

# ニワトリ小腸の神経支配について

奥村克彦・長野慶一郎・安川正敏

## On the Innervation of the Small Intestine in Fowls

Katsuhiko OKUMURA, Keiichirō NAGANO  
and Masatoshi YASUKAWA

(Laboratory of Veterinary Physiology)

ニワトリの小腸と大腸に沿って走る神経を KAUPP<sup>1)</sup> は intestinal nerve trunk と呼んでおり, VAN CAMPENHAUT<sup>2)</sup> は intestinal nerve of Remak と記載している. これらの名称は解剖学的所見にもとづいているが, しかし走行は明らかにされていない. たとえば, 中枢側, 末梢側の方向すら報告されていない. もちろん, 機能的な追究も全く見当たらない. そこで, 著者の安川ら<sup>3)</sup> は大腸領域を走る本神経について研究した結果, (1) 大腸(排泄腔, 結腸, 盲腸)を促進的に支配する遠心性線維を含む, (2) 排便運動に関連する求心性線維を含む, などの事実を明らかにした.

ところで, この神経は外見的には, 大腸のみならず, 小腸に沿って走っている. KAUPP<sup>1)</sup> および VAN

CAMPENHAUT<sup>2)</sup> の命名は大腸, 小腸にまたがる本神経に与えられている. 目録観察に関するかぎり, 大腸, 小腸に沿った一本の神経幹としか見えない. つまり大腸, 小腸の各領域の境界位置には切れ目が認められない. 安川ら<sup>3)</sup> が大腸領域に位置する部位で, この神経を刺激したところ, 大腸の反応だけが発現して, 小腸には何の反応も認められなかった. では, 小腸領域に位置する intestinal nerve of Remak の支配関係はどのようになっているのか? この点を解明するために本研究を行なったのである.

### 方 法

白色レグホーン種(成鶏, ♂)を供試した. 供試鶏を hexobarbital sodium で麻酔し, 右肢の股関節を

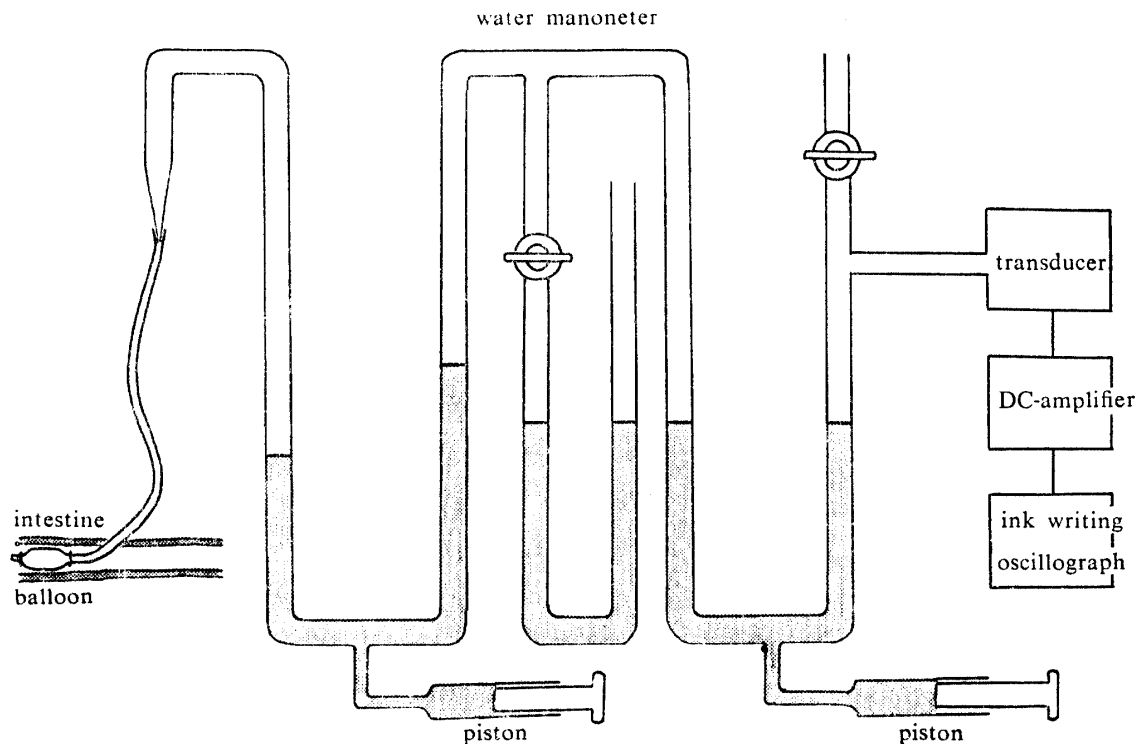


Fig. 1. Schematic illustration of the experimental apparatus

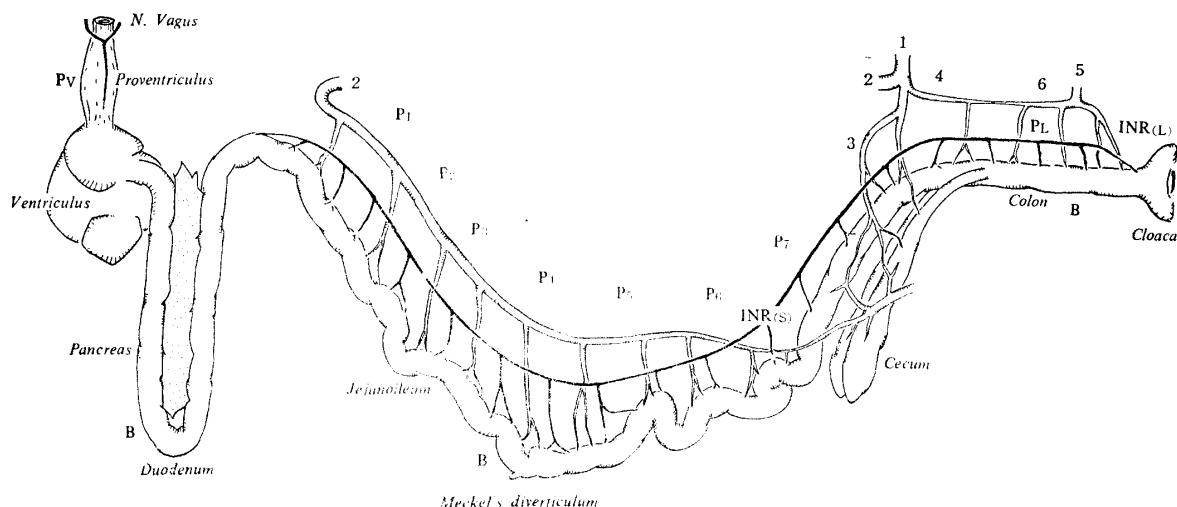


Fig. 2. Schematic diagram showing the pathway and stimulated positions of the INR(s), INR(L) and *N. Vagus*, besides the portions of balloon inserted

INR, intestinal nerve of Remak. INR(s), INR in the regions of small intestine. INR(L), INR in the regions of large intestine.

Pv, the stimulated position at the *Rr. gastrici glandulares* of the *N. Vagus*. P<sub>1</sub>-P<sub>7</sub>, the stimulated positions at the INR(s). PL, the stimulated position at the INR(L).

B, the portions of balloon inserted.

1, *A. mesenterica cranialis*. 2, *Ramus jejunoileus* (*A. mesenterica cranialis*). 3, *Ramus ileocaecalis* (*A. mesenterica cranialis*). 4, *A. rectalis cranialis*. 5, *A. mesenterica caudalis*. 6, *A. rectalis caudalis*. 7, *Ramus intestinalis* (*Truncus coeliacus*).

外転させてから開腹し, intestinal nerve of Remak を露出した. このさい血管を損傷しないように注意した. 供試鶏は恒温槽内のバットに横たえた. バットは 42°C のタイロッド液を満たしてある. 露出した神経, 腸管は赤外線ランプで保温し, 随時適量のタイロッド液を滴下して, 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で刺激した. 使用した電極は銀塩化銀電極で, 強度 15 V, 頻度 30 Hz, 持続時間 5 msec の矩形波によった. 刺激部位は Fig. 2 に示した通りであり, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>…… と呼称しておく. これら刺激点の距離は約 4 cm である.

刺激効果はつぎのようにして求めた. 腸管内に挿入した balloon 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 (Fig. 1).

## 成 績

### 1. intestinal nerve of Remak の観察

小腸と大腸の両部位にわたって走っている, 一本の神経幹が intestinal nerve of Remak (INR と略称する) と呼ばれている. 著者らはまず, 小腸と大腸

の接続部位における INR の形態を, 解剖学的に検索した. 便宜上, 小腸領域の INR を INR(s), 大腸領域のそれを INR(L) と仮称しよう.

まず, 開腹した供試鶏の腸管を腹腔外に露出し, INR(L) を口側に向かって追跡した. その結果は Fig. 2 の通りである. 回腸, 盲腸および結腸の接合部に位置する腸間膜内で, INR(L) は, そのまま INR(s) となる. つまり, 接続したままで移行し, 一本の神経幹として観察される. INR(s) は, *A. mesenterica cranialis* の *Ramus jejunoileus* に密着して口側に進むにつれて血管から離れ, 平行的に走り, 腸管に分枝を出しつつ口側に向う. そして空回腸の起始部, つまり十二指腸との境界部まで走ると, 背側から腸壁に進入してしまう. このため, 腸管外からの追跡は全く不可能になる.

### 2. INR(s) 刺激に対する小腸の反応

ニワトリの小腸は, 十二指腸と空回腸の 2 部分に区別されている. そこでまず, 空回腸の反応を検討した. balloon は, 空回腸のほぼ中央に存在するメッケル憩室の部位に挿入した. メッケル憩室部を選択したのは, 多数の供試鶏について, 位置のズレがないことを期待したからである.

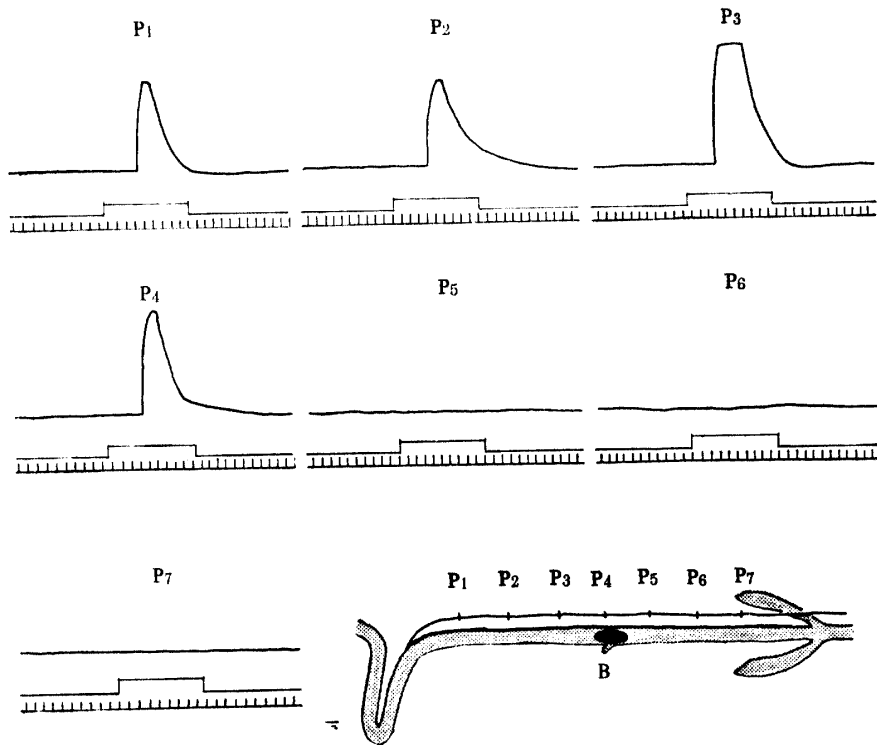


Fig. 3. Effects of stimulation of INR(s) upon the small intestine.

Taking tracings in their order from above downwards, response of the part of Meckel's diverticulum, signal of stimulation and time mark.

Time, 1 sec. intervals.

P<sub>1</sub>-P<sub>7</sub>, each position stimulated.

B, the position of balloon inserted.

#### (1) INR(s) intact の反応

成績は、Fig. 3 に示した通りである。P<sub>1</sub>~P<sub>4</sub> を刺激した場合は、すべて一様に緊張が上昇した。しかし、P<sub>5</sub> より尾側の諸点を刺激しても反応は認められなかった。つまり、メッケル憩室より口側の刺激に対しては反応し、これより尾側の刺激は無反応、ということである。

なお、Fig. 3 から判るように、刺激すると、かなり長い刺潜時の後に、緊張が上昇する。また、刺激を持続している間に緊張が下降する。緊張上昇のとき、内圧曲線の立ち上がりの傾斜は急峻であるが、下降の傾斜は緩徐であった。

#### (2) INR(s) 切断後の反応

INR(s) を intact で刺激した成績から、INR(s) 中にメッケル憩室部の腸管、すなわち空回腸を促進的に支配する神経線維が含まれていることを知った。刺激点と反応の結果からみて、impulse は口側→尾側に伝導する、ものと推定された。この推定を、さらに実証するために INR(s) の切断実験を行なった。

INR(s) は、P<sub>2</sub> と P<sub>3</sub> の間、すなわちメッケル憩

室よりも口側の部位で切断した。断端よりも口側の部位で切断した。断端より口側の諸点 (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>) および尾側の諸点 (P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>) を刺激し、メッケル憩室部の反応を観察した。

結果は Fig. 4 が示す通りである。結果を要約すると、(1) 神経切断点より口側の刺激に対しては反応しない、(2) 切断点よりは尾側であるが、しかしメッケル憩室より口側 (P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>) を刺激すると、非切断時とほぼ同様に緊張が上昇した、(3) メッケル憩室より尾側 (P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>) を刺激しても無反応、という成績である。

#### 3. INR(s) と INR(L) との機能的関係

前述の成績から、INR(s) が小腸を支配することは明らかである。ところで、INR(L) が大腸を支配する事実は、既に安川ら<sup>3)</sup> が報告している。繰り返すようだが、目睹観察に関するかぎり、この両神経は接続している、としか見えない。両神経が解剖的所見で、どのように接続していようとも、著者らの成績によれば機能的には断絶している、というほかない。機能的にはつながっていない、と解される。この見解を実験的

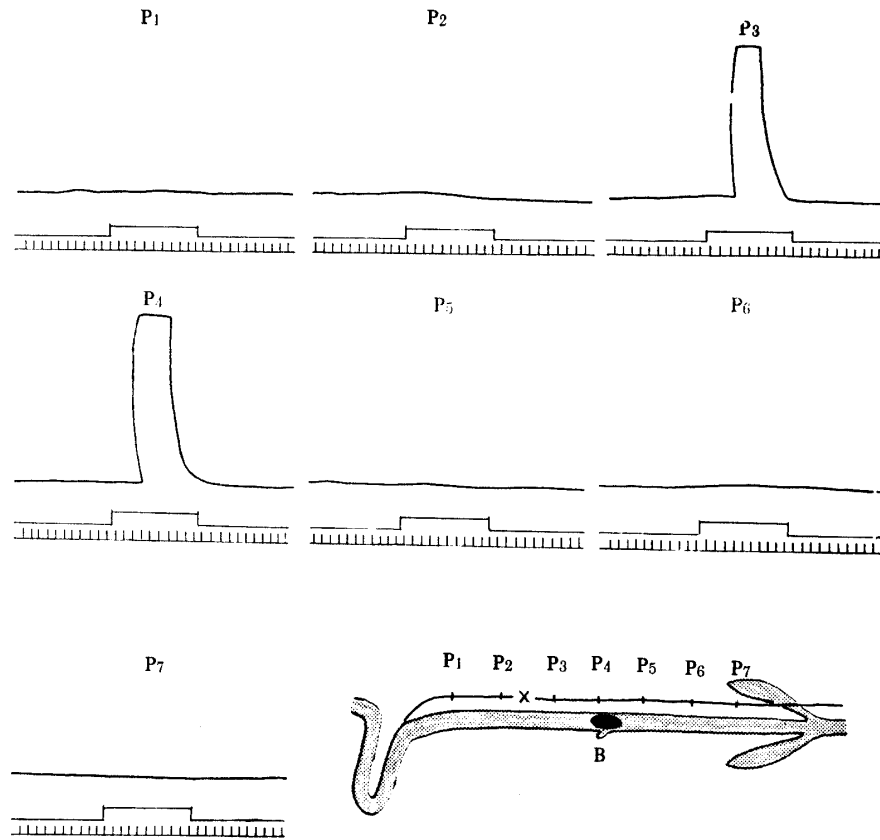


Fig. 4. Effects of stimulation of INR(s) upon the small intestine after severing the INR(s) between P<sub>2</sub> and P<sub>3</sub>

P<sub>1</sub>-P<sub>7</sub>, each position stimulated.

B, the position of balloon inserted.

に裏付けるために、つぎの方法で吟味した。balloonを小腸と大腸の2カ所に導入した。前者のメッケル憩室部、後者は結腸中央部である。INR(s)をP<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>の諸点で刺激し、INR(L)を結腸中央部に対応する点(PLと略称する)で刺激した。

INR(s)の諸点を刺激したとき、空回腸におよぼす影響が、前述と同様なことはいうまでもない。つまりP<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>の刺激で反応し、P<sub>5</sub>で無反応である。注目したのは結腸であるが、なんの反応も起らなかった。つぎにINR(L)の刺激に対しては、大腸の緊張上昇が出現するだけで、空回腸の反応は認められなかった(Fig. 5)。結論づけるならば、両神経は相互に独立しており、機能的つながりはない、ことが確認された。

#### 4. INR(s)と迷走神経との関係

哺乳類の小腸が迷走神経によって促進的に支配されることは周知の事実である。ニワトリの迷走神経についてはNOLF<sup>4)</sup>が、十二指腸を支配する促進性および抑制性の両線維が含まれる、と報告している。しかし、空回腸に対する支配効果には触れていない。渡

辺<sup>5)</sup>は解剖学的に追究した結果、ニワトリの迷走神経は延髄背内側を下降して腺胃に達し、さらに筋胃、十二指腸に分布する、という。しかし、空回腸へ分布するかどうか、に関しては報告していない。

ところで、これら諸報告と、著者らのえた成績を総括すると、つぎのような推定が成り立つ。つまり、INR(s)は迷走神経の末梢であろう、という推定である。この推定を検討する目的でわれわれは解剖的に追跡してみた。しかし、認むべき成績がえられなかった。そこで、機能的に追跡することにした。実験方法はつぎの通りである。迷走神経腺胃枝を腺胃漿膜面から慎重に分離し、刺激点(Pv)を設定した。また十二指腸、メッケル憩室部および結腸中央部の3カ所にballoonを導入して、反応を観察した。

Pvを刺激した結果はFig. 6に示された通りで、十二指腸とメッケル憩室部はともに反応し、緊張が上昇した。つぎに、迷走神経を腺胃枝のほぼ中央で切断してから、中枢、末梢の両断端に刺激を与えてみた。末梢端(Pvp)の刺激に対する反応は、神経切断前と

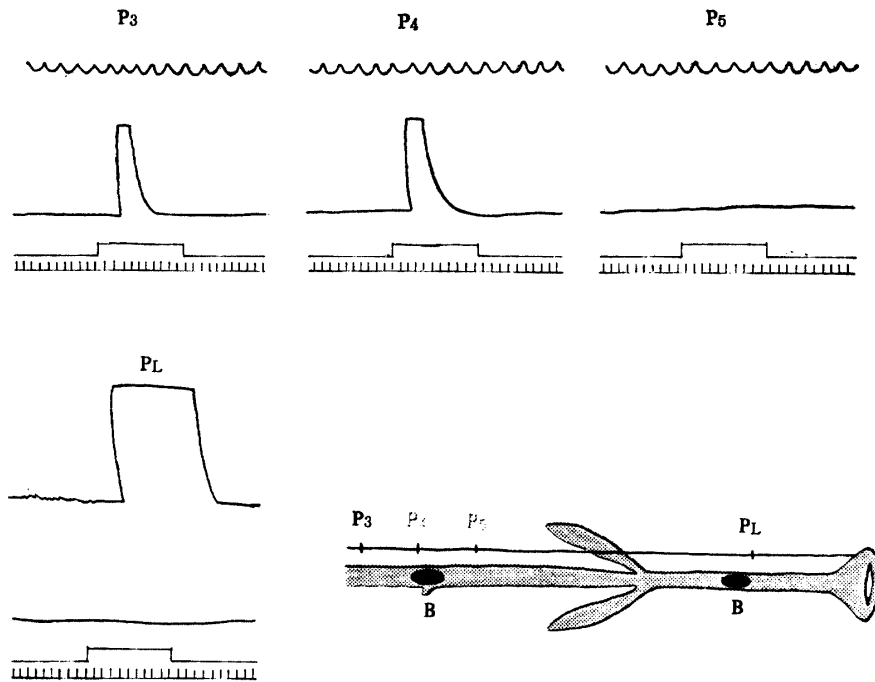


Fig. 5. Effects of stimulation of INR upon the small intestine and large intestine

Taking tracings in their order from above downwards, response of the middle part of *colon*, response of the part of Meckel's diverticulum, signal of stimulation and time mark.

P<sub>3</sub>-P<sub>5</sub> and PL, each position stimulated.

Time, 1 sec. intervals.

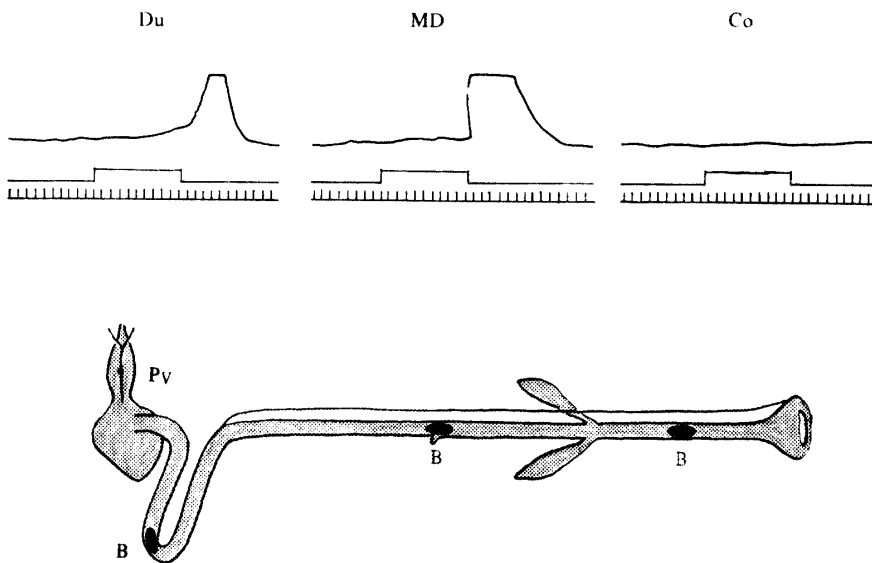


Fig. 6. Effects of stimulation of *N. Vagus (Rr. gastrici glandulares)* upon the small intestine and large intestine

Du, *Duodenum*. MD, the Meckel's diverticulum. Co, *Colon*.

Pv, the stimulated position.

B, the positions of balloon inserted.

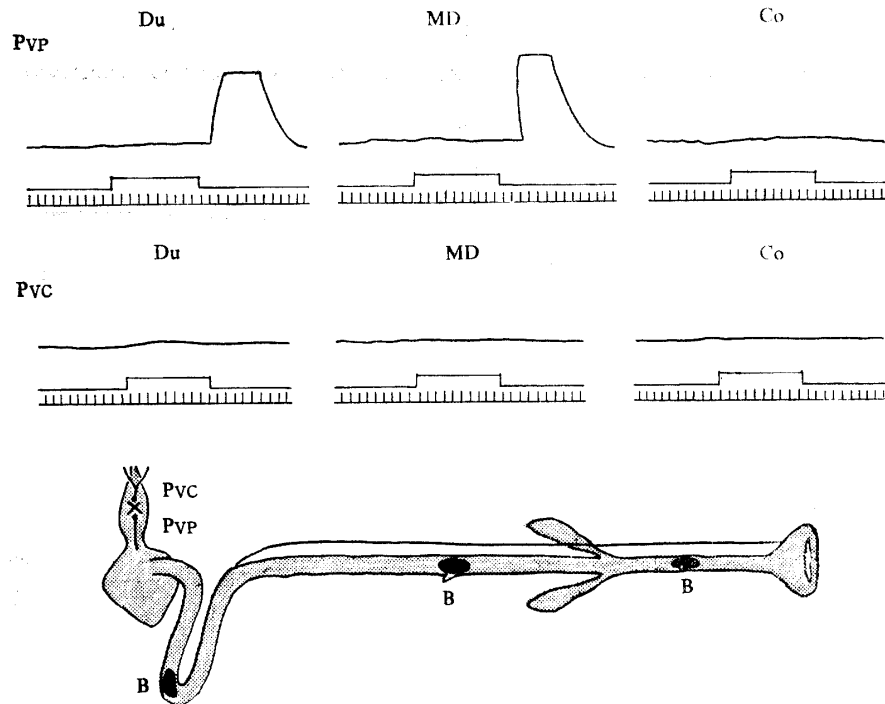


Fig. 7. Effects of stimulation at peripheral cut-end as well as the central one of *N. Vagus (Rr. gastrici glandulares)* severed on the *Proventriculus* upon the small intestine and large intestine

PVP, the stimulated position at the peripheral cut-end. PVC, the stimulated position at the central cut-end.

Du, *Duodenum*. MD, the part of *Meckel's diverticulum*. Co, *Colon*. B, the positions of balloon inserted.

全く同様である。中枢端 (PVC) の刺激に対してはすべて無反応であった (Fig. 7)。

なお、メッケル憩室部における刺潜時を測定したところ、迷走神経刺激の場合は約 11 sec であった。これに対し、INR(s) と刺激したときのそれは 5 sec 以下であった。つまり、迷走神経刺激の刺潜時は INR(s) のそれより、明らかに長いわけである。

## 考 察

1. INR(s) に刺激を与えると、それに応じて小腸 (空回腸) が反応し、緊張が上昇する。この成績から、INR(s) 中に空回腸を促進的に支配する神経線維が存在する、と断定してよい。では impulse は、どのような方向に伝導するのか？ この神経の中枢側、末梢側の方向性はどのようになっているのか？ この点を吟味する目的で、P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>…などの刺激部位を設定したのである。

実験結果は、(1) balloon 挿入部位よりも口側の刺激に対しては反応するが、尾側に与えた刺激は無効である、(2) 神経を切断して、断端と balloon 挿

入部の間を刺激すると反応する。それ以外を刺激しても反応はない、などである。したがって、(1) 促進性線維は遠心性である、(2) 中枢は口側で、末梢は尾側である、ことが確かめられた。要するに INR(s) 中には空回腸を促進的に支配する遠心性線維が含まれ、impulse は口側から尾側に伝導する、ことを知った。

2. 解剖的外観からみると、INR(s) と INR(L) は接続している。KAUPP<sup>1)</sup> も VAN CAMPENHAUT<sup>2)</sup> も、この外観にもとづいて *intestinal nerve* と命名したに違いない。はたして、両神経が接続しているかどうか？ これを機能的に追跡してみた。これによると、(1) INR(s) を刺激しても大腸は反応しない、(2) INR(L) を刺激しても小腸は無反応である。したがって、外観にもかかわらず、両神経の間には機能的なつながりがない、ことは明白である。

ところで、impulse 伝導の方向は INR(s) と INR(L) は正反対といえよう。前者は口側→尾側であり、後者のそれは尾側→口側なのである。言いかえると、前者の中枢側は口側に位置し、後者のそれは尾側に位

置している。外観上の接続は、両者の末梢の触れあいとなる。したがって機能的には、格別の矛盾は考えられない。なお、両神経とも腸管に対し、促進的な遠心性線維を送ることは共通している。ただ支配領域が違っている。VAN CAMPENHAUT<sup>2)</sup>は、INRの交感神経系に属するという。しかし、少なくとも機能面からみれば副交感神経系に属する、というほかない。

ところで、両神経の相違点を挙げると、支配領域の差のほかに、求心性線維の問題がある。安川ら<sup>3)</sup>が指摘したように、INR(L)には呼吸抑制につながる求心性線維が存在する。この線維は排糞運動に関連することであり、INR(s)に欠けているのは当然である。いままでの成績では、どのような求心性線維も示されていない。また、INR(L)には局所反射路の存在を認めしたが、INR(s)には認められない。

3. 周知のように、哺乳類の迷走神経は小腸を支配している。ところがニワトリの場合、迷走神経の支配領域は、解剖的にも機能的にも明確でない。NOLF<sup>4)</sup>は、迷走神経が十二指腸支配の促進性、および抑制性の線維を持つ、という。渡辺<sup>5)</sup>の解剖学的報告によると、延髄の背内側から出発した左右迷走神経は、支配器官のそれぞれに分枝を出しつつ、頸部、胸部を下降して、腺胃近位端に到達する。腺胃背外面で左右が合一し、その後、再び二枝に分かれ、右側は筋胃腹面に分布する。左側は筋胃背面に進み、大部分が幽門部、一部が十二指腸に分布し、胃十二指腸神経叢をつくる、と述べている。しかし、十二指腸以後の小腸(空回腸)に分布し、支配するかどうか? この問題は答えられていない。

さて、著者らの成績からみて、INR(s)は迷走神経の末梢ではなからうか、という推定がもたれた。この推定を解明する意図で、実験が行なわれた。その結果(1)迷走神経を刺激すると、十二指腸のみならず、空回腸も収縮する、(2)腺胃部で迷走神経を切断してから末梢端を刺激しても、やはり空回腸の収縮が起ころ、(3)迷走神経およびINR(s)を刺激したときの空回腸の収縮を比較すると、前者の刺潜時が後者のそれより長い、という点以外は格別の差が認められない、などの成績をえた。

この成績は、著者らの推定が正しい、ことを証明す

るであろう。つまり、迷走神経の走行はつぎのように結論される。筋胃、十二指腸に走り、十二指腸の腸壁内に進入する。これが空回腸の起始部附近で、再び腸管外に進出し、これ以後は空回腸に沿って、腸間膜内を尾側に走る。十二指腸壁の組織学的検索は行なっていないが、この走行以外はありえない。従来の、迷走神経とINRに関する断片的知見は、著者らの成績によって、矛盾なく統一的に把握された、といえよう。一言でいうならば、INR(s)は迷走神経の末梢そのものの、ということである。これ以外の解釈は考えられない。

## 要 約

ニワトリの小腸と大腸に沿って走る神経は、intestinal nerve of Remak と呼ばれている。この名称は、解剖学的所見にもとづいているが、走行も明確でないし、機能に関する知見は全く見当たらない。そこで、著者らのうち安川ら<sup>3)</sup>は、大腸領域を走る本神経について追究し、大腸支配を解明し報告した。これに続いて、小腸領域において本神経を刺激し、支配効果を吟味してみた。この成績を要約すると、つぎの通りである。なお、便宜上、小腸領域に位置するintestinal nerve of Remak をINR(s)、大腸領域のそれをINR(L)と略称して、区分しておく。

1. INR(s)は、小腸(十二指腸および空回腸)を促進的に支配する遠心性線維を含む。
2. INR(s)とINR(L)は、解剖的外観にもかかわらず、機能的なつながりはない。
3. INR(s)は、迷走神経の末梢部分である。

本論文の要旨は、第72回日本獣医学会に発表した。

## 文 献

- 1) KAUPP, B. F.: *The Anatomy of the Domestic Fowl*, W. B. Saunders Comp. (1918)
- 2) VAN CAMPENHAUT, E.: *Anat. Rec.*, **56**, 111 (1933)
- 3) 安川正敏・長野慶一郎・石黒茂: 鹿大農学術報告, **21**, 205 (1971)
- 4) NOLF, P.: *Physiol. Abst.*, **11**, 170 (1927)
- 5) 渡辺 徹: 日獣誌, **22**, 145 (1960)

## Summary

The nerve distributed along the small intestine and large intestine in the fowl is named "intestinal nerve of Remak" by VAN CAMPENHAUT. YASUKAWA *et al.* reported previously the innervation of this nerve transferred to the regions of large intestine. The present study was

made on its innervation transferred to the regions of small intestine. For convenience's sake, the authors call the intestinal nerve of Remak in the regions of small intestine INR(s), that in the regions of large intestine INR(L) for short.

The results obtained are summarized as follows:

1. The INR(s) contained the efferent fibers which exert an excitatory effect upon the movement of small intestine (*Duodenum* and *Jejunoleum*).
2. It seems that INR(s) composes a single nerve together with INR(L). Nevertheless there is no functional connection between the INR(s) and INR(L).
3. The INR(s) is recognized as a peripheral part of the *N. Vagus*.