



Title	Dynamic CTによるCerebral Peak Time Mappingの脳血管障害への応用と臨床的有用性
Author(s)	荒木, 裕; 細木, 拓野; 森, 茂 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1986, 46(3), p. 445-452
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20012
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Dynamic CT による Cerebral Peak Time Mapping の 脳血管障害への応用と臨床的有用性

大阪労災病院放射線科

荒木 裕 細木 拓野 森 茂

大阪大学医学部放射線医学教室（主任：小塚隆弘教授）

河 合 隆 治 御 供 政 紀

大阪労災病院脳神経外科

狩 野 光 将

（昭和60年8月27日受付）

（昭和60年10月28日最終原稿受付）

Cerebral Peak Time Mapping Using Dynamic CT

Yutaka Araki*, Takuya Hosoki*, Shigeru Mori*, Ryuji Kawai**,
Masanori Mitomo** and Mitsumasa Kano***

*Department of Radiology, Osaka Rosai Hospital

**Department of Radiology, Osaka University Medical School

(Director: Prof. Takahiro Kozuka)

***Department of Neurosurgery, Osaka Rosai Hospital

Reserach Code No. : 503.1

Key Words : Dynamic computed tomography, Time density
curve, Cerebrovascular occlusive disease

The information of the cerebral blood flow distribution is of great importance in evaluating prognosis and determination of surgical indication of patients with cerebrovascular occlusive disease.

For the qualitative analysis of regional blood flow distribution of the brain, the author designed special image processing using dynamic CT. Dynamic CT was performed with Varian-V-360-3 CT scanner, which makes it possible to acquire accurate time dilution curves, because of having no interscan delay time. The time density curve was made from each matrix of the CT image and the cerebral peak time map was obtained by displaying each peak time on CT image in color.

With this mode, six patients with cerebrovascular occlusive disease were examined. The peak time was prolonged in the area with impaired blood supply due to occlusion of the cerebral vessels.

The examination seems to be simple to perform and can add further information to the conventional CT examination.

I. 緒 言

脳血管障害例に於いて、局所脳循環動態を明らかにできれば、予後や血管吻合術適応の判断に重要な情報をもたらすことになる。

局所脳循環測定を試みは、核医学領域を中心と

して多数の報告がみられるが、各々一長一短があり、臨床的一般化を妨げてきた^{1)~18)}。

我々は、正確、簡便に局所脳循環動態を知る目的で、Dynamic CT の時間濃度曲線から peak time に着目、cerebral peak time map を考案し、

Table 1 Neurological signs, Radiological findings and Results of Cerebral peak time map on cerebrovascular occlusive disease

Case	Age	Sex	Disease	Neurological sign	CT findings	Angiographical findings	Results of cerebral peak time map
1.	8	F	Moyamoya Disease	Transient left hemiplegia	no remarkable findings	Occlusion of C ₁ of rt-ICA, A ₁ of rt-ACA, M ₁ of rt-MCA, A ₁ of lt-ACA. Stenosis of M ₁ of lt-MCA. Abnormal vascular network in the portion of bil. basal ganglia	Peak time was prolonged in the anterior territory of rt-MCA.
2.	52	M	Lt-ICA occlusion	Transient right homonymous hemianopsia	Partial lt-occipital infarction	Occlusion of proximal portion of lt-ICA	Peak time was prolonged in the entire left hemisphere.
3.	56	F	Lt-ICA occlusion	Transient loss of consciousness	Partial lt-parietal infarction	Occlusion of proximal portion of lt-ICA	Peak time was prolonged in the entire territory of lt-MCA.
4.	59	M	Rt-MCA occlusion Basilar artery stenosis	Transient left hemiplegia and dysarthria	Lt-occipital lacunar infarction	Occlusion of branches of rt-MCA. Stenosis of terminal seg. of rt-ICA and Basilar artery	Peak time was prolonged in entire bil. occipital lobe and a part of rt-temporo-parietal lobe and rt-basal ganglia.
5.	68	M	T.I.A.	Transient right hemiplegia	no remarkable findings	no abnormal findings	Inhomogeneous distribution in peak time in entire left hemisphere
6.	67	M	Rt-ICA occlusion	Transient left hemiplegia	Rt-temporo-occipital lacunar infarction	Occlusion of terminal seg. of rt-ICA	Peak time was prolonged in the territory of rt-MCA and bil. PCA.

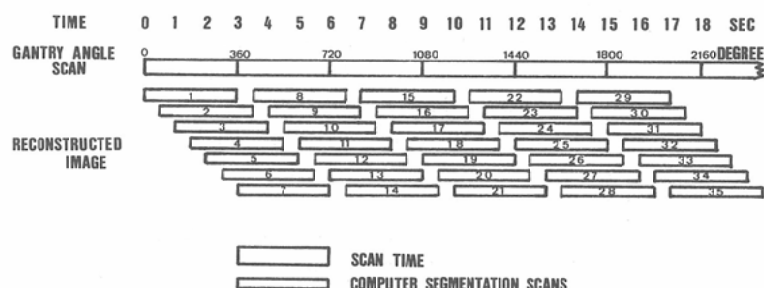


Fig. 1 The diagram of our rapid sequential research scan made with Varian-V-360-3 CT scanner having no interscan delay time. Scan time is 3 sec and consecutive 16 scans can be made in 48 sec. Overlapped segmentation scans are reconstructed at 0.5 sec interval using computer program.

6症例の脳血管障害例 (Table I) に適用したところ、脳血管連続撮影所見との関連に於いて、脳循環障害部位を明瞭に示し得たので報告する。

II. 方法及び対象

用いたCT装置は、Varian-V-360-3 CT scannerで、機構上 tube が同一方向のみに回転し recycle time が無いため連続した dynamic data を得ることができる。

dynamic scan 面は原則として、前交連、後交連を通る横断面として、肘静脈より65% meglumine amidotrizoate 50cc を3.5kg/cm²の圧で自動注入器により注入し、注入開始と同時に scan を開始

し、連続して48秒間16scan を撮影した。これらの生データから初めの21秒間7scan を用い、computer program により画像間の重なりを許し、1画像3秒間の再構成画像を0.5秒間隔で37枚作成した (Fig. 1)。

これらの画像を、一辺0.94~1.18cm の正方形の pixel に分割し、それぞれについて時間濃度曲線を描き、その曲線の peak time をカラー表示することにより、cerebral peak time map を作成した。

対象とした脳血管障害患者のうち、一過性の脳神経症状で発症し、通常CT検査では、ほとんど

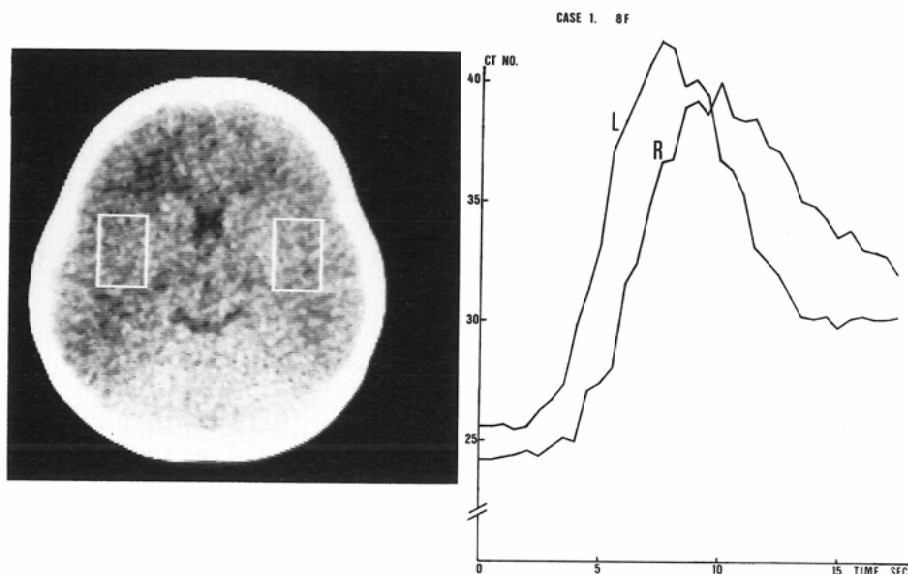


Fig. 2 Case 1. 8-year-old girl with Moyamoya disease. Time dilution curves in bilateral middle cerebral artery distribution were made by plotting the change in CT number over 0.5sec interval. Difference in peak time between right and left hemispheres is 2.5sec.

異常を発見できず, cerebral peak time map で初めて異常を指摘し得た 4 症例を検討した (Table I). これらを脳血管撮影像と比較することにより, cerebral peak time map の意義を考察した.

III. 症 例

〔症例 1〕 8 歳女児, モヤモヤ病.

頭痛, 一過性左上下肢麻痺で発症. 単純及び造影 CT では異常を認めなかった. 前述の方法で Dynamic CT を施行し, 左右の側頭葉を中心とした中大脳動脈灌流域で時間濃度曲線を描くと, 右中大脳動脈灌流域では, 左に比べ 2.5 秒の位相の遅れが明らかになった (Fig. 2).

Fig. 3 に示す cerebral peak time map で, 右前頭葉の中大脳動脈灌流域における peak time の遅れが認められる.

脳血管撮影で, 右内頸動脈は C₁ 部で完全閉塞し, 同側前大脳動脈 A₁ 部, 中大脳動脈 M₁ 部は造影されず, 右中大脳動脈末梢部はモヤモヤ血管を介して造影されたが前頭葉枝は側副循環が少く, 造影が不十分であった. 右前大脳動脈は, 椎骨動脈系より後脳梁動脈を介して逆行性に造影され,

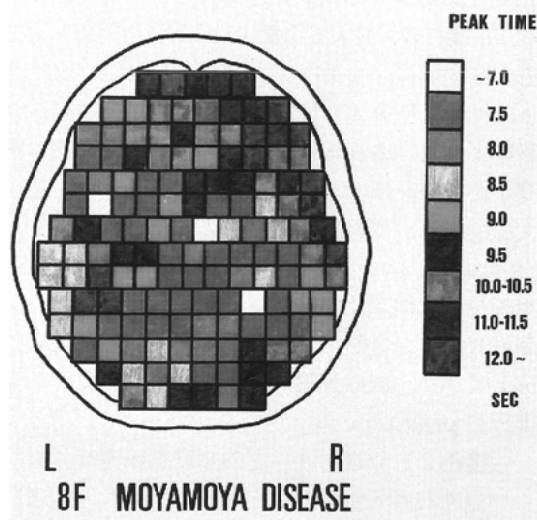


Fig. 3 Case 1. Cerebral peak time map. Color values ranged from white/red to blue/purple indicating longer peak time. This map showed the prolongation of peak time in anterior part of the territory of right middle cerebral artery, indicative of impaired blood supply in that region.

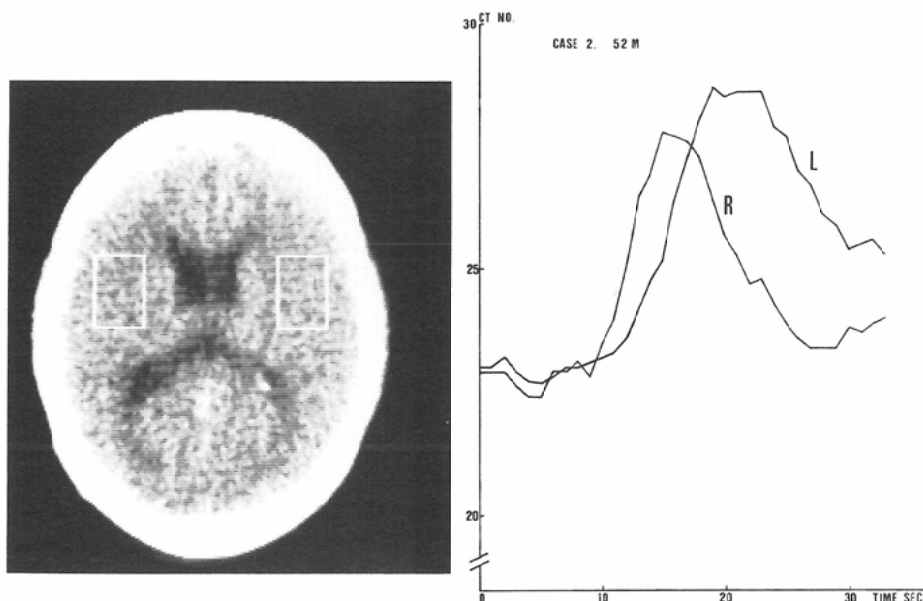


Fig. 4 Case 2, 52-year-old male patient with left internal carotid artery occlusion. Time density curves in bilateral hemispheres revealed a time lag at as much as 4 sec.

右後大脳動脈は同側後交通動脈を介して造影される。左側では、前大脳動脈 A_1 部が完全閉塞し、左前大脳動脈は、モヤモヤ血管を介した側副血行路と、椎骨動脈系より後脳梁動脈を介した側副血行路により造影される。左中大脳動脈は、 M_1 部に狭窄があるが、ほとんど順行性に造影された。左後大脳動脈は、椎骨脳底動脈系より正常に造影された。このように、peak time が遅れた部分は、中枢側動脈に閉塞性機転があり、側副血行路が少なく、脳血管撮影で造影が不十分となっている部分と対応していた。脳血管撮影で正常に造影されている部分の peak time は一定であった。

〔症例 2〕52 歳男性，左内頸動脈閉塞症。

一過性右同名性半盲，失語症にて発症。通常 CT 検査では，左後頭葉の一部に梗塞巣を認める他は異常を認めなかった。dynamic CT を施行し，左右の中大脳動脈灌流域を関心領域とした時間濃度曲線を比較すると，左側の peak time が 4 秒遅れていた (Fig. 4)。

この症例の cerebral peak time map を作成すると，左中大脳動脈灌流域を中心とした左半球全

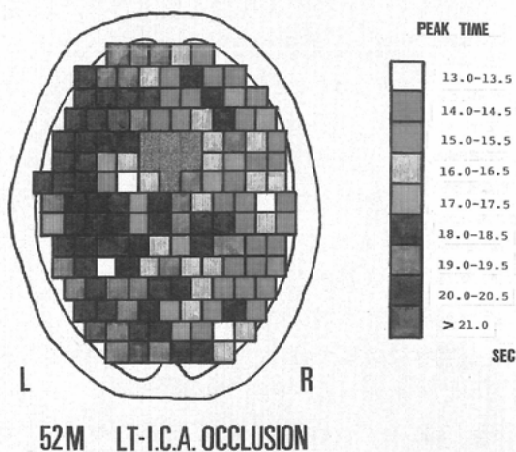


Fig. 5 Case 2. Cerebral peak time map. The map showed obviously that peak time was prolonged inside the left whole cerebral hemisphere, suggestive of delayed cerebral perfusion on that hemisphere.

体の peak time の遅れが明らかになった (Fig. 5)。

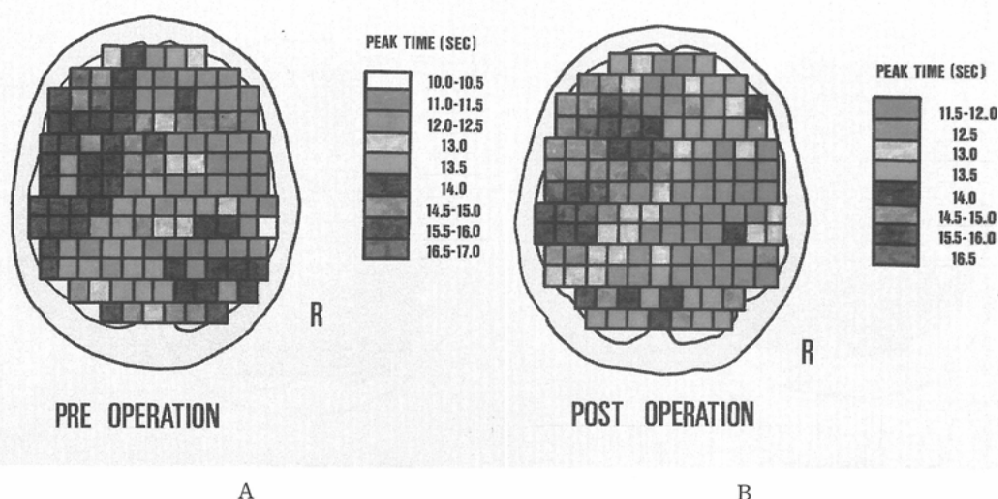


Fig. 6 Case 3. 56-year-old woman with left internal carotid occlusion. A. Cerebral peak time map before superficial temporal artery-middle cerebral artery anastomosis. Peak time was prolonged in the territory of left middle cerebral artery. B. Cerebral peak time map after anastomosis. This map revealed little change when compared to the map before operation.

脳血管撮影で、左内頸動脈分岐直後の完全閉塞が確認された。左中大脳動脈は、椎骨脳底動脈系より Willis ring を介して造影された。左前大脳動脈は左外頸動脈系より側副血行路を介して造影され、左後大脳動脈は中枢側に閉塞があり、末梢部は hypovascular であった。右半球の全動脈系は、順行性正常に造影された。このように左半球には血管造影上、側副循環によって十分に造影される部分と側副循環が不十分な部分を含んでいる。これらはいずれも peak time の遅れを示していたが、前者は arrival time の遅れによるものと考えられる。従って peak time の遅れは、脳血流量をそのまま反映するものではないが、動脈中枢側の狭窄や閉塞を示唆する所見である。一方脳血管撮影で正常に造影された右半球の peak time は一定であった。

〔症例 3〕56 歳女性、左内頸動脈閉塞症。

一過性意識消失発作にて発症。通常 CT 検査では、左頭頂葉の一部に梗塞巣と思われる低吸収域を認める他は、異常がなかった。dynamic CT による cerebral peak time map では、左前頭側頭葉の中大脳動脈灌流域に一致して peak time の

遅れる部分を認めた (Fig. 6A)。

脳血管撮影では、左内頸動脈が分岐部で閉塞し、外頸動脈系より左眼動脈を介して、左内頸動脈サイフォン部、左前大脳動脈、左中大脳動脈が造影される。しかし左中大脳動脈領域は、造影が不十分で、peak time の遅れる部分と一致した。一方、右半球は、順行性正常に造影された。

この症例は、左内頸動脈閉塞症と診断され左浅側頭動脈—中大脳動脈吻合術が施行された。Fig. 6B は、術後の cerebral peak time map を示す。術前の peak time map と比較し、あまり変化がない。

術後の脳血管撮影では、左浅側頭動脈の造影が不十分で、脳内の血流動態はほとんど改善していないことがわかった。

以上、脳血管撮影の所見より、peak time が遅れた部分の支配動脈中枢側の閉塞が確認された。術前術後の血流動態が変わらない場合、peak time map も変化を示さなかった。

〔症例 4〕59 歳男性、右中大脳動脈閉塞症及脳底動脈狭窄症。

頻発する一過性脳虚血発作のために来院。通常

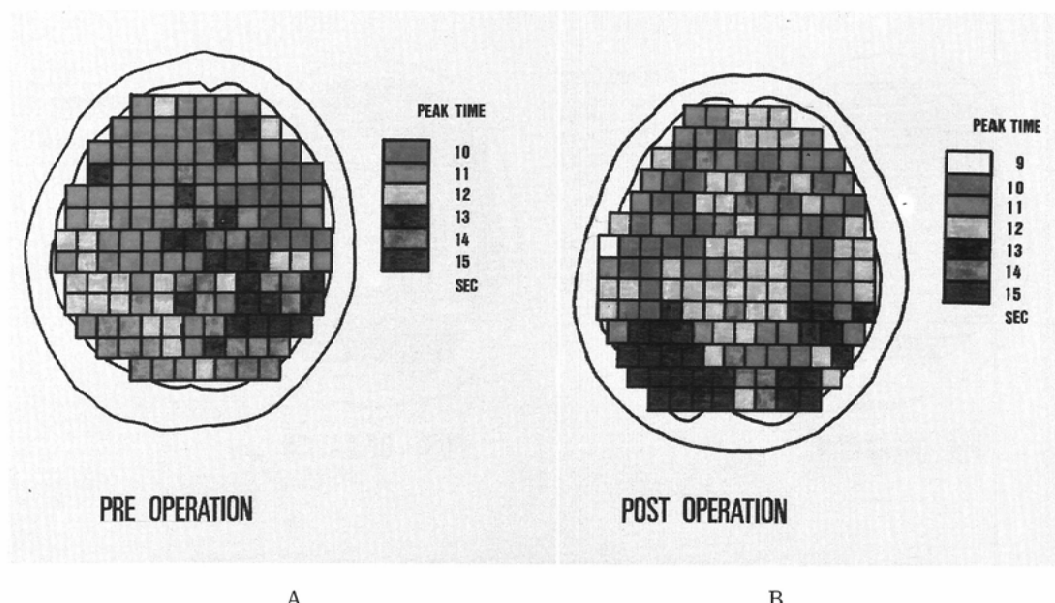


Fig. 7 Case 4. 59-year-old man with right middle cerebral artery occlusion and basilar artery stenosis. A. Cerebral peak time map before operation. This map revealed that peak time in bilateral occipital lobes, right temporoparietal lobe and right basal ganglia was prolonged. B. Cerebral peak time map after operation. This map showed that the prolongation of peak time in the right temporoparietal lobe and basal ganglia was improved.

CT 検査では異常を認めない。dynamic CT を施行し、cerebral peak time map を得た (Fig. 7A)。この map では、両側後頭葉全体と右側頭葉後部から頭頂葉にわたる部分、及び大脳基底核部にそれぞれ peak time の遅れを認めた。

脳血管撮影では、右内頸動脈のサイフォン部に狭小化があり、中大脳動脈の角回動脈及び一部の脳半球枝に閉塞を認めた。脳底動脈には狭窄があり、両側後大脳動脈支配領域への明らかな側副循環は認められなかった。

cerebral peak time map で peak time が遅れた部分の支配動脈中枢側の閉塞性機転が確認された。

この症例は、右内頸動脈狭窄症、右中大脳動脈閉塞症及び脳底動脈狭窄症と診断され、右浅側頭動脈—中大脳動脈吻合術が施行された。

Fig. 7B は、術後の cerebral peak time map を示す。術前の map と比較し、右側頭頭頂葉と右大脳基底核部の peak time の遅れは改善したが、両

側後頭葉では、peak time は遅れたままである。

術後の脳血管撮影により、右中大脳動脈の側頭葉枝の血流が改善していることが確認された。

IV. 考 察

局所脳血流動態を知ることは、脳の器質的機能的障害を正確に把握し、脳血管障害患者の予後や、吻合手術の適応を判断するために重要である。その方法として、現在までに Positron emission CT (PET) や Single photon emission CT (SPECT) による核医学的診断法¹¹⁻⁹⁾と、ヨード系造影剤か非放射性Xeガスを用いX線CTにより、dynamic study を行なう方法が知られている。

PET は局所脳血流量だけでなく、酸素、ブドウ糖、化学伝達物質等の脳代謝を定量的に画像表示できるので、病態生理の解明にも有用である等、数々の利点があり、SPECT は PET に比べ比較的容易に局所脳血流量を定量的に求められることが利点とされる¹¹⁻⁹⁾。反面、空間分解能がX線CTやMR-CT に比べ原理的に劣る、scan time が長く、

大がかりな装置を必要とし cost が高すぎる等の短所があり、核医学的診断法は、臨床の一般化が妨げられてきた⁵⁾⁷⁾⁸⁾¹⁰⁾。

非放射性的Xeガスを吸入させ、X線CTによるdynamic studyで局所脳血流量を測定する方法は、X線CTがある施設なら、どこでもできる利点があるが、測定値の再現性が低いことや、高濃度のXeガスを吸入することによる脳血流の変動の問題など、未解決の点が少なくない。Xeガスの体組織への溶解率も低く長時間高濃度のXeガスを患者に吸入させる必要があり、患者に麻酔作用を起こさせる欠点もある。またXeガスが高価であることなど、臨床応用には問題が多い⁸⁾¹⁰⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。

ヨード系造影剤を用い、X線CTによるdynamic studyで局所脳血流の状態を検索する方法は、空間分解能も良く、手技が簡単で、患者の負担も少なく、costが安いという長所がある^{12)~10)18)}。しかし大部分の装置では、機構上の制約のため、収集データが不十分で、正確な時間濃度曲線が得られず再現性も乏しいので、同一症例内の相対的比較にのみ意味があり、本質的に局所脳循環の数量的評価ができないことが大きな欠点とされていた^{7)12)~15)18)}。

我々は、空間解像力の優れたX線CTの長所を生かし、interscan delay timeの無いVarian-V-360-3 CT scannerの特徴を利用して、局所脳循環の障害部位を定性的ではあるが簡便、正確に知る方法として、ヨード系造影剤によるX線CTのdynamic studyに着目し、その時間濃度曲線のpeak timeをindicatorとするcerebral peak time mapを考案した。

本研究は、同一症例の健常脳組織であれば灰白質を問わず、peak timeは一定であるという仮説から出発したが、脳血管造影上、順行性に正常に造影された部分は、cerebral peak time mapで、peak timeがほぼ一定であることが証明された。Heinz¹²⁾らは、我々同様、X線CTによるdynamic studyでは、健常脳組織であれば灰白質、白質の別なく、各々の時間濃度曲線の形は異なっても、peak timeは一致すると述べている。このことの理由としては、脳内血流自動調節能による脳内血

流の恒常性に起因すると考えられる。

一方、peak timeが遅れた部分は、脳血管造影により、その支配動脈中枢側の閉塞性機転が証明された。これらの部分は、今回の4症例ではCT上異常がないので、器質的障害は免かれていると考えられるが、血流を側副血行路より受け、血流供給が不安定になっていると解釈できる。また、術前術後の比較で、peak timeが改善した部分は、脳血管造影上吻合術により、造影が改善した部分と一致していた。このことは、cerebral peak time mapが、吻合手術の目的とする部分と、手術により血流が改善した部分を、CT画像上に示し得たことになるので重要である。

peak timeの遅れる要因として、(1)組織に器質的障害は無いが、支配脳血管に閉塞性機転があり、血流が側副血行路により保われている場合。(2)組織に器質的障害はないが、支配脳血管に閉塞性機転があり、側副血行路による血流が不十分で、局所脳血流量が低下している場合、(3)組織に器質的障害があり血液脳関門が破壊された場合。(4)関心領域内に静脈洞等の静脈成分が多く含まれた場合が考えられる。

(1)の場合は、arrival timeの遅れがpeak timeの遅れの主因となり、症例(2)が当てはまる。他の3症例は、(2)の場合に含まれると思われる。(3)の場合は、通常CT検査で診断できるので問題はない。

以上、peak timeを指標としたcerebral peak time mapは、脳血管に閉塞性機転があれば、鋭敏に感知できることが証明された。我々の方法は、局所脳血流量を評価できないことが欠点とされるが、簡単に施行でき、空間分解能も良いCT画像上で脳血流障害部位を敏感に探知できる長所があり、広く一般診療の場で応用することが可能である。

V. まとめ

Interscan delay timeのないVarian-V360-3 CT scannerを用いてdynamic CTを行い、cerebral peak time mapを作成した。

peak timeは、正常な脳循環を示す部分では一定で、peak timeが遅れた部分は、その支配動脈

中枢側の閉塞性機転を示唆することがわかった。通常の CT では正常とされた脳血流障害症例の本法による診断法を提示し、簡便な本法の臨床的有用性を強調した。

稿を終えるにあたり、御校閲をいただいた大阪大学放射線医学教室、小塚隆弘教授に深謝いたします。

References

- 1) Endo, H., Larsen, B. and Lassen, N.A.: Regional cerebral blood flow alterations remote from the site of intracranial tumors. *J. Neurosurg.* 46: 271—281, 1977
- 2) Reivich, M.E., Kuhl, D., Wolf, A., Greenberg, J., Phelps, M., Ido, T., Casella, V., Fowler, J., Hoffman, E., Alovi, A., Som, P. and Sokoloff, L.: The ^{18}F fluorodeoxy glucose method for the measurement of local cerebral glucose utilization in man. *Cir. Res.* 44: 127—137, 1979
- 3) Phelps, M.E. and Mazziotta, J.C.: Cerebral positron computed tomography. In: Newton, T.H. and Potts, D.G., eds. *Modern Neuro-radiology Vol. 2*. San Anselmo, Clavadel Press, 1983
- 4) Olsen, T.S., Larsen, B., Skriver, E.B., Enevoldsen, E. and Lassen, N.A.: Focal cerebral ischemia measured by the intra arterial ^{133}Xe Xenon method. *Stroke*, 12: 736—744, 1981
- 5) Lassen, N.A., Henriksen, A.L. and Paulson, O.: Regional cerebral blood flow in stroke by ^{133}Xe Xenon inhalation and emission tomography. *Stroke*, 12: 284—288, 1981
- 6) Kuhl, D.E., Barrio, J.R., Huang, S.C., Selin, C., Ackermann, R.F., Lear, J.L., Wu, J.L., Lin, T.H. and Phelps, M.E.: Quantifying local cerebral blood flow by N-isopropyl- ^{123}I iodoamphetamine (IMP) tomography. *J. Nucl. Med.*, 23: 196—203, 1982
- 7) Ackerman, R.H.: Clinical aspects of positron emission tomography (PET). *Radiologic Clinics of North America*, 20(1): 9—14, 1982
- 8) Coleman, R.E., Drayer, B.P. and Jaszczak, R.J.: Studying regional brain function: A challenge for SPECT. *J. Nucl. Med.*, 23(3): 265—270, 1982
- 9) Hill, T.C., Holman, B.L., Lovett, R., O'Leary, D. H., Front, D., Magistretti, P., Zimmerman, R.E., Moore, S., Clouse, M.E., Wu, J.L. and Baldwin, R.M.: Initial experience with SPECT (Single-photon Computerized Tomography) of the brain using N-sipropyl I-123 piodoamphetamine: Concise communication. *J. Nucl. Med.*, 23: 191—95, 1982
- 10) Meyer, J.S., Hayman, L.A., Amano, T., Nakajima, S., Shaw, T., Lauzon, P., Derman, S., Karacan, I. and Harati, Y.: Mapping local blood flow of human brain by ct scanning during stable xenon inhalation. *Stroke*, 12: 426—436, 1981
- 11) Yonas, H., Wolfson, S.K. Jr., Gur, D., Latchaw, R.E., Good, W.F., Leaza, R., Jackson, D.L., Janneta, P.J. and Reinmuth, O.M.: Clinical experience with the use of xenon-enhanced CT blood flow mapping in cerebral vascular disease. *Stroke*, 15(3): 443—450, 1984
- 12) Heinz, E.R., Dubois, P., Osborne, D., Drayer, B. and Barret, W.: Dynamic computed tomography study of brain. *J. Comput. Assist. Tomogr.*, 3(5): 641—649, 1979
- 13) Berninger, W.H., Axel, L., Norman, D., Napel, S. and Redington, R.W.: Functional imaging of the brain using computed tomography. *Radiology*, 138: 711—716, 1981
- 14) Noman, D., Axel, L., Berninger, W.H., Edwards, M.S., Cann, C.E., Redington, R.W. and Cox, L.: Dynamic computed tomography of the brain: Techniques. Data Analysis. and Applications. *A.J.R.*, 136: 759—770, 1981
- 15) Drayer, B.P.: Function application of CT of the central nervous system. *A.J.N.R.*, 2: 495—510, 1981
- 16) Traupe, H., Heiss, W.D., Hoeffken, W. and Zulch, K.J.: Hyperfusion and enhancement in dynamic computed tomography of ischemic stroke patients. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 3(5): 627—632, 1979
- 17) Wingm, S.D., Anderson, R.E. and Osborn, A.G.: Dynamic cranial computed tomography: Preliminary results. *A.J.R.*, 134: 941—945, 1980
- 18) Gur, D., Yonas, H., Wolfson, S.K., Herbert, D., Kennedy, W.H., Drayer, B.P. and Shabason, L.: Xenon and iodine enhanced cerebral CT: A closer Look. *Stroke*, 12(5): 573—577, 1981