



Title	頭部高吸収域病変におけるMulti-Plane Dynamic Subraction CT (MPDS-CT) の有用性
Author(s)	高木, 亮; 隈崎, 達夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1996, 56(3), p. 109-115
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17040
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

頭部高吸収域病変における Multi-Plane Dynamic Subtraction CT (MPDS-CT) の有用性

高木 亮 隈崎 達夫

日本医科大学放射線医学教室

Usefulness of Multi-Plane Dynamic Subtraction CT (MPDS-CT) for Intracranial High Density Lesions

Ryo Takagi and Tatsuo Kumazaki

We present a new CT technique using the high speed CT scanner in detection and evaluation of temporal and spatial contrast enhancement of intracranial high density lesions. A Multi-Plane Dynamic Subtraction CT (MPDS-CT) was performed in 21 patients with intracranial high density lesions. These lesions consisted of 10 brain tumors, 7 intracerebral hemorrhages and 4 vascular malformations (2 untreated, 2 post embolization). Baseline study was first performed, 5 sequential planes of covering total high density lesions were selected. After obtaining the 5 sequential CT images as mask images, three series of multi-plane dynamic CT were performed for the same 5 planes with a intravenous bolus injection of contrast medium. MPDS-CT images were reconstructed by subtracting dynamic CT images from the mask ones. MPDS-CT were compared with conventional contrast-enhanced CT. MPDS-CT images showed the definite contrast enhancement of high density brain tumors and vascular malformations which were not clearly identified on conventional contrast-enhanced CT images because of calcified or hemorrhagic lesions and embolic materials, enabling us to except enhanced abnormalities with non-enhanced areas such as unusual intracerebral hemorrhages. MPDS-CT will provide us further accurate and objective information and will be greatly helpful for interpreting pathophysiologic condition.

Research Code No. : 503.1

Key words : Dynamic CT, Subtraction, Brain, Tumor, Hemorrhage

Received Jul. 3, 1995 ; revision accepted Nov. 15, 1995
Department of Radiology, Nippon Medical School

はじめに

頭部単純CT上、石灰化や出血などの高吸収域を伴う脳腫瘍性病変ならびに脳血管奇形では、造影CTを行ってもその増強効果の評価が困難であることが時として経験される。われわれは、頭部単純CTにて高吸収値を示す病変部の増強効果の評価する目的で、Dynamic Subtraction CT (DSCT)法を試み、その有用性について報告¹⁾した。同法では高吸収値を示す病変部の1断面を設定し、造影剤を急速静注しつつdynamic CTを施行した後、おのおのの画像から造影剤を注入する前の画像をsubtractionする方法を用いて検討し、高吸収値を示す病変部の増強効果を明瞭に評価することができた。しかし、同法では病変部が大きい場合や複数存在する場合に、その病変全体の評価をするためには、それぞれの断面にてdynamic CTを繰り返し施行する以外方法はなかった。また、単純CTにおいて出血や石灰化などが最も明瞭に描出されるスライス面に、合併する腫瘍や血管奇形などの増強効果を示す病変が一致しないことは十分想定される。そこで、今回、広い範囲に及ぶ病変部全体の増強効果の評価をする目的で、新たにMulti-Plane Dynamic Subtraction CT (以下MPDS-CT)法を試みたので、その臨床的有用性につき報告する。

対象と方法

対象は1992年12月から1995年3月までの期間に、日本医科大学付属病院にて単純CTが施行され、病変部自体が高吸収値を示したために増強効果の評価が困難であった21症例を対象とした。このうち3例は、単純CT施行直後に通常の造影CTでは増強効果の評価が困難と予測されたため、直接MPDS-CTを施行している。

症例の内訳は、腫瘍性病変として乏突起膠腫、軟骨肉腫、血管芽腫、白血病、神経線維腫症、精上皮腫それぞれ1例と髄膜腫4例の計10例、担癌患者や若年者等の脳出血7例、脳血管奇形4例である。脳血管奇形のうち2例は脳動静脈奇形に対し塞栓術が施行された症例である。性別は男性13例、女性8例で、年齢は12歳から74歳であった。単純

CTおよび造影CTはともにwindow levelは30~60 H.U., window widthは80~120 H.U.に設定し評価・検討した。

CT装置は東芝社製XforceおよびXvigorを使用した。Xforceにて良好なsubtraction画像が得られることはすでに報告¹⁾した。また、Xvigorも同様に同一方向連続回転型CT装置であり、良好なsubtraction画像が得られることを臨床検査にさきがけて確認している。検査方法としては、MPDS-CTの撮像範囲を設定するために通常の単純CTを撮像し、高吸収値を示す病変部がすべて含まれるように、10mmまたは5mm間隔で連続した任意の5断面を選択する。10mmまたは5mm間隔の選択に関しては、病変部の大きさによって選択するものとし、今回の対象症例のうち17例は10mm間隔5断面の範囲で、高吸収値を示す病変部全体を含むことができた。2例は病変が多発散在する症例であり、10mm間隔5断面を2回に分けて設定することで高吸収値を示す病変部をすべて網羅することができた。2例は高吸収値を示す病変部が小さかったため5mm間隔5断面(2.5cmの範囲)にて設定した。

MPDS-CT法としては、設定した5断面に対して連続した単純CTを撮像した直後に、300mgI/mlの非イオン性造影剤を自動注入機を用いて5ml/sの速度で50-100ml(通常の検査では100ml使用することを原則とし、小児症例とMPDS-CTが2回施行された症例は1回の検査で50mlとした)を急速静注し、注入開始10秒後よりtable sliding rapid sequence法を用いて5断面のincremental CTを3回撮像した。scan時間およびinterscan時間は、Xforceでは2秒scan・2秒interscan、Xvigorでは1.5秒scan・1秒interscanとした。得られた造影CTからおのおのの断面の単純CTをsubtractionし、MPDS-CT像を作成した(Fig.1)。

また、MPDS-CT施行後、造影剤注入約3分後より、通常の方法にて造影CTを撮像している。

MPDS-CT法の臨床的有用性を評価する目的で、以下の検討を行った。

(1)造影CTと比較した病変部の増強効果について

MPDS-CTとその前後に施行された通常の単純・造影CTの比較を行い、高吸収値を示す病変部の増強効果について検討した。

(2)増強効果の描出されるスライス断面数について

MPDS-CTによって、増強効果を示す病変の描出されるスライス断面数について検討し、多断面に及んで検査をした臨床的有用性について検討した。

結 果

単純・造影CTおよびMPDS-CTによる増強効果の評価と、MPDS-CTにより増強効果を示した病変の描出されるス

ライス断面数についてTable 1にまとめる。以下、今回の検討結果を(A)腫瘍性病変、(B)出血性病変、(C)血管奇形に分けて述べる。

(A)腫瘍性病変

脳腫瘍性病変に対しては10例にMPDS-CTが施行された。うち3例では、通常の造影CTでは増強効果の評価は困難であったが、MPDS-CTにより高吸収域を呈した病変部の増強効果を評価することができた。

代表的症例をFig.2に示す。本症例は一般的に増強効果の乏しいとされる乏突起膠腫症例である。通常の単純・造影CT(Fig.2(A), (B))では、石灰化巣の合併により増強効果の評価は困難であるが、MPDS-CT(Fig.2(C))により、高吸収域の内部に潜在する増強効果を明瞭に観察することができた。同症例は腫瘍部分摘出術が施行され、病理所見では摘出された乏突起膠腫の一部に異形度の高いanaplastic astrocytomaの成分が混在していた。

7例では単純・造影CTにて軽度の増強効果が疑われたが、MPDS-CTにて明瞭に増強効果の評価をすることができた。このうち、髄膜腫症例では腫瘍が最大面として観察されるスライス断面以外でも、髄膜や大脳鎌へ連続する増強効果が観察され、多断面に及んで検査をしたことで、診断に有用とされる画像所見がMPDS-CTにて評価することができた。

(B)出血性病変

脳出血症例に対しては7例にMPDS-CTが施行された。うち3例はそれぞれ膀胱癌、肺癌、肝細胞癌の患者の経過観察中に、突然、脳出血をきたした症例である。3例は出血巣が前頭葉や側頭葉等に位置し、通常経験するような脳出血症例とは異なる症例であった。残り1例は38歳の高血圧の既往のない橋出血症例である。これらは、いずれも通常のCT検査では腫瘍や血管奇形からの2次性の脳出血を否定しえない症例である。

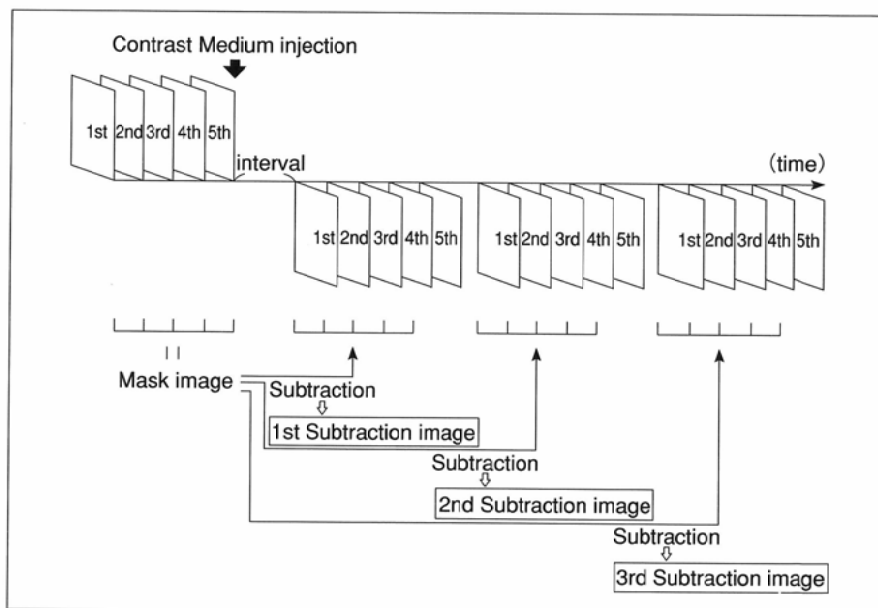


Fig.1 Schematic finding of MPDS-CT.

膀胱癌の経過観察中の突然の脳出血を認めた症例をFig. 3に示す。高吸収値として観察される出血巣内部の増強効果の有無は、通常の単純・造影CT (Fig.3 (A), (B)) の画像からは評価困難である。MPDS-CT (Fig.3 (C)) では、出血巣の高吸収値はsubtractionされ、周囲の正常脳実質と同等の低吸収値として描出された(以下、subtraction画像にて周囲の正常脳実質と同等の低吸収値を示す領域をnon enhanced areaと定義する)。転移性腫瘍や血管奇形が出血巣内部に潜在している場合には、MPDS-CTでは血管や腫瘍の増強効果は高

吸収値として観察され、出血巣はsubtractionされることでnon enhanced areaとし描出されるため、本法にて粗大な腫瘍や血管奇形の合併の所見は得られなかった。

本症例を含み今回対象となった脳出血症例は、いずれも出血巣はnon enhanced areaとして観察された。すべての症例に対してCTにて経過観察がなされたが、血腫が吸収されて低吸収域になった後でも、血腫の指摘された領域に通常の単純・造影CTにて増強効果を示す病変は指摘されなかった。

Table 1 Summary of patients and CT findings

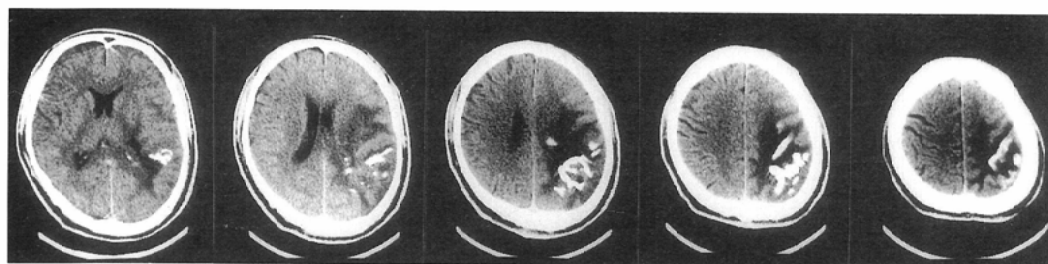
case	age/sex	disease	CT findings			number of slices
			pre-enhanced CT	evaluation of contrast enhancement		
				enhanced CT	MPDS-CT	
1	42/M	oligodendroglioma	M.D.L	unclear	small CE separated from calcification	2
2	55/M	osteochondroma	H.D.L	unclear	peripheral CE	2
3	37/M	seminoma	H.D.L	unclear	inhomogenous CE	3
4	52/F	leukemia	M.D.L	slight	inhomogenous CE	4
5	21/F	neurofibromatosis*	H.D.L	slight	multiple, solid CE	6
6	67/M	hemangioblastoma	H.D.L	slight	inhomogeneous, patchy CE	2
7	65/F	meningioma	H.D.L	slight	solid CE, dural CE	3
8	51/F	meningioma	H.D.L	slight	solid CE	3
9	45/F	meningioma	H.D.L	slight	solid CE, dural CE	3
10	51/M	meningioma	H.D.L	slight	solid CE, difuuse CE along falx	4
11	71/M	I.C.H, (UB Ca)	Hx	unclear	non enhanced area	0
12	70/M	I.C.H, (HCC)	Hx	unclear	non enhanced area	0
13	74/M	I.C.H, (lung Ca)	Hx	unclear	non enhanced area	0
14	54/M	I.C.H	Hx	unclear	non enhanced area	0
15	65/M	I.C.H	Hx	unclear	non enhanced area	0
16	69/M	I.C.H	Hx	unclear	non enhanced area	0
17	38/F	I.C.H	Hx	unclear	non enhanced area	0
18	12/F	occult cerebral vascular malformation*	H.D.L	unclear	non enhanced area	0
19	26/M	A.V.M rupture	Hx	CE of nidus	A.V.M separated from Hx	3
20	51/M	A.V.M**	H.D.L	CE of nidus	residual nidus separated from embolic material	2
21	49/F	A.V.M**	H.D.L	CE of nidus	residual nidus separated from embolic material	3

number of slices : The number of slices which contrast enhancement were evaluated by MPDS-CT

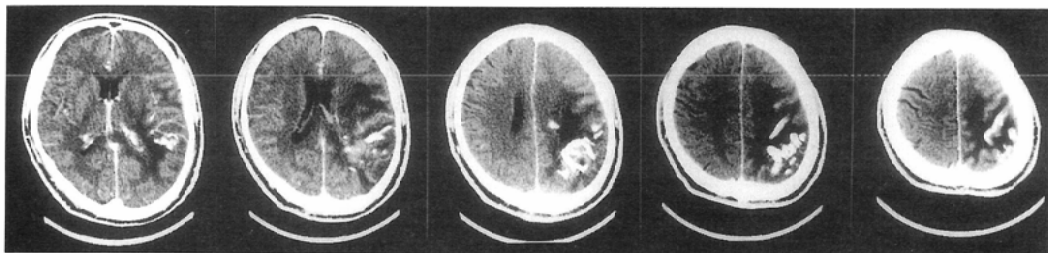
* : Two series of MPDS-CT were performed on one study.

** : MPDS-CT was performed after embolization therapy.

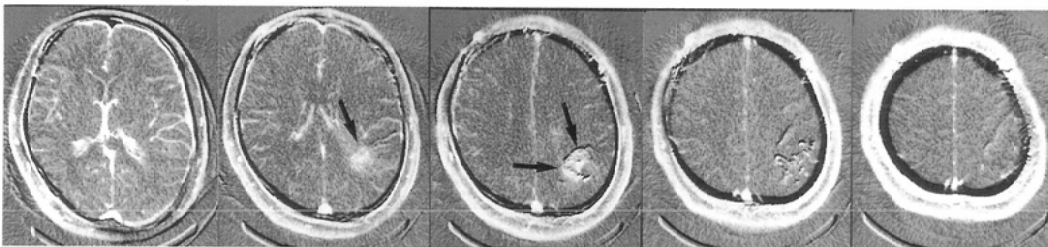
H.D.L : High Density Lesion, M.D.L : low and high Mixed Density Lesion, I.C.H : intracerebral hematoma, Hx : hematoma, A.V.M : arteriovenous malformation, Ca : carcinoma, UB Ca : urinary bladder carcinoma, HCC : hepatocellular carcinoma



(A)

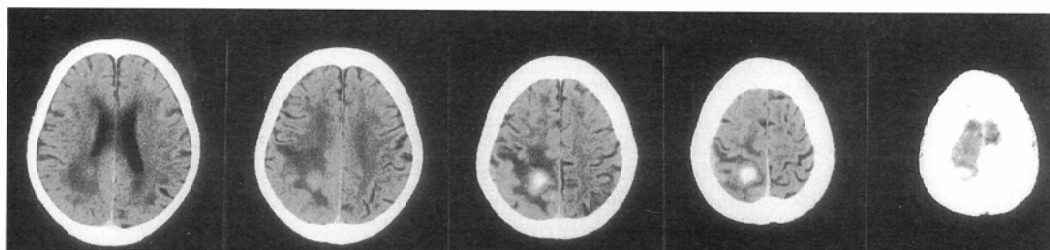


(B)

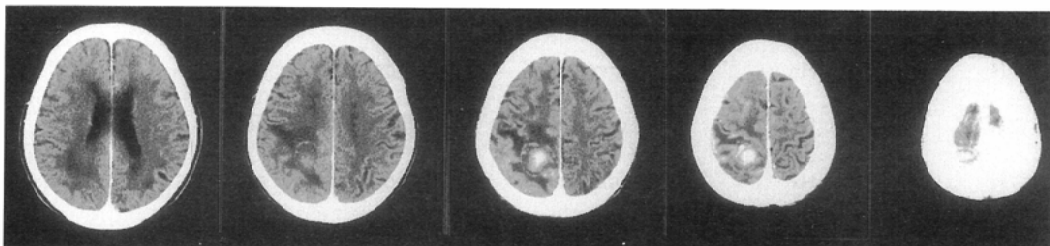


(C)

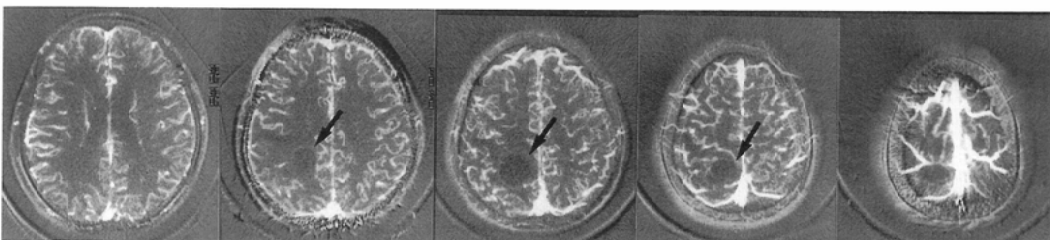
Fig.2 (A) (B) (C) 42-year-old male with oligodendroglioma. Pre-enhanced CT images shows brain tumor with coarse calcifications in left parietal region (A). Contrast enhancement of brain tumor cannot be evaluated by conventional contrast enhanced CT (B). MPDS-CT images reveal a small enhanced area (arrow) in the calcified brain tumor (C).



(A)



(B)



(C)

Fig.3 (A) (B) (C) 74-year-old male with unusual intracerebral hemorrhage (ICH). This patient gave a history of urinary bladder cancer. Pre-enhanced CT scans show the unusual ICH in right parietal region (A). Contrast enhancement of the ICH cannot be evaluated by conventional enhanced CT (B). MPDS-CT images demonstrate hemorrhage which is shown as non-enhanced area, enabling us to except the metastatic brain tumor with bleeding (C).

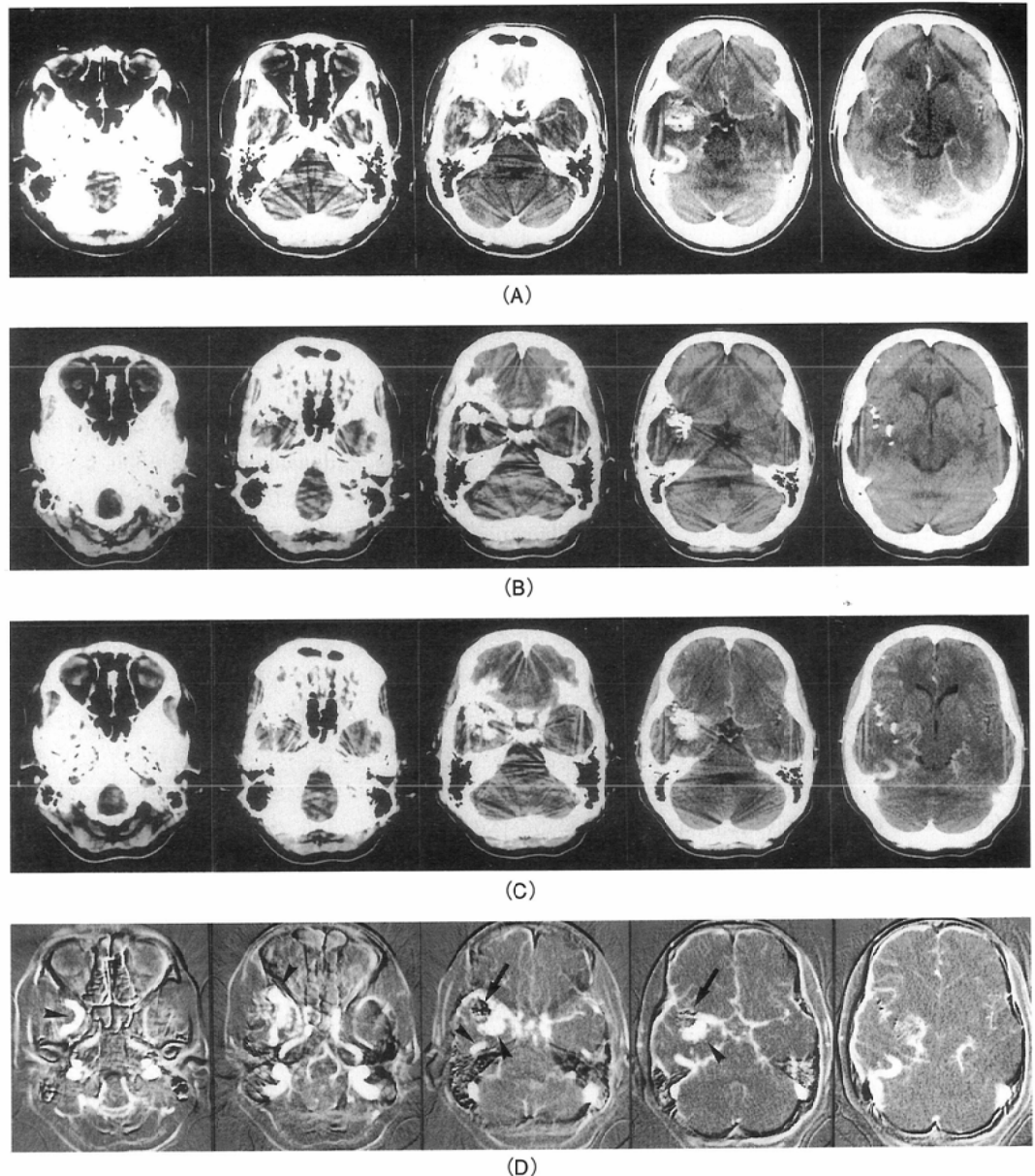


Fig.4 (A) (B) (C) (D) 52-year-old female with arteriovenous malformation.

Contrast-enhanced CT images of pre-embolization therapy (A).

Pre-enhanced CT of post-embolization therapy show embolic material as high density areas (B), and residual nidus are not clearly identified on contrast-enhanced CT of post-embolization therapy (C). MPDS-CT scans post-embolization therapy clearly demonstrate non-enhanced area as embolic material and contrast-enhanced areas as residual nidus and draining veins, representing the effect of embolization therapy (D).

(C) 血管奇形

脳血管奇形に対しては4例にMPDS-CTが施行された。うち2例では、出血や石灰化はnon enhanced areaとして観察されることで、MPDS-CTにより血管奇形の増強効果を明瞭に観察することができた。

また、2例は脳動静脈奇形に対し塞栓術が施行された症例である。脳動静脈奇形に対して塞栓術が施行された症例をFig.4に示す。塞栓術前の造影CT (Fig.4(A))、および塞栓術

後の単純・造影CT (Fig.4(B), (C))では塞栓された領域と残存したnidusを明瞭に分離することは困難である。しかし、MPDS-CT (Fig.4(D))では、塞栓された領域がnon enhanced areaとして観察されることで、残存したnidusを明瞭に分離することができた。塞栓された範囲および残存したnidusはMPDS-CTにより複数のスライス断面にて良好に区別され、加えて、nidusの上下のスライスでは造影CTでは観察困難であった拡張した導出静脈も明瞭に観察された。

以上、多断面にて検査をしたことで、通常の単純・造影CTでは観察しえない病変部全体の増強効果をMPDS-CTにより明瞭に評価することができた。

考 察

同一方向連続回転型CTを用いてCT画像をsubtractionする方法は、1988年竹下らによりはじめて報告²⁾され、以来、その臨床的有用性に関する報告^{3)~7)}が散見される。臨床的に有用である本法が広く臨床に浸透しない理由としては、初期の報告では同一方向連続回転型CT装置の普及が十分でなかったこと、検査時間および検査からsubtraction画像の評価までに多くの時間を要することなどが考えられる。われわれは通常のdynamic CT法と同様な手技を用い、出血性病変のような緊急検査でも検査終了直後から画像評価できる簡便な検査法としてDSCT法を報告¹⁾し、臨床応用を試みてきた。しかし、これらいずれの報告も1断面のdynamic CT画像をsubtractionする方法であるために、広範囲の病変部全体の評価が必要な場合には、1断面のdynamic CTを繰り返し施行する以外方法はなかった。しかしながら、高吸収値を示す病変部のすべてのスライス断面に対して、1断面のdynamic CTを繰り返し施行するには、検査時間や造影剤の総使用量を考慮すると臨床的に汎用しうる検査法にはなりえなかった。

今回われわれは、1回のdynamic CTで病変部全体の時間的・空間的な増強効果を評価する目的で、多断面に及ぶdynamic CTを施行し同画像をsubtractionする方法を考案し、これをMPDS-CT法と呼称し、その臨床的有用性につき検討した。

MPDS-CT法による1回の検査時間は約1分間で、撮像範囲を決定するための単純CTに要する時間をいれても数分間である。検査終了と同時にsubtraction画像の再構成を開始すれば、検査開始からすべてのsubtraction画像の評価までに要する時間は20分程度である。これは、従来の1断面の評価法として施行してきたDSCT法とほぼ同じ時間であり、脳出血症例のように緊急を要する場合でも、緊急検査としての本法の対応は十分可能である。事実、自験例中3例では脳出血発症時の検査として本法を施行することができた。重篤な症例に対しても短時間で検査を終了しえ、かつ明瞭に病変部全体の増強効果の有無を評価できる本法の臨床的意義は高いものと考えられた。

今回はdynamic CTを連続した5断面とし、3回繰り返し撮像する方法にて検討したが、設定する断面や撮像回数は任意に選択することも可能である。同じ断面に対して3回のdynamic CTとした理由は、高吸収値を示す領域内に潜在する病変が、血管奇形や腫瘍などさまざまなものが想定され、その増強効果をもっとも良好に描出される造影・撮像タイミングが一時相として決定できないためである。今回の検討では、動静脈奇形のような血管成分の評価は、1回目および2回目のdynamic CTをsubtractionした画像が良好に

病変を描出することができた。また、腫瘍性病変の評価においては、1回目のdynamic CTをsubtractionした画像で良好に腫瘍部を描出できたものから、1回目では不明瞭であった増強効果が、2回目、3回目と時相が遅くなるにしたがって腫瘍部の増強効果が明瞭になってくるものまでさまざまであった。経時的に増強効果を評価をすることは、腫瘍性病変の質的な診断や、動脈・静脈等の血管成分の評価など、1回の造影CTを単純にsubtractionする方法と比べて、病変部の質的な臨床情報が追加される利点があると考えられた。なお、増強効果の詳細な経時的評価が必要な場合には、MPDS-CT法の後、病変部が指摘された1断面を設定し、同レベルでのDSCTを追加することで、より詳細な経時的な増強効果の検索も可能である。造影剤の投与量や検査時間、画像再構成に要する時間を考慮すれば、1回の検査に行えるdynamic CTは2~3回までが限度と思われるが、MPDS-CTとDSCTを組み合わせることは1回の臨床的検査として十分施行可能と思われる。また、仮に頭蓋内に病変が多発散在する場合でも、今回、用いた方法でMPDS-CT法を2回施行することにより、上下方向10cmに及んでの検索が可能である。このことは頭蓋内ほぼ全域に及ぶ評価が可能であることを意味する。以上、従来の1断面を繰り返す方法と比較して、検査時間の大幅な短縮や造影剤投与量を軽減できることが、本法の利点として強調されるものである。

つぎに高吸収域内部に潜在した増強効果の存在診断に関してだが、従来のDSCTでは、設定した1断面が増強効果を示す病変の断面に一致しない可能性も考慮しなければならなかった。具体的な例を挙げると、非特異的な脳出血巣内に転移性脳腫瘍が潜在する場合に、腫瘍が血腫の中心に位置しないことが前回報告¹⁾したDSCT法にて経験されている。よって、高吸収値を示した病変部を、1断面だけのsubtraction法で評価することは、病変内部に偏在する増強効果を指摘できない可能性があり、増強効果の評価としては不十分となることを常に想定しておく必要があった。また、多発する不規則な高吸収域病変では、最も増強効果を示す病変が評価しうる1断面を、単純CTから設定すること自体が困難となる場合も想定される。それに対して、MPDS-CTは高吸収値を示した領域をすべて含んで検査をしていることで、病変の中心から外れた偏在するような増強効果を見落とす可能性は少ない。また、病変部が最大として観察されるスライス断面以外でも、診断に有用な増強効果を評価しうることも今回の検討で明らかになった。全体の増強効果を評価しうる本法の適応としては、石灰化や出血が混在する脳腫瘍の悪性度の評価や、脳出血に合併する血管奇形や転移性脳腫瘍の存在診断、脳動静脈奇形に対する塞栓術後の効果判定などが挙げられる。また、今後の本法の適応については、塞栓術後の効果判定だけにとどまらず、高吸収値を示す腫瘍性病変の放射線治療や化学療法の効果判定にも、十分期待できるものと考えられた。

一方、本法の問題点としては、患者のわずかな動きによるmisregistration artifactがsubtraction画像の劣化につながり

やすいことが挙げられる。これに対しては、検査前に十分な説明を行うことや、意識状態の悪い患者に対しては頭部固定を確実にすることでmisregistration artifactを最小限におさえることが大切であるのは従来のDSCTと同様である。また、1分間のdynamic CTでは造影効果の遅い腫瘍では、腫瘍濃染像を十分に描出しきれていない可能性も考慮しなければならない。以前のわれわれの報告¹⁾では、造影剤注入1分以降からのsubtraction画像にmotion artifactが見られやすいようになっているため、今回は1分間のdynamic CTとして検討したが、今後は頭部固定を確実にして腫瘍性病変が疑われる症例に対して、造影後期相の撮像も検討していく方針である。

また、非特異的な脳出血症例が、MPDS-CTにてnon enhanced areaとして観察された場合に、合併する病変はなしと診断しうるかという問題点が挙げられる。今回の対象症例では、脳出血内部に増強効果を示す病変を指摘しえなかった。しかし、以前、われわれが報告したDSCT法¹⁾にて、非特異的な脳出血にて発症した転移性脳腫瘍を、出血巣内部に潜在する増強効果として明瞭に分離して観察することができた。撮像方法が経時的および空間的に異なるという点を除けば、MPDS-CTは同様なCT subtraction法の手技であることより、血腫内部に潜在する病変部の増強効果は指摘可能と考えられた。事実、今回の対象症例は、いずれも経過観察がなされ、血腫が吸収された後でも増強効果を示すような腫瘍や血管奇形は指摘されなかった。MPDS-CTにて指摘しえないような微小な血管奇形や腫瘍の存在に関しては、今回の検討では明らかにすることはできないが、CT検査における本法の限界として、今後症例数を重ね検討していく方針である。よって、MPDS-CTにて増強効果が指摘されない場合でも、症例によって血管造影等の精査が必要になることも十分考慮しておかねばならない。しかし、われわれの考える非特異的な脳出血症例に対するMPDS-CT法の臨床的意義は、現状における臨床的な画像診断の検査の流れから確実に施行されうるCT検査で、短時間で簡便に施行しうる方法で、より多くの画像情報を拾い上げることにある。重度な脳出血症例に対し、緊急に血管造影検査を施行

するか否かの適応を考える上で、本法は多くの有用な画像情報を提供するものと思われた。

本法における今後の展開としては、CT装置のX線管の容量の増大とscan時間の短縮を進めるなかで、病変部のより詳細な経時的・空間的な増強効果の評価を確立することである。まず考えられることは、短時間で空間分解能に優れた画像データが得られる高速らせんCTをsubtraction法へ応用することである。しかし、現時点の高速らせんCT装置では、寝台移動とX線管の同期が不十分であるため、再構成した画像にmisregistration artifactが生じ、臨床応用に至っていない。ハード構成の基本とも言うべきこの問題を完全に解決することが今後の大きな課題である。この課題を克服することによって、病変部全体の増強効果を、より詳細に分析評価しうる3次元的なCT subtraction法への応用研究が期待できるものと考えられる。

ま と め

1. 頭部CTにて高吸収値を示す病変に対し、病変部全体の増強効果を評価する目的でMulti-Plane Dynamic Subtraction CT (MPDS-CT)法を試みた。

2. MPDS-CT法は通常の単純・造影CTでは評価困難な病変部全体の増強効果を明瞭に評価することが可能であった。

3. 本法は病変部全体の評価を目的にした場合、従来の1断面のdynamic subtraction CT法と比べ、検査時間の短縮や造影剤の量を軽減できる利点を有し、緊急検査としての対応も十分可能であった。また、病変部全体を評価をすることにより、正確な全体像の把握が可能となり、経過観察や治療効果判定に際し有効な検査法と考えられた。

稿を終えるに臨み、終始多大なるご指導を賜りました放射線医学教室および脳神経外科学教室の教室員各位に謝意を表します。

本研究の要旨は第53回日本医学放射線学会(1994年、神戸)で発表した。

文 献

- 1) 高木 亮, 林 宏光, 市川太郎, 他: 頭部領域におけるDynamic Subtraction CTの有用性. 日本医放会誌 54: 355-362, 1994
- 2) 竹下 元, 片田和廣, 古賀佑彦, 他: 頭部領域におけるDynamic Subtraction Cine CT angiographyの開発. CT研究 10: 67-72, 1988
- 3) Katada K: Application of TCT-900s in Neuroradiology. Medical Review 23: 1-7, 1988
- 4) 竹下 元, 片田和廣, 小倉裕子, 他. 動脈成分を伴う脳静脈性血管腫の画像診断—CT, 血管造影を中心に—. 画像診断 9: 1214-1220, 1989
- 5) 竹下 元, 片田和廣, 生田勝美, 他: 脳動静脈奇形におけるDynamic Subtraction Cine CT Angiography (DSC-CTA)の経験. 画像診断 9: 335-341, 1989
- 6) 福井博志: ダイナミック・サブトラクション・シネ・CT・アンジオグラフィ(DSC-CTA)の開発と臨床応用に関する研究. 藤田学園医学会誌 10: 27-56, 1992
- 7) Kimura K, Koga S: Basic principles and clinical applications of helical scan. (In) Takeshita G: Dynamic subtraction cine CT angiography in central nervous system. p.16-35, Iryoukagakusha, 1993, Tokyo