

小型犬における腹部造影CTの撮像プロトコルの検討

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

日本大学生物資源科学部獣医学科 (〒252-0880 藤沢市亀井野1866)

(2010年2月10日受付・2010年12月15日受理)

要 約

小型犬のCTにおける造影剤の体内動態について49頭の犬を対象とし、造影剤投与量、投与時間、留置針径における条件別に5群に振り分けて検討した。動脈では、平均輝度上昇開始時間 (T_{up}) はすべての群において12秒前後でみられたが、最大輝度到達時間 (T_{peak}) とその時のハンスフィールド値 (HU) は、群によって異なった。後大静脈における T_{up} は20秒前後に現れ、 T_{peak} は33～39秒に集中していた。門脈の T_{up} は22秒前後に現れ、 T_{peak} は40～45秒に集中していた。後大静脈と門脈の最大輝度のHUは投与量に依存していた。本研究におけるデータは体重や心拍数と関連しなかった。今回の研究のプロトコルを使用することによって、小型犬の造影CTの増強効果を客観的に評価できることが示唆された。——キーワード：犬，CT，増強効果。

----- 日獣会誌 64, 385～389 (2011)

近年、コンピュータ断層撮影法 (CT) は、管球の多列化により、短時間での複数回の撮影が可能となり、多時相造影CTが行えるようになった。多時相造影CTは、複数の血管相ごとに撮影することによって肝臓の動静脈や門脈系などを含む腹腔内の血管を描写することが可能な撮像法である。医学領域では、多時相造影CTを用いて腹腔内血管異常の発見や肝臓腫瘍の鑑別に応用されている [1-3]。

獣医学領域においても、多時相造影CTは、門脈体循環シャントや肝動静脈瘻などの血管異常の検出に有効であることが示されている [4, 5]。多時相造影CTを行うには、腹腔内の動脈、門脈、静脈内における造影剤の血行動態を把握して造影剤投与プロトコルを作成する必要があるが、これまでのプロトコルに関する報告は8kg以上の中型犬以上の犬が対象であるものが多い [6-8]。

また、これまでの報告で採用されている造影剤投与プロトコルは、投与速度固定式が多い。投与速度固定式では個体の体重差によって血行動態が異なることが懸念されるため、近年では医学領域において、投与時間固定式が注目されている [9]。しかし、獣医学領域では投与時間固定式を検討した報告は1例あるものの [10]、門

脈や静脈における動態は検討されていない。さらに造影剤の投与量、心拍数の変動、留置針径などの要因が多時相造影CTにおける造影効果にどのように影響を及ぼすか、獣医領域ではほとんど検討されていない。

したがって、本研究では、小型犬における多時相造影CTのプロトコルの確立を目的として、投与時間固定式による造影剤投与後の腹腔血管内の輝度の時間的推移と留置針径や造影剤の投与量などの要因による影響の検討を行った。

材 料 お よ び 方 法

供試犬：本実験には日本大学生物資源科学部附属動物病院に来院し、造影CTを依頼された犬49頭 (1.5～8kg) を対象とした。対象犬は、小型犬に分類される犬種 (ミニチュアダックスフント、ウェルシュコーギー、トイプードル、チワワ、ヨークシャーテリア、ジャックラッセルテリア、豆柴犬、シーザー、パピヨン、キャバリア、イタリアングレーハウンド、ミニチュアシナウザー、マルチーズ) を使用し、雑種においては8kg以下を対象とした。CT撮影を行う前の超音波検査、血液生化学検査、身体検査、そして全身の造影CT撮影によって腹腔内主要血管において異常がないことを確認した。

[†] 連絡責任者：浅野和之 (日本大学生物資源科学部獣医学科獣医外科学研究室)

〒252-0880 藤沢市亀井野1866 ☎0466-84-3900 FAX 0466-84-3905 E-mail : asano.kazushi@nihon-u.ac.jp

撮影条件：第1群（留置針径：24G，造影剤投与量：600mgI/kg，造影剤投与時間：15秒），第2群（留置針径：24G，造影剤投与量：600mgI/kg，造影剤投与時間：20秒），第3群（留置針径：24G，造影剤投与量：750mgI/kg，造影剤投与時間：20秒），第4群（留置針径：22G，造影剤投与量：750mgI/kg，造影剤投与時間：20秒），第5群（留置針径：24G，造影剤投与量750mgI/kg，造影剤投与時間：15秒）に分類した。造影剤投与時間は以前に報告された論文 [10] を元に15秒と20秒に設定した。使用した頭数は，第1群，第2群，第3群，第5群はそれぞれ10頭，第4群は9頭であった。

麻酔管理：供試犬の橈側皮静脈内に22～24Gの留置針を設置し，シユアプラグを接続した後に，麻酔処置を開始した。まず，麻酔前処置として硫酸アトロピン（0.02～0.04mg/kg）を皮下投与した後，塩酸ミタゾラム（0.1～0.2mg/kg）および酒石酸ブトルファノール（0.1～0.2mg/kg）の静脈内投与（IV）を行った。次いで，プロポフォル（4mg/kg，IV）による麻酔導入を行った後，気管内チューブを挿管し，イソフルラン（1.5%）と酸素（2l/min）による吸入麻酔で維持した。麻酔中の呼吸管理は手動で行い，撮影中は呼吸バックによる息止めを行った。

CT撮影：16列マルチスライスCT（Aqilion16，東芝メディカルシステムズ(株)，栃木）を用いた。造影剤としてイオヘキソール（造影剤濃度として300mgI/ml）を使用し，オートインジェクター（AUTO ENHANCE A-60，根本杏林堂(株)，東京）を用いて，造影剤投与量を600～750ml/kg，造影剤投与時間を15～20秒におのおの設定した。

CT撮影は，Dynamic CTモードにて，管電圧120kV，管電流50kA，撮影スライス厚1mm，撮影回転速度1秒/1回転，撮影回転回数60回に設定し，造影剤投与開始と同時に撮影を開始して60秒間撮影を行った。撮影部位は，試供動物を寝台にて伏臥位にした後，第13胸椎に相当する範囲に設定した。また，心拍数は，撮影終了直後時点にて記録した。

画像処理：撮影された画像は，CT撮影装置において再構成関数FC02，Window level 100，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）に転送された。その後，画像処理ソフトウェアにおいて，画像上の大動脈（AO），門脈（PV），後大静脈（CVC）にそれぞれ面積4mm²の円形の関心領域（ROI）を設置して，各部位の毎秒ごとのハンスフィールド値（HU）を計測した。

また，すべての群において得られたHUを基に1頭ごとに時間輝度曲線（TIC）を作成し，AO，CVC，およびPVの輝度上昇開始時間（T_{up}），最大輝度到達時間

（T_{peak}）を求めた。またAOに関しては，輝度上昇開始からプラトーに達するまでの時間（T_{up-plateau}）も求めた。

統計学的分析：得られたT_{up}，T_{peak}，T_{up-plateau}および最大輝度は，すべて平均値±標準偏差で表した。

AOのT_{up}，T_{peak}，T_{up-plateau}，最大輝度，CVCとPVのT_{up}，T_{peak}，最大輝度と体重および心拍数との相関を検討するために，Spearmanの順位相関を用いた。

各群の体重，心拍数の比較にはKruskal-Wallis検定を用い，有意差が認められた場合にはpost-hoc testとしてDunn検定を行った。造影剤の投与時間によるAOのT_{up}，T_{peak}，T_{up-plateau}および最大輝度，CVC，PVのT_{up}，T_{peak}，最大輝度への影響を調べるため，第1群と第2群の間，第3群と第5群の間でMann-Whitney検定を行った。同様に，造影剤の投与量による各項目への影響を調べるため，第1群と第5群の間，第2群と第3群の間でMann-Whitney検定を行った。最後に，留置針径が各項目に与える影響を調べるため，第3群と第4群の間でMann-Whitney検定を行った。

すべての統計学的処理において，P<0.05を有意差ありと判断した。

成 績

実験の結果は，表1に要約した。

AOのT_{up}は，第1群で11.4±1.6秒，第2群で13.2±2.0秒，第3群で12.6±2.3秒，第4群で12.2±2.6秒，第5群で12.2±3.0秒であった。また，T_{peak}は，第1群で23.6±1.7秒，第2群で27.9±1.9秒，第3群で25.9±3.0秒，第4群で27.0±1.8秒，第5群で23.3±2.6秒であった。T_{up-plateau}においては，第1群で19.5±2.0秒，第2群で22.7±2.9秒，第3群で23.6±2.6秒，第4群で24.3±1.8秒，第5群で18.6±2.4秒であった。

CVCのT_{up}は，第1群で21.4±4.2秒，第2群で23.4±5.4秒，第3群で19.3±3.5秒，第4群で20.8±4.3秒，第5群で20.0±4.1秒であった。また，T_{peak}は，第1群で37.7±7.7秒，第2群で39.2±5.9秒，第3群で35.4±3.4秒，第4群で37.4±4.5秒，第5群で33.1±4.6秒であった。

PVのT_{up}は，第1群で24.6±5.4秒，第2群で26.1±5.9秒，第3群で22.2±5.2秒，第4群で22.7±8.1秒，第5群で22.3±5.1秒であった。また，T_{peak}は，第1群で42.7±8.3秒，第2群で45.3±7.0秒，第3群で42.1±7.4秒，第4群で44.1±8.1秒，第5群で40.5±3.8秒であった。

各群間の体重および心拍数において，有意差は認められなかった。また，すべての群において，AOのT_{up}，T_{peak}，T_{up-plateau}，最大輝度，CVCとPVのT_{up}，T_{peak}，最大輝度と心拍数および体重の間に有意な相関は認めら

表1 各群の解析結果

	T _{up} (AO)	T _{peak} (AO)	T _{up-plateau} (AO)	最大輝度 (AO)
第1群 (n=10)	11.4±1.6	23.6±1.7	19.5±2.0	621.1±121.1
第2群 (n=10)	13.2±2.0	27.9±1.9	22.7±2.9	535.4±133.4
第3群 (n=10)	12.6±2.3	25.9±3.0	23.6±2.6	681.2±197.4
第4群 (n=9)	12.2±2.6	27.0±1.8	24.3±1.8	709.5±204.9
第5群 (n=10)	12.2±3.0	23.3±2.6	18.6±2.4	831.4±124.4

	T _{up} (CVC)	T _{peak} (CVC)	最大輝度 (CVC)	心拍数
第1群 (n=10)	21.4±4.2	37.7±7.7	277.0±33.5	104.2±13.8
第2群 (n=10)	23.4±5.4	39.2±5.9	299.8±84.3	94.9±28.1
第3群 (n=10)	19.3±3.5	35.4±3.4	367.6±113	100.1±28.1
第4群 (n=9)	20.8±4.3	37.4±4.5	386.7±69.1	101.7±36.4
第5群 (n=10)	20.0±4.1	33.1±4.6	392.4±84.8	90.6±20.0

	T _{up} (PV)	T _{peak} (PV)	最大輝度 (PV)	体 重
第1群 (n=10)	24.6±5.4	42.7±8.3	248.0±72.5	4.3±1.9
第2群 (n=10)	26.1±5.9	45.3±7.0	254.3±84.2	4.4±1.7
第3群 (n=10)	22.2±5.2	42.1±7.4	324.4±56.4	5.3±1.4
第4群 (n=9)	22.7±8.1	44.1±8.1	292.7±52.6	6.8±1.9
第5群 (n=10)	22.3±5.1	40.5±3.8	308.8±49.7	3.6±1.1

T_{up}: 輝度上昇開始時間, T_{peak}: 最大輝度到達時間,
T_{up-plateau}: 輝度上昇開始からプラトーに達するまでの時間,
AO: 大動脈, CVC: 後大静脈, PV: 門脈

れなかった。

AOでは、T_{up}はすべての群間で有意差は認められなかったが、一方でT_{peak}とT_{up-plateau}においては、第1群と第2群の間、第3群と第5群の間に有意差が認められた。その他の群間では有意差を認めなかった。最大輝度においては、第1群と第5群の間、第3群と第5群の間で有意差を認めた。その他の群間では有意差を認めなかった。

CVCのT_{up}およびT_{peak}は、すべての群間において有意差は認められなかったが、最大輝度においては、第1群と第5群の間、および第2群と第3群の間に有意差が認められた。その他の群間では有意差が認められなかった。

PVのT_{up}およびT_{peak}は、すべての群間において有意差は認められなかったが、最大輝度においては、第1群と第5群の間、第2群と第3群の間で有意差が認められた。その他の比較においては有意差が認められなかった。

考 察

今回の結果をまとめると、AOは12秒前後で増強を開始するものの、最大輝度は造影剤投与量および投与時間の影響を受ける傾向にあり、その到達時間は造影剤投与時間の影響を受けることが判明した。CVCは20秒前後

より増強を開始し、33～39秒に集中して最大輝度に到達することが判明した。PVは22秒前後より増強を開始し、40～45秒に集中して最大輝度に到達することが判明した。後大静脈と門脈の最大輝度は投与量に依存していた。

AOの解析において、T_{peak}とT_{up-plateau}は第1群と第2群の間、第3群と第5群の間に有意差を認めたことから、投与時間の影響を受けていることが判明した。また、最大輝度は造影剤投与量や投与時間の影響によってさまざまな変化が認められた。第3群と第5群の間に有意差を認めた一方で、第1群と第2群の間には有意差を認めなかったが、第1群と第5群の方が高値を示したことにより、造影剤投与時間の短縮によって最大輝度が増加する傾向にあることが示唆された。また、第1群と第5群の間に有意差を認めた一方で、第2群と第3群の間には有意差を認めなかったが、第3群と第5群のほうが高値を示したことにより造影剤投与量の増加によって最大輝度が増加する傾向にあることが示唆された。一方で留置針径の違いによって、T_{up}、T_{peak}、T_{up-plateau}および最大輝度のいずれにも有意な影響を及ぼさなかった。医学領域では、AOの輝度はさまざまな要因に影響されやすいことが報告されている [11]。小動物領域においても造影剤投与時間の影響を受けることが報告されている [10]。また、今回の研究においても造影剤投与量や投与時間による影響を受けることが示唆された。動脈のT_{peak}が投与時間の影響を受けていたものの、投与後23秒から27秒にかけて集中していた。造影剤投与時間の短縮によって最大輝度は上昇の傾向を認めた一方で、T_{up-plateau}の短縮を認めたことから、撮像範囲が広い場合は造影剤投与時間20秒、撮像範囲が狭い場合は造影剤投与時間15秒を選択することが望ましいと考えられた。したがって、腹腔内の動脈系を描出する場合は造影開始より20～30秒後を中心に撮像し、撮像範囲に応じて造影剤投与時間を調節することが最適であると思われる。

CVC、PVの両方において、T_{up}、T_{peak}は造影剤投与量、造影剤投与時間および留置針径のいずれの影響も受けなかった。CVCのT_{up}は約20秒前後、T_{peak}は33～39秒に集中し、またPVのT_{up}は約22秒前後、T_{peak}は40～45秒に集中していた。以上のことから、造影剤の投与量および投与時間、そして留置針径の違いに関わらず、腹腔内の後大静脈を描出する場合は造影開始より30～40秒に、門脈系を描出する場合は造影開始から40～50秒を中心に撮像することが最適であることが明らかとなった。また、造影剤投与量の増加に伴い、HU値の上昇を認めたことから、静脈系、門脈系の増強の調節は、造影剤の投与量の変更でのみ可能であることが示唆された。

今回の結果において、AOのT_{up}、T_{peak}、T_{up-plateau}およ

び最大輝度とCVC, PVの T_{up} , T_{peak} , 最大輝度のいずれも体重と有意に相関しなかった。このことにより, 小型犬においても造影剤投与時間固定式によって体重の影響を受けずに造影効果を増強することが可能であることが示唆された。

腫瘍は, 血管内の造影剤の推移によってさまざまな腫瘍実質の増強を見せることが報告されている [2, 3]。肝臓腫瘍においては動脈と門脈の二重の血液供給を受けることにより, 多時相CTにて動脈相と門脈相で異なった増強が明らかになることが報告されており, 動脈のみの供給を受ける時相での撮影と動脈と門脈の二重供給を受ける時相での撮影を別に行う必要がある。今回の研究において, プロトコルごとの動脈と門脈の増強効果の時間的推移が明らかになったことにより, 小型犬でも多時相CTによる客観的な肝臓腫瘍の鑑別が可能となることが示唆された。

近年の技術の発達により, CT撮影装置の管球の多列化は2列より320列まで多様化しているが, 列数によって1分間に撮像できる範囲, 撮像回数が制限されているのが現状である。今回の結果より, 動脈系の描出を行う場合は造影開始より20~30秒を中心に撮像し, 後大静脈の描出を行う場合は30~40秒を中心に, 門脈系の描出を行う場合は40~50秒を中心に撮像するように設定することにより, 管球の列数に関わらず最適な造影画像を取得することが可能であることが示唆された。また, 造影剤投与量を増加させたプロトコルを使用することで, 撮像範囲を変更せずに血管の輝度を上昇させることが可能であることが示唆された。

引用文献

- [1] Kuszyk BS, Osterman FA Jr, Venbrux AC, Heath DG, Urban BA, Smith PA, Fishman EK : Portal venous system thrombosis : helical CT angiography before transjugular intrahepatic portosystemic shunt creation, *Radiology*, 206, 179-186 (1998)
- [2] Takayasu K, Muramatsu Y, Mizuguchi Y, Moriyama N, Ojima H : Imaging of early hepatocellular carcinoma and adenomatous hyperplasia (dysplastic nodules) with dynamic CT and a combination of CT angiography : experience with resected specimens, *Intervirology*, 47, 199-208 (2004)
- [3] Yamamoto K, Shiraki K, Deguchi M, Sugimoto K, Sakai T, Ohmori S, Murata K, Hashimoto A, Shimizu A, Okuda Y, Nakano T : Diagnosis of hepatocellular carcinoma using digital subtraction imaging with the contrast agent, Levovist : comparison with helical CT, digital subtraction angiography, and US angiography, *Oncol Rep*, 9, 789-792 (2002)
- [4] Frank P, Mahaffey M, Egger C, Cornell KK : Helical computed tomographic portography in ten normal dogs and ten dogs with a portosystemic shunt, *Vet Radiol Ultrasound*, 44, 392-400 (2003)
- [5] Zwingenberger AL, McLear RC, Weisse C : Diagnosis of arteriportal fistulae in four dogs using computed tomographic angiography, *Vet Radiol Ultrasound*, 46, 472-477 (2005)
- [6] Tateishi K, Kishimoto M, Shimizu J, Yamada K : A comparison between injection speed and iodine delivery rate in contrast enhanced computed tomography (CT) for normal beagles, *J Vet Med Sci*, 70, 1027-1030 (2008)
- [7] Winter MD, Kinney LM, Kleine LJ : Three-dimensional helical computed tomographic angiography of the liver in five dogs, *Vet Radiol Ultrasound*, 46, 494-499 (2005)
- [8] Zwingenberger AL, Schwarz T : Dual-phase CT angiography of the normal canine portal and hepatic vasculature, *Vet Radiol Ultrasound*, 45, 117-124 (2004)
- [9] Awai K, Hiraishi K, Hori S : Effect of contrast material injection duration and rate on aortic peak time and peak enhancement at dynamic CT involving injection protocol with dose tailored to patient weight, *Radiology*, 230, 142-150 (2004)
- [10] 谷浦督規 : 固定造影注入時間を用いた造影CT撮像プロトコルの検討, *動物臨床医学*, 17, 11-13 (2008)
- [11] Yamashita Y, komohara Y, Takahashi M, Uchida M, Hayabuchi N, Shimizu T, Narabayashi I : Abdominal helical CT : evaluation of optimal doses of intravenous contrast material—a prospective randomized study, *Radiology*, 216, 718-723 (2000)

Evaluation of Protocol for Abdominal Contrast Computed Tomography
in Small-Breed Dogs

Kenji KUTARA*, Kazushi ASANO†, Masato KITAGAWA, Daisuke ITO, Kenji TESHIMA,
Tomohiro NAKAYAMA, Toshihiro WATARI and Shigeo TANAKA

* *Department of Veterinary Medicine, College of Bioresource Sciences, Nihon University, 1866
Kameino, Fujisawa, 252-0880, Japan*

SUMMARY

The purpose of this study was to investigate the abdominal perfusion dynamics of contrast agent for computed tomography (CT) in small-breed dogs. In this study, 49 dogs were used and categorized in 5 groups with different injection doses and duration and different of over-the-needle catheter sizes. Each hounsfield unit (HU) in the aorta (AO), caudal vena cava (CVC), and portal vein (PV) was recorded for 60 sec. A time-intensity curve was created for each group. In AO, the mean time of appearance of the contrast medium (T_{up}) was approximately 12 sec in all groups. However, the mean HU and time (T_{peak}) of the maximum contrast enhancement were different in each group. In CVC, T_{up} was approximately 20 sec, and T_{peak} was 33-39 sec in all groups. In PV, T_{up} was approximately 22 sec, and T_{peak} was 40-45 sec in all groups. In CVC and PV, the mean HU of maximum contrast enhancement was influenced by the injection dose. None of the data were correlated with body weight or heart rate. In conclusion, it is suggested that the contrast effects of abdominal CT in small-breed dogs could be evaluated objectively with the contrast protocol used in this study.

— Key words : canine, computed tomography (CT), contrast enhancement.

† *Correspondence to : Kazushi ASANO (Laboratory of Veterinary Surgery, Department of Veterinary Medicine, College of Bioresource Sciences, Nihon University)*

1866 Kameino, Fujisawa, 252-0880, Japan

TEL 0466-84-3900 FAX 0466-84-3905 E-mail : asano.kazushi@nihon-u.ac.jp

J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 64, 385 ~ 389 (2011)