

## 犬における腎臓造影CT撮像法

西田 幹 久楽賢治 藤原めぐみ 中山智宏

石川智恵子 河野正太 上地正実<sup>†</sup>

日本大学生物資源科学部 (〒252-0880 藤沢市亀井野1866)

(2011年9月29日受付・2011年11月29日受理)

## 要 約

本研究は犬の腎臓造影CT検査の撮像タイミングを検討することを目的とした。健康ビーグル犬においてボーラストラッキング法を用いた多相撮像による腎臓の造影CT検査を行った。造影剤はイオヘキソール750mgI/kgを用い、15秒で静脈内に投与した。造影剤投与後1回目の撮像はボーラストラッキング法を用いて撮像タイミングを決定し、造影剤投与開始後40、60、90、120、180及び300秒にてそれぞれ撮像を行った。腎動・静脈、腎皮質、腎髄質、腎盂及び尿管のCT値を測定した。動脈相は造影剤投与開始後、17及び19秒、皮髄相は40及び60秒、実質相は90及び120秒、排泄相は180及び300秒であった。また、造影剤投与開始後、腹大動脈に設定した関心領域のCT値が150HUに上昇するまでに要する時間と心拍数に相関関係が認められた。犬の腎臓造影CT検査において、ボーラストラッキング法を用いた多相撮像法を行うことで、良好な画像を得ることが可能であることが示唆された。

—キーワード：ボーラストラッキング法，CT造影検査，多相撮像。

----- 日獣会誌 65, 361～364 (2012)

マルチスライスCTによる多相撮像法は、単位時間あたりのスライス数を増やすことができるため、標的部位の撮像時間を大幅に短縮することができる。また、ボーラストラッキング法は、関心領域のCT値を計測することにより造影剤の到達をリアルタイムにモニタリングし、適切な撮像タイミングを決定することを可能とする[1]。これらを組み合わせて行う多相撮像法は、一度の造影CT検査で目的とする血管相を反映した画像を得ることができる[2]。

腎臓造影CT検査は、人における腎動脈狭窄症や腎臓腫瘍及び奇形などの診断に有用であることが報告されている[3-5]。腎臓造影CT検査においては多相撮像法が一般的に使用されており、造影剤の到達に合わせて動・静脈相、皮髄相、実質相及び排泄相に分けて複数回の撮像を行う[3]。しかし、犬における多相撮像法を目的とした腎臓造影CTの撮像タイミングに関する報告はない。

腎臓造影CT撮像時の造影剤による最大輝度到達時間の延長は、心拍数及び心拍出量と関連することが報告されている[6]。今回、心拍数と造影効果の関係を評価す

るため、造影剤投与開始後、腹大動脈に設定した関心領域のCT値が150ハンスフィールド値(HU)に上昇する時間( $T_{150}$ )とその時の心拍数を計測した。また、犬における多相撮像法による腎臓造影CTの最適な撮像タイミングをボーラストラッキング法にて検討した。

## 材料及び方法

本研究は日本大学生物資源科学部動物実験委員会の承認を得て実験指針に基づき行われた。

**供試犬：**本研究にはビーグル犬8頭(10.5±1.3kg, 98±36カ月齢)を用いた。供試犬は一般身体検査、血液生化学検査及び尿検査にて異常を認めなかった。CT撮像12時間前より絶食、3時間前より絶水とし、1時間前に200mlの生理食塩水を皮下投与した。

**麻酔管理：**麻酔前の準備として橈側皮静脈に22G留置針にてカテーテルを設置し、シュアプラグ(TERUMO, 東京)を接続した。麻酔前投与薬として、硫酸アトロピン(0.025mg/kg)の皮下投与及び酒石酸ブトर्फアノール(0.2mg/kg)、塩酸ミダゾラム(0.2mg/kg)の静脈内投与を行った。麻酔導入はプロポ

<sup>†</sup> 連絡責任者：上地正実(日本大学生物資源科学部獣医内科学研究室)

〒252-0880 藤沢市亀井野1866 ☎・FAX 0466-84-3481 E-mail: uechi.masami@cardiovets.jp

フォール (4mg/kg) の静脈内投与にて行い、気管挿管を行った。維持麻酔は、CT撮像終了までイソフルレン (1.5%) と酸素 (2l/min) による吸入麻酔にて行っ。CT撮像中の呼吸管理は呼吸バックにて手動で行い、呼吸で維持した。

**CT撮像条件設定:** 撮像には16列マルチスライスCT (Aquilion 16, 東芝メディカルシステムズ株, 栃木) を用いた。Dynamic CTモードにて、トリガーレ、腎臓の撮像は管電圧120kV, 管電流160kA, 撮像回転速度0.5秒/1回転, スライス厚は1mmに設定した。CT撮像中は、腹臥位にて保定を行った。第12-13胸椎間の腹大動脈に関心領域を置き、トリガー値を150値に設定した。造影CT撮像は、イオヘキソール (イオベリン®注300, 大洋薬品工業株, 名古屋) 2.5ml/kg (750mgI/kg) をオートインジェクター (AUTO ENHANCE A-60, 根本杏林堂株, 東京) により15秒で投与して行っ [7]。

心拍数と造影効果の関係を評価するために第12-13胸椎間の腹大動脈に設置した関心領域のCT値が造影剤投与開始からトリガー値に達するまでの時間 ( $T_{150}$ ) 及び心拍数をそれぞれ2回計測した ( $n = 8$ )。

**腎臓造影CT撮像:** 腎臓造影CT撮像は、ボーストラッキング法を用いて行っ ( $n = 5$ )。撮像条件は、上記と同様に行っ。撮像範囲は第11胸椎から第5腰椎間に設定した。造影前にプレーンの撮像を行ってから、造影CT撮像を行っ。造影CT撮像のタイミングは、造影剤投与後、関心領域のCT値がトリガー値まで上昇してから3秒後 ( $T_{150} + 3$ 秒) 並びに造影剤投与開始40, 90及び180秒後とした。また、一週間以上の間隔をあけて、再度、造影剤投与後、関心領域のCT値がトリガー値まで上昇してから6秒後 ( $T_{150} + 6$ 秒) 並びに造影剤投与開始60, 120及び300秒後のCT撮像を行っ。

**画像処理:** 撮像された画像は、CT撮像装置において再構成関数FC02, Window level 100及びWindow width 300にて再構成された後、画像処理ソフトウェア (AZE Virtual Place Plus, AZE株, 東京) に転送され処理された。画像処理ソフトウェアにおいて、画像上に1mm<sup>2</sup>の円形の関心領域を設定し、右側腎動脈、腎皮質、腎髓質、腎静脈、腎盂及び尿管におけるCT値を各撮像タイミングにてそれぞれ計測した。各撮像タイミングにおける関心領域の位置は個体内でそれぞれ統一し、腎動脈及び静脈並びに腎皮質、髓質及び腎盂はそれぞれ同じ横断面上にてCT値を計測し、尿管は第4-5腰椎間において計測した。

**統計処理:** データは平均値±標準偏差で示した。8頭において $T_{150}$ と心拍数の関係をSpearmanの順位相関を用いて解析した。また、造影前の像において計測された各部位のCT値は、One-way Repeated-Measures ANOVAを用いて比較し、有意である場合、多重比較を

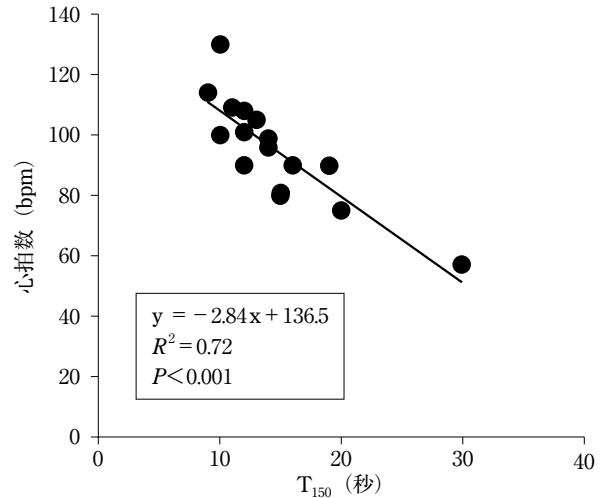


図1 第12-13胸椎間の腹大動脈に設置した関心領域のCT値が造影剤投与開始からトリガー値に達するまでの時間 ( $T_{150}$ ) と心拍数 (bpm) の相関図。

Tukey's testにて行っ。  $P < 0.05$  を統計学的に有意とした。

## 成 績

$T_{150}$  及び心拍数は、 $13.5 \pm 3.1$  (9-30) 秒及び  $98 \pm 14$  (57-130) bpm であり、両者に負の相関が認められた ( $r^2 = 0.72$ ,  $P < 0.05$ ,  $n = 8$ ) (図1)。腎臓造影CT撮像における両撮影日の $T_{150}$ はそれぞれ  $13.6 \pm 2.3$  秒及び  $13.2 \pm 1.2$  秒であり、有意差はなかった。両撮影日において造影剤投与前に得られた像では、腎動脈、腎静脈、腎皮質、腎髓質、腎盂及び尿管のCT値にそれぞれ有意な差はなかった。

腎動脈のCT値は、造影剤投与開始後16.6秒に4頭 ( $445 \pm 42$ HU) が、19.2秒に1頭 (470HU) がそれぞれ最高値を示した。腎静脈のCT値は、造影剤投与開始後40秒で4頭 ( $274 \pm 29$ HU) が、19.2秒で1頭 (260HU) がそれぞれ最高値を示した。腎皮質のCT値は、造影剤投与開始後40秒で3頭 ( $262 \pm 9$ HU) が、19.2秒 (276HU) 及び60秒 (260HU) にそれぞれ1頭ずつが最高値を示した。腎髓質のCT値は、造影剤投与開始後120秒で3頭 ( $291 \pm 7$ HU) が、90秒 (272HU) 及び180秒 (298HU) にそれぞれ1頭ずつが最高値を示した。腎盂のCT値は造影剤投与開始180秒に3頭 ( $873 \pm 336$ HU) が、300秒に2頭 ( $772 \pm 327$ HU) が最高値をそれぞれ示した。尿管のCT値は300秒に4頭 ( $1317 \pm 413$ HU), 180秒に1頭 (1355HU) が最高値を示した (図2)。これらの数値に有意差は認められなかった。

各撮像タイミングにおいて、それぞれ良好な腎臓造影CT画像が得られた (図3)。

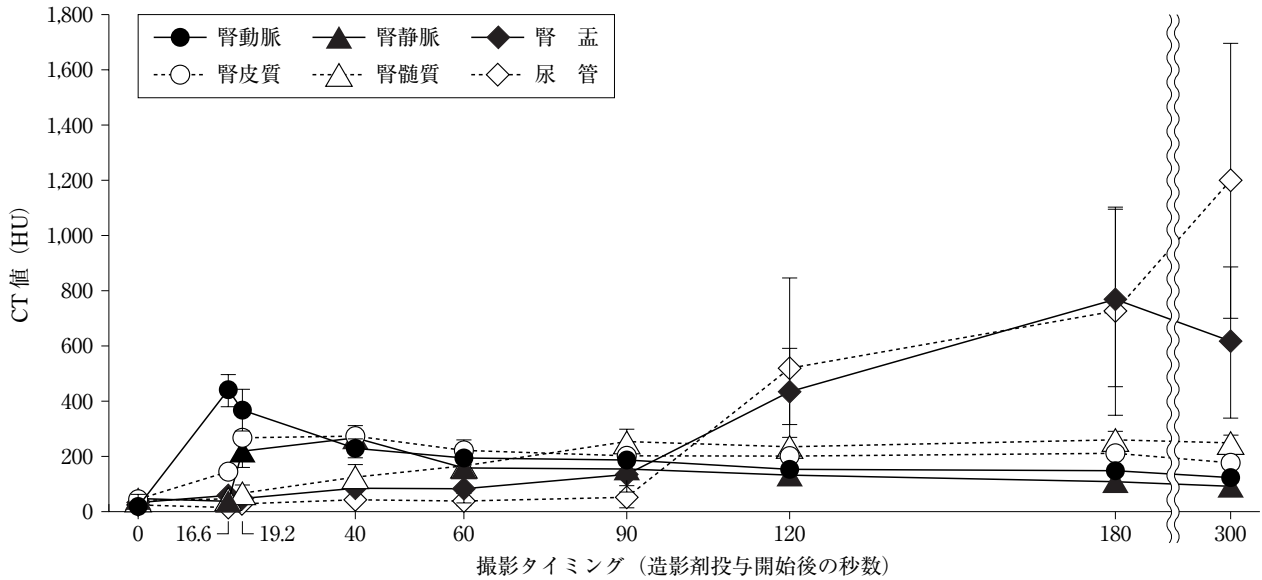


図2 各撮影タイミングにおける腎及び尿管のCT値の変化

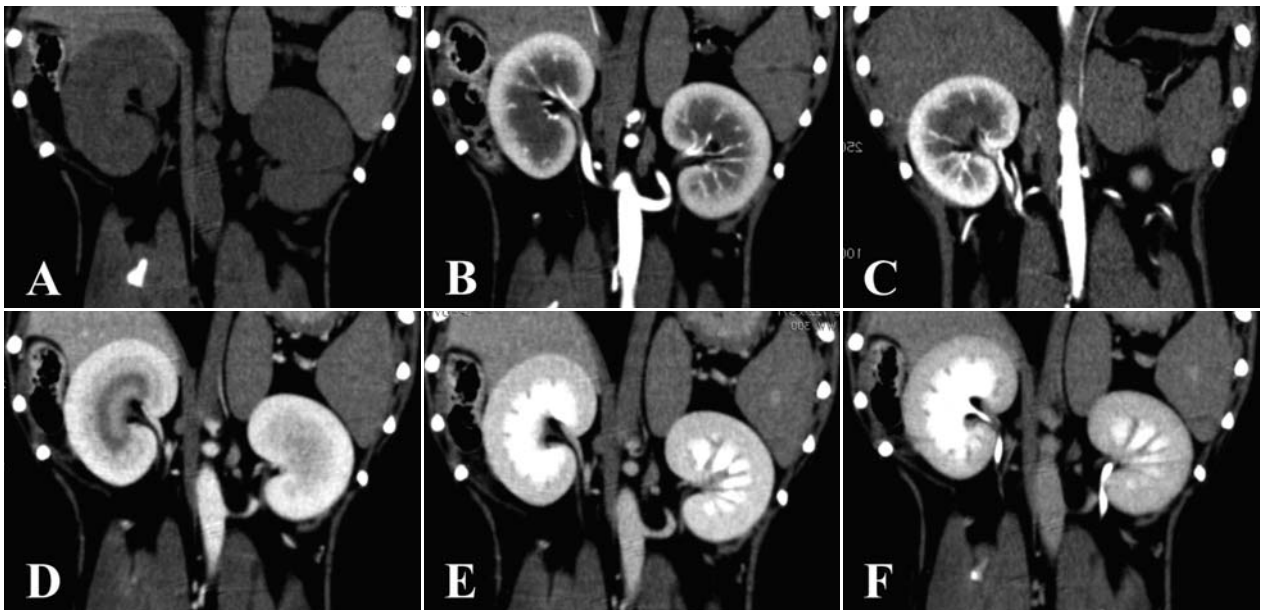


図3 各撮影タイミングにおける腎臓と尿管のコロナル像 (Window level 100 及び Window width 300)

A: プレーン                      B: 造影剤投与開始後16.6秒      C: 造影剤投与開始後19.2秒  
 D: 造影剤投与開始後40秒      E: 造影剤投与開始後90秒      F: 造影剤投与開始後300秒

### 考 察

本研究における腎臓造影CTの撮像タイミングは、造影剤投与開始後16.6秒及び19.2秒に動脈相、40及び60秒は皮髄相、90及び120秒は実質相、180及び300秒は排泄相であった。人医学における腎臓造影CT撮像は、造影剤投与開始後15～25秒で動・静脈相、25～80秒に皮髄相、85～120秒に実質相、180～300秒に排泄相であり [3]、今回のCT撮像タイミングとおおよそ一致した。

腎動脈は、造影剤投与開始後16.6秒の撮像で葉間動

脈の走行を明瞭に描出することができた。腎静脈は、造影剤投与開始後19.2秒から60秒の間の撮像が適していると考えられた。また、画像処理ソフトウェアを用いてこれらの画像を組み合わせることにより、腎臓の動脈と静脈をそれぞれ分離して同一の3D画像上に描出することが可能であった。人において、腎血管造影CT画像は腎腫瘍、腎移植前の血管分岐の確認及び外傷や梗塞部位の評価に有用である。犬においても今回得られた腎血管造影CT画像を用いることにより、腎血管及び実質の病変に対する評価が可能であることが示唆された。

腎盂及び尿管にある病変を撮像するタイミングは、造

造影剤投与開始後180秒から300秒以降が適していると考えられた。

本研究においては、造影剤投与開始後に関心領域のCT値がトリガー値に上昇するまでにかかる時間は心拍数と負の相関関係が認められ、心拍数によって最大21秒の差が生じた。心拍数は造影効果に影響しないことが報告されている [7, 8]。しかし、麻酔下の豚において心拍出量の低下は最大輝度到達時間を延長させることが報告されている [6]。麻酔下の犬において、心拍数は心拍出量と連動することが報告されているため [9]、本研究においても、Baeらの報告と同様に造影剤到達遅延した可能性がある。以上より、心拍数は標的臓器の造影効果に影響する可能性があると考えられた。このため、犬においてもボーラストラッキング法は心拍数による標的臓器の造影効果への影響を少なくする撮像手段として有用であることが示唆された。

本研究において犬の腎臓造影CT検査において多相撮像法を行い、右側腎動脈、腎皮質、腎髄質、腎静脈、腎盂及び尿管の良好な画像を得るための撮像タイミングを示すことができた。

#### 引用文献

- [1] Cademartiri F, van der Lugt A, Luccichenti G, Pavone P, Krestin GP : Parameters Affecting Bolus Geometry in CTA : A Review, *J Comput Assist Tomogr*, 26, 598-607 (2002)
- [2] Habing A, Coelho JC, Nelson N, Brown A, Beal M, Kinns J : Pulmonary angiography using 16 slice multidetector computed tomography in normal dogs, *Vet Radiol Ultrasound*, 52, 173-178 (2011)
- [3] Kawashima A, Sandler CM, Ernst RD, Tamm EP, Goldman SM, Fishman EK : CT evaluation of renovascular disease, *Radiographics*, 20, 1321-1340 (2000)
- [4] Glockner JF, Vrtiska TJ : Renal MR and CT angiography : current concepts, *Abdom Imaging*, 32, 407-420 (2007)
- [5] Josephs SC : Techniques in interventional radiology : renal CT angiography, *Tech Vasc Interv Radiol*, 9, 167-171 (2006)
- [6] Bae KT, Heiken JP, Brink JA : Aortic and hepatic contrast medium enhancement at CT. Part II. Effect of reduced cardiac output in a porcine model, *Radiology*, 207, 657-662 (1998)
- [7] 久楽賢治, 浅野和之, 北川勝人, 伊藤大介, 手島健次, 中山智宏, 亘 敏広, 田中茂男 : 小型犬における腹部造影CTの撮像プロトコルの検討, *日獣会誌*, 64, 385-389 (2011)
- [8] van Hoe L, Marchal G, Baert AL, Gryspeerdt S, Mertens L : Determination of scan delay time in spiral CT-angiography : utility of a test bolus injection, *J Comput Assist Tomogr*, 19, 216-220 (1995)
- [9] Ilebekk A, Miller MM, Thorvaldson J, Kiil F : Cardiac performance : optimal heart rate for maximal cardiac output, *Scand J Clin Lab Invest*, 39, 79-85 (1979)

### Dynamic Contrast Enhanced CT in Kidneys of Dogs

Miki NISHIDA\*, Kenji KUTARA, Megumi FUJIWARA, Tomohiro NAKAYAMA, Chieko ISHIKAWA, Shota KONO and Masami UECHI†

\* *Nihon University, Veterinary Internal Medicine, 1866 Kameino, Fujisawa, 252-0880, Japan*

#### SUMMARY

This study aimed to evaluate the protocol for contrast-enhanced CT of the canine kidney. Healthy beagle dogs underwent multiphase enhanced CT scans of the kidney using the bolus-tracking method. The contrast agent (iohexol, 750 mgI/kg) was injected for 15 seconds. The first scan using the bolus-tracking method was performed immediately after contrast agent administration. The scans were then carried out 40, 60, 90, 120, 180, and 300 seconds after administration. We measured the CT numbers in the renal artery, vein, cortex, and medulla, along with those of the pelvis and ureter at each time interval. The renal vascular phase, cortical nephrographic phase, parenchymal nephrographic phase, and excretory phase were reached, approximately, 17 and 19, 40 and 60, 90 and 120, and 180 and 300 seconds after intravenous contrast agent administration, respectively. There is good correlation between heart rate and the duration of achieving the 150-HU value of ROI after intravenous contrast agent administration. In conclusion, we suggest that a clear image of the kidney can be obtained by multiphase contrast-enhanced CT using the bolus-tracking method.

— Key words : bolus-tracking method, contrast enhanced computed tomography, multiphase imaging.

† *Correspondence to : Masami UECHI (Nihon University, Veterinary Internal Medicine)*

*1866 Kameino, Fujisawa, 252-0880, Japan*

*TEL · FAX 0466-84-3481 E-mail : uechi.masami@cardiovets.jp*

*—J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 65, 361 ~ 364 (2012)*