膀胱電図の研究

千葉大学医学部 泌尿器科教室

(主任 百瀬剛一教授)

田 村 欣 一

ELECTROGRAPHY OF THE URINARY BLADDER

Kinichi TAMURA

Department of Urology, Chiba University, School of Medicine, Chiba

(Director: Prof. G. Momose)

A. Experimental results

1. The action potentials of the urinary bladder in dog were recorded extracellularly. They consisted of various types of spike potentials, though slight differences were observed in electromyograms obtained from the different lead points.

2. After the denervation of the pelvic nerve in both sides, the frequency and amplitude of spike potential were reduced markedly and the complete recovery could not be obtained even after 6 weeks of denervation. But in cases in which the nerve in one side was cut, the complete recovery was obtained after 6 weeks.

3. In normal bladder, the increase in spike frequency was observed with the increase of capacity of the urinary bladder (inflation of the urinary bladder)

4. Atropine and TTFD caused the increases of frequency and amplitude of the spike potential, but pilocarpine depressed them.

B. Clinical results

The action potential recorded at the point 1 cm inner from the orifice of the right ureter showed the frequency 7.5/min., the amplitude 0.21 mV and the duration 0.24 second in the average. The electromyographs of the human urinary bladders after the operation of the uterine cervical cancer were classified into three types, which served to presume the recovering degree of the bladder functions after operation and the degree of the damage of Supplied nerve. In these cases, TTFD was effective in increasing the frequency and amplitude of the action potential, and its prolongation of the activity.

I. 結 言

古くより、骨盤内臓器の手術、特に子宮、直腸などの悪性腫瘍に対する広汎性腫瘍剔除後に不快な排尿障害の合併することが注目され、また、近年、激増する交通事故や重工業の発達に伴い大脳、脊髄などの中枢神経や末梢膀胱支配神経損傷による高度の排尿障害が頻発し、これらは必然的に上部尿路の器質的、機能的障害や、尿路感染症をひきおこし、生命の危険すらまねくものである。

これまで、泌尿器科領域では、これら膀胱機能障害の診断法として膀胱内圧測定法、尿導抵抗測定法などが重

視されてきた。しかし、これら測定値は膀胱機能のみならず、腹壁骨盤内の隣接諸臓器、腹圧などによってうける影響の総和として表現され、膀胱機能自体を理解し得るとはいい難い。すなわち膀胱機能解明の一手段として、膀胱機能を解析することが極めて重要視される所以である。その一法として膀胱筋の活動電位を誘導記録し検討する方法がある。

これまで、膀胱筋をはじめ平滑筋筋電図の研究は横紋筋のそれに比べて少く、ややもするとその進歩は遅れがちであったが、最近諸家の努力により、一部ではその臨

床的应用も企てられるに至った。しかし、なお膀胱筋の筋電図学的業績は少く、今後の研究、発展が期待されるものである。

著者は膀胱機能を解明する手段として膀胱平滑筋筋

電図を追求し、正常膀胱に対する基礎的実験と共に、膀胱支配神経損傷時の膀胱機能を実験的に臨床的に検討し、若干の成果を得たので、その結果を発表する。

II. 基礎編

雑種成犬を使用し、正常及び骨盤神経初断時の膀胱平滑筋活動電位の変動を記録観察し、更に又これらに自律神経薬剤、ビタミン B₁ 剤などの投与時における膀胱平滑筋の態度をも筋電図学的に検討した。

A. 正常犬及び骨盤神経切断犬の膀胱平滑筋活動電位

1. 正常犬の膀胱平滑筋活動電位

i) 実験方法 実験動物は体重 12~17kg (平均 14kg) の雑種成犬 20 頭を用いた。麻酔はネンプタール静脈麻酔で行い、麻酔深度は僅かに静止状態を維持する程度にとどめた。下腹正中切開で開腹し、膀胱を露出した。活動電位記録装置は福田製の MG-50 型筋電計並びに FGO-2 型オシログラフの両者を連結併用した。誘導条件は時定数 0.3 秒、速度 10mm/sec、電位 1mV のものを 1cm とした。使用電極は図 1 に示す長さ 20mm、太さ 1/3 mm の双極針電極を使用した。電極の刺入方法は露出膀胱に対し壁外より膀胱筋層へ刺入した。

実験は先づ、正常膀胱の膀胱頂部、膀胱頸部、及び内尿道口附近の活動電位を測定の上、経尿道的に膀胱内にネラトンカテーテル No. 5 を挿入し、滅菌水をゆつくり注入の上、膀胱容量 100ml、250ml における活動電位を記録した。次いで膀胱内容液を排出し膀胱収縮時の活動電位も測定した。

ii) 実験成績 正常犬排尿後の膀胱平滑筋より誘導される活動電位の波形は種々であるが、これを整理すると次の如く大別する事が出来る (図 2)。

A 型: 2 相性の spike を有するもの

B 型: A 型が基線に対して逆転しているもの

C 型: 2 相性の spike に高い棘波が前出するもの

D 型: 小さく連続した棘波の頻出するもの。

正常犬の膀胱頂部、膀胱頸部、内尿道口附近における膀胱電図は比較的規則正しい間隔で、種々の spike 発生が認められた (図 3~5)。

膀胱頂部での spike 発生頻度は 1 分間に 4.7~5.8 個、平均、5.1 個であり、振巾は 0.19~0.38 mV、平均 0.29 mV、持続時間は 0.08~0.22 秒、平均 0.14 秒である (表 1)。また、波形としては膀胱頂部では A 型及び C 型が

多く認められた。

膀胱頸部では spike の発生頻度が 1 分間に 5.2~6.4 個、平均 5.7 個、振巾は 0.26~0.42 mV、平均 0.32 mV、

A type

B type

C type

D type

図 2. 正常犬膀胱電図

図 3. 正常犬膀胱頂部

図 4. 正常犬膀胱頸部

図 5. 正常犬内尿道口附近

図 1. 使用した電極

持続時間は 0.10～0.24 秒、平均 0.18 秒であった。波形は A 型及び C 型を認めるが、A 型が多い。

内尿道口附近では spike 発生頻度が 1 分間に 4.8～5.8 個、平均 5.3 個、振巾は 0.24～0.38 mV、平均 0.30 mV、持続時間は 0.10～0.22 秒、平均 0.16 秒であり、波形は A 型が多く、時として B 型が混在していた。

以上の観察から、正常犬における先述各部の膀胱平滑筋活動電位を比較すると、spike の発生頻度は膀胱頸部に活発であり、振巾、持続時間においても膀胱頂部や内尿道口附近のそれと比し、やや活動電位が大きくなっていた。

2. 正常犬膀胱容量と活動電位との関係

正常犬での膀胱容量 100cc における膀胱頂部の活動電位をみると、spike 発生頻度は 1 分間に 5.0～5.6 個、平均 5.7 個、振巾 0.20～0.42 mV、平均 0.31 mV、持続時間

(表 1 に つ く)

部 位	症 例	発生頻度(分)	振 巾(mv)	持続時間(秒)
内	1	4.8	0.24	0.12
	2	5.1	0.26	0.14
	3	5.3	0.30	0.13
	4	5.6	0.34	0.20
	5	5.4	0.28	0.23
尿	6	5.5	0.28	0.13
	7	5.4	0.30	0.10
	8	5.8	0.34	0.16
	9	4.8	0.36	0.20
	10	5.6	0.32	0.19
道	11	6.0	0.29	0.18
	12	4.9	0.30	0.22
	13	5.2	0.31	0.14
	14	5.4	0.38	0.21
	15	5.8	0.27	0.20
口	16	4.8	0.32	0.18
	17	5.0	0.36	0.16
	18	5.5	0.38	0.19
	19	5.2	0.29	0.11
	20	5.6	0.28	0.20
附	16	4.8	0.32	0.18
	17	5.0	0.36	0.16
	18	5.5	0.38	0.19
	19	5.2	0.29	0.11
	20	5.6	0.28	0.20
近	16	4.8	0.32	0.18
	17	5.0	0.36	0.16
	18	5.5	0.38	0.19
	19	5.2	0.29	0.11
	20	5.6	0.28	0.20
平 均		5.3	0.30	0.16

表 1. 成犬膀胱部位別活動電位

部 位	症 例	発生頻度(分)	振 巾(mv)	持続時間(秒)
膀	1	5.0	0.22	0.10
	2	4.8	0.19	0.08
	3	5.2	0.32	0.14
	4	5.4	0.26	0.20
	5	4.9	0.24	0.16
胱	6	4.8	0.38	0.13
	7	5.6	0.27	0.06
	8	5.2	0.36	0.18
	9	5.2	0.40	0.22
	10	5.3	0.33	0.19
頂	11	4.9	0.28	0.17
	12	4.9	0.24	0.15
	13	5.6	0.36	0.11
	14	5.8	0.29	0.16
	15	5.5	0.35	0.14
部	16	5.0	0.28	0.12
	17	4.8	0.29	0.16
	18	5.4	0.29	0.18
	19	5.6	0.26	0.10
	20	5.5	0.33	0.22
平 均		5.1	0.29	0.14
膀	1	5.6	0.30	0.18
	2	5.3	0.28	0.10
	3	5.6	0.30	0.18
	4	6.0	0.29	0.24
	5	6.2	0.31	0.20
胱	6	5.5	0.30	0.16
	7	6.0	0.28	0.11
	8	6.4	0.36	0.22
	9	5.2	0.42	0.24
	10	5.8	0.38	0.23
頸	11	5.4	0.29	0.18
	12	5.8	0.33	0.19
	13	5.5	0.38	0.20
	14	5.3	0.29	0.16
	15	6.0	0.26	0.22
部	16	5.2	0.34	0.21
	17	5.8	0.38	0.19
	18	5.9	0.26	0.18
	19	5.4	0.30	0.20
	20	6.2	0.35	0.24
平 均		5.7	0.32	0.18

0.10～0.24 秒、平均 0.17 秒であった (表 2)。波形は A 型が多く見られた。

膀胱頸部では spike 発生頻度が 1 分間に 5.0～6.4 個、平均 5.8 個、振巾 0.24～0.40 mV、平均 0.32 mV、持続時間 0.10～0.28 秒、平均 0.19 秒であった (図 6)。波形としては C 型が多く見受られた。

内尿道口附近では spike 発生頻度が 1 分間に 4.6～5.8 個、平均 5.1 個、振巾 0.26～0.34 mV、平均 0.29 mV、持続時間 0.10～0.26 秒、平均 0.17 秒であり、波形としては A 型、および B 型が見られた。(図 7)。

さらに膀胱容量 250cc における膀胱頂部の活動電位は spike の発生頻度は 1 分間に、8.0～17 個、平均 11.1 個、振巾 0.20～0.38 mV、平均 0.30 mV、持続時間 0.11～0.26 秒、平均 0.19 秒であった。波形は A 型が多く認められた。

膀胱頸部の spike 発生頻度は 1 分間に 10.6～15.0 個、平均 12.7 個、振巾 0.28～0.41 mV、平均 0.35 mV、持続時間 0.12～0.26 秒、平均 0.20 秒であった (図 8)。波形は A 型が多い。

内尿道口附近の spike 発生頻度は 1 分間に 10.8～14.6 個、平均 12.2 個、振巾は 0.26～0.34 mV、平均 0.29 mV、持続時間 0.14～0.24 秒、平均 0.18 秒であり、発生する波形としては大きな A 型と D 型とが交互に出現する (図 9)。

すなわち、膀胱容量が増加するにつれ、各部における spike の発生頻度は増加するが、膀胱頸部が最も著しく、ついで内尿道口附近、膀胱頂部の順となる。しかし、振巾および持続時間の変動は比較的少なく、容量 250 ml 時の膀胱頸部及び内尿道口附近の振巾と持続時間が軽度

増強されるに過ぎない。

更に膀胱内容液を排出させると、排尿終末時に肉眼的には膀胱筋の痙攣をみ、同時に膀胱頸部から内尿道口附近にかけ小さな微小電位が連続して頻発する事が認められた。

なお、正常犬の膀胱内圧は各膀胱許容量の限界に近づく迄内圧の変化は小さく、上昇度は極めて緩徐であり、排尿時内圧は 45~65cm H₂O、平均 56cm H₂O であった。

3. 骨盤神経切断犬の膀胱平滑筋活動電位

i) 実験方法：15 kg 前後の雑種成犬 20 頭を用いた。

タンブータル麻酔下にて下腹正中切開で膀胱を露出し、膀胱側壁で尿管膀胱移行部附近の骨盤神経叢の中枢側で偏側又は両側性に骨盤神経を切断した。先の正常犬における実験と同様に術後 3 週、及び 6 週目に再び開腹し、膀胱頂部、膀胱頸部、内尿道口附近における膀胱平滑筋活動電位を記録し、さらに経尿道的に No. 5 ネラトンカテーテルを膀胱内に挿入し、100 ml 及び 250 ml の滅菌水を注入、夫々の膀胱容量における活動電位を追究した。

表 2. 膀胱容量と活動電位 (注水量: ml)

部 位		症 例	発 生 頻 度 (分)		振 巾 (mv)		持 続 時 間 (秒)	
			注水量 100	注水量 250	注水量 100	注水量 250	注水量 100	注水量 250
膀 胱	神 經 切 断 前	1	5.0	10.2	0.24	0.28	0.12	0.11
		2	5.1	11.2	0.20	0.20	0.10	0.18
		3	5.5	10.6	0.31	0.28	0.14	0.20
		4	5.4	9.8	0.28	0.30	0.22	0.20
		5	5.2	8.8	0.22	0.24	0.20	0.19
		6	5.2	10.5	0.36	0.34	0.18	0.24
		7	5.5	13.2	0.30	0.32	0.11	0.18
		8	5.6	8.0	0.38	0.36	0.22	0.26
		9	5.0	2.1	0.32	0.38	0.20	0.18
		10	5.5	17.0	0.40	0.38	0.24	0.21
平 均		5.7	11.1	0.31	0.30	0.17	0.19	
頂 部	神 經 初 断 後	1	4.2	4.6	0.18	0.20	0.10	0.19
		2	3.8	4.8	0.12	0.18	0.09	0.12
		3	4.0	3.4	0.20	0.22	0.12	0.11
		4	2.8	3.0	0.19	0.20	0.16	0.18
		5	3.4	2.9	0.11	0.16	0.18	0.20
		6	3.0	3.2	0.21	0.26	0.20	0.19
		7	4.4	4.8	0.28	0.25	0.15	0.20
		8	4.2	4.4	0.20	0.22	0.18	0.18
		9	3.8	4.0	0.22	0.25	0.20	0.22
		10	2.6	3.5	0.19	0.20	0.14	0.20
平 均		3.6	3.8	0.19	0.21	0.15	0.17	
内 尿 道 口 附 近	神 經 切 断 前	1	4.6	11.2	0.26	0.29	0.10	0.14
		2	5.2	10.8	0.28	0.28	0.18	0.20
		3	5.8	12.3	0.26	0.34	0.12	0.18
		4	4.9	11.9	0.30	0.27	0.16	0.16
		5	5.2	14.6	0.31	0.28	0.20	0.21
		6	5.0	13.2	0.26	0.30	0.18	0.15
		7	4.8	11.4	0.29	0.28	0.12	0.20
		8	4.9	13.2	0.32	0.33	0.15	0.18
		9	5.2	10.8	0.30	0.31	0.26	0.24
		10	5.8	12.7	0.34	0.29	0.24	0.22
平 均		5.1	12.2	0.29	0.29	0.17	0.18	
内 尿 道 口 附 近	神 經 切 断 後	1	4.4	4.2	0.17	0.19	0.10	0.11
		2	3.8	4.6	0.15	0.20	0.14	0.16
		3	3.6	4.0	0.12	0.17	0.16	0.20
		4	3.4	3.3	0.19	0.21	0.13	0.18
		5	3.0	2.9	0.11	0.18	0.19	0.20
		6	2.9	3.0	0.12	0.21	0.20	0.19
		7	3.4	3.2	0.18	0.22	0.16	0.20
		8	3.6	3.4	0.19	0.17	0.18	0.18
		9	3.0	2.8	0.21	0.19	0.15	0.19
		10	2.8	3.2	0.20	0.23	0.19	0.20
平 均		3.3	3.4	0.16	0.19	0.16	0.18	

(表 2 に続く)

部 位		症 例	発 生 頻 度 (分)		振 巾 (mv)		持 続 時 間 (秒)	
			注水量 100	注水量 250	注水量 100	注水量 250	注水量 100	注水量 250
膀 胱	神 經	1	5.5	12.6	0.30	0.31	0.14	0.12
		2	5.8	13.4	0.24	0.28	0.12	0.20
		3	5.7	11.8	0.29	0.32	0.10	0.18
		4	6.4	12.0	0.30	0.36	0.19	0.20
		5	6.2	10.6	0.36	0.40	0.21	0.26
	断 前 切	6	5.0	12.4	0.28	0.34	0.20	0.21
		7	5.8	13.0	0.32	0.32	0.26	0.20
		8	5.0	14.5	0.40	0.38	0.28	9.26
		9	5.7	12.3	0.38	0.40	0.26	0.25
		10	6.0	15.0	0.36	0.41	0.19	0.20
	平 均	5.8	12.7	0.32	0.35	0.19	0.20	
頸 部	神 經 切 断 後	1	4.6	4.9	0.20	0.22	0.12	0.20
		2	4.0	5.0	0.14	0.18	0.16	0.21
		3	3.9	4.2	0.16	0.20	0.20	0.18
		4	3.0	3.6	0.21	0.24	0.18	0.22
		5	3.5	3.2	0.13	0.22	0.16	0.20
		6	3.3	3.4	0.18	0.26	0.21	0.18
		7	4.0	3.8	0.21	0.24	0.24	0.23
		8	4.6	4.8	0.19	0.19	0.19	0.16
		9	3.4	3.8	0.24	0.23	0.20	0.22
		10	3.0	3.9	1.22	0.21	0.18	0.19
		平 均	3.7	3.9	0.18	0.21	0.18	0.19

図 6. 膀胱容量 100ml 時の膀胱頸部

図 7. 膀胱容量 100ml 時の膀胱内尿道口附近

図 8. 膀胱容量 250ml 時の膀胱頸部

図 9. 膀胱容量 250ml 時の内尿道口附近

活動電位記録装置, 使用電極, 誘導条件などは正常犬実験の場合と同様である. なお, 骨盤神経切断後は経尿的に経尿道的に膀胱内に No. 5 ネラトンを挿入し, 滅菌水を 1 分間 20 ml の割合で膀胱内に注入し, Lewis の膀胱内圧測定器を用いて膀胱内圧も測定した.

ii) 骨盤神経偏側切断実験: 骨盤神経偏側切断犬 10 頭につき, 術後 3 週間目, 6 週間目に於て, 正常犬実験に行ったと同様な膀胱各部位の活動電位を測定すると表 3 の如く, 3 週間目の膀胱頂部では spike 発生頻度は 1 分間に 4.0~5.1 倒, 平均 4.6 倒, 振巾 0.19~0.30 mV, 平均 0.26 mV, 持続時間 0.09~0.18 秒, 平均 0.14 秒で, 膀胱頭部では spike 発生頻度は 1 分間に 4.8~5.4 個, 平均 5.0 個, 振巾 0.24~0.34 mV, 平均 0.29 mV, 持続時間 0.09~0.20 秒, 平均 0.15 秒であり, 内尿道口附近では spike 発生頻度は 1 分間に 4.2~5.4 個, 平均 4.7 個, 振巾 0.20~0.32 mV, 平均 0.26 mV, 持続時間 0.10~0.20 秒, 平均 0.15 秒である.

6 週間目の検討では膀胱頂部の spike 発生頻度は 1 分間に 4.9~5.6 個, 平均, 5.1 個, 振巾 0.20~0.33 mV, 平均 0.27 mV, 持続時間 0.12~0.22 秒, 平均 0.16 秒, 膀胱頸部の spike 発生頻度は 1 分間に 5.5~6.0 個, 平均 5.7 個, 振巾 0.21~0.36 mV, 平均 0.30 mV, 持続時間 0.10~0.20 秒, 平均 0.16 秒であり, 内尿道口附近の spike 発生頻度は 1 分間に 4.8~5.4 個, 平均 5.0 個, 振巾 0.21~0.36 mV, 平均 0.28 mV, 持続時間 0.14~0.18 秒, 平均 0.16 秒であった. 即ち, 術後 3 週間目では活動電位の発

表 3. 骨盤神経偏側切断犬の膀胱活動電位

部 位	症 例	発 生 頻 度 (分)			振 巾 (mV)			振 続 時 間 (秒)		
		切断前	切断後 3 週目	切断後 6 週目	切断前	切断後 3 週目	切断後 6 週目	切断前	切断後 3 週目	切断後 6 週目
膀 胱 頂 部	11	5.2	4.2	5.0	0.28	0.26	0.29	0.11	0.10	0.12
	12	5.5	4.8	5.6	0.22	0.19	0.24	0.19	0.16	0.20
	13	4.7	4.0	4.9	0.19	0.20	0.20	0.20	0.18	0.22
	14	4.9	4.4	5.0	0.28	0.28	0.22	0.14	0.09	0.18
	15	5.3	5.0	5.2	0.31	0.29	0.28	0.18	0.12	0.16
	16	5.0	4.6	4.9	0.26	0.24	0.26	0.16	0.14	0.18
	17	5.4	4.2	5.0	0.38	0.30	0.33	0.20	0.18	0.13
	18	4.8	5.0	5.2	0.29	0.30	0.30	0.19	0.12	0.15
	19	5.0	4.8	5.2	0.33	0.28	0.36	0.17	0.14	0.14
	20	5.3	5.1	5.5	0.28	0.29	0.30	0.15	0.17	0.14
平 均		5.0	4.6	5.1	0.28	0.26	0.27	0.16	0.14	0.16
膀 胱 頸 部	11	5.5	5.2	5.6	0.28	0.24	0.28	0.19	0.16	0.18
	12	5.4	5.0	5.8	0.29	0.30	0.26	0.11	0.13	0.10
	13	5.8	4.9	6.0	0.26	0.25	0.28	0.09	0.09	0.11
	14	6.0	5.3	5.7	0.32	0.29	0.30	0.18	0.14	0.15
	15	5.9	4.8	5.8	0.36	0.32	0.34	0.20	0.16	0.18
	16	5.8	5.2	6.0	0.29	0.30	0.32	0.21	0.19	0.20
	17	5.6	5.0	5.7	0.30	0.29	0.31	0.18	0.16	0.16
	18	6.2	5.4	6.0	0.38	0.34	0.36	0.22	0.20	0.18
	19	5.4	5.0	5.8	0.29	0.30	0.29	0.18	0.20	0.18
	20	5.6	4.9	5.5	0.34	0.30	0.29	0.19	0.14	0.16
平 均		5.7	5.0	5.7	0.31	0.29	0.30	0.17	0.15	0.17
内 尿 道 口 附 近	11	4.6	4.4	4.8	0.22	0.20	0.21	0.18	0.15	0.17
	12	5.0	4.8	5.2	0.28	0.21	0.26	0.16	0.12	0.16
	13	5.2	5.4	5.0	0.26	0.23	0.24	0.20	0.18	0.18
	14	5.5	5.0	5.2	0.30	0.31	0.28	0.14	0.16	0.14
	15	5.6	4.6	5.3	0.32	0.29	0.30	0.21	0.20	0.18
	16	5.2	4.7	4.9	0.28	0.27	0.31	0.18	0.16	0.16
	17	4.9	5.0	5.0	0.34	0.30	0.29	0.16	0.12	0.14
	18	5.6	4.9	5.4	0.30	0.30	0.32	0.21	0.18	0.18
	19	4.8	4.2	5.0	0.29	0.24	0.29	0.20	0.14	0.18
	20	5.5	4.8	5.1	0.38	0.32	0.36	0.16	0.18	0.17
平 均		5.1	4.7	5.0	0.29	0.26	0.28	0.16	0.15	0.16

生頻度は各部位共減少し、振巾、持続時間も短縮されるが、6週間目に至ると殆んど正常膀胱の状態に復する事が明らかとなった。なお、この際方々の膀胱平滑筋より得られる活動電位の波形の種類は正常犬におけるものと大差はないが、A型が多く出現し、次いでB型を混在するものが多かった(図10)。

なお、膀胱内圧を測定した結果では、術前膀胱許容量250 ml、排尿時内圧50 cm H₂Oを示したものが、術後3週間目では膀胱許容量210 ml、排尿時内圧30 cm H₂Oと低下をみたが、6週間目のものでは正常犬の膀胱内圧に近づき、膀胱許容量240 cc、排尿時内圧は48 cm H₂Oを示した。

iii) 骨盤神経両側切断実験：骨盤神経 両側切断犬10頭についても術後3週間目、6週間目に、先に記した片側骨盤神経切断犬の実験と同様に膀胱各部の活動電位を測定した(表4)。即ち術後3週間目の膀胱頂部のspike発生頻度は1分間に3.0~4.1個、平均3.5個、振巾0.12~0.26mV、平均0.17mV、持続時間0.10~0.22秒、

図10. 骨盤神経偏側切断犬の膀胱犬頸部(術後6週)

平均0.16秒、内尿道口附近のspike発生頻度は1分間に2.9~4.1個、平均3.5個、振巾0.16~0.21mV、平均0.18mV、持続時間0.09~0.20秒、平均0.16秒であった。

術後6週間目の膀胱電図では膀胱頂部のspike発生頻度は1分間に2.4~3.4個、平均2.9個、振巾0.14~0.24mV、平均0.18mV、持続時間0.09~0.19秒、平均0.13秒、膀胱頸部のspike発生頻度は1分間に2.8~3.8個、平均3.1個、振巾0.16~0.20mV、平均0.18mV、持続時間0.10~0.18秒、平均0.15秒であり、内尿道口附近の発生頻度は1分間に2.8~3.2個、振巾0.15~0.20mV、平均0.17mV、持続時間0.09~0.19秒、平均0.15秒であった。それら各部における波型をみると、膀胱頂部では

表 4. 骨盤神経両側切断犬の膀胱活動電位

部 位	症 例	発 生 頻 度 (分)			振 巾 (mv)			持 続 時 間 (秒)		
		切断前	切断後 3 週目	切断後 6 週目	切断前	切断後 3 週目	切断後 6 週目	切断前	切断後 3 週目	切断後 6 週目
膀 胱 頂 部	1	5.0	3.2	2.4	0.28	0.19	0.19	0.13	0.09	0.09
	2	5.2	3.8	2.9	0.26	0.12	0.14	0.12	0.10	0.11
	3	5.5	3.4	3.5	0.28	0.18	0.16	0.14	0.11	0.09
	4	5.6	3.0	3.0	0.30	0.18	0.18	0.20	0.14	0.12
	5	5.4	3.9	2.9	0.24	0.14	0.15	0.18	0.16	0.14
	6	5.4	4.1	2.8	0.31	0.20	0.17	0.14	0.14	0.11
	7	5.2	3.8	3.2	0.29	0.26	0.24	0.20	0.18	0.16
	8	5.3	3.6	3.4	0.34	0.21	0.21	0.23	0.21	0.18
	9	5.4	3.2	2.6	0.33	0.20	0.18	0.19	0.16	0.16
	10	5.0	3.8	2.9	0.38	0.22	0.20	0.22	0.20	0.19
平 均		5.3	3.5	2.9	0.30	0.17	0.18	0.17	0.16	0.13
膀 胱 頸 部	1	6.1	4.4	3.8	0.30	0.18	0.16	0.12	0.12	0.10
	2	5.8	3.4	2.9	0.26	0.19	0.20	0.16	0.14	0.14
	3	5.9	3.6	3.1	0.30	0.20	0.18	0.11	0.10	0.11
	4	6.0	3.2	3.0	0.29	0.21	0.20	0.20	0.16	0.16
	5	6.2	3.6	2.9	0.31	0.16	0.16	0.21	0.19	0.18
	6	5.8	3.9	2.8	0.35	0.19	0.18	0.19	0.15	0.16
	7	5.6	3.7	3.0	0.29	0.20	0.18	0.24	0.21	0.18
	8	6.3	4.2	3.6	0.36	0.22	0.20	0.25	0.22	0.19
	9	5.9	3.4	2.9	0.32	0.18	0.17	0.22	0.19	0.17
	10	6.4	3.8	3.0	0.38	0.21	0.19	0.21	0.20	0.18
平 均		6.0	3.6	3.1	0.32	0.19	0.18	0.19	0.16	0.15
内 尿 道 口 附 近	1	5.1	2.9	3.0	0.28	0.16	0.18	0.11	0.09	0.09
	2	5.4	3.2	3.2	0.29	0.18	0.15	0.20	0.88	0.16
	3	5.6	3.6	3.2	0.35	0.20	0.18	0.12	0.10	0.10
	4	5.2	3.4	2.8	0.32	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18
	5	6.0	4.0	3.2	0.29	0.21	0.20	0.18	0.15	0.15
	6	5.4	3.6	3.1	0.30	0.18	0.16	0.21	0.20	0.18
	7	5.3	3.8	2.9	0.28	0.20	0.18	0.14	0.16	0.14
	8	5.0	4.1	2.8	0.30	0.17	0.15	0.18	0.16	0.16
	9	5.3	3.3	2.9	0.28	0.16	0.16	0.22	0.21	0.18
	10	5.6	3.4	3.0	0.32	0.18	0.18	0.20	0.19	0.19
平 均		5.3	3.5	3.0	0.30	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15

D型が出現し、膀胱頸部、内尿道口附近でもD型が多く、ついでB型を混在するものを認めた。即ち、術後3週間目では活動電位の発生頻度は何れの部位でも減少し、振巾も小さく持続時間も僅かながら短縮され、術後6週間目では更に活動電位の発生頻度は激減し、正常犬の約半分に近くなり、基線も不安定で规律的収縮も欠く傾向が認められ、その波形もD型のものが多発した(図11)。膀胱内圧も術前許容量 240 cc、排尿時内圧 48 cm H₂Oを示したものが、術後3週間目では膀胱許容量 180 ml、排尿時内圧 60 cm H₂Oを示し、術後6週間目では膀胱許容量 160 ml、排尿時内圧 73 cm H₂Oとなり、内圧曲線の過緊張状態を認めた。

iv) 両側骨盤神経切断状の膀胱容量と活動電位。

骨盤神経両側切断犬の術後6週間目の膀胱容量と活動電位との関係は表2に示す如く、溶液 100 cc 注入時の膀胱頂部の spike 発生頻度は 1 分間に 2.6~4.4 個、平均 3.6 個、振巾 0.11~0.22 mV、平均 0.19 mV、持続時間 0.09~0.20 秒、平均 0.15 秒、膀胱頸部の spike 発生頻度

図 11. 骨盤神経両側切断犬の膀胱頸部 (術後6週)

は 1 分間に 3.0~4.6 個、平均 3.7 個、振巾 0.13~0.24 mV、平均 0.18 mV、持続時間 0.12~0.24 秒、平均 0.18 秒であり、内尿道口附近の spike 発生頻度は 1 分間に 2.6~4.4 個、平均 3.3 個、振巾 0.17~0.23 mV、平均 0.19 mV、持続時間 0.11~0.20 秒、平均 0.16 秒であった。さらに膀胱容量を 250 cc に増量させた場合の膀胱頂部の spike 発生頻度は 1 分間に 2.9~4.8 個、平均 3.8 個、振巾 0.16~0.26 mV、平均 0.21 mV、持続時間 0.11~0.22 秒、平均 0.17 秒、膀胱頸部では spike 発生頻度が 1 分間に 3.2~5.0 個、平均 3.9 個、振巾 0.18~0.26 mV、平均 0.21 mV、持続時間 0.16~0.23 秒、平均 0.19 秒、内尿道口附近の spike 発生頻度は 1 分間に 2.8~4.6 個、平均

3.4 個, 振巾 0.17~0.23 mV, 平均, 0.19 mV, 持続時間 0.11~0.20 秒平均 0.18 秒であった。

すなわち, 術後 6 週を経過した骨盤神経両側切断犬の場合, 膀胱容量を 100 ml から 250 ml に増量しても, 両者の活動電位には発生頻度に有意差はなく, 僅かに後者に於て振巾, 並びに持続時間が増大, 延長されるに過ぎなかった。

B. 膀胱平滑筋活動電位に及ぼす自律神経薬剤及びビタミン剤 B₁ の影響

1. 実験方法

自律神経薬剤としては, 副交感神経剤末梢興奮剤であるピロカルピンを体重 0.03 mg/kg の割合で, 末梢麻痺剤であるアトロピンは同じく体重 0.03 mg/kg の割合で共に皮下投与した。ビタミン B₁ 剤としては, その誘導体である。TTFD 50mg を静注した。ちなみに, ビタミン B₁ は低圧無緊張性膀胱の緊張を高め, 高圧縮少膀胱の緊張を上げることが報告されており, 既に臨床的にも骨盤内臓器手術後の排尿障害に対しても積極的に使用されている。著者はそれら薬剤を正常犬及び先に記した如き両側骨盤神経切断犬に投与し, それぞれの膀胱頂部, 膀胱頸部, および内尿道口附近における膀胱平滑筋活動電位の影響を経時的に観察した。

2. 実験成績

i) ピロカルピン投与実験 正常膀胱に対するピロカルピン投与では, 投与 5 分後の膀胱頂部の spike 発生頻度は 1 分間に 4.8~5.6 個, 平均 5.2 個, 振巾 0.20~0.41 mV, 平均 0.31 mV, 持続時間 0.10~0.21 秒, 平均 0.16 秒, 膀胱頸部の spike 発生頻度は 1 分間に 5.4~6.4 個, 平均 5.8 個, 振巾 0.30~0.40 mV, 平均 0.34 mV, 持続時間 0.12~0.24 秒, 平均 0.19 秒, 内尿道口附近の spike 発生頻度は 1 分間 4.8~5.8 個, 平均 5.4 個, 振巾 0.26~0.38 mV, 平均 0.32 mV, 持続時間 0.12~0.28 秒, 平均 0.18 秒であった。

ついで 10 分後における膀胱各部位の活動電位は, 膀胱部における spike 発生頻度は 1 分間に 12.2~14.8 個, 平均 13.4 個, 振巾 0.24~0.40 mV, 平均 0.33 mV, 持続時間 0.12~0.22 秒, 平均, 0.18 秒, 膀胱頸部の spike 発生頻度は 1 分間に 12.6~15.0 個, 平均 14.1 個, 振巾 0.30~0.41 mV, 平均 0.36 mV 持続時間 0.14~0.24 秒, 平均 0.20 秒 (図 12)。内尿道口附近の spike 発生頻度は 1 分間に 12.0~15.0 個, 平均 13.9 個, 振巾 0.26~0.38

mV, 平均 0.32 mV, 持続時間 0.15~0.28 秒, 平均 0.20 秒であった。いずれの部位でも 10 分後の活動電位は明らかに増加が認められるが, 15 分後には再び各部位に於て spike 発生頻度, 振巾, 持続時間とも正常膀胱の活動電位に近づく傾向を示す (表 5)。

活動電位の波形をみると, ピロカルピン投与後には C 型が多く, 次いで D 型を認めた。

以上の結果は, ピロカルピン投与による正常膀胱の活動電位は, 振巾, 持続時間の経時的影響は軽度であるが, その発生頻度は 10 分後著明に増加する事を知った。

ピロカルピンの両側骨盤神経切断犬に対する影響の検討では, 術後 6 週間目でもその活動電位が神経切断前の活動電位に比し回復の徴は認めず, 投与 10 分後の活動電位についても, その発生頻度, 振巾, 持続時間にも経時的変化は認められない (表 6)。活動電位の波形は僅かに D 型を認めたに過ぎなかった。

ii) アトロピン投与実験 末梢神経麻痺剤であるアトロピン投与後の正常犬膀胱活動電位を検すると, 投与後 5 分の膀胱頂部における spike 発生頻度は 1 分間に 4.6~5.2 個, 平均 4.9 個, 振巾 0.16~0.35 mV, 平均 0.26 mV, 持続時間 0.10~0.20 秒, 平均 0.14 秒, 膀胱頸部の spike 発生頻度は 1 分間に 4.9~5.6 個, 平均 5.3 個, 振巾 0.26~0.32 mV, 平均 0.28 mV, 持続時間 0.10~0.21 秒, 平均 0.15 秒, 内尿道口附近の spike 発生頻度は 1 分間に 4.8~5.4 個, 平均 5.1 個, 振巾 0.21~0.30 mV, 平均 0.26 mV, 持続時間 0.10~0.20 秒, 平均 0.14 秒であった。投与 10 分後においては, spike 発生頻度がいずれの部位でも減少し, 膀胱頂部においては spike 発生頻度は 1 分間に 3.2~4.3 個, 平均 3.7 個, 振巾 0.12~0.21 mV, 平均 0.17 mV, 持続時間 0.11~0.20 秒, 平均 0.14 秒, 膀胱頸部の spike 発生頻度は 1 分間に 3.2~4.4 個, 平均 3.8 個, 振巾 0.15~0.24 mV, 平均 0.19 mV, 持続時間 0.11~0.19 秒, 平均 0.15 秒, 内尿道口附近での spike 発生頻度は 1 分間に 3.6~4.2 個, 平均 3.7 個, 振巾 0.15~0.24 mV, 平均 0.19 mV, 持続時間 0.10~0.22 秒, 平均 0.13 秒であった。更に投与後 15 分には, 膀胱頂部での spike 発生頻度は 1 分間に 4.2~5.0 個, 平均 4.5 個, 振巾 0.14~0.29 mV, 平均 0.21 mV, 持続時間 0.12~0.21 秒, 平均 0.16 秒, 膀胱頸部の spike 発生頻度は 1 分間に 4.6~5.4 個, 平均 5.0 個, 振巾 0.19~0.27 mV, 平均 0.19 mV, 持続時間 0.11~0.21 秒, 平均 0.17 秒, 内尿道口附近での spike 発生頻度は 1 分間に 4.2~5.2 個, 平均 4.6 個, 振巾 0.19~0.25 mV, 平均 0.22 mV, 持続時間 0.10~0.24 秒であった (表 7)。

以上の結果より正常犬膀胱活動電位の発生頻度は膀胱各部位共アトロピン投与後 5 分で低下し始め, 10 分後に著明に減少し, 振巾もこの時期には短縮される。

図 12. ピロカルピン注射 10 分後の膀胱頸部

表 5. ビロカルピン注射時における正常犬膀胱活動電位

部位	症 例	発 生 頻 度 (分)			振 巾 (mv)			持 続 時 間 (秒)		
		注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分
膀 胱 頂 部	1	5.2	13.6	7.6	0.22	0.28	0.25	0.11	0.14	0.11
	2	5.0	12.2	6.6	0.20	0.24	0.22	0.10	0.12	0.11
	3	5.1	14.0	7.2	0.38	0.38	0.36	0.14	0.16	0.14
	4	5.4	13.8	6.8	0.30	0.32	0.29	0.20	0.21	0.18
	5	5.0	14.4	6.2	0.24	0.28	0.24	0.18	0.20	0.20
	6	4.8	13.6	5.8	0.38	0.36	0.36	0.16	0.19	0.16
	7	5.6	14.8	6.9	0.30	0.32	0.29	0.10	0.16	0.14
	8	5.3	12.7	5.0	0.37	0.39	0.36	0.19	0.20	0.18
	9	5.4	13.0	6.4	0.41	0.40	0.38	0.21	0.22	0.20
	10	5.3	12.9	6.8	0.36	0.39	0.37	0.20	0.21	0.19
	平 均	5.2	13.4	6.5	0.31	0.33	0.31	0.16	0.18	0.16
膀 胱 頸 部	1	5.6	14.3	7.9	0.32	0.36	0.31	0.18	0.20	0.19
	2	5.5	13.6	6.8	0.30	0.32	0.30	0.12	0.14	0.14
	3	5.6	14.6	7.4	0.34	0.34	0.32	0.20	0.20	0.18
	4	6.0	14.8	6.9	0.32	0.35	0.29	0.22	0.21	0.20
	5	6.3	14.5	6.6	0.31	0.30	0.29	0.20	0.19	0.19
	6	5.7	13.9	6.0	0.36	0.38	0.35	0.18	0.20	0.18
	7	6.2	14.7	6.8	0.34	0.36	0.31	0.15	0.18	0.16
	8	6.4	15.0	7.1	0.36	0.40	0.36	0.21	0.23	0.20
	9	5.4	13.2	6.7	0.40	0.41	0.38	0.24	0.24	0.22
	10	5.8	13.9	7.2	0.38	0.38	0.35	0.23	0.24	0.21
	平 均	5.8	14.1	6.9	0.34	0.36	0.32	0.19	0.20	0.18
内 尿 道 口 附 近	1	4.8	12.0	6.8	0.26	0.26	0.25	0.12	0.15	0.11
	2	5.3	14.1	6.5	0.27	0.30	0.28	0.14	0.18	0.14
	3	5.5	14.0	6.6	0.33	0.33	0.32	0.14	0.16	0.14
	4	5.6	14.8	7.0	0.34	0.34	0.30	0.28	0.28	0.26
	5	5.4	14.5	6.2	0.30	0.29	0.29	0.26	0.26	0.24
	6	5.6	13.9	5.8	0.36	0.40	0.38	0.16	0.20	0.18
	7	5.5	14.4	6.7	0.33	0.36	0.34	0.14	0.18	0.14
	8	5.8	15.0	6.9	0.30	0.32	0.31	0.20	0.22	0.19
	9	5.0	13.2	6.4	0.36	0.39	0.36	0.21	0.24	0.20
	10	5.6	14.0	6.8	0.38	0.40	0.37	0.22	0.22	0.21
	平 均	5.4	13.9	6.6	0.32	0.33	0.32	0.18	0.20	0.18

向を示した。更に、その後は経時的に活動電位の発生頻度、振巾、持続時間が薬剤投与前の活動電位に近づく事を認めた。アトロピン投与時における膀胱各部における活動電位の波形は振巾も小さく、持続時間も短縮されたA型が多い(図13)。

両側骨盤神経切断後犬の術後6週間目の膀胱に対する本剤の影響は膀胱頂部、内尿道口附近では殆んど活動電位の発生を認めず、僅かに膀胱頸部で振巾の小さい棘波をみとめる程度であり、その微細にわたる計測は不能で、波形も判定不能なものが多い。

Diii) ビタミン B₁ 剤投与実験 ビタミン B₁ 剤の誘導体である TTFD 50 mg を静注し、正常膀胱の平滑筋の態度を筋電図学的に検討した。

すなわち、薬剤注射後5分では膀胱頂部犬の spike 発生頻度は1分間に 5.3~5.8 個、平均 5.4 個、振巾 0.21~0.39 mV、平均 0.32 mV、持続時間 0.11~0.20 秒、平均 0.16 秒、膀胱頸部では spike 発生頻度は1分間に 5.8~6.8 個、平均 6.0 個、振巾 0.29~0.40 mV、平均 0.35 mV

持続時間 0.16~0.23 秒、平均 0.19 秒、内尿道口附近の spike 発生頻度は1分間に 4.9~6.4 個、平均 5.5 個、振巾 0.28~0.40 mV、平均 0.34 mV、持続時間 0.14~0.20 秒、平均 0.17 秒であった。更に薬剤注射後10分後の膀胱頂部の spike 発生頻度は1分間に 13.8~15.2 個、平均 14.2 個と急増し、振巾 0.26~0.38 mV、平均 0.33 mV、持続時間 0.12~0.21 秒、平均 0.15 秒であり、膀胱頸部の spike 発生頻度は1分間に 13.9~15.6 個、平均 14.7 振巾 0.30~0.44 mV、平均 0.35 mV、持続時間 0.18~0.22 秒、平均 0.19 秒、内尿道口附近では spike 発生頻度は1分間に 12.6~15.0 個、平均 14 個、振巾 0.28~0.41 mV、平均 0.36 mV、持続時間 0.16~0.21 秒、平均 0.18 秒であった。

すなわち、膀胱のいずれの部位でも薬剤投与より spike の発生頻度は増加した。更に薬剤投与15分後では膀胱頂部の spike 発生頻度は1分間に 9.2~14.0 個、平均 11.5 個、振巾 0.22~0.38 mV、平均 0.32 mV、持続時間 0.10~0.20 秒、平均 0.16 秒であり、膀胱頸部の spike 発

表 6. 骨盤神経両側切断犬におけるピロカルピン注射時の膀胱活動電位 (後術 6 週目)

部 位	症 例	発 生 頻 度 (分)			振 巾 (mv)			持 続 時 間 (秒)		
		注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分
膀 胱 頂 部	1	2.6	3.0	2.8	0.21	0.24	0.23	0.12	0.14	0.13
	2	2.9	3.1	3.8	0.16	0.19	0.17	0.14	0.18	0.12
	3	3.5	3.6	3.4	0.16	0.20	0.18	0.14	0.17	0.14
	4	3.2	3.2	3.0	0.20	0.21	0.20	0.18	0.18	0.15
	5	2.9	3.0	2.8	0.19	0.23	0.21	0.15	0.16	0.16
	6	3.0	3.3	3.1	0.17	0.20	0.19	0.13	0.17	0.12
	7	3.2	3.4	3.0	0.24	0.29	0.23	0.19	0.22	0.20
	8	3.4	3.6	3.3	0.23	0.28	0.22	0.18	0.21	0.18
	9	3.2	3.2	3.1	0.22	0.26	0.24	0.20	0.24	0.19
	10	3.0	3.4	3.0	0.25	0.25	0.22	0.21	0.24	0.22
	平 均	3.0	3.2	3.0	0.20	0.23	0.20	0.17	0.18	0.16
膀 胱 頸 部	1	3.8	3.8	3.6	0.19	0.24	0.20	0.11	0.15	0.13
	2	3.2	3.4	3.0	0.24	0.29	0.23	0.16	0.20	0.18
	3	3.0	3.5	3.1	0.26	0.31	0.25	0.13	0.16	0.15
	4	3.2	3.6	3.3	0.20	0.24	0.21	0.16	0.19	0.14
	5	3.4	3.4	3.2	0.18	0.23	0.19	0.20	0.22	0.19
	6	3.0	3.2	3.0	0.21	0.26	0.20	0.18	0.21	0.19
	7	3.0	3.5	2.9	0.20	0.25	0.24	0.19	0.24	0.22
	8	3.5	3.6	3.4	0.24	0.25	0.22	0.20	0.24	0.20
	9	3.2	3.3	3.2	0.23	0.29	0.26	0.19	0.22	0.21
	10	3.4	3.6	3.3	0.23	0.30	0.25	0.22	0.23	0.19
	平 均	3.2	3.4	3.2	0.22	0.25	0.22	0.17	0.20	0.18
内 尿 道 口 附 近	1	2.9	3.1	2.8	0.14	0.18	0.15	0.10	0.13	0.11
	2	3.1	3.3	2.9	0.24	0.28	0.22	0.19	0.21	0.18
	3	3.2	3.2	3.0	0.16	0.24	0.20	0.16	0.18	0.17
	4	3.1	3.1	2.7	0.18	0.25	0.19	0.18	0.20	0.21
	5	3.4	3.6	3.4	0.20	0.26	0.21	0.17	0.18	0.16
	6	3.3	3.5	3.2	0.24	0.26	0.24	0.20	0.22	0.19
	7	3.2	3.3	3.0	0.19	0.24	0.20	0.16	0.21	0.18
	8	3.0	3.0	2.9	0.20	0.28	0.22	0.20	0.21	0.20
	9	2.9	3.2	3.1	0.25	0.31	0.24	0.21	0.24	0.21
	10	3.2	3.4	3.2	0.22	0.29	0.23	0.19	0.22	0.18
	平 均	3.1	3.2	3.0	0.20	0.25	0.20	0.17	0.19	0.18

生頻度は1分間に10.2~12.6個, 平均11.6個, 振巾0.28~0.40mV, 持続時間0.16~0.21秒, 平均0.18秒となり, 内尿道口附近では spike の発生頻度は1分間に10.2~12.6個, 平均11.5個, 振巾0.26~0.37mV, 平均0.36mV, 持続時間0.11~0.20秒, 平均0.17秒であった(表8)。

すなわち TTFD 剤を使用した場合, 投与後15分経過しても正常犬膀胱の活動電位は先の薬剤投与犬膀胱のそれに比し活発である。

TTFD 投与の際にみられる波形は図14に示す如くD型をもとにしたものが多く, 時にB型が混在し膀胱各部に差異は認められないようである。

両側骨盤神経切断犬に TTFD 50mg を投与すると, 正常膀胱における変化に類似した活動電位が得られた。即ち, 投与後5分での膀胱頂部の spike 発生頻度は1分間に2.9~3.5個, 平均3.2個, 振巾, 0.16~0.24mV, 平均0.20mV 持続時間0.12~0.20秒, 平均0.15秒, 膀胱頸部の spike 発生頻度は1分間に3.3~3.8個, 平均3.5

個, 振巾0.20~0.28mV, 平均0.23mV, 持続時間0.13~0.24秒であり, 内尿道口附近は spike 発生頻度が1分間に3.0~3.4個, 平均3.2個, 振巾0.16~0.24mV, 平均0.21mV, 持続時間0.14~0.20秒であった。投与後10分での膀胱頂部の spike 発生頻度は1分間に3.1~3.9個, 平均3.4個, 振巾0.22~0.30mV, 平均0.26mV, 持続時間0.15~0.26秒, 平均0.20秒, 膀胱頸部の spike 発生頻度は1分間に3.6~4.0個, 平均3.7個, 振巾0.26~0.31mV, 平均0.28mV, 持続時間0.15~0.23秒, 平均0.18秒, 内尿道口附近の spike 発生頻度は1分間に3.4~3.7個, 平均3.5個, 振巾0.20~0.30mV, 平均0.25mV, 持続時間0.17~0.24秒, 平均0.21秒であった。更に投与後15分の膀胱頂部での spike 発生頻度は1分間に3.0~3.7個, 平均3.4個, 振巾0.19~0.24mV, 平均0.21mV, 持続時間0.14~0.20秒, 平均0.15秒, 膀胱頸部の spike 発生頻度は1分間に3.5~3.9個, 平均3.6個, 振巾0.21~0.30mV, 平均0.24mV, 持続時間0.15~0.22秒, 平均0.18秒, 内尿道口附近では spike

表 7. アトロピン注射時における成犬膀胱活動電位

位 症	例 発	発 生 頻 度 (分)			振 巾 (mv)			持 続 時 間 (秒)		
		注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分
膀 胱 頂 部	1	5.0	3.9	4.4	0.20	0.14	0.18	0.10	0.12	0.12
	2	4.6	3.2	4.3	0.16	0.12	0.14	0.11	0.11	0.14
	3	5.0	4.3	4.8	0.28	0.20	0.21	0.13	0.13	0.13
	4	5.1	3.9	4.6	0.26	0.19	0.22	0.18	0.18	0.20
	5	4.9	3.8	4.2	0.22	0.14	0.18	0.14	0.16	0.18
	6	4.6	3.4	4.3	0.30	0.22	0.24	0.11	0.11	0.21
	7	5.2	3.8	4.8	0.24	0.12	0.18	0.08	0.08	0.14
	8	5.1	3.6	5.0	0.32	0.18	0.26	0.20	0.18	0.18
	9	5.0	3.5	4.8	0.35	0.21	0.29	0.17	0.15	0.21
	10	5.5	3.8	4.7	0.30	0.20	0.26	0.18	0.16	0.17
	平 均	4.9	3.7	4.5	0.26	0.17	0.21	0.14	0.14	0.16
膀 胱 頸 部	1	5.2	4.0	4.8	0.26	0.16	0.20	0.18	0.18	0.20
	2	5.0	3.6	4.9	0.27	0.18	0.21	0.10	0.14	0.14
	3	5.3	4.4	5.2	0.28	0.16	0.19	0.15	0.12	0.17
	4	5.5	4.0	5.0	0.29	0.20	0.22	0.20	0.18	0.21
	5	5.6	3.8	5.4	0.27	0.19	0.20	0.15	0.15	0.16
	6	4.9	3.2	4.6	0.28	0.21	0.25	0.11	0.09	0.12
	7	5.6	3.8	5.4	0.30	0.19	0.26	0.09	0.11	0.11
	8	5.5	3.9	5.2	0.28	0.15	0.19	0.20	0.19	0.22
	9	5.0	4.1	4.8	0.32	0.23	0.26	0.19	0.16	0.20
	10	5.6	3.9	5.2	0.30	0.24	0.27	0.21	0.18	0.21
	平 均	5.3	3.8	5.0	0.28	0.19	0.22	0.15	0.15	0.17
内 尿 道 口 附 近	1	4.8	3.6	4.2	0.21	0.15	0.20	0.11	0.10	0.12
	2	5.0	3.4	4.6	0.22	0.18	0.19	0.12	0.12	0.14
	3	5.1	4.2	4.4	0.26	0.20	0.22	0.10	0.09	0.10
	4	5.4	3.9	4.5	0.30	0.22	0.27	0.19	0.20	0.22
	5	5.0	3.9	4.7	0.25	0.19	0.20	0.20	0.22	0.24
	6	5.2	3.4	5.0	0.28	0.21	0.21	0.13	0.10	0.16
	7	5.1	3.8	4.9	0.26	0.18	0.22	0.10	0.12	0.14
	8	5.4	3.7	5.2	0.30	0.24	0.24	0.14	0.11	0.18
	9	4.8	4.0	4.3	0.29	0.19	0.25	0.20	0.16	0.20
	10	5.2	3.8	5.0	0.28	0.21	0.23	0.15	0.13	0.16
	平 均	5.1	3.7	4.6	0.26	0.19	0.22	0.14	0.13	0.16

図 13. アトロピン注射 10 分後の膀胱頸部

発生頻度は 1 分間に 0.16~0.24 個、平均 0.21 個、振巾 0.18~0.25 mV、平均 0.21 mV、持続時間 0.12~0.21 秒、平均 0.16 秒であった。(表 9)。これを両側骨盤神経切断犬の術後 6 週間目における膀胱活動電位と比較すると、本剤を投与した場合の活動電位の方が軽度ながら高い値を示した。活動電位の波型は D 型が多かった(図 15)。

3. 小 括

雑種成犬を開腹し膀胱壁外より双極針電極を膀胱筋に刺入し、その活動電位を誘導し観察した。

正常犬の膀胱平滑筋より誘導される活動電位には種々の波形が認められたが、いずれも一相又は 2 相性の棘波である(図 2)。

膀胱平滑筋の活動電位は膀胱頂部、膀胱頸部、内尿道

口附近で異なり、その発生頻度では膀胱頸部が最も活発であり、次いで内尿道口附近、膀胱頂部の順である。その振巾持続時間についても膀胱頸部が最大であるが、内尿道口附近、膀胱頂部では有位差を認めなかった。すなわち、Corey¹⁾らが膀胱体部の活動電位が最も大きく、次いで尿管口底部、尿道口部と報告した所と類似するようである。

膀胱容量と活動電位との関係をみると、いずれの部位に於ても、膀胱内容量が増加し、その犬の膀胱許容量に近づく活動電位の発現は活発となり、その頻度は急増し振巾、持続時間は軽度に増大する。

正常犬膀胱に対する自律神経薬剤の影響をみると、副交感神経興奮剤であるピロカルピンでは活動電位の発生頻度が増加し、出現する波形は C 型が多い。

副交感神経遮断剤であるアトロピンでは、逆に活動電位の発生頻度は減少し、振巾の短縮などがあり、出現する波形は A 型のものがみられ、概して膀胱電図の平坦化が認められた。尚、これ等自律神経薬剤の影響を経時

表 8. TTFD 注射時における正常犬膀胱活動電位

部 位	症 例	発 生 頻 度 (分)			振 巾 (mv)			持 続 時 間 (秒)		
		注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分
膀 胱 頂 部	1	5.3	14.0	11.4	0.24	0.26	0.24	0.11	0.13	0.10
	2	5.5	13.6	12.6	0.21	0.23	0.22	0.12	0.12	0.11
	3	5.2	14.2	14.0	0.36	0.36	0.34	0.15	0.16	0.18
	4	5.6	14.0	10.6	0.32	0.34	0.30	0.22	0.20	0.19
	5	5.4	14.8	12.0	0.26	0.30	0.31	0.20	0.21	0.20
	6	5.0	14.6	10.8	0.38	0.38	0.36	0.18	0.20	0.18
	7	5.4	15.2	10.6	0.34	0.36	0.36	0.14	0.18	0.16
	8	5.6	13.8	9.2	0.30	0.38	0.35	0.18	0.20	0.18
	9	5.8	14.2	12.2	0.38	0.37	0.38	0.20	0.18	0.20
	10	5.6	14.4	10.6	0.39	0.39	0.38	0.19	0.19	0.18
平 均		5.4	14.14	11.5	0.32	0.33	0.32	0.16	0.15	0.16
膀 胱 頸 部	1	5.8	14.8	12.6	0.29	0.30	0.29	0.16	0.20	0.18
	2	6.0	14.0	11.8	0.31	0.33	0.30	0.15	0.18	0.16
	3	5.6	13.9	12.8	0.34	0.38	0.33	0.20	0.21	0.19
	4	6.2	14.6	11.8	0.36	0.36	0.36	0.21	0.19	0.20
	5	6.6	15.0	12.2	0.32	0.37	0.34	0.19	0.18	0.18
	6	5.9	14.8	12.0	0.36	0.39	0.33	0.22	0.21	0.20
	7	6.0	15.6	11.4	0.40	0.40	0.39	0.16	0.19	0.18
	8	6.8	14.4	10.2	0.38	0.39	0.37	0.18	0.20	0.19
	9	5.6	14.7	11.4	0.41	0.40	0.39	0.23	0.22	0.20
	10	6.2	15.2	10.9	0.39	0.44	0.40	0.21	0.21	0.21
平 均		6.0	14.7	11.6	0.35	0.35	0.34	0.19	0.19	0.18
内 尿 道 口 附 近	1	4.9	14.1	11.9	0.28	0.28	0.26	0.14	0.16	0.14
	2	5.4	13.8	10.8	0.26	0.30	0.29	0.16	0.17	0.11
	3	5.8	14.0	11.6	0.36	0.38	0.34	0.18	0.18	0.17
	4	5.6	12.6	10.2	0.38	0.37	0.36	0.20	0.20	0.19
	5	5.8	13.6	11.8	0.32	0.36	0.33	0.19	0.20	0.18
	6	5.2	14.4	12.2	0.34	0.39	0.34	0.20	0.21	0.21
	7	5.8	15.0	12.6	0.36	0.40	0.36	0.18	0.19	0.18
	8	6.4	14.0	11.0	0.40	0.41	0.35	0.16	0.18	0.17
	9	5.2	14.2	11.9	0.39	0.39	0.36	0.17	0.20	0.20
	10	5.8	14.6	11.5	0.40	0.38	0.37	0.20	0.21	0.19
平 均		5.5	14.0	11.5	0.34	0.36	0.33	0.17	0.18	0.17

図 14. TTFD 注射 10 分後の膀胱頸部

的に追究すると、薬剤投与後 10 分前後に最大の影響あることが推測された。

ビタミン B₁ 誘導体の一つである TTFD 50 mg の静注による影響をみると、膀胱頸部の活動位の発生頻度は増加し、振巾、持続時間も増大された。この増加、増大は膀胱頂部、内尿道口附近でも認められ、その影響は薬剤投与後 15 分にも明らかに認められ、ビタミン B₁ 剤は自律神経薬剤に比し膀胱平滑筋に長時間影響を与えるものの如くである。

骨盤神経切断犬の膀胱平滑筋の活動電位をみるに、骨盤神経偏側切断犬では術後 3 週間目に膀胱活動電位の発生頻度が若干減少するが、術後 6 週間では殆んど正常膀

胱のそれに復することが推測された。これに反し、骨盤神経両側切断犬では経過と共に膀胱活動電位の発生頻度の減少、振巾の短縮などが認められ、その波形は D 型、C 型などが多くみられ正常犬の膀胱電図にみられる A 型、B 型などは少い。

骨神経盤切断犬に自律神経薬剤、ビタミン B₁ 剤を投与すると、ピロカルピンでは膀胱活動電位の発生頻度の増加、振巾の軽度増大がみられた。アトロピンではその逆であった。これら薬剤では、その投与後 10 分前後に最も著しい影響がある。一方、ビタミン B₁ 剤の誘導体である TTFD は膀胱支配神経切断後の膀胱組織代謝を正常化する作用が解明されているが、著者の実験に於ても、骨盤神経の切断にも拘らず TTFD は非投与例に比し棘波が多発し、振巾、持続時間の延長がみられ、TTFD 投与後 15 分でもその影響が持続されており、本剤は自律神経薬剤に比し膀胱筋に長時間作用するものと推測された。

表 9. 骨盤神経両側切断犬における TTFD 注射時の膀胱活動電位

部 位	症 例	発 生 頻 度 (分)			振 巾 (mv)			持 続 時 間 (秒)		
		注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分
膀 胱 頂 部	1	2.9	3.1	3.0	0.21	0.25	0.24	0.12	0.15	0.14
	2	3.0	3.2	3.1	0.18	0.22	0.20	0.15	0.19	0.16
	3	3.6	3.8	3.6	0.16	0.24	0.21	0.14	0.18	0.15
	4	3.3	3.5	3.4	0.19	0.22	0.21	0.16	0.20	0.18
	5	3.0	3.2	3.2	0.20	0.27	0.24	0.12	0.19	0.16
	6	3.4	3.8	3.6	0.19	0.29	0.20	0.16	0.17	0.15
	7	3.3	3.6	3.7	0.24	0.28	0.19	0.14	0.21	0.17
	8	3.2	3.9	3.6	0.22	0.30	0.24	0.16	0.22	0.17
	9	3.4	3.8	3.5	0.23	0.29	0.20	0.19	0.24	0.20
	10	3.3	3.7	3.5	0.24	0.26	0.22	0.20	0.26	0.19
	平 均	3.2	3.5	3.4	0.20	0.26	0.21	0.15	0.20	0.15
膀 胱 頸 部	1	3.8	3.5	3.8	0.20	0.25	0.21	0.13	0.18	0.15
	2	3.5	3.8	3.6	0.24	0.27	0.23	0.18	0.21	0.17
	3	3.4	3.6	3.5	0.28	0.32	0.30	0.14	0.20	0.16
	4	3.5	3.7	3.6	0.22	0.28	0.25	0.18	0.22	0.19
	5	3.6	3.8	3.8	0.20	0.27	0.22	0.20	0.24	0.20
	6	3.4	3.6	3.6	0.24	0.30	0.24	0.19	0.22	0.18
	7	3.5	4.0	3.9	0.21	0.29	0.23	0.22	0.26	0.23
	8	3.6	3.9	3.8	0.24	0.31	0.26	0.21	0.23	0.20
	9	3.3	3.7	3.7	0.25	0.30	0.24	0.24	0.24	0.22
	10	3.4	3.6	3.5	0.23	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19
	平 均	3.5	3.7	3.6	0.23	0.28	0.24	0.19	0.22	0.18
内 時 道 口 附 近	1	3.0	3.4	3.3	0.16	0.20	0.18	0.14	0.17	0.12
	2	3.2	3.5	3.5	0.24	0.30	0.23	0.20	0.22	0.19
	3	3.3	3.4	3.3	0.18	0.26	0.25	0.16	0.21	0.20
	4	3.1	3.6	3.4	0.20	0.23	0.19	0.18	0.24	0.20
	5	3.4	3.5	3.5	0.21	0.25	0.21	0.16	0.20	0.18
	6	3.3	3.7	3.5	0.23	0.26	0.18	0.19	0.23	0.20
	7	3.3	3.5	3.4	0.22	0.27	0.23	0.16	0.24	0.21
	8	3.1	3.4	3.2	0.23	0.29	0.25	0.20	0.20	0.17
	9	3.0	3.4	3.4	0.24	0.28	0.23	0.19	0.22	0.19
	10	3.4	3.7	3.5	0.24	0.25	0.24	0.21	0.23	0.20
	平 均	3.2	3.5	3.4	0.21	0.25	0.21	0.17	0.21	0.16

III. 臨 床 編

図 15. TTFD 注射後 10 分の膀胱頸部

臨床的に膀胱あり活動電位を誘導した報告は極めて少く、その臨床的意義についてはなお未知の点が多い。著者はまず正常人の膀胱電図の誘導法を試み、次いで子宮頸癌根治手術者の術前、術後のそれを検討した。

正常人は本学泌尿器科外来を訪れた患者で特に膀胱に異常がない事を確認した 20 例である。子宮頸癌根治手術例は 50 例である。

1. 正常人膀胱電図

i) 実験方法 患者を膀胱鏡台上に仰臥位とし、膀胱内に 100cc の滅菌水を注入、尿管カテーテル用膀胱鏡を用い経尿道的に導子を膀胱内に挿入し、これを膀胱壁内

に刺入した。用いた導子は F5 号尿管カテーテルの先端に 0.5 mm 間隔で電極を埋め込んだ双極針電極である。電極は原則として右側尿管口内方 1cm、深さ 0.5 cm に刺入し膀胱筋層に到達する様にした。著者が尿管口附近をもんだ理由は、先の基礎実験で膀胱頸部の活動電位が最顕活発であることと、概して電極の棘入部位を一定にし得るためである。さて電極を膀胱筋に棘入後、膀胱鏡を診察台上に固定し、患者の精神的肉体的動揺の消失後、膀胱鏡の電源を切断し記録を開始した。本実験に用いた測定器は日本光電の多用途監視記録装置型を RM-150 型も使い、膀胱内圧測定には RM-20 型を、筋電図測定には生体電気用前置増巾器 RB-2 型を使用し、1 mV が 1 cm に、時定数 0.3 秒で記録した。この際、原則として膀胱内圧と膀胱電図の同時記録を行った。

ii) 実験成績 正常人より得られる膀胱電図は犬の実験にもみられた如く種々の棘波が得られた。これを図示

正 16. 正常人膀胱電図

a type

b type

c type

d type

図 17. 正常人膀胱電図の分類

すると第 16 図の如くであるが、著者はこれらの波形を整理し次の如く大別した (図 17)。

- a 型: 速く、小さな微小電位を中心にするもの。
- b 型: 基線に対して逆向きの a 型棘波を示すもの。
- c 型: 微小電位がシンクロナイズされた比較的緩やかな形を示すもの。
- d 型: 連続した棘波を示すもの。

表 10 は正常人膀胱平滑筋活動電位を整理し、その発生頻度、振巾、持続時間を示したものであるが、正常人膀胱活動電位の発生頻度は 1 分間に 6.8~8.4 個、平均 7.5 個、振巾 0.12~0.28 mV、平均 0.21 mV、持続時間 0.11~0.30 秒、平均 0.24 秒であった。正常人膀胱電図では実験犬のそれとは活動電位の誘導法、使用電極などに相違があり、直ちに犬の膀胱電図と比較云々することは適当ではないが、ひとでは犬の膀胱に比し、活動電位の発生頻度がやや多く、振巾は小さく、持続時間が僅かに延長されている。

表 10. 正常人膀胱活動電位

症 例	発生頻度(分)	振 巾(mV)	持続尿間(秒)
1	7.2	0.18	0.16
2	6.8	0.12	0.14
3	7.6	0.20	0.22
4	8.1	0.26	0.24
5	6.4	0.14	0.11
6	7.6	0.18	0.18
7	7.8	0.21	0.25
8	8.4	0.28	0.27
9	7.7	0.28	0.26
10	8.1	0.26	0.28
11	7.0	0.22	0.27
12	7.6	0.23	0.29
13	6.9	0.19	0.30
14	7.2	0.20	0.28
15	7.3	0.19	0.26
16	8.1	0.21	0.28
17	8.3	0.24	0.26
18	7.7	0.26	0.29
19	7.4	0.19	0.27
20	7.9	0.22	0.28
平 均	7.5	0.21	0.24

2. 子宮頸癌根治手術前後の膀胱電図

子宮頸癌手術患者 50 名を対象にその根治手術前後の膀胱電図の記録測定を行った。

正常人膀胱電図と術前膀胱電図とでは、活動電位の発生頻度が正常人のその平均値より増加しているものが 20 例、同じもの 1 例、減少しているもの 29 例であった。振巾でも正常人活動電位の平均値よりも大なるもの 23 例、同じもの 3 例、短少していたもの 24 例があった。持続時間でも正常人活動電位の平均値より延長しているもの 7 例、同じもの 11 例、短縮していたもの 23 例があった。この結果、子宮癌手術患者の術前膀胱電図では正常人のそれに比し発生頻度、振巾の変動が大きく、持続時間も過半数が短縮している。

術後の膀胱電図は術後 15 日から 45 日までの間に観察したが、測定時における患者の排尿障害の程度は種々であった。同一人に術前、術後の膀胱電図を比較してみると表 11 に並示する如くである。即ち、術前の活動電位の発生頻度、振巾、持続時間と術後のそれらが類似するものは 50 例中 12 例 (24%) であり、これらでは術前の活動電位発生頻度が 1 分間に 6.8~8.0 個、平均 7.5 個であるのに比し、術後の発生頻度は 1 分間に 6.8~8.1 個、平均 7.4 個であり、振巾では術前 0.16~0.29 mV、平均 0.22 mV が、術後は 0.14~0.30 mV、平均 0.21 mV、持続時間では術前 0.16~0.28 秒、平均 0.23 秒が、術後は 0.13~0.31 秒、平均 0.26 の如くであった。

他の 38 例 (76%) は活動電位の様相が術前、術後でかなり異った。即ち、術前の活動電位より、その発生頻度の増加と振巾の増大が認められたものが 3 例 (6%) あり、その活動電位は頻度が術前 1 分間に 7.2~7.9 個、平均 7.5

個であったものが、術後は1分間に11.4~13.6個、平均12.2個となり、振巾は術前、0.19~0.28 mV、平均0.23 mVが、術後は0.22~0.28 mV、平均0.25 mV、持続時間は術前0.23~0.26秒、平均0.24秒が、術後は0.22~0.25秒、平均0.23秒であった、また、他の35例(70%)は活動電位の発生頻度の減少と振巾の軽度低下が認められた。しかし、持続時間は術前、術後に有位の差は認めていない。即ち、術前の活動電位の発生頻度は1分間に6.5~8.2個、平均6.9個が、術後は3.2~5.3個、平均3.8個となり、振巾は術前0.12~0.28 mV、平均0.20 mVが、術後0.09~0.28 mV、平均0.19 mV、持続時間は術前0.16~0.28秒、平均0.21秒が、術後は0.14~0.28秒、平均0.21秒であった。

著者はこれらの結果に基づき、子宮頸癌根治手術後の膀胱電図を3型に分類した。即ち第一型は活動電位の発生頻度、振巾、持続時間が正常膀胱のそれに類似するものであり、出現する波形としては図18に示す如く、a型とb型を主としたものが多い。

第2型は活動電位の発生頻度が減少し、振巾が低下、持続時間は術前、術後に差をみないもので、出現する波形は図19に示す如くa型とc型が見受られる。

第3型は活動電位の発生頻度が増加し、振巾、持続時間も増大、延長されたもので、出現する波形としては図

図18. 子宮頸癌手術膀胱電図第1型

図19. 子宮頸癌手術後膀胱電図第2型

図20. 子宮頸癌手術後膀胱電図第3型

2)に示す如く、a型及びb型が多く認められるものである。要するに、子宮頸癌手術後は略正常の膀胱電図(第1)型が第2型になるものが非常に多い事が判明した(表11)。しかし、この事実を子宮頸癌手術による膀胱筋自体の障害に、又、膀胱支配神経損傷に求むべきかは現在なお不明である。

3. 膀胱電図と膀胱内圧

膀胱平滑筋の活動電位の態度と膀胱内圧との関係を検すべく、子宮頸癌患者25名の術前に膀胱電図と膀胱内圧とを同時に記録、観察した。

i) 実験方法 前述の記録装置を使用し、膀胱平滑筋活動電位と膀胱内圧曲線とを25症例に同時記録し、両者の相関を追究した。その検査術式を図21に示す。即ち、既に述べた所定部位に電極を刺入させた後、先ず膀胱を空虚にした。次いで、イルリガートルより滅菌蒸留水を膀胱内に1分間20 mlの割合で点滴注入。膀胱内容を漸次増量し150 ml、300 ml注入時期における活動電位を記録した(表12)。

ii) 実験成績 膀胱内容量が150 mlの場合では表12の如く、活動電位の発生頻度は1分間に6.8~8.6個、平均7.6個、振巾0.17~0.29 mV、平均0.21 mV、持続最長0.17~0.28秒、平均0.23秒となり、正常膀胱の活動電位に類似し、発生する活動電位の波形は図22に示す如く、a型及びc型が多い。また、膀胱内圧曲線もこの間に於ては上昇せず平均15.6 cm H₂Oを示すに過ぎない。また、膀胱内圧曲線もこの間に於ては上昇せず、平均15.6 cm H₂Oを示すに過ぎない。さらに膀胱内容量が

図21. 膀胱電図と膀胱内圧同時測定様式

図22. 膀胱内容量150 ml時の膀胱電図

表 11. 子宮癌手術前、後の膀胱活動電位

術 後 型 式	症 例	発 生 頻 度 (分)		振 巾 (mV)		持 続 時 間 (秒)	
		術 前	術 後	術 前	術 後	術 後	術 後
Type I 型	1	7.2	7.1	0.18	0.17	0.19	0.17
	2	6.8	7.0	0.16	0.14	0.16	0.13
	3	7.6	7.4	0.22	0.21	0.23	0.19
	4	8.0	7.6	0.24	0.24	0.24	0.26
	5	7.0	6.9	0.18	0.16	0.18	0.15
	6	7.8	8.0	0.20	0.18	0.20	0.19
	7	7.5	7.4	0.21	0.22	0.24	0.25
	8	7.9	8.1	0.24	0.27	0.26	0.28
	9	7.8	7.5	0.29	0.30	0.28	0.29
	10	8.0	7.6	0.28	0.28	0.28	0.31
	11	6.9	6.8	0.23	0.21	0.26	0.24
	12	7.8	7.9	0.24	0.20	0.24	0.22
	平 均	7.5	7.4	0.22	0.21	0.23	0.26
Type II 型	13	7.6	4.6	0.19	0.10	0.21	0.23
	14	7.9	5.2	0.20	0.21	0.20	0.18
	15	6.8	3.8	0.21	0.18	0.16	0.16
	16	7.4	3.6	0.16	0.11	0.21	0.21
	17	7.2	4.2	0.18	0.18	0.24	0.27
	18	6.9	4.0	0.19	0.16	0.19	0.20
	18	7.0	3.9	0.12	0.09	0.18	0.19
	20	6.8	3.7	0.14	0.14	0.23	0.22
	21	8.2	4.4	0.23	0.19	0.20	0.18
	22	7.8	4.1	0.76	0.22	0.19	0.16
	23	7.9	5.3	0.24	0.24	0.22	0.24
	24	6.6	4.7	0.19	0.16	0.20	0.20
	25	7.4	4.1	0.23	0.19	0.18	0.16
	26	7.0	3.8	0.20	0.21	0.24	0.20
	27	7.3	4.6	0.24	0.26	0.20	0.28
	28	7.0	4.2	0.19	0.18	0.22	0.19
	29	6.9	3.6	0.16	0.13	0.19	0.16
	30	7.1	4.2	0.24	0.22	0.16	0.14
	31	6.8	4.7	0.24	0.24	0.19	0.20
	32	8.0	4.4	0.18	0.16	0.24	0.22
	33	6.9	3.6	0.19	0.19	0.18	0.15
	34	6.5	3.2	0.26	0.20	0.20	0.18
	35	7.6	4.9	0.22	0.28	0.24	0.25
	36	7.8	4.5	0.16	0.81	0.20	0.16
	37	7.1	3.9	0.23	0.14	0.22	0.21
	38	7.3	4.0	0.20	0.21	0.21	0.18
	39	7.1	3.8	0.24	0.19	0.24	0.24
	40	6.9	4.2	0.16	0.25	0.24	0.24
	41	7.6	4.7	0.20	0.13	0.20	0.19
	42	6.8	3.9	0.25	0.18	0.28	0.26
	43	7.2	4.6	0.19	0.20	0.20	0.18
	44	8.1	5.0	0.16	0.16	0.24	0.25
	45	7.8	4.8	0.22	0.14	0.22	0.20
	46	7.2	3.6	0.28	0.21	0.20	0.19
	47	7.0	3.5	0.24	0.22	0.23	0.20
	平 均	6.9	3.8	0.20	0.19	0.21	0.21
Type III 型	48	7.6	11.4	0.19	0.28	0.26	0.25
	50	7.2	13.6	0.28	0.22	0.23	0.24
	49	7.9	11.8	0.21	0.25	0.24	0.22
	平 均	7.5	12.2	0.23	0.25	0.26	0.23

増加すると活動電位は次第に活発となり、300mlに於てはその発生頻度は1分間に15~24個、平均18.4個、振巾0.19~0.30 mV、平均0.23 mV、持続時間0.20~0.30秒、平均0.25秒であった。発生する波形は図23に示す如く、先と同様にa型及びc型が多くみられ、この際の内圧曲線は平均18.3 cm H₂Oを示した。

4. 各種薬剤の膀胱電図に及ぼす影響

図23. 膀胱内容量 300 ml 時の膀胱電図

表 12. ヒトの膀胱容量膀胱内圧および膀胱活動電位

症 例	発 生 頻 度 (分)		振 巾 (mV)		持 続 時 間 (秒)		膀 胱 内 圧	
	膀 胱 容 150ml	膀 胱 容 300ml	膀 胱 容 150ml	膀 胱 容 300ml	膀 胱 容 150ml	膀 胱 容 300ml	膀 胱 容 150ml	膀 胱 容 300ml
1	8.6	21.0	0.20	0.21	0.17	0.22	14.8	18.2
2	7.2	19.2	0.19	0.20	0.18	0.24	11.8	15.0
3	7.4	21.1	0.17	0.20	0.20	0.26	14.0	18.0
4	7.6	16.2	0.26	0.28	0.22	0.23	11.2	14.2
5	6.9	18.0	0.18	0.24	0.18	0.20	13.5	16.5
6	7.8	23.0	0.22	0.22	0.18	0.24	15.6	18.2
7	7.2	20.4	0.28	0.29	0.24	0.28	11.2	16.3
8	6.8	17.2	0.27	0.27	0.26	0.26	16.4	14.8
9	7.6	19.0	0.28	0.30	0.28	0.30	15.5	20.8
10	7.4	22.3	0.26	0.27	0.26	0.26	17.2	19.5
11	6.9	24.1	0.19	0.24	0.22	0.25	14.4	18.4
12	6.8	20.6	0.20	0.19	0.19	0.23	18.2	19.6
13	8.0	18.0	0.24	0.26	0.17	0.20	15.6	16.8
14	6.9	19.0	0.17	0.20	0.22	0.28	18.8	17.8
15	7.3	20.6	0.21	0.24	0.23	0.26	15.0	18.1
16	8.2	21.2	0.16	0.19	0.24	0.29	14.6	19.2
17	8.4	18.4	0.29	0.29	0.28	0.28	14.0	18.0
18	8.5	16.2	0.18	0.22	0.26	0.24	18.8	19.3
19	7.2	15.0	0.23	0.23	0.25	0.25	12.0	20.6
20	8.1	19.1	0.20	0.26	0.23	0.26	16.6	18.6
21	7.9	21.2	0.18	0.24	0.24	0.27	13.0	18.4
22	7.7	17.0	0.22	0.26	0.18	0.22	12.9	19.0
23	8.2	18.2	0.22	0.23	0.20	0.23	16.9	16.4
24	7.6	20.0	0.19	0.21	0.28	0.28	18.3	18.2
25	7.8	21.7	0.26	0.26	0.24	0.26	12.6	21.0
平 均	7.6	21.2	0.21	0.23	0.23	0.25	15.6	18.3

各種薬剤の膀胱に与える影響については多くの研究が、発表するが、これを人膀胱に於て筋電図学的に検討した報告は極めて少ない。著者は子宮癌手術後患者 30 例を対象に各種薬剤を投与し、経時的に膀胱電図を追究した。

i) 実験方法

実験方法は自律神経剤としてピロカルピンアトロピンを、ビタミン B₁ 剤として TTFD を投与し、膀胱電図への影響を観察した。なお、測定装置及びその術式は先に述べた通りである。投与薬剤は、原則として 1% ピロカルピン 1cc, 0.5mg アトロピン 1cc をそれぞれ筋注射し、TTFD 50mg は静注した。膀胱電図は薬剤投与前のものと投与後 5 分, 10 分, 15 のものについて活動電位の発生頻度, 振巾, 及び持続時間を比較検討した。

ii) 実験成績

a) ピロカルピン試験：ピロカルピン注射により表 13 に示す如く活動電位の発生頻度, 振巾, 持続時間が経時的な変化を示した。即ち, 発生頻度では注射前 1 分間に 6.4~8.4 個, 平均 7.6 個であったが, 注射後 5 分では 7.0~8.4 個, 平均 7.7 個であり, 10 分後には 7.8~9.9 個, 平均 8.8 個を, 更に 15 分後には 7.0~8.8 個, 平均 7.8 個を示した。振巾でも注射前 0.12~0.28 mV, 平均 0.22mV であったが, 注射後 5 分では 0.16~0.30mV, 平均 0.23mV, 10 分後では 0.21~0.32 mV, 平均 0.27mV

と軽度増加し, 15 分後では 0.16~0.28mV, 平均 0.2 mV を示した。持続時間は注射前 0.14~0.35 秒。平均 0.25 秒であったが, 注射後 5 分で 0.16~0.38 秒, 平均 0.27 秒, 10 分後では 0.18~0.38 秒, 平均 0.28 秒と延長し, 15 分後には 0.15~0.36 秒, 平均 0.27 秒を示した。また, ピロカルピンの投与による活動電位の波形は, 記録された膀胱電図では a 型が多かった (図 24)。

b) アトロピン試験：アトロピン注射により表 14 に示す如き活動電位の発生頻度や振巾, 持続時間に変化を来した。即ち, 注射前の発生頻度が 1 分間に 6.4~8.4 個, 平均 7.6 個であったが, 注射後 5 分では, 5.2~7.4 個, 平均 6.5 個であり, 10 分後には 3.2~5.6 個, 平均 4.2 個と減少するが, 15 分後では, 4.0~7.7 個, 平均 6.0 個に快復する傾向を示した。また, 振巾も注射前 0.12~0.29mV, 平均 0.23mV を示したが, 注射後 5 分では, 0.14~0.26mV, 平均 0.20 mV, 10 分では 0.10~0.21 mV, 平

図 24. ピロカルピン注射 10 分後子宮頸癌術後膀胱電図

表 13. ビロカルピン注射時における子宮癌術後膀胱電図

症 例	発 生 頻 度 (分)				振 巾 (mV)				持 続 時 間 (秒)			
	注射前	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射前	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射前	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分
1	7.2	7.4	8.2	7.6	0.18	0.20	0.24	0.21	0.16	0.17	0.19	0.17
2	6.8	7.0	7.8	7.0	0.12	0.16	0.21	0.19	0.14	0.16	0.18	0.15
3	7.6	7.6	8.3	7.5	0.20	0.21	0.26	0.21	0.22	0.20	0.22	0.19
4	8.1	8.2	8.6	8.0	0.26	0.24	0.28	0.23	0.24	0.24	0.24	0.21
5	6.4	7.1	8.0	6.9	0.14	0.18	0.24	0.20	0.15	0.18	0.20	0.18
6	7.6	7.8	8.2	7.6	0.18	0.18	0.22	0.16	0.18	0.22	0.24	0.19
7	7.8	8.2	8.4	8.0	0.21	0.22	0.29	0.24	0.25	0.27	0.28	0.24
8	8.4	8.4	8.8	8.2	0.28	0.30	0.32	0.28	0.27	0.29	0.30	0.28
9	7.7	7.9	8.2	7.9	0.28	0.28	0.30	0.24	0.26	0.25	0.28	0.27
10	8.1	8.1	8.1	8.0	0.26	0.29	0.32	0.26	0.28	0.29	0.33	0.29
11	7.0	7.3	8.6	7.5	0.22	0.24	0.26	0.21	0.27	0.30	0.30	0.28
12	7.6	7.6	9.0	7.9	0.23	0.29	0.30	0.27	0.29	0.28	0.29	0.27
13	6.9	7.2	8.4	7.4	0.19	0.20	0.27	0.23	0.30	0.29	0.31	0.29
14	7.2	7.5	9.2	7.5	0.20	0.19	0.24	0.21	0.28	0.31	0.33	0.29
15	7.3	7.3	8.4	7.8	0.19	0.22	0.28	0.23	0.26	0.29	0.30	0.30
16	8.1	8.2	9.8	8.4	0.21	0.18	0.26	0.22	0.28	0.30	0.32	0.28
17	8.3	8.3	9.6	8.5	0.24	0.26	0.30	0.22	0.26	0.28	0.29	0.27
18	7.7	7.9	8.3	7.7	0.26	0.26	0.29	0.21	0.29	0.32	0.34	0.29
19	7.4	7.8	8.0	7.5	0.19	0.21	0.24	0.18	0.27	0.29	0.29	0.28
20	7.9	8.0	9.1	7.9	0.22	0.22	0.28	0.24	0.28	0.31	0.26	0.28
21	8.0	7.9	8.8	7.8	0.24	0.29	0.29	0.28	0.28	0.34	0.32	0.31
22	8.1	8.3	9.2	8.4	0.19	0.20	0.24	0.21	0.36	0.38	0.36	0.34
23	7.6	7.9	9.5	8.0	0.27	0.27	0.29	0.24	0.34	0.34	0.38	0.36
24	7.8	7.9	9.8	8.5	0.28	0.28	0.31	0.27	0.29	0.30	0.32	0.30
25	7.7	8.0	10.2	8.8	0.20	0.26	0.28	0.26	0.26	0.28	0.29	0.28
26	7.5	7.7	9.7	7.4	0.23	0.25	0.27	0.24	0.27	0.29	0.31	0.29
27	8.2	8.2	9.8	8.0	0.26	0.28	0.29	0.28	0.28	0.30	0.35	0.33
28	6.8	7.1	9.9	7.5	0.19	0.22	0.26	0.25	0.24	0.28	0.29	0.26
29	7.4	7.4	8.9	7.2	0.21	0.21	0.24	0.23	0.35	0.33	0.34	0.34
30	7.9	8.2	9.6	8.0	0.28	0.29	0.30	0.28	0.29	0.31	0.32	0.30
平 均	7.6	7.7	8.8	7.8	0.22	0.23	0.27	0.23	0.25	0.27	0.28	0.27

均0.16mVと低下し、15分では0.13~0.26mV、平均0.20mVとなった。持続時間では注射前0.11~0.35秒、平均0.25秒を示したが、注射後5分で0.09~0.29秒、平均0.21秒、10分では0.09~0.29秒、平均0.18秒と短縮され、15分では0.10~0.30秒、平均0.21秒を示した。出現する活動電位の波形は、基線の動揺が少なく、振巾も小さなa型及びb型を主として認めた(図25)。以上の結果からアトロピン投与によりa型波及びb型波が多発し、活動電位の発生頻度の減少と振巾の低下を来すものと推定された。

c) ビタミン B₁ 剤: ビタミン B₁ 剤の誘導体である TTFD 50mg を子宮頸癌手術前の患者に静注し、経時的な膀胱電図の記録を表15に示す如く30例に試みた。活動電位の発生頻度は、注射前6.4~8.4個、平均7.6個

を示したが、注射後5分では7.5~9.2個、平均8.3個、注射後10分では12.2~19.5個、平均16.8個、注射後15分では8.9~13.8個、平均11.2個を示した。振巾は注射前0.12~0.29mV、平均0.23mV、注射後5分で0.18~0.33mV、平均0.26mV、注射後10分で0.26~0.38mV、平均0.30mVと増大し、15分では0.19~0.30mV、平均0.26mVを示した。また、持続時間は、注射前0.14~0.35秒、平均0.25秒を示したが、注射後5分では0.16~0.36秒、平均0.27秒、注射後10分で0.18~0.38秒、平均0.30秒と軽度延長を示した。更に注射後15分で0.17~0.33秒、平均0.26秒となり可成り長時間にわたりTTFDの作用が認められる様である。また、TTFD投与により出現する膀胱活動電位の波形はa型及びb型が多く認められた(図26~27)。

図 25. アトロピン注射 10 分後子宮頸癌術後膀胱電図

図 62. TTFD注射 10 分後子宮頸癌術後膀胱電図

表 14. アトロピン注射時における子宮癌術後膀胱電図

症 例	発 生 頻 度 (分)				振 巾 (mV)				持 続 時 間 (秒)			
	注射前	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射前	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射前	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分
1	7.2	5.8	3.9	4.0	0.18	0.16	0.15	0.17	0.16	0.14	0.12	0.15
2	6.8	5.9	4.2	4.9	0.12	0.14	0.11	0.13	0.14	0.11	0.09	0.13
3	7.6	6.2	4.8	5.2	0.20	0.18	0.16	0.19	0.22	0.17	0.14	0.15
4	8.1	6.8	5.0	5.7	0.26	0.22	0.18	0.20	0.24	0.19	0.16	0.16
5	6.4	5.2	3.6	5.9	0.14	0.16	0.12	0.15	0.11	0.09	0.09	0.10
6	7.6	6.0	3.8	4.9	0.18	0.18	0.13	0.16	0.18	0.16	0.12	0.14
7	7.8	5.9	4.1	5.9	0.21	0.20	0.15	0.20	0.25	0.18	0.11	0.20
8	8.4	6.9	3.9	7.2	0.28	0.24	0.20	0.21	0.27	0.19	0.13	0.21
9	7.7	6.1	3.7	6.9	0.28	0.26	0.19	0.24	0.26	0.18	0.14	0.22
10	8.1	7.2	4.0	7.7	0.26	0.22	0.16	0.23	0.28	0.20	0.15	0.21
11	7.0	6.4	3.7	6.8	0.22	0.19	0.14	0.20	0.27	0.21	0.19	0.20
12	7.6	6.2	3.2	6.2	0.23	0.21	0.17	0.21	0.29	0.24	0.20	0.23
13	6.9	5.7	4.3	5.9	0.19	0.17	0.11	0.19	0.30	0.26	0.22	0.26
14	7.2	6.1	3.9	6.8	0.20	0.19	0.10	0.19	0.28	0.25	0.19	0.24
15	7.3	6.3	4.1	6.5	0.19	0.16	0.12	0.20	0.26	0.24	0.20	0.24
16	8.1	7.4	4.4	7.2	0.21	0.20	0.15	0.18	0.28	0.26	0.18	0.26
17	8.3	7.1	3.9	4.9	0.24	0.21	0.17	0.21	0.26	0.22	0.20	0.25
18	7.7	6.2	3.5	5.8	0.26	0.24	0.19	0.23	0.29	0.23	0.22	0.27
19	7.4	6.3	3.8	5.4	0.19	0.18	0.18	0.20	0.27	0.21	0.21	0.23
20	7.9	6.6	5.4	6.8	0.22	0.20	0.14	0.21	0.28	0.24	0.25	0.25
21	8.0	7.2	5.5	6.4	0.24	0.21	0.17	0.22	0.28	0.27	0.22	0.24
22	8.1	6.9	4.2	6.6	0.19	0.18	0.15	0.19	0.30	0.26	0.25	0.27
23	7.6	7.0	5.6	5.9	0.27	0.24	0.20	0.24	0.34	0.29	0.29	0.26
24	7.8	7.1	4.9	6.5	0.28	0.24	0.19	0.25	0.29	0.24	0.21	0.29
25	7.7	6.7	3.9	5.9	0.26	0.22	0.18	0.24	0.26	0.23	0.20	0.23
26	7.5	6.4	4.2	6.0	0.25	0.25	0.20	0.22	0.27	0.24	0.21	0.24
27	8.2	7.2	4.6	6.9	0.28	0.24	0.18	0.25	0.28	0.25	0.19	0.22
28	6.8	6.5	3.9	5.9	0.22	0.20	0.14	0.20	0.24	0.20	0.20	0.20
29	7.4	6.9	3.8	5.8	0.21	0.19	0.16	0.21	0.35	0.27	0.24	0.19
30	7.9	7.1	4.9	4.2	0.29	0.25	0.20	0.26	0.29	0.21	0.20	0.23
平 均	7.6	6.5	4.2	6.0	0.23	0.20	0.16	0.20	0.25	0.21	0.18	0.21

図 27. TTFD 注射 10 分後子宮癌術後膀胱電図

図 28. 膀胱電図と心搏動との関係

5. 膀胱電図に及ぼす 2.3 外的影響の検討

i) 膀胱電図と心搏動及び呼吸運動との関係 (図 28).

膀胱電図を記録中、その波形の中には心臓の搏動、または呼吸の影響も関与する事が考えられ、この点について検討を加えた。著者は心電図を第 1 誘導法で誘導し、これと膀胱電図とを同時記録したが、両者間には相関関係のないことを認めた。更に深呼吸を反復すると、時にこれに一致して膀胱電図の基線の動揺がみられ、活動電位とまぎらわしい場合もあり、この点からも活動電位の追究には安静を保ち呼吸をととのえて行う必要がある。

ii) 膀胱電図と膀胱内血管運動との関係

膀胱電図記録中に膀胱内分布血管の運動が混入する場

合がある。即ち、電極が膀胱内分布血管壁に接触すると、一定間隔が極めてリズムカルな波形が描出されるが (図 39)、この波形は棘波ではない。従って斯様な波形の動きを認めた時は直ちに電極の再刺入を行わねばならない。

6. 小 括

F5 号カテーテルに装置した 双極針電極を経膀胱鏡的に膀胱に刺入し、その膀胱平滑筋の活動電位を誘導記録した。筋電極の刺入部は種々検討したが、犬による基礎実験に準じて比較的一定部位に行い得る右尿管口より内方 1cm の部位を撰んで筋電図を導出した。

正常人の膀胱筋の活動電位の発生頻度は平均 7.5 個、振巾平均 0.21 mV、持続時間平均 0.24 秒の棘波として記

表 15. TTFD 注射時における子宮癌術膀胱電図

症 例	発 生 頻 度 (分)				振 巾 (mV)				持 続 時 間 (秒)			
	注射前	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分	注射前	注射後 5 分	注射後 10 分	切断後 15 分	注射前	注射後 5 分	注射後 10 分	注射後 15 分
1	7.2	7.8	14.4	11.2	0.18	0.22	0.28	0.23	0.16	0.17	0.20	0.17
2	6.8	7.5	12.2	9.6	0.12	0.20	0.26	0.20	0.14	0.16	0.18	0.18
3	7.6	8.0	15.4	10.3	0.20	0.26	0.32	0.24	0.22	0.22	0.24	0.20
4	8.1	8.8	16.3	11.9	0.26	0.24	0.30	0.27	0.24	0.24	0.29	0.24
5	6.4	7.9	13.2	9.7	0.14	0.20	0.27	0.21	0.11	0.14	0.19	0.20
6	7.6	8.6	14.8	11.3	0.18	0.24	0.29	0.20	0.18	0.20	0.26	0.21
7	7.8	8.7	15.6	10.8	0.21	0.23	0.31	0.24	0.25	0.27	0.30	0.29
8	8.4	8.8	18.3	12.6	0.28	0.30	0.36	0.29	0.27	0.28	0.32	0.26
9	7.7	7.9	12.6	8.8	0.28	0.29	0.30	0.28	0.26	0.30	0.31	0.28
10	8.1	8.3	16.5	12.2	0.26	0.28	0.32	0.30	0.28	0.28	0.33	0.29
11	7.0	7.6	13.2	8.9	0.22	0.28	0.28	0.23	0.27	0.29	0.30	0.27
12	7.6	8.2	18.4	12.6	0.23	0.26	0.33	0.20	0.29	0.30	0.35	0.31
13	6.9	7.8	16.2	10.8	0.19	0.24	0.29	0.21	0.30	0.32	0.32	0.29
14	7.2	7.9	15.8	9.2	0.20	0.26	0.36	0.25	0.28	0.29	0.31	0.27
15	7.3	8.1	17.9	9.8	0.19	0.27	0.32	0.20	0.26	0.26	0.29	0.28
16	8.1	8.2	18.2	11.4	0.21	0.25	0.29	0.19	0.28	0.30	0.34	0.29
17	8.3	8.9	18.6	12.9	0.24	0.28	0.35	0.22	0.27	0.28	0.30	0.28
18	7.7	8.8	19.2	13.8	0.26	0.30	0.36	0.28	0.29	0.29	0.36	0.29
19	7.4	8.7	18.4	10.2	0.19	0.24	0.29	0.20	0.27	0.29	0.33	0.31
20	7.9	8.4	18.0	9.9	0.22	0.28	0.34	0.21	0.28	0.30	0.31	0.28
21	8.0	9.1	19.4	12.9	0.24	0.27	0.36	0.26	0.28	0.29	0.34	0.28
22	8.1	8.9	18.2	13.0	0.19	0.23	0.32	0.24	0.30	0.34	0.38	0.31
23	7.6	8.8	17.9	11.4	0.27	0.31	0.35	0.28	0.34	0.27	0.34	0.30
24	7.8	9.4	18.6	12.0	0.28	0.32	0.36	0.29	0.27	0.29	0.32	0.28
25	7.7	8.3	17.6	9.7	0.26	0.29	0.31	0.27	0.26	0.30	0.30	0.28
26	7.5	8.0	18.0	13.6	0.25	0.29	0.30	0.25	0.27	0.28	0.31	0.29
27	8.2	8.7	16.9	10.7	0.28	0.32	0.38	0.29	0.28	0.27	0.29	0.27
28	6.8	7.8	17.2	9.5	0.22	0.28	0.32	0.26	0.24	0.30	0.30	0.29
29	7.4	8.4	18.4	12.1	0.21	0.25	0.34	0.24	0.35	0.36	0.38	0.33
30	7.9	9.2	19.5	13.6	0.29	0.33	0.38	0.30	0.29	0.30	0.34	0.31
平 均	7.6	8.3	16.8	11.2	0.23	0.26	0.30	0.26	0.25	0.27	0.30	0.26

図 29. 膀胱電図と膀胱内血管運動との関係

録された。これは既に Boyce,²⁾ Corey,³⁾ Butcher⁴⁾ および入江⁵⁾ などが膀胱筋電図で記録した相性の緩徐波とは異り、Frankson⁶⁾ Ursillo⁷⁾ などが発表している棘状波と類似波形が得られた。この出現する波形を犬の場合と同様に分類したが正常人では正常犬の場合とは若干波形も異なるが、両者に使用した電極、または対象の相違によるものと考えられる。

子宮頸癌根治手術の術前、術後の膀胱電図を先の正常人と同様部位に於て同様方法で追究し、この際、術後膀胱電図を 3 型に分類した。即ち、Type I は spike 発生頻度が平均 7.4 個、振巾が平均 0.21 mV、持続時間平均 0.26 秒を呈するもので、略に正常膀胱電図に類似し、Type II は spike 発生頻度が減少し平均 6.9 個、振巾平

均 0.19 mV、持続時間平均 0.21 秒となり、活動電位は低下している。Type III は正常膀胱電図より活動電位の発生頻度が極めて増加し、振巾も上昇しているもので、spike 発生頻度は平均 12.2 個、振巾平均 0.25 mV、持続時間平均 0.23 秒であった。即ち、子宮頸癌根治手術により膀胱活動電位の発生頻度、振巾に変化を認め、持続間には有位の差をみなかった。著者の分類に従えば、子宮癌手術患者の膀胱電図は術前の第 I 型から第 II 型になるものが極めて多く、次いで第 I 型類似の変化を示し、膀胱電図の面からも子宮頸癌手術後には膀胱機能の低下が推定された。

各種薬剤の膀胱電図に対する影響をみたものは Boyce²⁾ や Corey³⁾ などの報告がみられるのみで、Urecholine や Banthine などでは膀胱電図上 1,2 相性緩徐波の発生頻度、振巾などに変化がみられるとし、入江⁵⁾ は副交感神経剤である Urecholine 注射により A, B 波の発生頻度、振巾が増加し、Banthine 注射ではその発生頻度振巾が減少すると報じている。著者は自律神経剤であるピロカルピンやアトロピン注射 10 分後に活動電位の変化が著明に認められ、特に発生頻度の変化や振巾の変動が顕著である。但し、持続時間には有位の差を認め難

い。一方ビタミン B₁ の誘導体である TTFD 投与すると、犬の実験結果と同様にその効果は長時間持続的に作用する如く活動電位の発生頻度も増加した。

膀胱電図記録に際し、呼吸運動は極めて影響が強く、

IV. 考 按

生体人膀胱筋電図に関する研究は極めて少ない。これは膀胱の神経支配や膀胱筋の構成が複雑であると言うばかりで、その機能観察法の進歩が立遅れていた為であらう。著者は膀胱機能研究に膀胱平滑筋自体の生理を追究することは極めて重要であろうと考え、膀胱電図の研究を行った。

膀胱平滑筋に関する電気生理学的研究は Senbluth⁹⁾, Bozler¹⁰⁾ などを稿矢とするが、その多くは 1950 年代以後に行われている。

省りみるに、膀胱電図を生体人より誘導した Corey¹⁾ 及び Boyce²⁾ は球状電極を経尿道的に使用し、膀胱壁より 2 相性の緩徐波電位を誘導して膀胱平滑筋のベクトルの和と説明した。一方、Francson⁶⁾ は針状電極を人膀胱に刺入し棘状発射を記録した。Francson によれば、膀胱各部は互に無関係であり、独自の活動電位を有すると述べており、放電隔は 5~20 秒、振巾は 50~450 mV の高振巾の棘波を得たと報告している。

本邦では高木が針状電極を使用し重積する棘波を記録した。古沢、白取¹¹⁾ は福田武 FuD₂ 型筋電計を使用して人膀胱から活動電位を誘導し、極めて低振巾の波形を描出した。更に、田村・三浦・堀口¹²⁾ は各種の電極を試作して誘導装置や、電球 時定数の問題などの基礎的な研究を行っている。入江⁵⁾ は福田武心電計に前置差動増巾器を連結し、正常人膀胱の規則的 2 相性の緩徐波電位を記録し、Boyce 等の結果と略々一致する波形を得た。今日まで人膀胱筋電図研究の主体は Boyce 及び Corey 等の米学派の影響を受けたものが多く、本邦では入江の研究が広く引用されている。Boyce²⁾ 及び Corey³⁾ によると 2 相性の緩徐波には筋亢奮を伝達する陰性波 A と筋の収縮活動を示す B 波とが存在するとし、入江⁵⁾ は 1 分間に 2.7~3.5 秒、平均 3.1 秒の 2 相性波を得、第 1 相の A 波は振巾 0.27~0.36 mV、平均 0.32 mV、持続時間が 1.0~1.9 秒、平均 1.4 秒であり、B 波は振巾 0.26~0.4 mV、平均 0.34 mV、持続時間は 2.0~4.1 秒、平均 3.1 秒であり、1 つの AB 波全体の持続時間は 3.0~5.8 秒、平均 4.5 秒であるとしている。今回、著者の針電極による実験では、イヌの膀胱筋からの活動電位は緩徐波でなく、棘状波として記録され、2 相性波も Boyce、入江等の実験から得られたものと全く異なるもので (図 2)、正常犬膀胱頸部における活動電位は発生頻度が平均 5.7 個、振巾平均 0.32 mV、持続時間平均 0.18 であり、

活動電位の観察には慎重を要するものであるが、心拍動は殆んど影響なく、膀胱内分布血管運動によるものとの鑑別は比較的容易であるように思われた。

正常人膀胱から得た活動電位は (図 17) 発生頻度が平均 7.5 個、振巾平均 0.21 mV、持続時間 0.24 秒を示す棘状波として記録された。すなわち針電極により得られる膀胱電図の波形は、実験犬及び正常人の間で若干の相違はあるにしても大体は類似するものである。この著者の観察結果は、寧ろ、電極に接する筋から得られた活動波を記録した Frankson⁶⁾ の棘状波や、細胞内電極に依りウサギの膀胱筋から得た棘状発射と、之に先行する potential を誘導した Ursillo⁷⁾ などの成績と一致する。これら二相性緩徐波と棘状波との出現については電極、誘導装置の差異も当然考えられるが、針電極を用いれば筋線維自体に接触する機会が多く、膀胱平滑筋からの活動電位は棘波として記録されるものであろう。

膀胱ではその部位により活動電位に差異があり、Corey³⁾ は膀胱体部で最も活動電位が大きく、次いで尿管口附近とし、膀胱底部や、尿道口部では非常に弱り活動電位しか得られないと報告しており、入江⁵⁾ も誘導部位を変化させる事により波形は可成り変化した。膀胱頂部では振巾が減少して活動電位が小さく、頸部でも活動電位が低いと述べている。著者の実験でも尿管口附近の活動電位が高く、ついで膀胱頸部、内尿道口附近、膀胱頂部の順であった。よって著者は今回の人膀胱電図の誘導には、原則として右尿管口内方 1 cm の部位に電極を刺入する事とした。

膀胱内圧との関連性について Corey¹³⁾ は膀胱内にカテーテルを挿入すると共に電極を刺入し同時記録を試み、内圧曲線の変化と一致する緩やかな AB 波を記録した。入江⁵⁾ は A 波と共に僅かながら内圧が低下し、次いで B 波の時に内圧が上昇する事が多いとし、稀には AB 波が出現しても内圧の変化が記録されないこともあると述べている。しかし、単一の活動電位の発生に伴って内圧が上下する事は理解し難いことである。著者の実験によると、実験犬の膀胱内容量を 100~250 cc に増加させると、正常膀胱では活動電位の発生も内圧の変化と共に増加するが、骨盤神経偏側切断犬でも同様の傾向を示した。更に、正常人膀胱に於ても膀胱内容量が少ない場合は活動電位も低く、その発生頻度も少ないが、膀胱内容量が増加すると内圧曲線も上昇し、平均 18.3 cm H₂O を示した。しかし、内圧曲線の上昇と活動電位発生との間には相関に係が常に存在するとはいえない。

つぎに、骨盤神経切断犬を作成し、術後の膀胱活動電

位の変動を追究すると、偏側切断例では術後3週間目では活動電位の発生頻度は低下するが、術後6週間では正常膀胱平滑筋の活動電位に類似し、両側骨盤神経切断例では経過と共に活動電位の発生頻度は減少し、振巾も短縮し、術後6週間を経てもこの状態は改善されなかった。

子宮頸癌根治手術後の膀胱電図を3つのグループに分類した。術前活動電位と略々類似するものは24%を示し、この型の大部分のものは子宮頸癌分類ではstage I及びstage IIに属するものであった。術前の活動電位より低下し、その発生頻度、振巾に変化を来したものは70%の多くを占め、広汎性子宮全切除時は廓清術が必ず広範囲に実施されており、神経損傷の機会も多いものと考えられた。また、術後活動電位が亢進し第3型を示すものは僅かに6%であった。骨盤内手術侵襲の程度により膀胱支配神経、特に骨盤神経損傷、更に膀胱筋自体の障害をひきおこし、当然膀胱筋活動電位に変化をもたらすものと考えられる。入江⁵⁾も低緊張性膀胱では明かな二相性AB波が現われず、子宮癌や直腸癌手術後の膀胱麻痺には同様の所見が認められたと報告している。

各種薬剤の膀胱に与える影響は既に多くの研究がなされている。自律神経薬剤の影響について、Corey⁸⁾は中枢神経系疾患に附随して起る神経因性膀胱に対しBanthine⁹⁾が有効であると報告し、入江は⁵⁾自律神経遮断剤Banthine使用中の者は膀胱電図上その活動電位の発生発度が減少し、且つ振巾が低下し、AB波の判定が困難となることが多いとし、逆に副交感神経刺激剤としてUrecholinを投与すると、AB波の持続時間の短縮及び振巾の増大を認め、活動電位の発生度度は著明に増加すると述べている。著者は副交感神経末梢興奮剤としてピ

ロカルピンを投与すると、実験犬では膀胱筋活動電位の発生道度が増加し、振巾の軽度上昇を認め、人膀胱電図でも活動電位の発生発度が投与前平均7.6個であったものが、投与後10分では平均8.8個を示し、振巾も投与前平均0.22mV、のものが投与後10分で平均0.27mVと増加した。但し、持続時間については著明な差異はみられなかった。又、両側骨盤神経切断側に投与した場合は投与10分後にも発生頻度に著明な変動を認めず、振巾、持続時間についても経時的な変がみられなかった。

末梢神経麻痺剤であるアトロピンを投与すると、基礎、臨床各実験共に活動電位の発生頻度は低下し、振巾は低くなった。

ビタミンB₁剤の誘導体であるTTFDを投与し、膀胱筋活動電位を追究すると、その発生頻度の増加と振巾の増大がみられ、特にその影響は長時間にわたり認められ、動物実験で両側骨盤神経切断例にも可成り有効に作用し、子宮頸癌手術後の人膀胱電図でも有効的な作用時間の延長がみられた。このことは教室の遠藤¹⁴⁾がTTFDの膀胱筋代謝に対する影響を検討し、TTFDが直接膀胱筋に作用すると推定したが、著者の活動電位記録の上からもこの事を裏書きする如くであった。

著者は膀胱平滑筋筋電図の基礎実験¹⁵⁾並びに臨床実験¹⁶⁻¹⁷⁾を試み如上の結果を得たが、従来研究者により種々異なる観察結果が発表されていることは、誘導電極の不統一、測定装置の相違によるところも大であり、膀胱筋筋電図の臨床的応用には、これらの改善と共に容易に且つ確実に電極を所期の部位に刺入する方法の開発される事が期待され著者も引続きこれらの研究に努力を重ねるつもりである。

V. 結 語

1. 双極針電極を用い犬及び人の膀胱筋筋電図を追究し、両者とも種々の波形を示す棘波状の活動電位を記録した。

2. 正常実験犬では、膀胱筋活動電位はその誘導部位により相違があり、その発生頻度が高く、振巾も増大されているのは膀胱頸部であり、次いで内尿道口附近膀胱頂部の順であった。

3. 実験犬で骨盤神経を切断し、術後の膀胱電図を記録した。偏側神経切断例では経日的に膀胱筋電図は恢復傾向を示し、両側神経切断例では、切断6週後には活動電位の発生頻度は減少し、振巾も低下し回復傾向はみられなかった。

4. 正常人膀胱電図は尿管に内方約1cmの部に経尿道的に尿管カテーテルに装着した双極針電極を刺入して記録した。正常人では発生頻度が1分間平均7.5個、振

巾平均0.21mV、持続時間平均0.24秒である。

5. 正常実験犬並びにひとの正常膀胱の容量を増加させると棘状の活動電位が発生した。

6. 正常実験犬並びに正常人に副交感神経興奮剤ピロカルピン、副交感神経末梢麻痺剤アトロピンを投与し、膀胱筋電図を記録すると活動電位の発生頻度、振巾には変化を認めたが、持続時間に著明な変動をみなかった。

7. ビタミンB₁剤の誘導体であるTTFDを投与すると、犬の正常例、骨盤神経切断例及び子宮頸癌根治手術の人膀胱ではその作用の持続性が認められ、膀胱活動電位の発生頻度の増加、振巾の増大がみられた。

8. 子宮頸癌手術後の人膀胱電図を記録し、活動電位の変化を3型に分類したが、これに依り術後膀胱機能の恢復状態や、支配神経損傷の程度を推測可能と思われた。

稿を終るにあたり御指導、御校閲頂いた恩師百瀬剛一教

授に感謝致します。又、終始直接御教示、御助言頂いた遠藤博志講師に感謝致します。尚、臨床研究に御協力頂きました本学産婦人科高見沢講師及び研究の機会をお与え下さ

った国保旭中央病院院長諸橋芳夫博士に謝意を表します。

本論文の要旨の一部は第 8, 9, 10 回日本平滑筋学会総会に発表した。

文

献

- 1) Corey, E. L., & Vest, S. A. : Electropotential changes in the isolated mammalian urinary bladder., Surg. Gyne. & Obst., **98**, 91~95, 1954.
- 2) Boyce, W. H. : Bladder electromyography: A new approach to the diagnosis of urinary bladder dysfunction., J. Urol., **67**, 640~671, 1952.
- 3) Corey, E. L. & Vest, S. A. : Electromyography of the urinary bladder., J. Urol., **72**, 361~364, 1954.
- 4) Butcher, H. R. & Slater, G. S. : Electrocystography: A study of bladder contractions measured by differences of electropotential., J. Urol., **69**, 626~631, 1953.
- 5) 入江正二: 膀胱筋電図の研究. 日泌尿会誌, **47**, 349~366, 1956.
- 6) Franksson, C. & Petersen, I. : Electromyographic recording from the normal human urinary and ureter., Acta. Physiol. Scand., **29**, 150~155, 1953.
- 7) Ursillo, R. C. : Electrical activity of the isolated nerve-urinary bladder strip preparation of the rabbit., Am. J. Physiol., **201**, 408~412, 1961.
- 8) Corey, E. L. & Detar, J. H. : Banthine as a urologic drug: A clinical and electromyographic study., J. Urol., **72**, 45~50, 1954.
- 9) Rosenblueth, A. : *The transmission of nerve impulses at neuro-effector junctions and peripheral synapse*. Wiley & Sons., New York, 1950.
- 10) Bozler, E. : The action potentials of visceral smooth muscle., Am. J. Physiol., **124**, 502~510, 1938.
- 11) 古沢太郎, 白取 昭: 膀胱筋電図の研究. 日泌尿会誌, **45**, 263, 1954.
- 12) 田村 一, 三浦俊夫, 堀口義仁: 尿管膀胱電図 III. 人体膀胱電図. 誘導用名種電極の優劣及び記録装置の時走教について. 日泌尿会誌, **46**, 530, 1955.
- 13) Corey, E. L., Boyce, W. H. & Franch, C. R. : Electropotential and pressure variations in the normal human urinary bladder., J. Appl. Physiol., **5**, 38~42, 1952.
- 14) 遠藤博志ら: 膀胱機能障害と膀胱筋代謝, 日平滑筋誌, **1**, 251~252, 1965.
- 15) 百瀬剛一, 遠藤博志, 田村欣一: 末梢神経切断実験犬の膀胱電図について. 日平滑筋誌, **2**, 142~143, 1966.
- 16) 北村温ら: 婦人科手術後における膀胱機能障害. 日平滑筋誌, **3**, 165, 1967.
- 17) 田村欣一ら: 人膀胱電図の臨床的応用. 日平滑筋誌, **4**, 213, 1968.

(1969年5月19日受付)