか今後の検討課題とする。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(新学術領域研究 26108005)により行われました。

文献

- [1] 小出百合, 林俊宏, 岩田淳 : 認知症の画像診断, *Japanese Journal of Neurosurgery*, 22(7), 525-531, 2013
- [2] 本田勝敏, 伊藤公一, 山下明廣, ほか:^{99m}Tc-ECD を用いた Patlak plot 法による脳血流量の基礎的

検討, *IMP 持続採血法での血流値換算について*. 映像情報 28:87-91,1996

- [3] 仁井田秀治:脳血流 SPECT を用いた各種定量法の実践 臨床使用上の注意点を中心に, *日本放射線技術学会雑誌*, 58(5), 640-650, 2002
- [4] 矢野今朝人, 宮坂 正, 佐藤 誠:自動化 Patlak plot 法の開発と臨床例における検証, *日本核医学技術学会誌*, 63(2), 247-256, 2007