犬尿管の平滑筋線維の走行に関する解剖学的検討

秋田大学医学部泌尿器科教室 (主任: 土田正義教授)

山口 哲 森田 隆 近藤 俊 土谷 順彦

ANATOMIC ANALYSIS OF CANINE URETERAL SMOOTH MUSCLE STRUCTURE

Tetsu Yamaguchi, Morita Takashi, Kondo Shun and Norihiko Tsuchiya

Department of Urology, Akita University School of Medicine

(Director: Prof. Seigi Tsuchida)

We have investigated the structure of canine middle ureteral smooth muscle anatomically. In a transverse section inner fibers appeared to be longitudinal and outer fibers appeared to be circular. In the parallel sections with the wall of longitudinal ureteral muscle, inner and outer fibers appeared to be oblique in a mesh structure. In parallel sections with the wall of helical ureteral muscle, fibers appeared to be longitudinal. Anatomical analysis showed that canine ureteral smooth muscle is entirely composed of spiral fibers in a mesh structure and that the helical muscle strip have continuous fibers though the inner fibers have a tendency to run longitudinally and the outer fibers circularly.

Key words: canine ureter, smooth muscle structure

要旨: 犬尿管平滑筋の走行を解剖学的に検討した。犬尿管を輪状に切離した横断面では、内側（粘膜に近い側）に縦走する筋線維が、外側（外膜に近い側）に輪状に走行する筋線維が観察された。尿管を縦軸方向に切開した切片では、内側および外側いずれにおいても絡み合っている斜走筋線維が観察された。しかし、尿管をらせん状に切開した切片においては連続した筋線維が観察された。これらの事実は、尿管の筋走行は切開する方向によって異なって観察され、これまで内側では縦走筋、外側では輪状筋が主であると思われてきた尿管の平滑筋走行が内側も外側も絡み合っており、らせん状に尿管を切開した場合にのみ連続した筋線維が得られることを示唆している。

キーワード: 犬尿管, 平滑筋走行

緒 言

多くの解剖学の成書には尿管平滑筋の走行は内層は縦走筋であり（内縦）、外層は輪状走行（外輪）を示すと書かれている。尿管平滑筋の構造に関するこれまでの研究報告をみると、Kench¹⁾は内縦外輪の二層構造、Singh ら²⁾は内側は縦走で外側は輪状ないし mesh 状の二層構造、Satani³⁾や Velardo⁴⁾は内縦、中輪、外縦の三層構造であると述べ、Tanagho⁵⁾や Hanna⁶⁾や Woodburne⁷⁾は尿管の平滑筋線維はあらゆる方向に走行し層構造を示さないと述べている。また、Gosling⁸⁾は金藤ら⁹⁾は尿管平滑筋線維はらせん状に走行し mesh 状構造をとり、層構造を示さないと報告している。私達は、尿管の平滑筋線維の走行に関して、未だ明確な結論の得られない理由の一つが、これまでの解剖学的研究が尿管を種々の方向から切開して検討していない

点にあると考えた。そこで私達は犬尿管を横断面の方向、縦断面の方向、らせん状方向に切開した標本を作製して尿管の平滑筋線維の走行を解剖学的に検討し、2, 3 の知見を得たので報告する。

実験方法

犬尿管切片の採取: 体重約10kg の雄および雌雑種成犬4頭にミオブロック0.2mg/kg を静注して非動化し、開腹し尿管を長さによって上部、中部、下部に三分割し中部尿管を摘出した。尿管周囲に付着する脂肪を丁寧に剝離し、37℃、95%O₂ + 5%CO₂の混合ガスで酸素化した Krebs 液 (NaCl 12.55mM, KCl 5.90mM, CaCl₂ 2.36mM, MgCl₂ 1.18mM, NaHCO₃ 15.34mM, glucose 11.80mM; pH 7.4) に保存した。Krebs 液の中で、摘出した尿管から切開方向の種類によって A, B, C の三種類の切片を作製した。即ち、A は幅約2mm

図1 尿管切片の採取方法，輪状切片(A)：尿管走行に対して横断する方向に切開した切片，縦軸切片(B)：尿管走行に対して縦に切開し板状にした切片，ら旋状切片(C)：尿管走行に対してら旋状に切開し板状にした切片を示す。

輪状切片

縦軸切片

ら旋状切片

の輪状切片，Bは長さ1cmの縦軸切片，Cは尿管に3Fr尿管カテーテルを挿入し，尿管を回転させながら約25度の角度で切開した長さ約1cm幅2mmのら旋状切片である。このように切開するとBの縦軸切片の幅は約5mm，Cのら旋状切片の幅は，約2mmになった(図1)。

標本の作製：Susa液(塩化第二水銀4.5g+塩化ナトリウム0.5g+蒸留水80cc+三塩化酢酸2g+氷酢酸4cc+ホルマリン20cc)と20%ホルマリンの2種類の固定液を用いてA，B，およびC切片を固定し，99%メチルアルコールを用いて脱水した。固定脱水後，celloidin-paraffin重包埋を行い，A切片は尿管を横断する方向に，BおよびC切片は平滑筋成分を観察する目的で板状にした尿管平滑筋平面に並行な方向に全層にわたりmicrotomeを使用して厚さ8～10 μ mの連続切片を作製し，アザン染色を行い観察した。

実験成績

尿管切片A，即ち中部尿管を横断面で輪状に切開した切片より作製した標本においては，内側から外側に

図2 尿管の横断面組織像(倍率 $\times 10$)，犬尿管を横断面で観察すると，内側の縦走平滑筋と言われてきた筋線維よりも外側の輪状平滑筋と言われてきた筋線維の方がより多く含まれていることが判る。

向かって約4層～6層の移行粘膜上皮，線維性組織に富んだ粘膜固有層，平滑筋層，血管やリンパ管を含む外膜が観察された。平滑筋層においては，これまでに成書に書かれていた様に，内層には縦方向が外層には輪状に走行する筋線維が観察された。またそれら二層(内縦，外輪)の筋群の分布量をみると内縦より外輪平滑筋と言われているものの方が，より多く占められていた(図2)。しかし，尿管切片B，即ち縦軸方向に切開した尿管切片より平滑筋の層で作製した標本では，内層の平滑筋線維も外層の平滑筋線維も，尿管の縦軸方向に対してほぼ左右対称に絡み合っている斜走線維であり，内層の平滑筋線維の走行は外層の平滑筋線維の走行に比較して尿管の縦軸方向に近くなっていた(図3，4)。尿管切片C即ちら旋状に切開した尿管切片より平滑筋の層で作製した標本においては，斜走していた平滑筋線維(図3，4)は尿管をら旋状に切開したことにより，連続した尿管平滑筋線維として観察された(図5)。即ち，犬尿管をら旋状に切開すれば連続する多くの平滑筋線維を持つ筋切片が得られることが判明した。4頭全ての犬尿管においてほとんど同様の所見であった。

考 察

尿管平滑筋の筋層構築については種々の報告がある。Kench¹⁾は，ヒト尿管を横断面と縦断面で観察し，内側は縦走ないしら旋状走行，外側は輪状走行の二層構造であると報告し，Singhら²⁾は横断面と縦断面で観察し，内側は縦走，外側は輪状ないし mesh 状を呈する

図3 Bの尿管切片を外側の平滑筋の層で切った標本像(倍率×25)。これまで外輪と言われてきた平滑筋は、尿管の縦軸方向に対してほぼ左右対称に絡み合った斜走線維であることが判る。

図4 Bの尿管切片を内側の平滑筋の層で切った標本像(倍率×25)。一部尿管粘膜が見える。これまで内輪と言われてきた平滑筋は絡み合った斜走線維であることが判る。

二重構造であると報告している。一方 Satani³⁾や Velardo⁴⁾はヒト尿管を横断面で観察し、内縦層、よく発達した中輪層、およびわずかな外縦層の三層構造であると報告している。また Tanagho⁵⁾や Hanna⁶⁾はヒト尿管を横断面と縦断面で観察し、尿管の筋線維はあらゆる方向に螺旋状に走り、層構造を示さないものの、

図5 Cの尿管切片を平滑筋の層で切った標本像(倍率×25)。連続した平滑筋線維が観察される。

どちらかといえば内側では縦走傾向、外側では輪状傾向を示すと述べている。Woodburne⁷⁾はヒト尿管を横断面と縦断面で観察し、尿管の平滑筋線維はあらゆる方向に走行するため縦走線維あるいは輪状線維として区別することが難しく、従って層構造も形成しないと報告している。Gosling⁸⁾や金藤ら⁹⁾は、ヒト尿管平滑筋層の平面で切片を作り観察し、筋線維は螺旋状に mesh 構造を形成して走行し、層構造を作らないと述べている。このように尿管の平滑筋の走行に関しては種々の意見があって混乱している。私達は、この混乱の大きな理由の一つは、これまでの報告者が、尿管の平滑筋走行を、尿管の横断面や縦断面であるいはそれ以外の一つの平面で標本作製し、研究していることに起因していると考えた。

私達は犬尿管を種々の方向で切開して平滑筋走行を検討した。横断面で切開した尿管切片の標本では少しの内縦平滑筋束と多くの外輪走行を示す平滑筋束が観察され、これまでの諸家の報告¹⁾²⁾とあまり異なっていない。ところが、管状の尿管を縦軸方向に切開し筋層に並行な面で作製した標本では、横断面で内縦と観察された平滑筋線維は実は、斜走して mesh 構造を形成し、横断面で外輪と観察された平滑筋線維もいろいろな角度で斜走し mesh 構造を形成していることが明らかとなった。平滑筋層の平面で作製した標本に

おける斜走線維の走行角度から考えて、尿管を約25度の角度で螺旋状に切開した標本を作製して観察したところ、平滑筋線維の連続している像が得られた。尿管をら旋状に切開した標本を作製し、実際に連続する筋線維を観察したという報告は私達が最初である。私達の観察した犬尿管における平滑筋線維の走行の事実⁸⁾は、Gosling⁸⁾や金藤ら⁹⁾がヒト尿管平滑筋層の平面標本の像から推測した尿管平滑筋の筋走行を実際に証明したものと考えられる。これらのことから、尿管平滑筋構築は種を問わず、筋線維が斜走して mesh 構造を形成し、層構造を形成しないことが明らかとなった。

尿は腎盂に初発する蠕動収縮¹⁰⁾によって腎盂から膀胱まで輸送され、尿管蠕動は尿輸送の主役を担っている¹¹⁾ことが知られている。尿を輸送している時の尿管が筋収縮に関して、Woodburne と Lapides¹²⁾は、尿管は外径をほとんど変えることなく、筋層の厚さを調整して尿管の内径を変え、尿を輸送していると述べている。私達が本実験で明らかにした尿管平滑筋線維のらせん構造は、その筋線維の収縮形態から考えて Woodburne と Lapides の尿管収縮形態に極めて都合が良い。一方、尿管蠕動の伝播に関して、私達¹⁰⁾は、腎盂から一度尿管に伝播した蠕動は消えることなく尿管膀胱移行部にまで到達することを既に報告している。今回明らかにした尿管平滑筋のらせん構造は尿管蠕動の伝播形態から考えても極めて合理的であると考えられた。

これまでの尿管の切片を用いた *in vitro* の生理薬理実験をみると、平滑筋切片の採取方向はまちまちである^{13)~15)}。今回の実験結果から、尿管をら旋状に切開し筋切片を採取すれば、平滑筋線維の連続した切片が得られることが明らかになり、私達の解剖学的知見は *in vitro* で尿管平滑筋を用いる生理薬理実験においても大きな助けになると考えられた。

結 語

犬尿管の平滑筋の走行を解剖学的に検討し 2, 3 の知見を得た。

1. 尿管平滑筋は横断面では内縦外輪の筋構築として観察され、この熱点では従来の報告と同じであった。

2. ところが尿管を縦軸方向に切開し、筋層に並行な面で観察すると、横断面で内縦外輪と観察された線維はいずれも斜走し、mesh 構造を形成していることが判明した。

3. 尿管を螺旋状に切開して標本を作製すると、連続した尿管平滑筋線維が観察された。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜った秋田大学第

1 解剖学教室中尾泰右教授ならびに直接の御指導を賜った同教室斉藤光雄先生に深謝申し上げます。

文 献

- 1) Kench, J.: A morphometric study of the pelvi-ureteric junction and review of the pathogenesis of upper ureteric obstruction. *Pathology*, 14, 309—312, 1982.
- 2) Singh, S.P., Mathur, M.M. and Singh, S.: The musculature of the ureter in mammals, A comparative study. *Indian J. Med. Sci.*, 25, 805—808, 1971.
- 3) Satani, Y.: Histologic study of the ureter. *J. Urol.*, 3, 247—267, 1919.
- 4) Velardo, J.T.: Histology of the ureter. in the Ureter, Bergman, H., ed., 2nd ed., p. 13, Springer-Verlag, New York, 1981.
- 5) Tanagho, E.A.: Ureteral embryology, developmental anatomy, and myology. in *Urodynamics: Hydrodynamics of the Ureter and Renal Pelvis*. Boyarsky, S., Gottschalk, C. W., Tanagho, E.A. and Zimskind, P.D., ed., p. 3, Academic Press, New York and London, 1971.
- 6) Hanna, M.K., Jeffs, R.D., Sturgess, J.M. and Barkin, M.: Ureteral structure and ultrastructure. Part I. The normal human ureter. *J. Urol.*, 116, 718—724, 1976.
- 7) Woodburne, R.T.: The ureter, ureterovesical junction and vesical trigone. *Anat. Rec.*, 151, 243—249, 1965.
- 8) Gosling, J.A.: The musculature of the upper urinary tract. *Acta Anat.*, 75, 408—422, 1970.
- 9) 金藤博行, 千葉民彦, 高橋 徹, 折笠精一: 腎盂尿管移行部における正常尿管壁の筋層構築—筋束ベクトルの三次元モルフォメトリー—. *日泌尿会誌*, 79, 1040—1048, 1988.
- 10) 森田 隆: 腎盂筋電図と腎盂内圧変動の同時記録による犬腎盂 Pacemaker activity とその伝播に関する研究. *日泌尿会誌*, 69, 304—314, 1978.
- 11) Saeki, H., Morita, T., Weiss, R.M. and Miyagawa, I.: The role of ureteral peristaltic rate and bolus volume on increasing urine flow. *Urologia Internationalis*, 41, 174—179, 1986.
- 12) Woodburne, R.T. and Lapides, J.: The ureteral lumen during peristalsis. *Am. J. Anat.*, 133, 255—258, 1972.
- 13) 近藤 俊, 鈴木隆志, 土田正義: 摘出ウサギ腎盂尿管平滑筋切片の収縮張力に及ぼす dobutamine, terbutaline の作用. *日泌尿会誌*, 77, 501—506, 1986.
- 14) Angelo-Khattar, M., Thulesius, O., Cherian, T. and Joseph, L.: Motility of the human ureter,

- with special reference to the effect of indomethacin. *Scand. J. Urol.*, 19, 261—265, 1985.
- 15) King, W.W. and Cox, C.E.: Bacterial inhibition of ureteral smooth muscle contractility. I. The effect of common urinary pathogens and endotoxin in an in vitro system. *J. Urol.*, 108, 700—705, 1972.
-
- (1991年 7 月11日受理)