

## 膀胱内圧を基準とした逆行性膀胱尿道 CT 造影法の検討

茅沼秀樹<sup>†</sup> 金井詠一 稲葉真弓 鈴木智与

麻布大学獣医学部 (〒252-5201 相模原市中央区淵野辺 1-17-71)

(2017年11月13日受付・2018年5月11日受理)

## 要 約

逆行性尿路造影法は、造影剤投与量が過剰になると医原性膀胱破裂が生じ、不足すると評価不能となる。個体ごとの要因に起因して実際の造影剤投与量が著しく異なるものの、投与量の基準は体重でしか設定されていない。今回われわれは、膀胱内圧を基準とした造影剤投与量で、膀胱から尿道までの下部尿路全体の評価ができ、膀胱破裂のリスクもきわめて低減できる逆行性尿路造影 CT 検査法を考案し、正常犬で検討を行った。その結果、膀胱内圧が雄では 15 mmHg、雌では 20 mmHg となる量で造影剤を投与すると、適切な膀胱尿道造影が可能であることが示唆された。

——キーワード：コンピュータ断層撮影法、膀胱造影法、膀胱尿道造影法、犬、尿道造影法。

-----日獣会誌 71, 503~509 (2018)

下部尿路の画像検査は、下部尿路そのものの病変が予測される場合や、骨盤腔内に病変が存在し、下部尿路との関連性を明確にする必要がある場合に行われる。中でも、単純または逆行性造影を含む X 線検査法や超音波検査法は、最も一般的に利用されている画像検査である。逆行性尿路造影法において膀胱を造影する場合は、カテーテルを尿道から膀胱まで挿入して、造影剤を注入後に撮影を行う。また、尿道については尿道遠位にカテーテル先端を留置し、虚脱している尿道に造影剤を注入しながら撮影を行えば観察が可能である [1-6]。しかしながら、膀胱に疾患が存在すると、膀胱の拡張能は著しく低下している場合があるため、診断に必要とされる標準的な造影剤投与量を注入すると膀胱破裂が生じることもある。さらに、X 線検査は組織分解能が低く、骨盤腔は X 線不透過性の強い骨盤と重複するため、特に尿道領域や骨盤腔内病変の詳細な診断が困難なことも多い。一方、超音波検査は組織分解能が高く、プローブを皮膚からあてるだけで膀胱壁や膀胱内腔の詳細な観察が可能であるが、尿道についてはそれ自体が細く、通常の状態では虚脱しているため診断が困難である [7]。また、超音波は骨を透過しないため、骨に囲まれた骨盤腔内の全体的な画像化は不可能であり、骨盤腔内病変や遠位尿道の診断は困難である。

近年、X 線 CT 検査も一般的な画像診断法になりつつあり、X 線検査と同様、X 線によって断層画像が構成さ

れていることから、X 線検査で行われている逆行性尿路造影法は CT 検査に応用することも可能である。また、X 線 CT は断層画像であることから骨盤と重複せずに、比較的組織分解能も高く、明瞭な骨盤腔内の画像が得られる。しかしながら、X 線の造影手技をそのまま流用した場合、CT 検査であっても膀胱破裂の合併症は解消されない。また、X 線検査と異なり撮影時間が長く被曝量が多いため、検査室内で人が造影剤を急速注入しながら撮影することは好ましくなく、X 線検査で行われているような尿道造影を CT 検査に応用することは困難である。

そこで今回われわれは、膀胱から尿道までの下部尿路全体の評価が可能で、なおかつさまざまな疾患によって下部尿路の拡張能が低下し、逆行性造影による医原性膀胱尿道破裂などのリスクを伴うような動物に対しても安全に実施できるように、膀胱内圧を基準に造影剤投与を行う逆行性尿路造影 CT 検査法を考案し、正常ビーグル犬での検討を行った。

## 材料及び方法

実験には、尿検査において異常が認められない雄雌各 6 頭のビーグル成犬、計 12 頭を使用した (雄  $11.96 \pm 1.63$  kg, 雌  $9.8 \pm 1.3$  kg)。麻酔はアトロピン (硫酸アトロピン注射液, 田辺三菱製薬(株), 大阪)  $0.025$  mg/kg で筋注後、プロポフォール (プロポフォール 1% 注射液,

<sup>†</sup> 連絡責任者：茅沼秀樹 (麻布大学獣医学部獣医放射線学研究室)

〒252-5201 相模原市中央区淵野辺 1-17-71 ☎042-754-7111 FAX 042-754-7661  
E-mail : kayanuma@azabu-u.ac.jp

ファイザー(株, 東京) 8 mg/kg で静注して導入後に気管挿管し, 2.5% 程度のイソフルラン (イソフル, DS ファーマアニマルヘルス(株, 大阪) 吸入で麻酔維持を行った. CT 撮影は 16 列のものを使用し (Britspeed Elite, GE ヘルスケア・ジャパン(株, 東京), 仰臥位保定で行った. 撮影条件は, ヘリカルスキャン, 120 kV, 200 mA, 0.5 秒/スキャン, スライス厚 1.25 mm, ヘリカルピッチ 0.938 とした.

膀胱尿道造影に使用した造影剤は 300 mgI/ml のイオパミドール (オイパロミン注射液, 富士製薬工業(株, 東京) を生理的食塩水で 60 mgI/ml に調整した. また, 造影剤投与の基準となる膀胱内圧の測定は, 非観血的血圧計を用いた (RMT-100, 日本光電工業(株, 東京).

麻酔後, 外尿道口より後端に三方活栓を装着した 8Fr. のカテーテルを膀胱まで挿入して, 三方活栓片側には非観血的血圧計を接続し, もう一方からは造影剤の注入を行った (図 1). 尿道カテーテル脇からの造影剤漏出を防止するために, 雄は検査中ゴムバンドで陰茎を結紮した. 一方, 雌については腔内にバルーンカテーテルを挿入し, 外尿道口が圧迫されるように外尿道口の直上でバルーンを拡張した.

最初に膀胱内のすべての尿を抜去後, 雌は膀胱内圧を, 雄は膀胱内圧並びに陰茎骨近位付近の尿道内圧を測定し, 単純 CT 撮影を行った. 次に, 膀胱内圧がおよそ 5 mmHg で安定するまでのイオパミドールを注入し, 雌では尿道が短いためそのまま CT 撮影を, 雄ではカテーテル先端を陰茎骨近位まで引き抜き CT 撮影を行った. 以上の手順で, 膀胱内圧が 10, 15, 20 mmHg についても同様に撮影を実施した.

まず, 膀胱内圧 (mmHg) と造影剤投与量 (ml) の関連性を雌雄それぞれ検討した. 次に, 最も理想的な膀胱尿道造影像が得られる膀胱内圧を検討する目的で, 各膀胱内圧における膀胱造影像, 膀胱中央部横断面における膀胱壁の最大厚と最小厚 (mm), 尿道造影像, 尿道横径 (mm) について, 雄雌個別に計測し評価した. 尿道横径は, 雄で前立腺近位端, 前立腺中央部, 前立腺遠位端, 前立腺遠位端と坐骨弓の中央部 (膜性尿道の中央部), 坐骨弓部, 陰茎骨近位端の 6 カ所を, 雌では尿

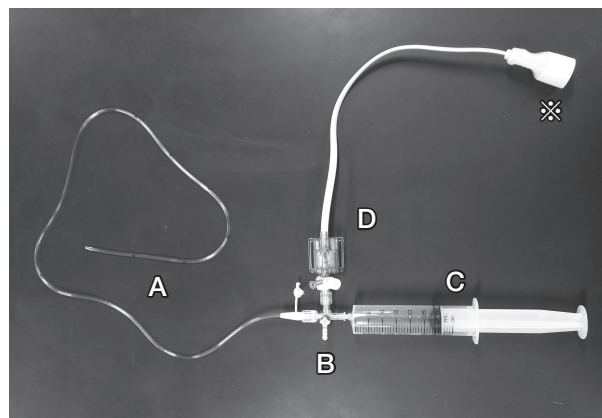


図 1 膀胱への造影剤注入と膀胱内圧測定

尿道カテーテル (A) の先端を外尿道口から膀胱内にまで挿入し, 後端には三方活栓 (B) を接続した. 三方活栓 (B) の一方からは造影剤を入れたポンプ (C) を装着して造影剤を注入し, もう一方には圧トランスデューサー (D) を取り付け, ※の部分を観血的血圧計と接続して膀胱内圧を測定した. 造影剤の注入は血圧計で膀胱内圧を確認しながら行った.

道基部, 閉鎖孔中央, 外尿道口近位, 3 カ所について計測した.

なお, 本実験は, 本学動物実験委員会の承認 (承認番号: 120921-4) を得て行った.

## 成 績

### 各膀胱内圧群における内圧の実測値と造影剤投与量:

雄犬における膀胱内圧の実測値の平均と注入された造影剤量は表 1 に, 雌犬においては表 2 に示した. 膀胱内圧と造影剤投与量についてピアソンの相関関係を用いて検定を行った結果, 雄犬では相関係数  $r=0.84$  ( $P<0.05$ ) で, 雌犬については, 相関係数  $r=0.67$  ( $P<0.05$ ) であった (図 2A, B).

各膀胱内圧と膀胱造影像及び膀胱壁厚: CT 画像上から雄の膀胱の拡張について観察を行った結果, 5 mmHg では全例で膀胱の拡張が不十分で, 不整な形状であった. 10 mmHg では 6 例中 5 例で十分に拡張した涙滴状の膀胱造影像が得られたが, 1 例においては不整であった. 一方, 15 mmHg 以上では全例で涙滴状の造影像が

表 1 膀胱内圧実測値と造影剤投与量 (雄)

	空腹時	5 mmHg 群	10 mmHg 群	15 mmHg 群	20 mmHg 群
膀胱内圧実測値 (mmHg)	1.87±1.06	5.03±1.89	10.07±0.48	15.5±0.55	20.0±0.63
造影剤投与量 (ml/kg)	—	1.99±0.43	6.52±1.73	9.49±3.71	11.05±3.62

表 2 膀胱内圧実測値と造影剤投与量 (雌)

	空腹時	5 mmHg 群	10 mmHg 群	15 mmHg 群	20 mmHg 群
膀胱内圧実測値 (mmHg)	2.52±1.04	5.57±0.29	10.02±0.54	14.67±0.52	19.67±1.33
造影剤投与量 (ml/kg)	—	3.10±3.63	8.42±5.82	11.75±6.50	13.90±7.76

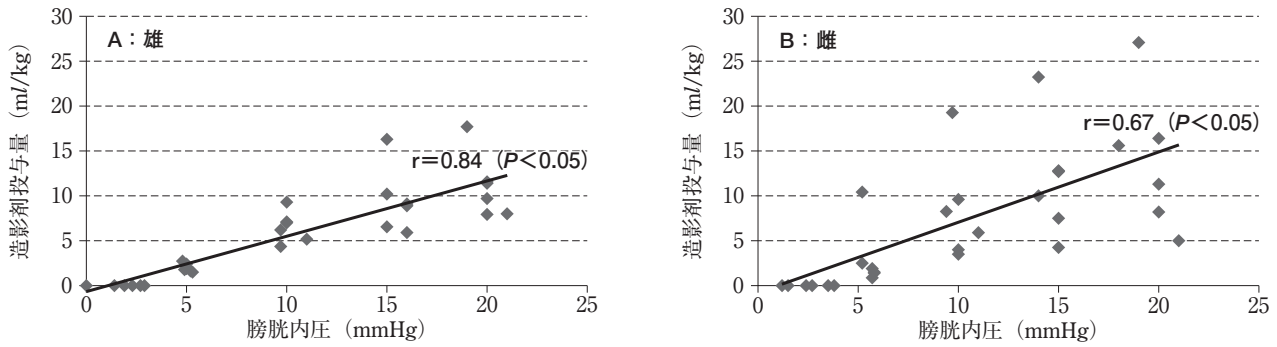


図2 膀胱内圧と造影剤投与量の相関

表3 各膀胱内圧時の膀胱中央部における膀胱壁厚（雄）

		膀胱内圧 (mmHg)			
		5 mmHg 群	10 mmHg 群	15 mmHg 群	20 mmHg 群
膀胱壁厚 (mm)	最大厚	1.6±0.1*	1.2±0.1*	1.0±0.1**	1.0±0.1**
	最小厚	1.0±0.1*	0.9±0.1*	1.0±0.1**	1.0±0.1**

\*：膀胱壁の最大厚と最小厚に有意差あり (P<0.05)

\*\*：膀胱壁の最大厚と最小厚に有意差なし

表4 各膀胱内圧時の膀胱中央部における膀胱壁厚（雌）

		膀胱内圧 (mmHg)			
		5 mmHg 群	10 mmHg 群	15 mmHg 群	20 mmHg 群
膀胱壁厚 (mm)	最大厚	1.9±0.3*	1.8±0.1*	1.2±0.2**	1.0±0.1**
	最小厚	0.7±0.2*	1.0±0.3*	1.1±0.2**	1.0±0.1**

\*：膀胱壁の最大厚と最小厚に有意差あり (P<0.05)

\*\*：膀胱壁の最大厚と最小厚に有意差なし

得られた (図 3A～D)。

それぞれの膀胱内圧における膀胱中央横断面での最大膀胱壁厚と最小膀胱壁厚を測定したところ、雄では表3に示す結果が得られた。各膀胱内圧時の、最大壁厚と最小壁厚における有意差を検討するため、t検定及びウィルコクソン符号順位検定を用いて統計処理を行った結果、膀胱内圧 5 mmHg 及び 10 mmHg では膀胱壁の最大厚と最小厚に P<0.05 で有意差が認められたが、15 mmHg では P>0.05 で有意差がなく、20 mmHg でも P>0.01 で有意差が認められなかった。なお、膀胱内圧 20 mmHg については危険率 5% で検定したところ、P 値による判定と境界値による判定で結果が異なったため、危険率 1% で検定を行った。

一方、雌では 5 mmHg において 6 例中 6 例の全例で膀胱の拡張が不十分なために、不整な形状を呈したが、膀胱内圧 10 mmHg 以上では、全例において膀胱が涙滴状の形状となり、十分な拡張が得られた (図 4A～D)。膀胱壁厚は表 4 が示す結果となり、最大壁厚と最小壁厚は膀胱内圧 5 mmHg、10 mmHg 時に、いずれも P<0.05 で有意差が認められ、15 mmHg、20 mmHg 時では有意差が認められなかった。

このことから、雄雌ともに膀胱内圧が 15 mmHg 以上で膀胱は涙滴状に拡張し、膀胱壁厚が均一になることが判明した。

**膀胱内圧と尿道造影像及び尿道横径：**CT 画像上から雄の尿道について観察を行った結果、膀胱内圧 5 mmHg では全例で尿道がほぼ造影されず、10 mmHg では全例で尿道が造影されたが、尿道の拡張が不十分であり、全体が描出できなかった。15 mmHg 以上では全例で尿道全域が十分に拡張した状態で造影され、尿道の観察は可能になった (図 3A～D)。各膀胱内圧における雄の尿道横径は、表 5 に示した。なお、前立腺近位端における尿道径は、膀胱内圧 5 mmHg において 6 例中 3 例で造影されなかったため、それらの径を 0 cm として計測した。前立腺中央部における尿道径は、膀胱内圧 5 mmHg において 6 例中 5 例で造影されなかったため、それらの径を 0 cm とした。前立腺遠位端における尿道径は、膀胱内圧 5 mmHg において 6 例中 5 例で造影されなかったため、それらの径を 0 cm とした。前立腺遠位端と坐骨弓の中央部における尿道径は、膀胱内圧 5 mmHg において 6 例中 3 例で造影されなかったため、それらの径を 0 cm とした。坐骨弓部における尿道径は、

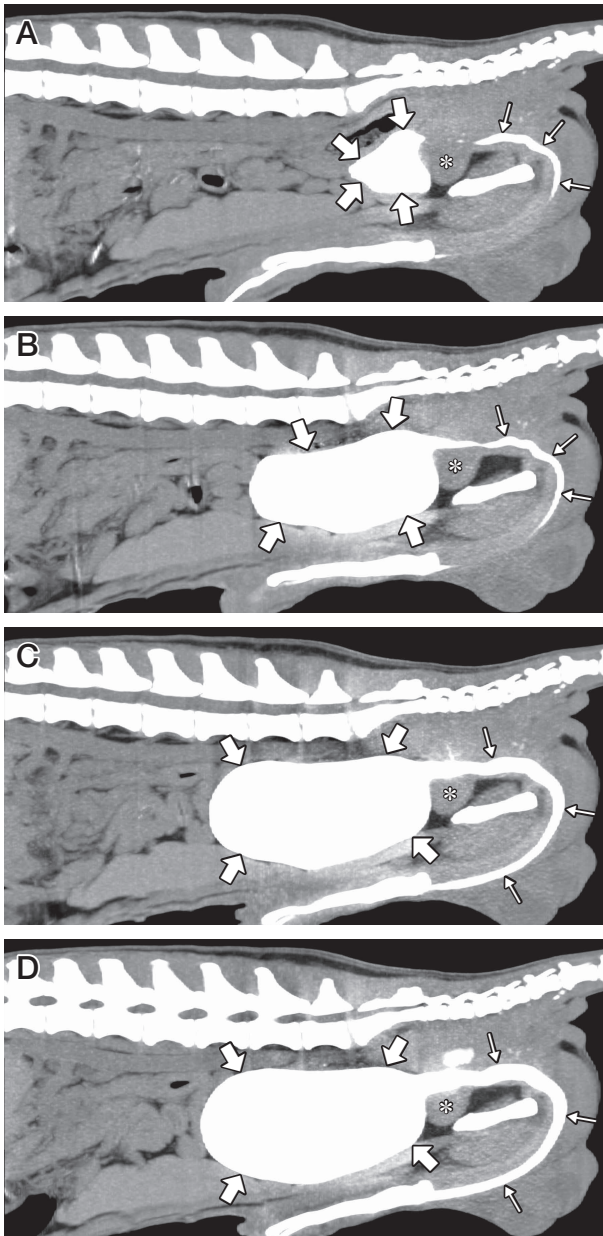


図3 各膀胱内圧における膀胱尿道造影のMPR縦断像(雄)  
 太矢印：造影剤が充填した膀胱  
 細矢印：造影剤が充填した尿道  
 \*：前立腺  
 A：5 mmHg 群：膀胱の拡張が不整で不完全であり、尿道も途切れて観察された。  
 B：10 mmHg 群：膀胱は卵円形で十分拡張しているが、尿道が途切れて観察された。  
 C：15 mmHg 群：膀胱、尿道ともに明瞭に観察され、尿路全体が描出された。  
 D：20 mmHg 群：膀胱、尿道ともに明瞭に観察され、尿道径は図3Cの15 mmHg との差異は認められなかった。

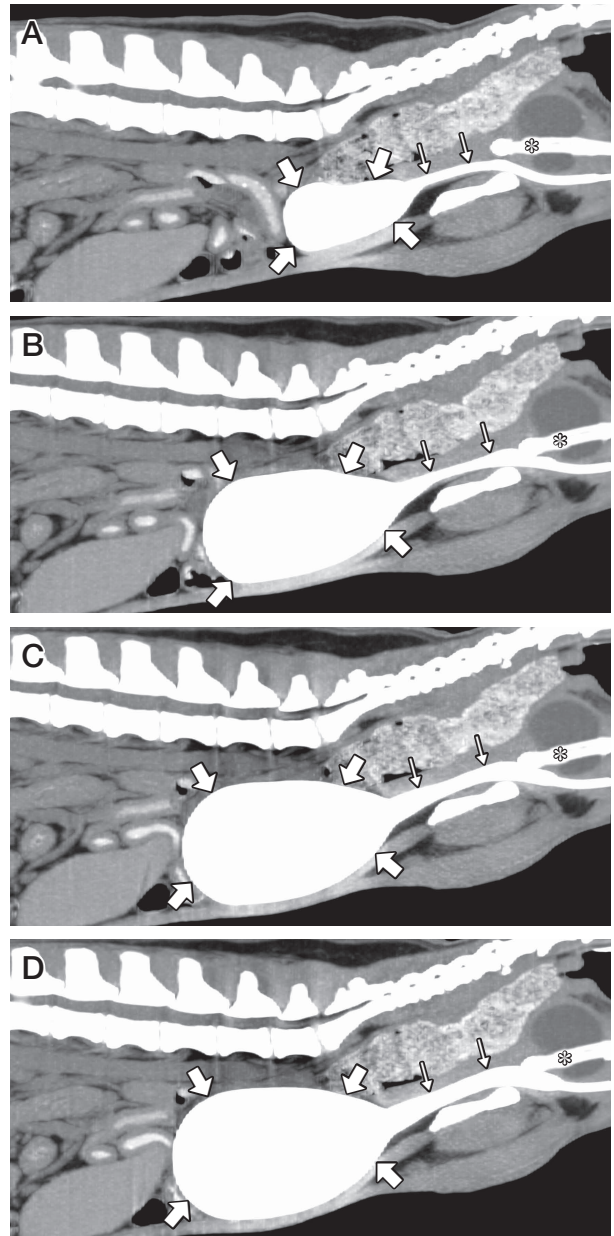


図4 各膀胱内圧における膀胱尿道造影のMPR縦断像(雌)  
 太矢印：造影剤が充填した膀胱  
 細矢印：造影剤が充填した尿道  
 \*：外尿道口直上に設置した腔内のバルーンカテーテル  
 A：5 mmHg 群：膀胱の拡張は若干不整で不完全であった。尿道の走行は観察されるが、尿道径は挿入しているカテーテル径と同一であったことから、挿入したカテーテル内の造影剤と判断された。  
 B：10 mmHg 群：膀胱は卵円形で十分に拡張しているが、尿道中央部（恥骨背側）の尿道径は図4Aの5 mmHg 群と同様カテーテル径と同一であったことから、十分尿道は拡張していないと判断された。  
 C：15 mmHg 群：膀胱、尿道ともに明瞭に観察され、尿路全体が描出された。  
 D：20 mmHg 群：膀胱、尿道ともに明瞭に観察され、尿道は図4Cの15 mmHg 群よりもさらに拡大して観察された。

表5 各膀胱内圧時の尿道径 (雄)

部位	膀胱内圧 (mmHg)				
	5 mmHg 群	10 mmHg 群	15 mmHg 群	20 mmHg 群	
尿道径 (mm)	前立腺尿道近位部	1.4±1.6 *	5.7±1.8 *	7.6±2.4 **	8.1±1.8
	前立腺尿道中央部	0.4±0.9 *	4.5±1.0 *	6.7±1.2 **	8.0±1.2
	前立腺尿道遠位部	0.8±2.0 *	5.4±1.7 *	6.1±2.0 **	7.0±2.0
	膜性尿道中央部	2.2±2.7 *	6.8±2.0 *	7.8±1.7 **	8.1±1.5
	尿道弓部	0.7±1.6 *	4.4±2.4 *	6.7±0.7 **	6.56±1.4
	陰茎骨近位部	1.3±1.6 *	2.7±1.4 *	3.9±0.4 **	4.2±0.3

\* : 隣り合った群間での有意差あり ( $P<0.05$ )

\*\* : 隣り合った群間での有意差なし

表6 各膀胱内圧時の尿道径 (雌)

部位	膀胱内圧 (mmHg)				
	5 mmHg 群	10 mmHg 群	15 mmHg 群	20 mmHg 群	
尿道径 (mm)	尿道近位部	3.5±0.1 **	3.6±0.3 *	7.9±1.5 *	8.5±1.9
	尿道中央部	3.4±0.1 **	4.0±0.6 *	5.5±1.1 *	6.2±0.9
	外尿道口近位部	3.4±0.1 **	4.7±1.2 *	5.9±1.7 *	6.9±1.5

\* : 隣り合った群間での有意差あり ( $P<0.05$ )

\*\* : 隣り合った群間での有意差なし

膀胱内圧 5 mmHg おいて 6 例中 5 例で造影されず, 10 mmHg おいて 6 例中 1 例が造影されなかったため, それらの径を 0 cm とした. 陰茎骨近位端における尿道径は, 膀胱内圧 5 mmHg おいて 6 例中 3 例で造影されず, 10 mmHg では 6 例中 1 例において造影されなかったため, それらの径を 0 cm とした.

それぞれの膀胱内圧における尿道径の有意差について,  $t$  検定及びウィルコクソン符号順位と検定を用いて統計処理を行った結果, すべての尿道計測部位において, 膀胱内圧 5 mmHg と 10 mmHg の間に  $P<0.05$  で有意差が認められ, 10 mmHg と 15 mmHg の間にも  $P<0.05$  で有意差が認められた. しかし, 15 mmHg と 20 mmHg の間には  $P>0.05$  で有意差は認められなかった. 以上から, 雄では 15 mmHg で尿道が最大径となることが判明した.

一方, 雌の各膀胱内圧と尿道基部, 閉鎖孔中央, 外尿道口近位の尿道径は表 6 に示した. 雌の尿道は一見 5 mmHg から造影されているように観察されているが, 膀胱内圧 5 mmHg 時の尿道は, いかなる部位においてもほぼ同様の径で, 外尿道口から膀胱内に挿入されているカテーテルとほぼ同じ太さであったため, 尿道内には造影剤が侵入していなかったと考えられた. 尿道すべての部位において, 膀胱内圧 5 mmHg と 10 mmHg 間での尿道径に有意差はなく, 10 mmHg と 15 mmHg 間, 15 mmHg と 20 mmHg 間では  $P<0.05$  で有意差が認められた. 以上から雌においては, 膀胱内圧を上げるにしたがって尿道は明瞭に造影され(図 4A~D), 20 mmHg 以上で最大径となることが判明した.

## 考 察

今回, 膀胱から尿道までの下部尿路全体の評価が可能で, なおかつさまざまな疾患によって下部尿路の拡張能が低下し, 逆行性造影による医原性膀胱尿道破裂などのリスクを伴うような動物に対しても安全に実施できるように, 膀胱内圧を基準に造影剤投与を行う逆行性尿路造影 CT 検査法を考案し, 正常ビーグル犬での検討を行った.

本造影法は, 設置した尿道カテーテルから造影剤を注入することから, 基本的に従来行われている逆行性尿路造影法と手技は同様である [1-6]. しかし, 膀胱内圧で造影剤投与量が決定されるため, 造影剤注入と膀胱内圧の測定を交互に繰り返しながら規定の圧力まで上げていく必要がある. 遠位に三方活栓を装着したカテーテルを外尿道口から膀胱内に設置し, 一方からは造影剤注入を, もう一方からは圧トランスデューサーを介して膀胱内圧の測定を行ったが, 機材は一般診療で日常的に使用しているものであり, 今回使用した圧計測の機械についても麻酔等で用いられる生体情報モニタに付属する観血的血圧計システムと同じである. したがって, 膀胱内圧の測定は, 普段使用している生体情報モニタの観血的血圧計を使用するか, または, もし観血的血圧計がなかったとしても, 延長チューブと 30 cm 程度の定規を使用すれば 1 mmHg を 1.36 cmH<sub>2</sub>O で換算し水柱圧で代用し, 膀胱内圧を測定することができる. これは中心静脈圧の測定と同様の手技であり, 特殊な機材がなくても実施可能である. また, 造影手技も実施が非常に容易

で、撮影に要する時間も数分であり、実験後の動物にも特に合併症はみられなかった。

X線検査で行われる逆行性膀胱造影の造影剤投与量は、10 ml/kg が目安とされているが、個体差や疾患による膀胱拡張能によって、3.5～13.1 ml/kg と非常に幅広い注入量の報告もある [1, 2, 5, 6-11]。個体ごとの要因に起因して実際の造影剤投与量は著しく異なるものの、投与量の基準は体重でしか設定されていない。造影剤の過剰注入は、医原性の膀胱破裂を引き起こし、注入不足では不均一な膀胱の拡張となり適正な画像評価が不能となる。したがって、実際に検査を行う場合、膀胱を触診しながら投与量を決定したり、注入時に逆流した段階で投与を中止したり、注入時強い圧力を感じたら投与を中止したりして投与量が決定されている。しかし、この方法では、術者の経験や感覚に左右され、さらには一定の基準での客観的評価が不可能であることが考えられる。今回、膀胱内圧を基準に投与量を検討したところ、雄雌ともに膀胱内圧が 10 mmHg 以下では膀胱が十分拡張せず、膀胱壁厚も一定にならなかった。しかし、15 mmHg 以上では膀胱が涙滴状に拡張し、膀胱壁厚は均一となることから、膀胱の造影に関しては雄雌ともに 15 mmHg が推奨される膀胱内圧であると考えられた。雄雌ともに膀胱内圧と造影剤の投与量には強い相関関係が認められたが、至適膀胱内圧と判断した 15 mmHg における造影剤注入量は、雄が  $9.49 \pm 3.71$  ml/kg、雌が  $11.75 \pm 6.50$  ml/kg であり、従来考えられている正常犬における逆行性膀胱造影の至適造影剤投与量と非常に近似していた [1-6]。したがって、膀胱造影における至適膀胱内圧が 15 mmHg であったことは、正常犬を使用した今回の実験においても妥当な結果と考えられる。しかし、体格のほぼ等しい正常犬を対象としているにもかかわらず、同じ膀胱内圧であっても造影剤投与量の個体差が大きく、特に雄では膀胱内圧 15 mmHg での最小投与量と最大投与量が  $5.91$  ml/kg 並びに  $16.3$  ml/kg、また雌では膀胱内圧 20 mmHg での造影剤投与量が、最小  $5.0$  ml/kg、最大  $27.1$  ml/kg と最もばらつきが大きかった。したがって、膀胱の拡張能が低下した症例のみならず、膀胱の拡張能が正常な動物に対しても、膀胱内圧を基準に造影剤量を決定した方が、個体差のない均一な画像が得られるものと判断された。一方、課題としては、特に膀胱の造影剤量が多いと、ビームハードニングが強くなるために画質が劣化し、膀胱壁病変などの診断精度が低下してしまうことが考えられた。症例によっては造影剤濃度の調整や、他の画像診断法を補助的に実施する必要性が考慮された。

雄における X線尿道造影は、尿道内に先端を設置したカテーテルより造影剤を注入しながら X線撮影を行う。雌においても同様な手技で検査が行われる場合もあ

るが、尿道が短く実施が難しい傾向にあるため、腔内に造影剤を充満させて腔から尿道を逆行性に造影する腔尿道造影や、膀胱造影後に膀胱を圧迫し順行性に尿道を造影する方法が行われている [2, 4, 6, 8]。このように、尿道造影は注入や排泄しながら撮影を行う動的造影法が主であり、撮影時間が長く、被曝量の多い CT 検査では応用が困難である。今回の方法では、膀胱と尿道の造影が同時に実施可能であった。本実験において尿道の長い雄のみ膀胱内圧とともに尿道内圧も測定しているが、膀胱空虚時の膀胱内圧が  $1.87 \pm 1.06$  mmHg なのに対し、尿道内圧は  $6.5 \pm 1.8$  mmHg であった。このことから、膀胱内圧 5 mmHg では、膀胱内圧が尿道内圧を超えないため尿道が造影されなかった。さらに、膀胱内圧が 10 mmHg でも雄雌ともに尿道全域の観察が不可能であったことから、膀胱尿道造影像としては不適切であると考えられた。雄においては 15 mmHg 以上で診断上十分と考えられる尿道の造影像が得られ、20 mmHg における尿道径と比較しても有意差が認められないことから、膀胱同様 15 mmHg が推奨される膀胱内圧であると考えられた。一方、雌においては 15 mmHg でも診断上十分と考えられる尿道の造影像が得られるが、15 mmHg よりも 20 mmHg の方がより拡張して観察されることから、20 mmHg が推奨されるものと考えられた。

鎮静下における犬の膀胱容量閾値を測定した過去の論文においても、個体差が大きく、体重増加に伴い著しく増加するということや膀胱容量は性別や飼育環境などさまざまな要因に影響されるため変動しやすいことが報告されており、正常な犬においても膀胱容量に大きな個体差が存在することが示唆されている [12, 13]。また、膀胱に疾患が存在すると、膀胱容量はさらに変動する可能性があることから、造影剤投与量の決定には十分な注意が必要であり、動物の体重や大きさだけで設定することは困難といえる。今回検討した膀胱尿道造影法は、膀胱内圧を基準にすることによって、個体差や疾患に起因して膀胱壁の拡張能が変化していたとしても、一定の基準で客観的に評価することが可能な造影像が得られる利点がある。また、膀胱内圧の閾値平均は  $33.18 \pm 13.0$  mmHg 以下で、膀胱内圧の閾値の下限は 20 mmHg 程度であることが報告されており [12]、膀胱内圧 15～20 mmHg を基準とした造影剤投与は、造影剤の過剰投与による不意の医原性膀胱破裂を回避できる妥当な基準であると考えられる。今回、雌において 20 mmHg より高い膀胱内圧での検討は行っていないが、平均造影剤投与量、過去論文における膀胱内圧閾値の研究 [12] から、20 mmHg より高い膀胱内圧を設定する必要はないと考えられ、雄では 15 mmHg、雌では 20 mmHg の膀胱内圧で造影剤を投与すると適切な膀胱尿道造影が可能であると判断した。

今回は正常なビーグル犬のみの検討であったが、膀胱内圧を基準として造影剤量をコントロールする逆行性膀胱尿道造影法は、臨床応用する価値が十分あると判断された。今後は、さまざまな体格の犬での検討や、膀胱尿道や骨盤腔内に病変を有した犬に対して検討を重ね、本造影法を検証していく必要があるものと考えられた。

### 引用文献

- [1] Charles SF : The abdomen, Bladder disease, Veterinary Diagnostic Imaging, The Dog and Cat, 1, 678-681, Mosby, St. Louis (2003)
- [2] Charles SF : The abdomen, Urethral disease, Veterinary Diagnostic Imaging, The Dog and Cat, 1, 692-694, Mosby, St. Louis (2003)
- [3] Kealy JK, McAllister H : The Abdomen, Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat, 3rd ed, 111-112, Saunders, Philadelphia (2000)
- [4] Kealy JK, McAllister H : The Abdomen, Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat, 3rd ed, 126, Saunders, Philadelphia (2000)
- [5] Marolf AJ, Park RD : The urinary bladder, Veterinary diagnostic radiology, Thrall DE, eds, 6th ed, 730-731, Elsevier, St. Louis (2013)
- [6] Brown JC : The urethra, Veterinary diagnostic radiology, Thrall DE, eds 6th ed, 744-745, Elsevier, St. Louis (2003)
- [7] Geisse AL, Lowry JE, Schaeffer DJ, Smith CW : Sonographic evaluation of urinary bladder wall thickness in normal dogs, Vet Radiol ultrasoun, 38, 132-137 (1997)
- [8] Feeney DA, Johnston GR, Osborne CA, Tomlinson MJ : Dimension of the prostatic and membranous urethra in normal male dogs during maximum distension retrograde urethrocytography, Vet Radiology, 25, 249-253 (1984)
- [9] Mahaffey MB, Barber DL, Barsanti JA, Crowell WA : Simultaneous double-contrast cystography and cystometry in dogs, Vet Radiology, 25, 254-259 (1984)
- [10] Mahaffey MB, Barsanti JA, Crowell WA, Shotts E, Barber DL : Cystography: Effect of technique on diagnosis of cystitis in dogs, Vet Radiology, 30, 261-267 (1989)
- [11] Morgan JP : Urography in the dog and cat, Techniques of veterinary radiography, 5th ed, 220-238, Iowa State University Press, Ames, Iowa (1993)
- [12] Oliver JE, Young WO : Air cystometry in dogs under xylazine-induced restraint, Am J Vet Res, 34, 1433-1435 (1973)
- [13] Johnston GR, Feeney DA, Osborne CA, Johnston SD, Smith FO, Jessen CR : Effects of intravesical hydrostatic pressure and volume on the distensibility of the canine prostatic portion of the urethra, Am J Vet Res, 46, 748-751 (1985)
- [14] Murayama K, Nagano K, Kawaguchi K, Kono M, Katsumi T, Kuroda K : The experimental studies of the bladder neck obstruction, I, An evaluation of the cystometric changes and coneractility of the detrusor muscle to acetylcholine, *Acta Urologica Japonica*, 27, 659-667 (1981)

## Retrograde Contrast-Enhanced Computed Tomography Cystourethrography Based on Intravesical Pressure

Hideki KAYANUMA<sup>†</sup>, Eiichi KANAI, Mayumi INABA and Tomoyo SUZUKI

\*School of Veterinary Medicine, Azabu University, 1-17-71 Fuchinobe, Chuo-ku, Sagamihara, 252-5201, Japan

### SUMMARY

In retrograde urography, an excessive amount of contrast medium can cause iatrogenic bladder rupture, although evaluation is impossible without a sufficient dose. While the actual dose of contrast medium varies significantly based on individual factors, the standard dose is only defined based on body weight. We developed a method of retrograde computed tomography (CT) urography that can evaluate the entire lower urinary tract, from bladder to urethra, with a dose of contrast medium based on intravesical pressure, significantly decreasing the risk of bladder rupture. In the present study, we examined this method using healthy dogs. The results suggested that cystourethrography was appropriately performed with the administration of a contrast medium at an intravesical pressure of 15 mmHg in males and 20 mmHg in females.

— Key words : computed tomography, cystography, cystourethrography, dogs, urethrography.

<sup>†</sup> Correspondence to : Hideki KAYANUMA (Department of Veterinary Radiology, School of Veterinary Medicine, Azabu University)

1-17-71 Fuchinobe, Chuo-ku, Sagamihara, 252-5201, Japan

TEL 042-754-7111 FAX 042-754-7661 E-mail : kayanuma@azabu-u.ac.jp

J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 71, 503~509 (2018)