

ニワトリ大腸の神経支配について

安川正敏・長野慶一郎・石黒 茂

On the Innervation of the Large Intestine in Fowls

Masatoshi YASUKAWA, Keiichirō NAGANO
and Shigeru ISHIGURO

(Laboratory of Veterinary Physiology)

ニワトリの消化管運動に関する知見は、哺乳類に比べると、極めて乏しい。従来、嚥嚥や筋胃の上部消化管については、若干の断片的報告^{1)~5)}が認められた。しかし、腸管運動の体系はほとんど知られてなかった。そこで、著者らの一人、安川⁶⁾⁷⁾は小腸と大腸の全域にわたる正常運動体系を観察した。その結果、哺乳類と著しく相違することを知った。少なくとも、消化管運動に関する限り、哺乳類からえられた既成概念は、そのままでは適用しがたい。ニワトリの消化管運動に関する総合研究¹³⁾が持たれた目的は、この特性把握にほかならない。

ところで、消化管の神経支配に関しても、少数の報告をみるにすぎない。それも上部の消化管に限られている。まず IHENEN⁸⁾は嚥嚥運動が迷走神経によって促進的に支配される、と述べている。NOLF⁹⁾は嚥嚥筋胃および十二指腸に分布する自律神経の支配効果を吟味した。その結果、迷走神経には嚥嚥に対する促進性線維が存在するが、筋胃と十二指腸に対しては、促進性と抑制性の両線維が認められるという。さらに NOLF¹⁰⁾は外来神経を除去して、筋胃運動の自動性を確かめるとともに、vagus escape の現象を観察している。また HANZLIK ら¹¹⁾は嚥嚥の輪走、縦走筋に対する自律神経支配を検索し、迷走神経の刺激によって、輪走筋の収縮、縦走筋の弛緩を認めたことから、相反神経支配の存在を考察している。しかし、交感神経にはこの現象が認められない、という。なお、薬理学的研究は HENRY ら¹²⁾によって試みられ、筋胃に対する交感神経および副交感神経興奮様薬の効果が報告された。このような知見の乏しさにもとづき、総合研究として大賀ら、大橋、松浦、五島、柳谷、佐々木によって生理学的、あるいは薬理学的に、神経支配が追究された。

さて、著者らが採りあげたのは、大腸運動に対する神経支配である。ニワトリ大腸の神経支配については

2~3の解剖的記載がみられるにすぎない。大腸の背側を走る神経を KAUPP¹⁴⁾は intestinal nerve trunk と称しており、VAN CAMPENHAUT¹⁶⁾は intestinal nerve of Remak と呼び、交感神経系と記載している。さらに BRADLEY¹⁵⁾は pelvic splanchnic nerve が cloacal plexus を形成するという。しかし、これら神経の走行は明らかにされてない。もちろん、機能的な検索には全く触れてない。そこで、著者らはこれら神経の大腸運動に対する支配を、生理的に解明するために、本研究を行なった。

方 法

白色レグホーン種(成鶏、♂)を hexobarbital sodium の麻酔下に開腹し VAN CAMPENHAUT¹⁶⁾が命名した intestinal nerve of Remak (以下 INR と略称する)を露出した。このさい、右側の *A. ishiadica*, *V. iliaca externa* などの血管を結紮、切断してから *Articulatis coxae* の位置で右肢を削除した。これを恒温槽内のバットに横たえ、露出した神経、腸管を赤外線ランプで保温し、随時適温のタイロッド液を滴下、乾燥防止に努めた。

露出神経はエレクトロスタムレーター(三栄、ES-132型)で刺激した。この刺激は主として強度 6V、頻度 30 Hz、持続時間 5 msec の矩形波によった。刺激効果はつぎのようにして求めた。すなわち、大腸の各部位、つまり左右盲腸、結腸(いわゆる直腸を含む)および排泄腔内に導入したバルーンによって、腸管内圧の変化を水マンメーターを介してトランスジューサーに導き、直流増幅器を通して、インク書きオシログラフに記録した。

成 績

1. INR の刺激効果

INR が大腸を支配しているかどうか? 支配する

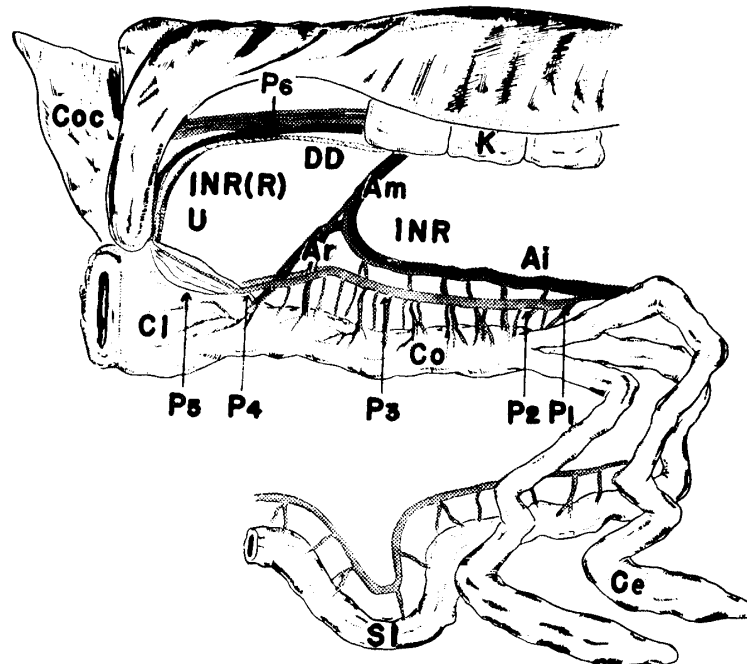


Fig. 1. Schematic diagram of INR showing the stimulated positions
 INR, intestinal nerve of Remak.
 SI, small intestine. K, kidney.
 Ce, cecum. U, ureter.
 Co, colon. DD, ductus deferens.
 Cl, cloaca. Coc, coccygeal region.
 P₁, P₂……, each position stimulated.

とすれば、どのような支配効果をもつか？ これを確かめるために、INR を各部位で刺激してみた。刺激点の位置を便宜上 P₁, P₂……P₅ と呼称するが、それらは Fig. 1 に示してある。なお、大腸は3部分、つまり盲腸、結腸（直腸を含む）および排泄腔に区分する。

どの点に刺激を加えても結果は同様で、刺激点より口側に位置する大腸の緊張上昇が認められた。たとえば盲腸の起始部に対応する点 (P₁) を刺激すれば、両側の盲腸が同時に収縮する (Fig. 2 A)。しかし結腸と排泄腔は反応しない (Fig. 2 B)。ところが、排泄腔に対応する点 (P₅) の刺激では、3部位がともに収縮する。これらの場合、かなり長い時間（一応、刺激時と呼称したい）を経て、反応が出現する。たとえば、刺激条件を 30 Hz, 5 msec, 6 V とし、結腸中央部に対応する点 (P₃) を刺激したときの盲腸についてみると、刺激時の平均値信頼限界 ($\alpha=0.05$) は 2.7~3.7 sec であった。また刺激終了後も緊張上昇が残存することが多い。なお、結腸中央部を刺激したとき、結腸以外に、排泄腔が収縮する (Fig. 2 D)。これについては後述する。

つぎに、P₃ で INR を切断し、その口側端に刺激

を与えると、盲腸と結腸の緊張が上昇する (Fig. 3 A)。P₃ 以外の部位を切断した場合も同様で、刺激によって口側に位置する部位が収縮する (Fig. 3 B)。

さらに、結腸起始部 (P₂) および結腸末端部 (P₄) の2個所で神経を切断し、切断個所の中央 (P₃) を刺激すると結腸のみが収縮した (Fig. 3 C)。なお、P₁~P₅ の、どの点を刺激しても、末端部を除けば、小腸の反応は起こらない。

以上の成績は、大腸を促進的に支配する遠心性神経線維が INR 中に含まれることを示すといえよう。従って、神経幹走行の解剖的所見 (INR は結腸から尾側に走るにつれて細くなり、かつ分岐して、腸間膜から離れて排泄腔に進入する) にもかかわらず、口側が末梢側となっている。そこで、INR の走行を明らかにするために、解剖的な検索を試みた。結果は Fig. 1 の通りで、INR は *plexus lumbo sacralis* の領域から発し、左右の神経幹として、腎臓後葉の内側、腹面を通過して尾側へ走り、尿管と精管の間に介在して後下方に進み、背側後端から排泄腔に進入する。そして、排泄腔の漿膜面に密着して頭側を走り、排泄腔の頭側端近くで、排泄腔から離れ、*A. ileoceocolia* の左右両側を通過した直後に、左右の両神経幹が集合

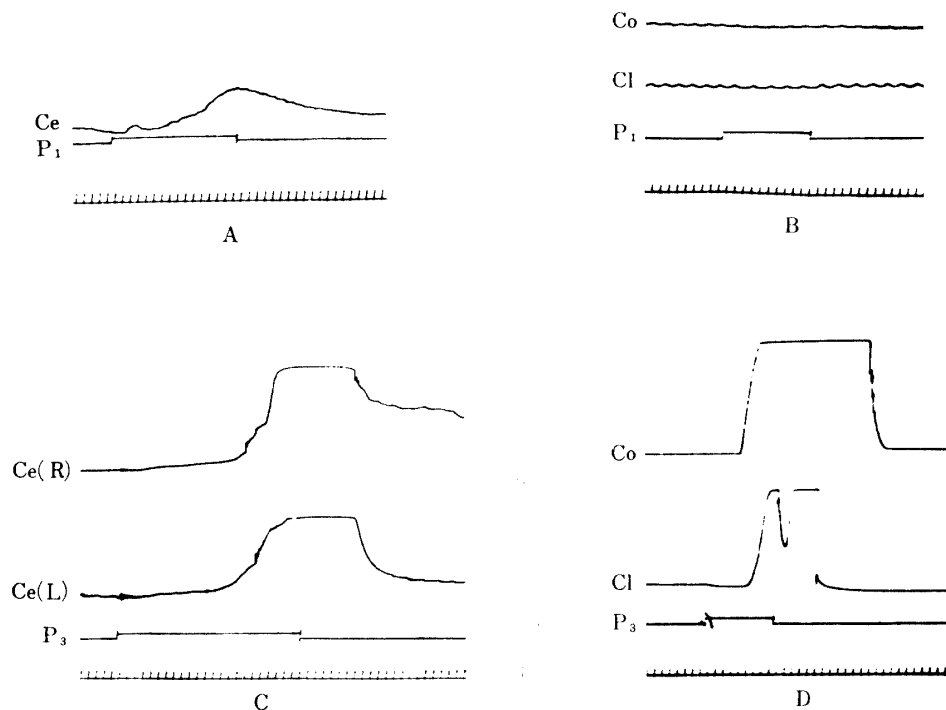


Fig. 2. Effects of stimulation of INR upon the large intestine
Taking tracings in their order from above downwards, response
of large intestine, signal of stimulation and time mark.

Time, 1 sec. intervals.

Ce, cecum. Co, colon. Cl, cloaca. R, right side.

L, left side. P₁, P₃, each position stimulated.

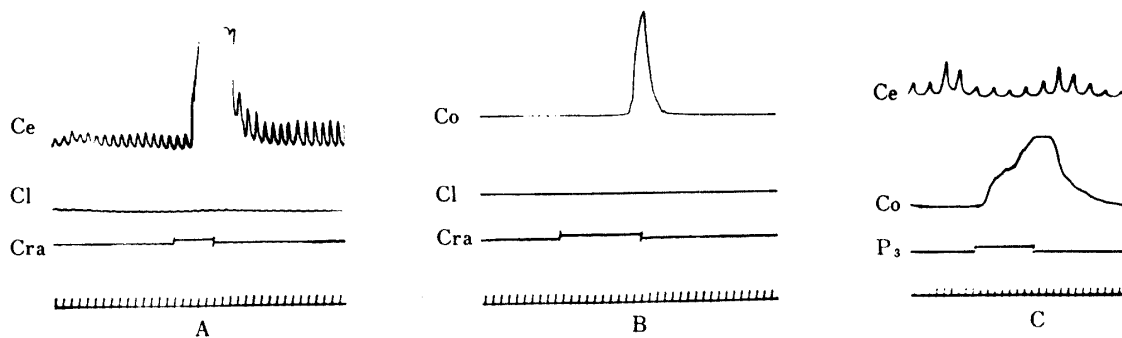


Fig. 3. Effects of stimulation of INR upon the large intestine
Ce, cecum. Co, colon. Cl, cloaca.

“Cra” indicates the stimulation at the cranial cut-end of INR.

P₃, the stimulated position.

A: Response of the intestine after severing INR at P₃.

B: Response of the intestine after severing INR at P₄.

C: Response of the intestine after severing INR at P₂ and P₄.

し、一体となって腸間膜中を、結腸、盲腸に沿って走る、ことを確かめた。

この知見にもとづいて、腎臓後葉の直尾 (Fig. 1 の P₆) を刺激したところ、大腸 3 部位の緊張が、いずれも上昇した (Fig. 4 A, B)。つぎに P₆ の位置で神経を切断し、末梢端を刺激すると、切断前と同様な緊張の変化が認められた。すなわち、排泄腔、結腸、

左右盲腸の各部位が、いずれも収縮する (Fig. 4 C)。

2. 排泄腔に対する INR の刺激効果

INR に加えた刺激に応じ、刺激点よりも末梢に位置する腸管が収縮することは前述した。

ところで、排泄腔より末梢の領域で刺激するとき、排泄腔の明確な緊張上昇が発現する。たとえば、結腸中央部に対応する点 (P₃) を刺激すると、結腸が反応

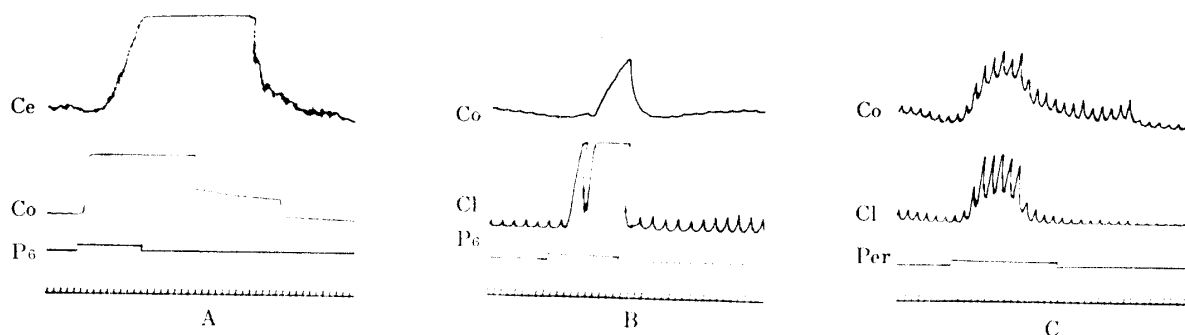


Fig. 4. Effects of stimulation of INR upon the large intestine
Ce, cecum. Co, colon. Cl, cloaca.
A, B: INR intact. P_6 , the stimulated position.
C: Response of the intestine after severing INR bilaterally at P_6 .
“Per” indicates the stimulation at the peripheral cut-end of INR.

するのは前掲の通りであるが、このさい排泄腔も収縮することは前掲した (Fig. 2 D). つまり、刺激点よりも中枢側に位置する排泄腔が反応するわけである。このような排泄腔の反応は、結腸領域に対応する点 ($P_2 \sim P_4$) ならば確実に発現する。すなわち、INRの刺激は中枢側のみならず、末梢側に与えても排泄腔の収縮を誘起する、ことを認めた。そこで中枢側 (P_6) と末梢側 (P_3) の刺激による排泄腔の反応様式を比較してみよう。

まず刺激時の長さを平均値信頼限界 ($\alpha=0.05$) で示すと、 P_6 刺激の場合、排泄腔において $0.9 \sim 3.5 \text{ sec}$ であり、結腸はこれより長く $3.5 \sim 8.1 \text{ sec}$ である。いい換えると排泄腔の反応が、結腸より先に出現する。これに反し、 P_3 刺激の場合は結腸の収縮が先行する。刺激時で示すと、結腸の $3.0 \sim 7.8 \text{ sec}$ に対し、排泄腔は $7.3 \sim 14.3 \text{ sec}$ である。ここで注目されるのは排泄腔の収縮が結腸より著しく遅れる事実である。排泄腔が結腸と同時か、あるいは僅かに遅れる例もあるが、これは少数で大部分 (91.7%) は $6 \sim 20 \text{ sec}$ の大きなズレを示している。この現象については後述の考察で吟味するが、このような大きな差は P_3 刺激による排泄腔の反応機序が同一でない、ことを示唆するかもしれない。このほか P_6 と P_3 刺激の反応様式の相違として認められたのは、立ち上りの slope, 収縮高, 収縮持続などの諸点で、後者に比べ前者の収縮が強い傾向があった。

さて、末梢側刺激に応ずる排泄腔収縮の機序を吟味するため、つぎの実験を行なった。

(1) 腸管の切断

末梢側刺激による排泄腔反応の機序について、最も可能性が推定されるのは、つぎの現象であろう。神経刺激によって生じた結腸の緊張上昇が収縮波として

排泄腔に伝播するため、ということである。そこで、この点を確認するために、結腸と排泄腔の境界を2重結紮してから、完全に腸管を切断した後、 P_3 を刺激した。この結果は切断前と同様で、排泄腔の収縮変化は依然として発現した (Fig. 5 A)。また、切断前と同様に排泄腔の収縮開始は結腸より著しく遅れる。平均値の信頼限界 ($\alpha=0.05$) をみると $10.9 \sim 14.7 \text{ sec}$ で、非切断時のそれと殆んど変わらない。

(2) 神経 (P_2, P_6) の切断

INR 中に促進性遠心路が存在することは明らかにされた。ところで、INR 中に求心性線維が含まれ、 P_3 刺激により脊髓反射として INR (あるいはそれ以外の) 中の遠心路が興奮した結果、排泄腔が収縮したという case も考えられる。この case の有無を調べる目的で INR を中枢側 (P_6 , 両側) と末梢側 (P_2) の2箇所切断した。末梢側を切断したのは、INR を経由する求心性路の存在も考慮したからである。

ところが、 P_3 刺激に応ずる排泄腔の収縮反応を消失させることは、遂にできなかった (Fig. 5 C)。ここで見落せない事実がある。INR intact で刺激するさい、排泄腔の刺激時間が長い ($7.3 \sim 14.3 \text{ sec}$) ことは前掲したが、 P_6 両側を切断すると著明に短縮 ($1.4 \sim 2.2 \text{ sec}$) した。また結腸収縮との関連において、前者では排泄腔収縮が先行する例は皆無であったが、後者の場合には先行する例が支配的 (79.1%) で、収縮の立ち上りの順位は逆転する様相がみられた。この相違は、末梢側刺激による排泄腔の反応機序を物語る手がかりとして、あとで考察したい。

(3) 腸間膜の切断

前記した (1), (2) の成績は、それぞれの仮定を否定する結果に終わった。これ以外に最も可能性の高い機構は、おそらくつぎの仮定であろう。すなわち、結

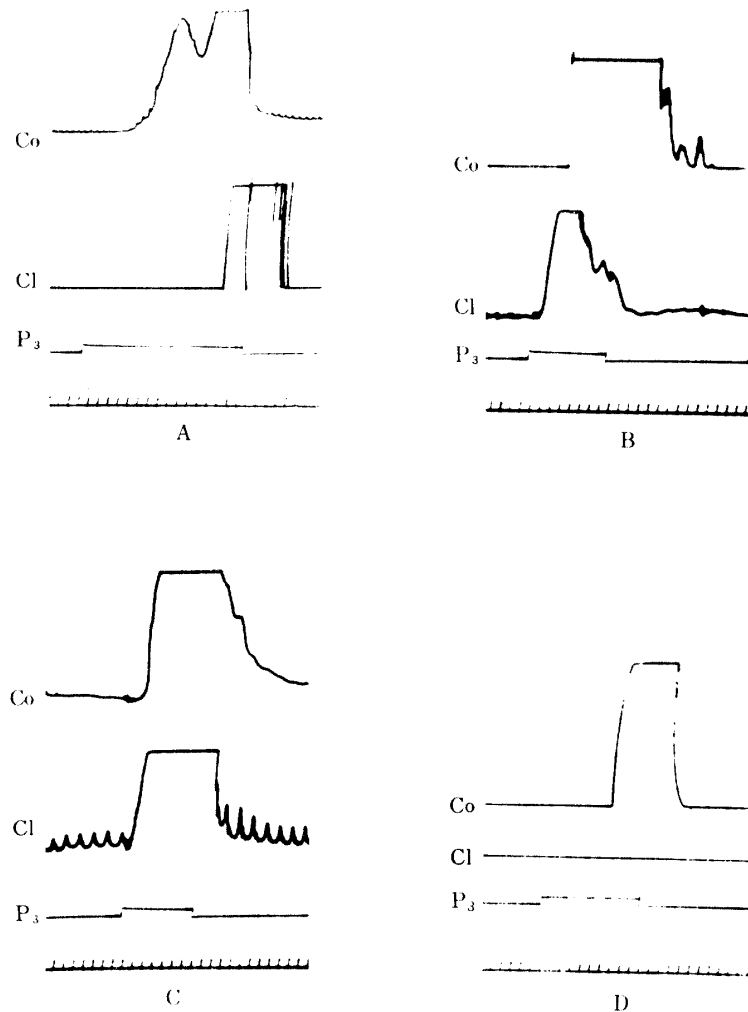


Fig. 5. Effects of stimulation of INR upon the large intestine Co, colon. Cl, cloaca. P₃, the stimulated position.
 A: Response of the intestine after severing the intestine between colon and cloaca.
 B: Response of the intestine after severing INR bilaterally at P₆.
 C: Response of the intestine after severing INR at P₂ and P₆.
 D: Response of the intestine after coagulating the protein of INR at the oral end of cloaca.

腸領域に沿う INR 中に末梢から中枢側に走り、排泄腔に分布する促進性線維が含まれる、ということである。

そこでまず P₆ (両側) と P₂ で、ともに INR を切断し、同時に結腸末端で腸管を切断し、さらに INR と大腸のほぼ中間で、腸間膜を結腸と排泄腔の領域に互り切断した。Fig. 1 で示したように、INR は排泄腔領域では分岐して排泄腔に進入しているので、腸間膜切断によって、これらの分枝は切断された。ここで P₃ を刺激したところ、排泄腔の反応は全く消失した。

つぎに P₆ で神経を切断し、末梢端を刺激した結果は P₃ の場合と反対で、排泄腔は反応し、結腸は反応

しなかった。

(4) INR の蛋白凝固

artefact として、電流滑走も一応考えられよう。そこで INR intact で P₃ を刺激し、排泄腔の反応を確認した後、INR の P₃ と P₄ の中間に電極をおき、2.5 mA を 10 分間通電し、蛋白凝固を試みた。通電は神経幹の背、腹両側から行なった。凝固部位よりも末梢側 (P₃) に刺激を加えると、結腸は収縮するが、排泄腔は全く収縮しなかった (Fig. 5 C)。つぎに P₆ で神経幹を切断し、末梢端を刺激した結果は P₃ の場合と反対で、排泄腔は反応するが、結腸は反応しなかった。

3. 排糞運動の神経支配

排泄腔が収縮すると内容が排出される。♂の場合は糞、尿から構成されるが、この排出を排糞運動と呼称しておく。この運動には必ず呼吸変動が伴っていた。そこで著者らは、排泄腔の排糞運動、呼吸変動と INR との関係を追究して、つぎの成績をえた。

なお、経口的に気管内に挿入したカテーテルを介して、腸管内バルーンの場合と同様な操作によって、呼吸曲線を描記した。

(1) 呼吸変動

INR を刺激すると直ちに呼吸が変動する (Fig. 6 A, B, C)。つまり呼吸の制止的な変化である。刺激を加えた瞬間の呼吸相の位置により、反応様式の差異は免れない。例えば吸気相の peak に達してから浅い呼気に移り、その時点で抑制されるか、あるいは吸気相の peak に達しないうちに呼気に移り、そのまま抑制される。ともに呼気抑制である。抑制といったが、呼吸リズムの完全な停止ではない。

抑制的反應を呼吸曲線によって観察すると、主要な変化は吸気、呼気および呼吸間隔が、それぞれ減少することである。呼吸変化は刺激した瞬間に発現し、刺激中持続し、刺激終了と同時に消失する。INR (intact) を P_6 で刺激したときの変化を示すと Table 1 の通りである。

呼吸曲線に記録された振幅の長さは、刺激前を 100% とすれば、 P_6 刺激によって吸気相および呼気相はともに約 60% に短縮した。このような呼吸変動は P_6 よりも末梢側のどの部位を刺激しても発現した。ただししかし、INR の末梢に進むにつれて抑制が弱まる傾向があった。たとえば、刺激前の吸気相の振幅を 100% とするとき、各部位の刺激に応じ 61.1% (P_6)、66.1% (P_3)、77.7% (P_2) および 85.6% (P_1) に短縮し、末梢側ほど変化が少ない。

刺激 4 部位別の平均値について、差の有意性を検定したところ $P_1 \sim P_2$ 、あるいは $P_3 \sim P_6$ の標本群の間には、見掛け上の相違にかかわらず、有意差は認めら

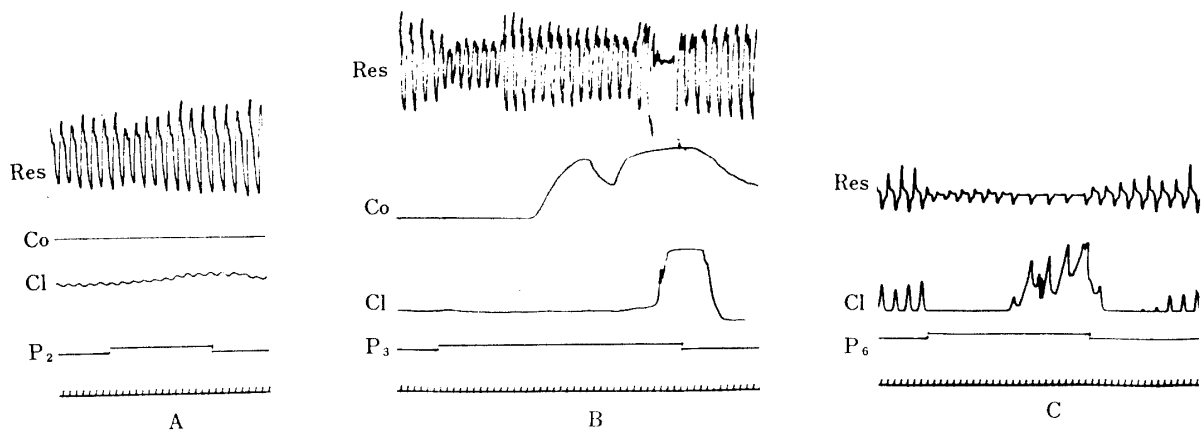


Fig. 6. Effects of stimulation of INR upon the large intestine and the respiration
Res, respiration. Co, colon. Cl, cloaca.
 P_2 , P_3 and P_6 , each position stimulated.

Table 1. Effects of stimulation of INR upon the respiration

time	inspiration		expiration		time intervals of respiration		
	amplitude	significance of difference	amplitude	significance of difference	mean	standard deviation	significance of difference
before stimulation	100	} SS	100	} SS	2.17	0.047	} SS
during stimulation	61.1		60.1		1.94	0.057	
after stimulation	94.4		95.4		2.18	0.046	

SS, significant at the level of 1%.

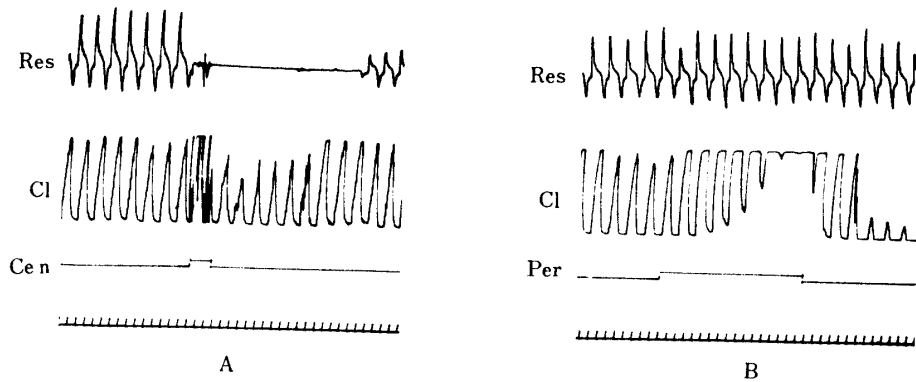


Fig. 7. Effects of stimulation of INR upon the large intestine and the respiration
Res, respiration. Cl, cloaca.
Tracings show the responses of intestine and respiration after severing INR
at P_6 .
“Cen” and “Per” indicate the stimulated positions, central and peripheral
cut-end respectively.

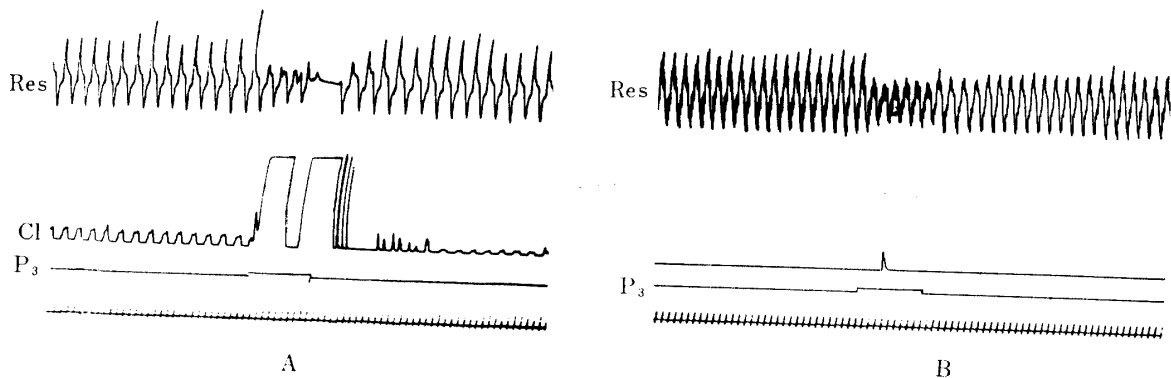


Fig. 8. Effects of stimulation of INR upon the large intestine and the respiration
Res, respiration. Cl, cloaca. P_3 , stimulated position.
A: contraction of cloaca in case of defecation.
B: contraction of cloaca in case of nondefecation.

れなかった。これに対し、 $P_2 \sim P_3$ の間には0.1%の
高い有意水準で有意差が認められた。つまり P_2 と P_3
の間に明らかな差が見出された。

ところで、 P_6 でINRを切断して、中枢端を刺激
すると、依然として呼吸変化が現われた (Fig. 7 A)。
これに反し、末梢側の刺激は全く反応を示さなかった
(Fig. 7 B)。

(2) 呼吸変動と排泄腔収縮との関係

INRの刺激に応じ、刺激部位がどこであっても、
呼吸抑制が必発する。これとともに排泄腔が収縮する
(P_1 刺激の場合には、排泄腔が収縮しない)。

このさい発現する排泄腔の収縮様式は2型に大別で
きる。排糞運動と非排糞運動である。明確に区別しが
たい場合もあるが、著者らのはつぎのように判別した。
排糞運動の場合は(1)排泄腔の収縮が著明である

(2) 排泄腔内容を排出する(バルーンを排出する)
(3) 結腸収縮を伴う(4) 呼吸抑制、尾座筋の痙攣
的収縮、排泄腔背側諸筋の収縮などの一連の反応を伴
う、ことが観察される。これに対し、非排糞運動は収
縮が弱く、内容を排出しないし、尾座筋収縮などの副
次的反応が起こらない。両運動の pattern を Fig. 8
A, B に示そう。この図でわかるように、排糞運動の
さいは収縮と弛緩が反復することが多い。ところで、
両運動とも呼吸が変動する点は一致している。しか
し、変動の様式には相違点が見られる。たとえば、排
糞運動の場合には呼吸間隔が延長する。ところが、非
排糞運動では短縮する (Fig. 9 A, B)。

さて INR を刺激すれば呼吸抑制とともに結腸と排
泄腔の収縮が現われる。 P_6 で INR を切断し、中枢
端を刺激すれば呼吸変動は出現するが、大腸運動の反

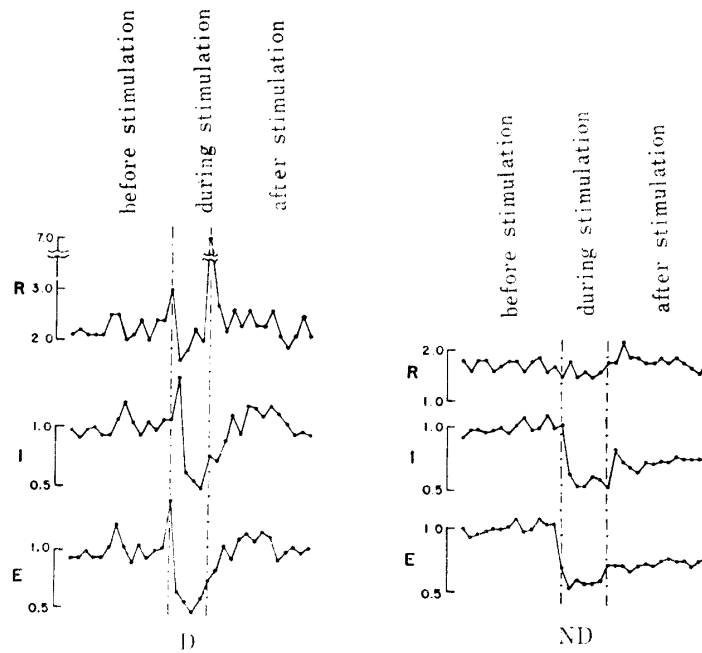


Fig. 9. Diagram showing the effects of stimulation of INR upon the respiration

R, respiration. I, inspiration. E, expiration.

D, defecation. ND, nondefecation.

The numbers show the time (sec). The INR was stimulated at P₃.

応は全くみられない。これに対し、末梢端を刺激すれば大腸運動の反応は生起するが、呼吸変動は現われない。ここで注目すべきことは、大腸の反応の内容である。発現するのは非排糞運動だけで、排糞運動は消失する。つまり、呼吸変動が起こらないときは、排泄腔の収縮は非排糞運動にとどまるわけである。

以上述べた排糞運動の所見は、INR を人工的に刺激したときの現象である。この運動の発現過程はつぎの通りである。

INR 刺激→呼吸抑制→尾座筋、排泄腔背側筋の収縮→内容排出

この過程はいわば人工的排糞運動である。しかし、実験操作中たびたび自然排糞に遭遇した (Fig. 10)。自然排糞の過程も、人工的排糞運動とほとんど異ならない。

考 察

1. INR を刺激すると、刺激点より口側に位置する大腸各部の緊張が上昇する。この反応はどの点を刺激しても、変わりなく発現する。また、INR を切断し、口側端を刺激した場合も同様である。これらの事実は (1) INR 中に大腸を促進的に支配する、遠心性線維が含まれる (2) 遠心性 impulse は排泄腔

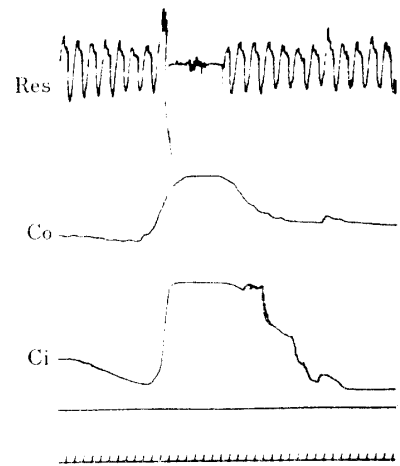


Fig. 10. Spontaneous defecation
Res, respiration. Co, colon.
Cl, cloaca.

→結腸→盲腸(左, 右)に沿って INR を伝導する, ことを物語っている。いい換えると、尾側から口側へ伝導する。すなわち、解剖的外観(結腸に比べ排泄腔の領域で細くなり、かつ尾側に向って分岐する)にもかかわらず、伝導方向は、上記の通りである。VAN CAMPENHAUT¹⁴⁾ は解剖的所見から、INR を交感神経系と考えているが、著者らが観察した支配効果からみると、副交感神経系に属する、というべきであ

る。

このように INR の支配は盲腸（左，右），結腸（直腸を含む）および排泄腔の，大腸全域に及んでいる。これに対し，哺乳類の大腸の神経，とくに骨盤神経の支配領域に関しては論議がある。このうち最も精細に追究したのは梶田¹⁷⁾である。彼によると，骨盤神経は結腸括約筋より尾側（遠側結腸）を支配しており，これより口側（近側結腸，盲腸）は迷走神経の支配下にある。という。これが正しいならば，ニワトリの INR の支配領域は，哺乳類と異なり，大腸の全域に亘っている。

なお INR を刺激しても小腸は無反応である。ただし解剖的外見でみる限り，INR は結腸起始部から，小腸の背側に伸びている。このことは BRADLEY¹⁵⁾ の解剖図にも示されている。しかし，機能的に支配しているかどうかは今後に解明したい。

2. 排泄腔よりも末梢に位置する部位で，INR を刺激すると，排泄腔の著明な収縮が必発する。この反応をひきおこす機能は何であろうか？ 収縮は単に見掛けのものか？ それとも INR 中に impulse を逆方向に伝える促進性線維が含まれるのか？ ありうる種々の場合を想定して，吟味してみた。

最も可能性が高いと思われたのは，つぎのようである。刺激に応じて結腸が収縮するため（1）蠕動波が排泄腔に波及する（2）結腸内圧が高まることが影響し，排泄腔の内圧も上昇する，ということである。これを確かめるため，結腸と排泄腔の境界部で腸管を完全に切断してから，刺激したところ，切断前と同様に排泄腔が反応した。したがって（1）および（2）の疑問は否定された。

つぎに INR 中に求心性神経が含まれるための spinal reflex も考えられた。しかし，この推定もあてはまらない。というのは，結腸と排泄腔の領域よりも中枢側と末梢側の2箇所 INR を切断しても，排泄腔収縮が変わりなく起こるからである。電流滑走も懸念して検索したが，成績で述べたように，この種の artefact ではない。

さらに前述の腸管切断の場合と同様に INR を切断した後，結腸と排泄腔に沿って，INR の背腹両側の腸間膜を切断して刺激すると，排泄腔の反応は全く消失する。しかし，このさい排泄腔に沿う，INR 腹側の腸間膜だけは残存しておく，明らかに排泄腔が収縮した。

以上の諸結果を総括して考察すれば，つぎの機構しか考えられない。すなわち receptor が結腸に位置

し，伝導路を INR 中に含み，排泄腔を effector とする，促進性の局所反射である。これ以外は考えられない。この反射を結腸—排泄腔反射と仮称しておく。なお盲腸部に位置する INR を刺激しても，排泄腔は全く反応しない。

3. ヒト，イヌ，ネコなどについての諸報告^{18)~24)}から，排糞機序はつぎのように考えられている。直腸内容が増量して，直腸壁が伸展されると，骨盤神経中の求心性神経が興奮して impulse が大脳に伝わり，便意という臓器感覚をひきおこす。この impulse は他方において仙髄部の排糞中枢に伝導し，ついで骨盤神経の遠心性神経が興奮し，直腸運動の促進，内肛門括約筋の弛緩が誘発される。また陰部神経を介して外肛門括約筋の緊張が抑制される。以上はほぼ一致した見解である。

ところでヒトの排便に対する臨床的報告が多いにもかかわらず，実験動物（哺乳類）を対象とする純生理学的な報告は意外と少ない。ことに，排糞と呼吸変動との関連，あるいは排糞反射と随意的行為とのつながりなどに関しては，知見が殆んど見当らない。

さて，ニワトリにおいては，INR 刺激によって，呼吸変動と排泄腔の排糞運動が起こる。INR を切断すれば，末梢端を刺激しても，呼吸運動は全く現れない。この事実，および諸実験の成績を総括すると，INR 中に求心性神経が含まれることは明白である。この神経興奮が便意をもたらす，ついで呼吸抑制をひきおこす，と考えられる。

一方，INR 中の遠心性神経の impulse によって結腸，排泄腔の排糞運動がひきおこされる。したがって INR の機能は，哺乳類の骨盤神経に匹敵している。INR を交感神経系と規定する VAN CAMPENHAUT¹⁶⁾ の見解に同意しがたいことは前述した。INR 中に求心性神経が存在する事実は，この神経を副交感神経系とみなす著者らの見解を，さらに裏付けるであろう。

4. 結腸の背側部の1点 (P₃) で INR を刺激（刺激条件は 30 Hz, 5 msec, 6 V）すると，結腸と排泄腔が収縮する。このとき，両部位の刺潜時には著しい差異がある。平均値信頼限界 ($\alpha=0.01$) で示すと，結腸は 3.8~5.4 sec, 排泄腔は 13.1~15.4 sec である。いい換えると，結腸収縮の立ち上がりは，排泄腔より早い。ところが INR を中枢側 (P₆, 両側) で切断した後，前回と同じ点 (P₃) を刺激すると，両者とも刺潜時が短縮した。結腸は 1.5~3.4 sec, 排泄腔は 1.4~2.1 sec となる。ここで注目したいのは INR intact の場合と違って，排泄腔の刺潜時が結腸のそ

れより短いことである。つまり、排泄腔が結腸に先行して収縮することである。

以上の現象は、どのように理解すべきであろうか？ INR 刺激 (P_3) に応じ排泄腔が収縮する反射には 2 種の径路が考えられる。(1) 結腸→排泄腔の局所反射 (2) INR の求心性神経が興奮し、ついで遠心性神経を介して、排泄腔を促進的に支配するという反射路である。このうち、(1) の実在は確認した。また諸成績はすべて (2) の存在も示唆しているが、直接的に証明した、とはいいがたい。

さて、INR を中枢側で切断したときの排泄腔収縮は、結腸→排泄腔の反射によることは明白である。これに対し INR intact の場合は、前掲の (1)、(2) の両径路が、ともに作用しうる。しかし、実際に作用するのは局所反射ではなく、(2) ではなかろうか、というのは、局所反射だとすれば、刺激時の大きなズレが納得できないからである。この根拠にもとづき (2) の反射によるもの、と考えている。この解釈は、結腸と排泄腔の収縮先行の相違も、よく説明できる。

(2) の径路の実在は直接的には証明してない、といった。しかし、INR を中枢側 (P_6) で切断し、この末梢端を刺激すると、呼吸変動が起こらないし、排糞運動も発現しない (非排糞運動は起こる)。つまり、呼吸抑制なしでは、排糞運動は現われない。この事実および諸成績を併せて総括し、哺乳類の排糞反射の定説を適用すれば (2) の反射路の実在は、疑うべくもない。それ以外には理解できない。

なお、 P_3 刺激によって (2) の反射路が作動するとき、局所反射を抑制する機構を考慮せねばなるまい。この点は今後に解明したい。

要 約

ニワトリ大腸の背側を走る神経は *intestinal nerve of Remak* と呼称されている。この神経は解剖学的に検索されたにすぎない。また、走行については不明確な点が多く、機能に関する知見は全く見当たらない。

そこで著者らは、この神経の大腸運動に対する支配を、生理学的に解明するために、本研究を行なった。えられた成績を要約すること、つぎの通りである。

1. INR (*intestinal nerve of Remak* を略称する) は *plexus lumbo sacralis* の領域から発し、左右の神経幹として、腎臓後葉の内側、背面を通過して尾側へ走り、尿管と精管の間に介在して後下方に進み、背側後端から排泄腔に進入する。そして、排泄腔の漿膜面に密着して頭側に進み、排泄腔の頭側端近くで排

泄腔から離れる。その後、*A. ileoceecocolia* の左右両側を通過した直後に、左右の両神経幹が集合し、一体となって腸間膜中を結腸、盲腸に沿って走る。

2. INR 中には、大腸を促進的に支配する遠心性線維が含まれている。impulse は排泄腔→結腸 (直腸を含む) →盲腸 (左右両側) に沿って伝導する。つまり、神経の形態と impulse 伝導方向との、一般的関係とは全く異なっている。

3. 排泄腔よりも末梢の位置で INR を刺激すると、排泄腔が収縮する。この現象を詳細に吟味した結果、INR 中に結腸→排泄腔への局所反射の伝導路が含まれる、ことを知った。

4. INR 中には求心性線維も含まれる。この神経興奮によって、呼吸が抑制される。これについで排糞 (尿) 運動が発現する。

5. 排泄腔の収縮は、排糞運動と非排糞運動の 2 型式に区別される。前者は呼吸抑制、尾座筋収縮などの、一連の反応を伴う。これらの反応なくして、排糞運動が起こることはない。

6. 排糞運動時の神経支配は、まず INR 中の求心性神経の興奮から始まり、INR 中の遠心性神経の興奮に終る。

7. INR 中に排糞を支配する求心性、遠心性の両線維が含まれることは、哺乳類の骨盤神経に匹敵している。したがって、本神経を交感神経系とみなす従来の解剖学的見解は、支持しがたい。少なくとも、機能的には副交感神経系に属する、と主張する。

8. 哺乳類の骨盤神経は遠側結腸だけを支配する。これに対し、INR の支配領域は大腸全域にわたっている。

本研究の一部は、文部省総合研究費によったことを附記し、感謝の意を表す。

なお、本論文の要旨は第 63 回および第 64 回日本獣医学会に発表した。

文 献

- 1) ROGERS, F. T.: *Amer. J. Physiol.*, **41**, 555 (1916)
- 2) MANGOLD, E.: *Pflügers Arch.*, **111**, 163 (1906)
- 3) ASHCRAFT, D. W.: *Amer. J. Physiol.*, **93**, 105 (1930)
- 4) GROEBBELS, F.: *Pflügers Arch.*, **224**, 687 (1930)
- 5) FEDROVSKII, N. P.: *Biol. Abst.*, **25**, 2684 (1951)

- 6) 安川正敏：日本獣医学雑誌，**18**，522 (1957)
- 7) 安川正敏：日本獣医学雑誌，**21**，1 (1959)
- 8) IHNEN, K. : *Pflügers Arch.*, **218**, 767 (1928)
- 9) NOLF, P. : *Physiol. Abst.*, **11**, 170 (1927)
- 10) NOLF, P. : *Physiol. Abst.*, **12**, 556 (1928)
- 11) HANZLIK, P. J. and E. M. BUTT : *Amer. J. Physiol.*, **85**, 271 (1928)
- 12) HENRY, K. M. *et al.* : *Poult. Sci.*, **24**, 20 (1945)
- 13) 昭和41年度文部省総合研究報告集録 (農学篇), 233 (1967)
- 14) KAUPP, B. F. : *The Anatomy of the Domestic Fowl*, W. B. Saunders. Comp. (1918)
- 15) BRADLEY, O. C. : *The Structure of the Fowl*, Oliver & Boyd, London (1960)
- 16) VAN CAMPENHAUT, E. : *Anat. Rec.*, **56**, 111 (1933)
- 17) 榎田亀次郎：日本生理学雑誌，**2**，320 (1937)
- 18) GARRY, R. G. : *J. Physiol.*, **78**, 208 (1933)
- 19) GARRY, R. G. and J. S. GILLESPIE : *J. Physiol.*, **128**, 557 (1955)
- 20) GASTON, E. A. : *J. Am. Med. Assoc.*, **146**, 1486 (1951)
- 21) DENNY-BROWN, D. and E. G. ROBERTSON : *Brain*, **58**, 256 (1935)
- 22) FUKUHARA, T. *et al.* : *Jap. J. Physiol.*, **11**, 11 (1960)
- 23) SCHUSTER, M. M. *et al.* : *J. Clin. Invest.*, **42**, 196 (1963)
- 24) GUTTMAN, L. and D. WHITTERIDGE : *Brain*, **70**, 361 (1947)

Summary

The nerve which passes over the large intestine is named "intestinal nerve of Remak (INR)". The present investigation was undertaken to clarify the motor-innervation of INR to the large intestine. The results are summarized as follows.

1. The electrical stimulation at the central cut-end of INR exerts purely an excitatory effect upon the movements of all regions of large intestine. From this it was confirmed that the efferent impulses are carried in the following order, *i.e.*, cloaca → colon → cecum.

2. A remarkable contraction of the cloaca was always brought forth, at the time when the INR was stimulated at the position situated dorsally over the colon. It was upon this response that the authors investigated precisely. On the basis of those investigations, it may be concluded that the pathway of local reflex exists in INR, and that this pathway carries the excitatory impulses from the colon to the cloaca.

3. The stimulation of INR elicits the inhibitory effects on the respiration. This result reveals that the INR contains the afferent fiber which stands in some relation to the respiration. Immediately after the inhibition of respiration, the defecation (a complex act evacuating both feces and urine) occurs.

4. The cloacal contractions are classified into 2 types, namely, the contractions in case of defecation and in that of nondefecation. The former contraction is coupled with the inhibition of respiration. Without this coupling, no defecating movement of the cloaca was to be observed. From this result, the nervous control of the defecation may be interpreted as follows. In case of defecation, there is initially excitation of the afferent fiber of INR, which is succeeded by that of efferent fiber.

5. In view of the fact that the INR contains both afferent and efferent fibers innervating the defecation, it may be assumed that the INR belongs functionally to the parasympathetic nerve. The INR, unlike the pelvic nerve in mammals, regulates the motility of all regions of the large intestine.