原著

脳血液量計測の検討

町田啓一・大津元春・中野秀治

東邦大学医学部附属大森病院中央放射線部

論文受付
2003年6月11日論文受理
2003年10月6日

Code No. 251

緒言

X線CTの性能が向上したことにより、画像診断装置として本来X線CTが得意としていた形態描出能の正確さは当然のこととして、一方で機能描出の可能性への期待が高まっている。非イオン性造影剤を急速注入するperfusion CTによる脳血液量[cerebral blood flow (ml/100g/min)以下CBF]計測に関しての研究が近年増加しつつあることも、これを裏付けているといえよう。当院においても重大な脳血流障害の発生が予測される症例に対して、最大傾斜法によるperfusion CTにより血流動態評価を行ってきたが、近年は非放射性キセノン吸入によるxenon inhalation computed tomography(以下Xe CT)によるCBF計測をもあわせて行い、双方のCBF値に対する評価を行うとともに、診療側には症例

の現在の病態に関する有益な情報を提供してきた。しかし、より詳細な情報提供、特にその予後判定のためには脳血液量[cerebral blood volume(%), 以下CBV]の計測も重要であるとの印象を持った。そこで今回、Xe CTによって得られるCBFの値にperfusion CTによって得られる血液通過時間(transit time, 以下TT)を乗じて求められるCBVの値が予後をどのように反映しているのかを検討したので報告する。

1. 方法

Xe CTは30%非放射性キセノン4分吸入、5分洗出し法で行った¹⁾。ただし今回の検討に際しては重度の脳血流障害例が多く、呼吸管理が必要なことから、Fig. 1に示すように人工呼吸器を介在したキセノン吸

Investigation of Cerebral Blood Volume Measurement

KEIICHI MACHIDA, MOTOHARU OOTSU, and HIDEHARU NAKANO

Department of Radiology, Toho University Oomori Hospital

Received June 11, 2003; Revision accepted Oct. 6, 2003; Code No. 251

Summary

PURPOSE: Cerebral blood flow (ml/100g/min) (CBF) and cerebral blood volume (%) (CBV) were determined in 102 patients (68 men and 34 women; average age, 55.6 years) with diagnostic cerebral blood flow accident. **METHODS:** CBF was obtained by xenon inhalation computed tomography (Xe CT) and transit time (TT) by perfusion CT. CBV was calculated under the expression $CBV = CBF \times TT$. The patients were divided into three categories: mild (outpatient), moderate (inpatient), and serious (dead), and CBF and CBV were compared between categories. **RESULTS:** On regions of interest (ROI) in the thalamus, the value for mild cases was 58.8 ± 10.4 ml/100g/min (CBF) and that for moderate cases was 40.2 ± 19.4 , a significant difference. In serious cases, CBV was decreased in the thalamus, but there was no difference in CBF between mild and moderate cases. **CONCLUSION:** CBV was useful for determining prognosis in severe cases of diagnostic cerebral blood flow accident.

Key words: Cerebral blood volume, Cerebral blood flow, Xenon inhalation computed tomography (Xe CT), Perfusion computed tomography (Perfusion CT)

別刷資料請求先: 〒143-8541 東京都大田区大森西6-11-1
東邦大学医学部附属大森病院 中央放射線部 町田啓一 宛

入システムをメーカーに開発していただき、これを使用した²⁾。データ収集条件は120kV, 200mA, 1秒スキャン, 9分, 10スキャンで終了した。引き続き行ったperfusion CTは非イオン性造影剤イオメプロール300を用い, 30mlを9ml/secで急速注入した^{3, 4)}。データ収集条件は120kV, 200mA, 1秒スキャンであり, 30秒, 20スキャンで終了した。これらの時系列データを安西メディカル社製のXe CT, perfusion CT解析システムに転送しXe CTからはCBFを, またperfusion CTからはTTを算出した。CBVは次式

$$CBV = CBF \times TT$$

により求めた。ここで今回の検討に使用した機器一覧をTable 1に示す。

CBFとCBVを計測した部位は大脳半球, 前大脳動脈支配領域, および視床部分とした。計測部位をFig. 2に示す。こうして得られたCBFとCBVを, その予後を基準としてmildな症例群32例, moderateな症例群45例, そしてseriousな症例群25例に分けて検討した。ここでmildな症例群とは外来通院症例, または当院を退院後, 当院に外来通院されており, 継続的に外来でfollowしている症例である。またmoderateな症例群とは本検査実施後6カ月を経て, 当院または他院に入院加療をしておられる方々である。さらにseriousな症例群とは当院で死亡された方々である。

2. 対象

検討対象は2001年2月から2003年5月までに当院CT室で本方法を実行し得た102例である。対象症例の平均年齢は 58.2 ± 16.2 歳, 男性68例に対し女性34例であった。その内訳を主病名とともにTable 2に示す。

3. 結果

計測結果をTable 3に, またt検定により平均値の有意差検定を行った結果をFig. 3, 4に示す。Fig. 3に示すようにmild群とmoderate群では大脳半球と視床部分のCBFの平均値に有意な差がみられたがserious群との間には有意な差はみられなかった。CBVについてはFig. 4に示すようにmoderate群とserious群で視床部分

Fig. 1 Measurement system. Static xenon gas was supplied by an artificial respiration system.

Fig. 2 ROI in hemisphere, territory of anterior artery and thalamus.

に有意な差がみられた。ここでこの視床部分でのCBVを算出するためのCBFとTTの相関を見ると, Fig. 5に示すようにmild群では相関がみられないのに対し, serious群では5%危険率で有意な負の相関が認められた。Fig. 6にmild群の例として局所的脳梗塞例の単純

Table 1 Instruments used for measurement and contrast medium

X-ray CT equipment	Xvigor	Toshiba medical Inc.
Xenon inhalation system	Az-725	Anzai medical Inc.
Power injector	Auto enhanceA-50	Nemoto kyourindou Inc.
Blood flow analyze system	AZ-700W	Anzai medical Inc.
Contrast media	Iomeprol 300	Eizai Inc.
Static xenon gas	Xenon cold	Anzai medical Inc.

Table 2 Detail of 102 cases.

Mild cases	
Subarachnoideal hemorrhage	11
Cerebral infarction	9
Intracranial hemorrhage	3
Arterial stenosis	3
Subdural abscess	2
Headach	2
Others	2
Moderate cases	
Subarachnoideal hemorrhage	18
Intracranial hemorrhage	9
Cerebral infarction	5
Cerebral contusion	4
Subdural hematoma	2
Others	7
Serious cases	
Subarachnoideal hemorrhage	10
Hypoxia	6
Intracranial hemorrhage	3
Others	6

Table 3 Results of CBF and CBV for hemisphere, territory of anterior artery and thalamus.

CBF (ml/100g/min)			
	hemisphere	territory of anterior artery	thalamus
mild	34.4±10.4	29.5±9.5	58.8±22.3
moderate	25.9±10.5	23.7±11.7	40.2±19.4
serious	23.7±9.2	20.0±7.0	33.5±15.4
CBV (%)			
	hemisphere	territory of anterior artery	thalamus
mild	3.9±1.4	4.4±1.2	6.4±2.9
moderate	3.1±1.3	2.7±1.4	4.86±2.6
serious	2.7±0.9	2.5±0.7	3.98±1.4

Fig. 3 Result of CBF measurement. In the thalamus, CBF was significantly higher in mild cases than moderate ones.

Fig. 4 Result of CBV. In the thalamus, CBV was significantly higher in moderate cases than in serious ones.

Fig. 5 In serious cases, CBF and TT were negatively correlated, but no such correlation was found for mild cases.

Fig. 6 Plain CT, CBF map, and CBV map of a mild case (56-year-old male, cerebral infarction).

Fig. 7 Plain CT, CBF map, and CBV map of a serious case (78-year-old female, subarachnoid hemorrhage).

CT, CBF map画像, CBV map画像を, またFig. 7にはserious群の例としてクモ膜下出血例の単純CT, CBF map画像, CBV map画像を示す。

4. 考 察

重大な脳血流障害が発生したことが予想される症例に対するX線CT検査の役割は, 血流障害によって発生することが予測される脳浮腫などの形態的变化観察であり, したがって臨床症状の説明データであったとい

える。CTでその変化が認められた段階では, すでに脳浮腫が発生しているということであり, 換言すれば病態変化が機能変化を起し, その機能変化によって発生する形態的变化を描出していたことになる。しかしCTの性能が向上したことで形態変化が観察可能となる前の段階での機能的変化についてもデータの供給が可能になってきた。当院でもこれら重篤な脳循環障害例に対し, Xe CTとともに最大傾斜法を用いたperfusion CTを行い¹⁾, 症例の脳血流状態に対して有効な

データを提供してきた。しかし臨床側にとっては現状とともに予後に対する何らかの情報を必要とする社会的環境でもある。今回のCBVに関する検討では視床部分でのCBVに有意な平均値の差がみられた。Nabaviらはクモ膜下出血発生後の経時的なCBV計測で、一過性にCBVが増加していることを認めており^{5, 6)}、重大な脳血流障害発生時に血流量を確保するようauto regulation systemが機能していると思われる。また荒木らはCBVの値により脳循環傷害の程度を知ることができることを示唆している⁷⁾。今回のわれわれの検討では経時的計測は行っていないのでCBVが増加している過程は確認できないが、moderate群とserious群での視床部分に差があり、この部分のCBVが少ない場合、予後が極めて重大な結果となったことから、より正確な予後評価にはCBFとともにCBVの計測が必須であろうと考えられた。またCBV算出の基となるCBFとTTの値にserious群に負の相関があり、これがmild群ではみられないことは、CBFが低下した場合にはTTを遅延させることによりCBVを確保しようとしているという何らかの作用の表れとも考えられて興味深い。今後この血流量と通過時間をより子細に検討することで、延命効果に関係する知見を得ることも可能だと思われる。CBV算出のためのCBFの計測方法としてはperfusion CTによる方法もあるが、当院での経験によると重篤な症例ではXe CTによるCBFの値との相関が悪くなることを経験しており¹⁾、ここではXe CTのCBF値を用いた。Xe CTによるCBFの計測は手技的に煩雑ではあるが特に急性期の脳血流のメカニズムを知るう

で極めて有用であろうと思われる。

5. 結 語

脳循環障害の発生が予測される102症例に対しXe CTとperfusion CTを行い、それぞれから得られるCBFとTTからCBVを算出し、予後の予測に対するCBV計測の有用性を検討した。比較的軽度な症例と中程度の症例間ではCBFの値がその予後判定に有効だったのに対し、重度例ではCBFに有意な差がなく、むしろCBVに有意な差が存在した。重篤な脳血流障害の発生が予測される症例に対してはCBVの計測が予後予測に有効であろうと思われた。また重症例ではCBFとTTの間に負の相関が認められた。しかしXe CTは有効な方法ではあるが操作が煩雑であり、検査時間も多くを必要とすることから汎用性に難点があり、今後はperfusion CTによるCBV計測も視野に入れて検討を進める必要があると思われる。

謝 辞

今回の検討に際し、計測原理的なアドバイスをいただいた安西メディカル株式会社 佐瀬 茂氏に深謝するとともにシステムを構成していただいた安西メディカル株式会社技術部門の方々に感謝する。また臨床上の考察に助言をいただいた当院救命救急センタの本多副部長に感謝する。

なお本研究の概要は日本放射線技術学会第30回秋季学術大会(松江市)で発表した。

参考文献

- 1) 町田啓一, 中野秀治: Perfusion CTとXe-CTによる脳循環血流量の比較検討. 日放技学誌, 59(2), 302-308, (2003).
- 2) 市川浩司, 町田啓一, 島田 豊, 他: 非放射性キセノン吸入法による低体温療法時の脳血流変化計測の検討. 日放技学会東京部会誌, 86, 37-40, (2003).
- 3) Koenig M, Klotz E, Luka B, et al.: Perfusion CT of the brain: Diagnostic approach for early detection of ischemic stroke. Radiology, 209, 85-93, (1998).
- 4) 町田啓一, 大橋直樹, 中野秀治: 脳Perfusion CTにおける造影剤注入条件の検討. 日放技学誌, 58(7), 962-966, (2002).
- 5) Nabavi DG, LeBlanc LM, Baxter B, et al.: Monitoring cerebral perfusion after subarachnoid hemorrhage using CT. Neuroradiology, 43, 7-16, (2001).
- 6) Grubb DL, Raichle ME, Eichling JO, et al.: Effects of subarachnoid hemorrhage on cerebral blood volume, blood flow, and oxygen utilization in humans. J Neurosurg, 46, 446-453, (1977).
- 7) 荒木有三, 古市昌宏, 野倉宏晃, 他: Perfusion CTによる脳循環動態評価法の検討. 脳神経, 54(7), 581-588, (2002).

図表の説明

- Fig. 1 今回使用した計測システム
人工呼吸器を介して非放射性キセノンを供給した。
- Fig. 2 計測部位
大脳半球, 前大脳動脈支配領域, 視床。
- Fig. 3 CBF計測結果
視床部分においてmild群とmoderate群の平均値に有意な差があったが, serious群とは有意な差を認めなかった。
- Fig. 4 CBV計測結果
視床部分でmild群, moderate群, serious群, それぞれに有意な平均値の差が認められた。
- Fig. 5 CBFと通過時間TTの相関
Mild群では相関は認められないがserious群では負の相関が認められる。
- Fig. 6 Mild群の例の単純CT, CBF map, CBV map. 56歳男性, 脳梗塞。
- Fig. 7 Serious群の例の単純CT, CBF map, CBV map. 78歳女性, クモ膜下出血。

Table 1 今回使用した機器, 造影剤

Table 2 症例の内訳

Table 3 計測結果