●症例報告●

Bolus tracking 法と造影剤自動注入器を用いた CT angiography により
精度の高い腎動脈評価を得られた 3 例三上 直朗^{1,2}・河野 達夫³・菊永 佳織¹・久保田 亘¹・寺野千香子¹・橋本 淳也¹
原田 涼子¹・濱田 陸¹・石倉 健司^{1,4}・幡谷 浩史¹・本田 雅敬¹

(受付日：平成 27 年 10 月 9 日 採用日：平成 28 年 2 月 29 日)

要 旨

診療方針決定のために腎動脈の形態評価を要した 3 例に対し、撮影タイミング設定法 (Bolus tracking 法) と造影剤自動注入器を併用し CT angiography を行った。症例 1 は左腎動脈近位部での閉塞を認めた腎梗塞の 12 歳女児で、カテーテル治療後、閉塞部位に一致して狭窄所見を認めた。症例 2 は腎血管性高血圧の 2 歳女児で、左腎動脈全体の狭小化を認め左腎動脈低形成と診断した。症例 3 は著しい高血圧を認めたレニン産生腫瘍の 11 歳女児で、腎動脈病変は伴わず腎血管性高血圧の関与は否定的だった。いずれにおいても精確な腎動脈形態が得られ、降圧薬の選択やカテーテル治療の可否を決定する上で有用であった。本検査法の設定は比較的容易であり、腎動脈形態評価を行う場合には非常に有用と考える。

序 言

小児期の高血圧は、腎血管性高血圧などの腎性高血圧の頻度が成人に比べて高く、腎動脈の精確な形態評価がより重要である。また腎梗塞においても、カテーテル治療の適応判断などのために腎動脈の形態評価は必須である。動脈の形態評価に関して gold standard は血管造影だが、その高い侵襲性や技術的な問題のため特に小児においては全例に行うことは困難である。実臨床で血管造影の代用として腎動脈評価に用いられる検査は造影 CT で

あるが¹⁾²⁾、造影剤の注入量や注入速度、撮影タイミングにより描出力に差を生じるため、撮影法によっては評価困難な画像となりうる。

従来の造影方法による造影 CT では、撮影前にあらかじめ設定した撮影開始時間で撮影が開始される (図 1)。したがってこの設定時間が不適切だと、対象臓器の CT 値のピークと撮影タイミングの時相が容易にずれ、造影効果の劣る不鮮明な画像となる。技術の進歩による検出器の多列化に伴い撮影時間が短縮した代償として、長い撮影時間のいずれかで造影剤の効果を享受できた以前の方法と比べて、造影剤濃度のピークと撮影タイミングに時相差を生じやすくなり、十分な造影効果を得られない可能性が増大した。腎動脈においては、この撮影タイミングの時相差による対象臓器の造影効果減弱は、腎動脈狭窄の有無を評価困難にする。また造影剤注入速度についても、緩徐な注入では標的臓器のピーク CT 値が低くなり、十分な造影効果が得られないため、同様に評価困難となる。つまり精確に腎動脈狭窄の有無を評価するためには、分量の造影剤を急速に投与し、かつ造影剤濃度が最大の時点で撮影する必要がある、ということになる。

まず撮影タイミングのずれを解決すべく開発された技術が Bolus tracking (BT) 法である。これは検査途中で撮影開始タイミングを決定し造影剤濃度が最大の時点で撮影することで、撮影タイミングに時相差が生じるのを防いでいる。具体的には、検査前に対象部位近傍血管 (腎動脈を対象とする場合は上流の大動脈) に CT 値測定範囲を定め、検査開始後より断続的に試験照射を加え、測定範囲の CT 値が閾値に達した時点で撮影 (本スキャン) を開始するという手法である (図 2)。これを用いること

¹東京都立小児総合医療センター腎臓内科、²公立福生病院小児科、³東京都立小児総合医療センター放射線科、⁴国立成育医療研究センター腎臓・リウマチ・膠原病科
連絡著者：〒183-8561 府中市武蔵台 2 丁目 8 番 29
東京都立小児総合医療センター放射線科 河野達夫
E-mail: tatsuo_kono@tmhp.jp
doi.org/10.3165/jjpn.cr.2015.0082

Key words: 腎血管性高血圧 / bolus tracking / 造影 CT / 血管造影 / 小児

図1 時間固定撮影法 模式図

図2 Bolus tracking 法 模式図

で造影剤の効果が最大となったタイミングでの画像を得ることができる。一般的には、成人領域で腫瘍評価に用いられることが多く、特に血流評価が重要な肝癌で用いられることが多い³⁾。

一方、造影剤が容易に通過してしまう動脈や、造影剤投与量や速度により造影効果のピークや程度が変わる腎臓では⁴⁾、造影剤注入法についても工夫が必要である。先に述べたとおり、造影剤を緩徐に注入すると対象臓器

では十分な造影効果を得られないため、急速注入が困難な手動的注入では目的を達成できないことも多い。実際に造影効果のピークを上げるためには造影剤自動注入器での急速注入が有用であり、少なくとも成人においては広く一般的に使用されている。小児における体幹部臓器を対象としたCTの造影法としては、2 ml/kg/doseの造影剤(ヨード濃度 300 mgI/ml)を60秒で手動的に投与し、投与開始後90秒時点で撮影することで、特定の臓器を対象としない平均的な画像を得られるとの報告がある⁵⁾。しかしこの撮影法では、注入が緩徐なために腎動脈のCT値が不十分となるのに加え、周囲臓器のCT値が高くなるため腎動脈評価が困難となる。加えて腎実質の造影タイミングがずれると、腎実質も十分な評価は困難となる。つまり平均的な画像とは、腎動脈・腎実質のいずれについても精査に向かない画像に他ならない。

これらの問題を解決するためには、撮影タイミングのみならず造影剤投与量および投与速度の調整が必要であり、先に述べたBT法と造影剤自動注入器が有用と考えられる。実際に小児において、BT法と造影剤急速投与の組合せで肝臓の画像精度が向上したという報告⁶⁾や、小腸出血における出血部位とその責任血管を同定したという報告⁷⁾を認める。近年海外では、CT angiographyにおいてBT法と造影剤自動注入器の併用を推奨しているものも散見する⁸⁾⁹⁾。当院においても、腎動脈評価が必要な場合にはBT法と造影剤急速投与の組合せで良好な画像を得る工夫を行っており、実例を3例挙げてその実例を紹介する。

症 例

① 左腎梗塞(左腎動脈狭窄および腎動脈塞栓症)

症例: 12歳、女児

主訴: 左側腹部痛

既往歴: 気管支喘息、アトピー性皮膚炎

食物アレルギー: 卵、大豆、小麦(生卵でアナフィラキシー既往あり)

周産期歴: 在胎38週、出生体重2800g

家族歴: 父方祖母: 高血圧、明らかな血栓症や突然死、流産の既往なし

現病歴: 入院前日夕方に突然、左側腹部痛と嘔吐が出現したため当院救急外来を受診。当初は圧痛を伴わない左側腹部痛のみで経過観察となったが、その後症状が増強したため翌日救急外来を再診。左側腹部に圧痛と反跳痛を認めたが、血液検査および腹部X線写真上は明らかな異常を認めず、再度経過観察となった。しかしその後も

表 1 検査結果(症例①)

WBC	20000/ μ l	Ca	9.3 mg/dl	プロテイン C 抗原	尿比重	1.032
Hb	13.7 g/dl	iP	4.9 mg/dl	93% (基準値: 70-150)	尿蛋白定性	3+
Ht	40.0%	AST	195 IU/L	プロテイン C 活性	尿潜血	1+
MCV	80.3 fl	ALT	168 IU/L	89% (基準値: 64-146)	尿沈渣赤血球	10-19/HPF
Plt	21.5×10^4 / μ l	LDH	1537 IU/L	プロテイン S 抗原	尿沈渣白血球	1-4/HPF
BUN	12.5 mg/dl	CK	93 IU/L	89% (基準値: 65-135)		
Cr	0.66 mg/dl	ALP	839 IU/L	vWF 抗原		
eGFR	85.8 ml/min/1.73 m ²	CRP	0.39 mg/dl	185% (基準値: 50-155)		
TP	7.3 g/dl	PT-INR	1.03	vWF 活性		
Alb	4.7 g/dl	APTT	25.4 sec	196% (基準値: 60-170)		
Na	137 mEq/L	Fib	308 mg/dl	抗核抗体	<40 倍	
K	3.8 mEq/L	D-dimer	0.9 μ g/ml	MPO-ANCA	<10 EU	
Cl	101 mEq/L	TAT	87.9 ng/ml	PR3-ANCA	<10 EU	
				ループスアンチコアグラント蛇毒法		
				1.1 sec (基準値: 0.0-1.3)		
				抗カルジオリピン抗体・ β_2 GPI 抗体		
				≤ 1.2 U/ml		
				抗カルジオリピン抗体・IgG 抗体		
				≤ 8 U/ml		

図 3 症例① 腎梗塞(非 BT 法造影 CT)

a は腎実質評価に、b は腎動脈評価に焦点を当て画像情報の再構築を行った。

症状は改善せず同日当院を再々度受診。血液検査で逸脱酵素の上昇を認めたため造影 CT を行い、左腎梗塞と診断した。

入院時身体所見：身長 150.0 cm (± 0.0 SD)、体重 55.0 kg ($+1.4$ SD)、体温 36.8℃、脈拍 86 bpm、血圧 171/100 mmHg。意識清明、全身状態やや不良、倦怠感あり、苦悶様表情あり。呼吸音清、心音純、腹部平坦軟、腸蠕動音低下、左腹部全体に圧痛あり、筋性防御なし、反跳痛なし、腰背部叩打痛なし、末梢冷感あり、浮腫なし。

血液検査：表 1 参照

尿検査：表 1 参照

経過：入院時の造影 CT(図 3a)では左腎実質全体に造影効果を認めず、左腎動脈は近位部で途絶していた。さらに造影効果の限界から、前額断像でも左腎動脈の詳細な評価は困難であった(図 3b)。左腎動脈塞栓ないしは血栓症に伴う左腎梗塞を疑い、経皮的左腎動脈カテーテル造影(図 4)を行ったところ、左腎動脈基部から 9 mm 遠位部で左腎動脈の閉塞所見を認めた。これに対し選択的ウロキナーゼ動注療法を行ったところ再開通を認め、左腎実質の 2/3 程度が造影可能となった。その際の血管造影では、左腎動脈の閉塞部位前後に狭小化所見を認めた。その後ヘパリン経静脈的投与およびカテーテルからの選

図4 症例① カテーテル治療時、閉塞部再開通前の血管造影

図5 症例① 左腎動脈狭窄(カテーテル治療後、腎実質および腎動脈精査目的に行ったBT法での造影CT)

沢的ウロキナーゼ動注を約2日間継続し、左腎動脈の再開塞は認めなかった。治療後評価目的にBT法と造影剤急速投与を用いて造影CTを行った(図5)が、左腎の造影効果は一部にしか認めなかった。DMSAならびにMAG3シンチグラフィで分腎機能評価を行ったが、集積比率は右腎90%、左腎10%と左腎機能は十分な回復を認めなかった。凝固能検査では明らかな異常を認めず、左腎動脈低形成に伴う二次的閉塞での腎梗塞と診断した。なお治療後評価の造影CTでは、前額断像のみで左腎動脈狭窄所見は明らかであり(図5)、血管造影の画像と比較しても遜色ない所見を得られた。これをさらに3D再構築したところ(図6)、より理解しやすい画像が得られた。

CT線量指標：DLP (dose length product)：本スキャン884.0 mGy・cm，試験照射12.6 mGy・cm

② 腎血管性高血圧症

症例：2歳，女児

主訴：高血圧

既往歴：右Wilms腫瘍(Stage I)のため，1歳時に右腎全摘出術をおこなった[術後はNational Wilms Tumor Study (NWTs)のEE-4Aレジメン：ビンクリスチン+アクチノマイシンDで化学療法]。多源性心房頻拍のためジゴキシン，インデラル内服中。

周産期歴：在胎34週，出生体重2675 g

胎児心房粗動による胎児水腫のため緊急帝王切開で出生した。

家族歴：特記事項なし

現病歴：上記疾患に対し右腎を摘出したが，その後より

図6 症例① 左腎動脈狭小化(BT法の3D再構築画像)

高血圧が出現した。Ca受容体拮抗薬に加え，アンジオテンシン変換酵素(ACE)阻害薬や α 阻害薬を併用したが，血圧管理に難渋した。並行してCrは漸増したため，2歳時に精査目的に造影CTを行った。

入院時身体所見：身長81.6 cm(-1.1 SD)，体重9.8 kg(-1.2 SD)，体温36.1℃，脈拍101 bpm，血圧121/61 mmHg。全身状態良好，呼吸音清，2LSBを最強点とするLevine III/VIの収縮期雑音を聴取，腹部平坦軟，腸蠕動音正常，腹部の異常雑音を聴取せず，末梢循環良好，明らかな浮腫なし，四肢血圧の上下左右差なし。

血液検査：表2参照

経過：BT法と造影剤急速投与を併用し行った造影CTでは，左腎動脈近位部に屈曲を伴う狭窄所見(図7，8)に加え，腹腔動脈近位部や上腸間膜動脈近位部にも狭窄所

表2 検査結果(症例②)

WBC	4080/ μ l	Ca	9.6 mg/dl	hANP	118 pg/ml(基準値:0.0-43.0)
Hb	10.8 IU/dl	iP	3.9 mg/dl	活性型レニン定量	
Ht	32.0%	AST	21 IU/L		4200 pg/ml(基準値:3.2-36.0)
MCV	79.6 fl	ALT	11 IU/L	血漿アルドステロン濃度	
Plt	16.0×10^4 / μ l	LDH	185 IU/L		326 pg/ml(基準値:35.7-240)
BUN	24.9 mg/dl	ALP	676 IU/L	アンジオテンシン I	
Cr	0.41 mg/dl	CRP	0.02 mg/dl		520 pg/ml(基準値:0-110)
eGFR	65.3 ml/min/1.73 m ²	ESR	4 mm/hr	アンジオテンシン II	
TP	6.0 g/dl	フェリチン	18.1 ng/ml		26 pg/ml(基準値:0-22)
Alb	4.3 g/dl	IgG	425 mg/dl		
Na	136 mEq/L	IgA	12 mg/dl		
K	4.1 mEq/L	C3	85 mg/dl		
Cl	109 mEq/L	C4	14 mg/dl		

図7 症例② 左腎動脈狭窄(BT法)

図8 症例② 左腎動脈狭窄(BT法の3D再構築画像)

見を認めた。血液検査でもレニン、アンジオテンシン I・II、アルドステロンの上昇を認めたことから、多発性動脈狭窄に伴う腎血管性高血圧と診断した。単腎における腎機能障害および腎血管性高血圧であり、胃腸炎など脱水のハイリスクである幼少児において ACE 阻害薬やアルドステロン受容体拮抗薬 (ARB) を積極的に用いることは難しいと考えた。しかし Ca 受容体拮抗薬や β 阻害薬のみでは十分な降圧が得られず、リシノプリルを追加・漸増し、0.2 mg/kg/日を上限として軽度高血圧(収縮期血圧 110-120 mmHg 程度)を許容しながらの血圧管理を継続している。

CT 線量指標: DLP: 本スキャン 111.6 mGy $\cdot$ cm, 試験照射 8.3 mGy $\cdot$ cm

③ レニン産生腫瘍(傍糸球体細胞腫)

症例: 11 歳, 女兒

主訴: 成長障害

既往歴: アトピー性皮膚炎, 食物アレルギー

周産期歴: 在胎 39 週, 出生体重 2656 g

家族歴: 父が高血圧のため降圧薬を常用中, 父方祖父も高血圧あり。腎疾患や膠原病, 血管炎の家族歴なし。

現病歴: 4 年前より易疲労感と成長障害を認めた。2 年前より拍動性頭痛が出現し, その後徐々に程度が増強した。同時期から蛋白尿も認めたが, 近医で経過観察となっていた。低身長精査のために当院内分泌科を受診, その際の血圧測定で 220/150 mmHg と著しい高血圧を認めたため, 精査目的に当科に入院した。

入院時身体所見: 身長 132.8 cm(-2.6 SD), 体重 21.6 kg

表 3 検査結果(症例③)

WBC	9820/ μ l	C3	133 mg/dl	hANP	尿比重	1.019
Hb	13.2 g/dl	C4	24 mg/dl	140 pg/ml(基準値: 0.0-43.0)	pH	7.0
Ht	36.0%	ESR	81 mm/hr	BNP	尿蛋白定性	4+
MCV	79.1 fl	フェリチン	320 ng/ml	528.5 pg/ml(基準値: 0.0-18.4)	尿潜血	3+
Plt	11.4×10^4 / μ l	ハプトグロビン	<10 mg/dl	活性型レニン定量	尿糖定性	1+
BUN	17.3 mg/dl	抗核抗体	<40 倍	920 pg/ml(基準値: 3.2-36.0)	尿沈渣赤血球	1-4/HPF
Cr	0.79 mg/dl	抗 ds-DNA 抗体	<10 倍	血漿アルドステロン濃度	尿沈渣白血球	1-4/HPF
eGFR	59.3 ml/min/1.73 m ²	MPO-ANCA	<1.0 倍	1310 pg/ml(基準値: 35.7-240)	尿蛋白定量	1244.3 mg/dl
TP	7.2 g/dl	PR3-ANCA	<1.0 倍	アンジオテンシン II	尿 Cr 定量	53.36 mg/dl
Alb	4.2 g/dl	抗 GBM 抗体	<2.0 倍	270 pg/ml(基準値: 0-22)	尿蛋白 / クレアチニン比	
Na	135 mEq/L	PT-INR	0.88	アドレナリン	23 g/gCr	
K	2.9 mEq/L	APTT	22.3 sec	151 pg/ml(基準値: 0-100)	β_2 MG	>10000 μ g/ml
Cl	91 mEq/L	Fib	523 mg/dl	ノルアドレナリン	Na	20 mEq/L
Ca	9.5 mg/dl	D-dimer	3.8 μ g/ml	407 pg/ml(基準値: 100-450)	K	34.8 mEq/L
iP	3.5 mg/dl	FDP	8.6 μ g/ml	ドーパミン	TTKG	9.0
AST	66 IU/L	pH	7.436	25 pg/ml(基準値: 0-20)	VMA	
ALT	30 IU/L	PCO ₂	52.3 mmHg		9.5 mg/gCr(基準値: 2.3-6.5)	
LDH	1041 IU/L	HCO ₃ ⁻	34.6 mmol/L		HVA	
CK	57 IU/L	BE	9.0 mmol/L		3.2 mg/gCr(基準値: 2.5-10.0)	
ALP	391 IU/L	Lactate	1.4 mmol/L			
CRP	0.04 mg/dl	LH	<0.1 mIU/ml			
CysC	1.53 mg/L	FSH	0.19 mIU/ml			
IgG	407 mg/dl	E2	<10 pg/ml			

(-2.4 SD), 体温 36.9℃, 脈拍 137 bpm, 血圧 224/151 mmHg。全身状態良好, 甲状腺腫大なし, リンパ節腫脹なし, 呼吸音清, 心音純, 腹部平坦軟, 肝脾腫なし, 腸蠕動音正常, 腹部の異常雑音を聴取せず, 末梢冷感軽度あり, 明らかな浮腫なし, 四肢血圧の左右差なし(上肢<下肢), 全体に皮膚は乾燥している。

眼底所見: 高血圧性網膜症の所見あり(軟性白斑, 動脈狭細化)。

血液検査: 表 3 参照

尿検査: 表 3 参照

心臓超音波検査: EF 65.2%, FS 29.6%, IVSd 8.9 mm (159% of normal), LVIDd 39.8 mm (108% of normal), LVPWd 8.9 mm (152% of normal), E/E' 5.91。長期にわたる高血圧に伴う左室肥大あり。

MIBG シンチグラフィ: 異常集積なし

経過: 液検査よりレニン分泌過剰による高血圧と判断し, 当初は腎血管性高血圧を疑い造影 CT を行った。しかし BT 法と造影剤急速投与を併用しての造影 CT では明らかな腎動脈狭窄を認めず(図 9a, 9b), 右腎上極の

腫瘍性病変(図 10)からレニン産生腫瘍によるレニン性高血圧を考えた。精査目的に行った静脈サンプリングでは同腫瘍からのレニン過剰分泌が疑われたため, 右腎腫瘍核出術を行った。術後血圧は一定の改善を認めたものの残存し, 長期の高血圧による腎硬化症が原因と考えられる腎機能障害が残存している。

CT 線量指標: DLP: 本スキャン 498.0 mGy·cm, 試験照射 9.2 mGy·cm

考 察

BT 法は元々, 東芝メディカルシステムズにおいてリアルプレップ®として 1993 年に開発された CT 技術で, 現在では同社の機器では標準搭載の設定法であり, 他社製品でも同様の技術が搭載されていることが多い。したがって本邦においては, 設定次第で容易に行える検査と考えられる。当院では東芝の CT 機器を用いており, 通常の撮影範囲設定用の予備スキャンを 80 kV/30 mA で行った後, 造影剤注入開始後 10 秒程度(体格や部位, 血行動態により適宜変更)から 120 kV/20 mA/0.35 秒で設

図9 症例③ 腎動脈狭窄は認めず(BT法：aが右腎動脈，bが左腎動脈)

図10 症例③ 右腎腫瘍(右腎上極に造影効果が不均一で境界明瞭な腫瘍性病変を認める)

定した間欠スキャン(試験照射)を1秒間隔で行い、Volume auto exposure control (Volume AEC：予備スキャンに応じて本スキャン撮影時の電流を適宜調整し被ばく量を低減する機能)を使用して120 kVで本スキャンしているのみで、前もって特別な準備は要さない。また本稿では血管に焦点を当て述べてきたが、BT法で撮影した場合でもタイミングをずらして追加撮影を行えば、血管相のみならず腎実質を対象とした早期相や後期相の撮影も可能であり、鑑別疾患によってはこれらの組み合わせで精度が向上する。

また従来小児では、造影剤急速投与による副作用に対する漠然とした不安があり、造影剤は手動的に投与されてきた。しかし近年では、成人同様に自動注入器での急速投与が行われる頻度が増加しており、それにもかかわらず有害事象の増加は報告されていない¹⁰⁾。当院では

造影CTの際には全例に自動注入器を用いており、特にCT angiographyなど造影剤濃度のピークを上げたい症例においては、自動注入器での急速投与を行っている。具体的には造影剤(イオパミロンシリンジ®、バイエル薬品)を、24 G留置針にロックコネクタで接続した静脈路から、圧制御器で10 kg/cm²(およそ1.0 MPa=100 N/cm²に相当)を上限とした自動注入器(DualShotGX®、根本杏林堂)で投与している。当院開院後の2年間、のべ1041例における有害事象は、皮下への造影剤漏出が1.15%(12件)、接続部脱落0.1%(1件)で回路破損は認めておらず、これまでに報告されている手動的注入による有害事象(造影剤漏出0.1~0.9%)¹¹⁾と比較して明らかな増加を認めなかった。したがって自動注入器は小児でも安全に使用可能であると考えられる。

造影CTはあくまでも血管造影の代替検査法であるが、上記のような配慮を行うことで検査精度は飛躍的に改善し血管造影と同等の評価が可能になることはこれまでに示したとおりである。今回提示した症例はいずれもBT法と造影剤自動注入器での急速投与を併用した症例である。通常の2D画像でも、BT法は従来法よりも評価しやすいことが見て取れるが、このデータを元に3D再構築するとその差はさらに歴然となる。その理由は、3D再構築時には対象構造物のCT濃度が重要なことは勿論のこと、周辺臓器のCT値が低い方が処理しやすく良好な3D画像を得やすいためである。つまり撮影条件を十分に設定すれば、評価しやすい3D再構築画像を容易に得ることができる。こういった画像の再構築が可能なのも、血管造影よりも造影CTが優れている点と考えられる。さらに血管造影では周囲の臓器評価が困難であるのに対し、造影CTでは評価可能であることも優位な点

の一つである¹²⁾。例えば症例3では腎動脈には有意な所見を認めず、腎上極に腫瘍を認めるのみであった。これについては血管造影単独では評価困難である。

短所としては、試験照射を行うため被ばく量が増加することが挙げられる。ただし短時間の試験照射をわずか4スライス分の領域に断続的に加えるのみであり、通常の撮影に比べた被ばく増加量は理論上軽微である。今回提示した3症例でのDLP(dose length product: 1回転あたりに線源から放射される放射線量と照射範囲長の積)の増加分を具体的に見てみると、症例1では1.4%、症例2では6.9%、症例3では1.8%といずれも1割にも満たない。少なくとも、本検査法を用いずに撮影した画像が評価困難で再検査となった場合に追加される被ばく量に比べると非常に小さいことは明らかである。したがって我々は、本検査のメリットはデメリットを大きく上回っていると考えている。

結 論

Bolus tracking法と造影剤自動注入器による急速投与を併用することで、腎動脈評価に有用な画像情報を得ることができる。この方法は多くの施設で容易に検査可能で、かつ短所も少ないため画期的な方法と考えられる。小児における腎性高血圧、特に腎血管性高血圧を疑う場合には、本検査が非常に有用である。

本論文の主旨は、第49回日本小児腎臓病学会学術集会(2014年6月、秋田)で報告した。

「日本小児腎臓病学会の定める基準に基づく利益相反に関する開示事項はありません。」

文 献

- 1) Patil UD, Ragavan A, Nadaraj, Murthy K, Shankar R, Bastani B, Ballal SH: Helical CT angiography in evaluation of live kidney donors. *Nephrol Dial Transplant* 2001; 16: 1900-1904.
- 2) Yap DY, Chu FS, Chu SM, Tam PC, Tam S, Chan TM, Lai KN, Tang SC: CT angiography versus conventional digital angiography in preoperative assessment for Chinese living kidney donors. *J Nephrol* 2010; 23: 711-716.
- 3) Chan R, Kumar G, Abdullah B, Ng Kh, Vijayanathan A, Mohd Nor H, Liew Y: Optimising the scan delay for arterial phase imaging of the liver using the bolus tracking technique. *Biomed Imaging Interv J* 2011; 7: e12.
- 4) Birnbaum BA, Jacobs JE, Langlotz CP, Ramchandani P: Assessment of a bolus-tracking technique in helical renal CT to optimize nephrographic phase imaging. *Radiology* 1999; 211: 87-94.
- 5) 河野達夫: 造影剤の投与方法と注意点. 小児科学レクチャー, 総合医学社, 2013; 3: 1021-1026.
- 6) Frush DP, Spencer EB, Donnelly LF, Zheng JY, DeLong DM, Bisset GS: Optimizing contrast-enhanced abdominal CT in infants and children using bolus tracking. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 172: 1007-1013.
- 7) 蒔田勝見, 緑川武正, 八木秀文, 相田邦俊, 坂本道男, 横山輝和, 奥之蘭輝也: 320列 Multidetector CTにて術前診断しえた小腸出血の1例. 昭和医会誌 2011; 71: 175-180.
- 8) Nievelstein RA, van Dam IM, van der Molen AJ: Multidetector CT in children: current concepts and dose reduction strategies. *Pediatr Radiol* 2010; 40: 1324-1344.
- 9) Kurian J, Epelman M, Darge K, Meyers K, Nijs E, Hellinger JC: The role of CT angiography in the evaluation of pediatric renovascular hypertension. *Pediatr Radiol* 2013; 43: 490-501; quiz 487-489.
- 10) Kaste SC, Young CW: Safe use of power injectors with central and peripheral venous access devices for pediatric CT. *Pediatr Radiol* 1996; 26: 499-501.
- 11) Amaral JG, Traubici J, BenDavid G, Reintamm G, Daneman A: Safety of power injector use in children as measured by incidence of extravasation. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 187: 580-583.
- 12) Vade A, Agrawal R, Lim-Dunham J, Hartoin D: Utility of computed tomographic renal angiogram in the management of childhood hypertension. *Pediatr Nephrol* 2002; 17: 741-747.

3 cases of children underwent the contrast enhanced computed tomography angiography with bolus tracking and automated injector for precise renal artery investigation

Naoaki Mikami^{1, 2}, Tatsuo Kono³, Kaori Kikunaga¹, Wataru Kubota¹, Chikako Terano¹, Junya Hashimoto¹
Ryoko Harada¹, Riku Hamada¹, Kenji Ishikura^{1, 4}, Hiroshi Hataya¹, Masataka Honda¹

¹Department of Nephrology, Tokyo Metropolitan Children's Medical Center

²Department of Pediatrics, Fussa Hospital

³Department of Radiology, Tokyo Metropolitan Children's Medical Center

⁴Division of Nephrology and Rheumatology, National Center for Child Health and Development

Contrast enhanced computed tomography angiography (CECTA) with bolus tracking method and automated injector (BT/AI) were performed to evaluate renal arteries in 3 children instead of digital subtraction angiography. Patient 1 was a 12-year-old girl with kidney infarction whose left renal artery was obstructed at the proximal portion. Patient 2 was a 2-year-old girl with renal artery hypertension whose left renal artery was entirely hypoplastic. Patient 3 was an 11-year-old girl with renin producing tumor whose renal arteries were normal. CECTA with BT/AI made precise renal artery configuration and they enabled us to choose effective treatments. It is of use in evaluate configuration of renal arteries because the setup of CECTA with BT/AI itself is easy.

Key words: : renovascular hypertension, bolus tracking, contrast enhanced computed tomography, angiography, children