

鶏消化管における内容物輸送に関する研究 II

誌名	日本獣医学雑誌 = The Japanese journal of veterinary science
ISSN	00215295
著者	小黒, 捷義 池田, 三義
巻/号	36巻6号
掲載ページ	p. 513-523
発行年月	1974年12月

Studies on the Transit of the Content in the Chicken Gastro-Intestine

II. Relationship between Movements of Gizzard and Duodenum and the Transit of Contents in the Small Intestine

Katsunori OGURO* and Miyoshi IKEDA**

*Department of Veterinary Pharmacology, Faculty of Agriculture,
University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113*

(Received for publication December 18, 1973)

Abstract. In their previous report, the authors suggested that some part of the contents of the duodenum and ileum might be transferred conversely into the gizzard in chickens. It has been presumed that the antiperistalsis of the duodenum may probably be one of the factors of this phenomenon. Therefore, the present experiments were carried out to observe the relationship between the movements of the gizzard and duodenum and the transit of the contents of the duodenum.

1. By the abdominal-window method, it was witnessed that the movement of the gizzard was a strong and globular contractile one, that the peristalsis of the duodenum was an induced movement, and that immediately after the end of peristalsis occurred the anti-peristalsis once or three times.

2. Relationship of the difference in the time of starting between the movement of the gizzard and that of the duodenum was observed simultaneously by the electromyographic, mechanographic, and abdominal-window methods. It was clear that the peristalsis of the duodenum occurred in the contractile period of the gizzard and that the antiperistalsis of the duodenum appeared in the relaxing period of the gizzard. The contractile pressure of the movement of the gizzard was 150-170 mm Hg.

3. Approximately 100 mg of bilirubin was measured in the gizzard. A volume of 0.2 ml of the marker ($\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$) warmed at 38°C was injected selectively into the duodenum through a cannula which had been inserted chronically into the hepatic bile duct. In 1 hour, 18.9% of the dosed radioactivity was distributed in the gizzard.

4. In an *in vivo* experiment, atropine (0.2 mg/kg intramuscularly) suppressed markedly the contractile force and frequency of the movement of the gizzard and of the peristalsis of the duodenum. On the other hand, the contractile force of the antiperistalsis of the duodenum decreased slightly, but its frequency increased markedly. In these conditions, the same volume of the marker was injected into the duodenum, but no dosed radioactivity was distributed in the gizzard in 1 hour. The quantity of the marker distributed in the upper segment of the duodenum was larger in an atropinized chicken than in an intact chicken. It was approximately equal to that distributed in the gizzard in the intact chicken. There was no difference in the quantity of the marker in the lower segment of the duodenum or in the small intestine between the atropinized and the intact chickens.

5. From these experimental results, it was made clear that some part of the contents of the duodenum was regurgitated into the gizzard. Furthermore, it was assumed that some part of the intestinal contents around the opening of the bile duct into the duodenum

Present address:

* Research Laboratories, Kohjin Co., Ltd., 51 Komiya-cho, Hachioji-shi, Tokyo 192

** Department of Veterinary Medicine, School of Animal Science, Kitasato University, Towada-shi, Aomori 034

might be transferred conversely into the gizzard by the interaction between the anti-peristalsis of the duodenum and the change in pressure of the relaxing movement of the gizzard in the absence of the functional sphincter pylori.

鶏消化管における内容物輸送に関する研究

II. 筋胃および十二指腸の運動と内容物の移動について

小黒捷義・池田三義

東京大学農学部家畜薬理学教室

前回の報告 [19] では、腺胃内へ経口投与した標識溶液は、口側から尾側へ移動する経過中、ある時点で、小腸中央部の内容物の一部が口側へ移動し、筋胃へ逆流すると解される興味ある知見を得た。

鶏の消化管運動について、従来、食道筋 [9] および小腸 [7] では、*in vitro* の実験で収縮運動を、筋胃では *in situ* の実験で、収縮運動に伴う内圧の変化が記録された [1, 10, 13-15]。さらに腹窓法を用いて筋胃、十二指腸および盲腸の運動の同時観察が行なわれた [2, 25, 26]。また、筋胃内の内容物は通常、緑褐色を呈することが知られているが、その要因が胆汁色素にあることが示唆された [6, 20]。

安川は腹窓法により筋胃および十二指腸の運動を観察し、十二指腸における強力な逆蠕動を認め、これによって胆汁や糜液が筋胃内に流入するのであろうと推察した [25]。また、藤田は鶏の消化管運動の特異性として、鶏の小腸片はモルモットのそれと異なり、*atropine* により運動が亢進することを述べた [7]。一方、筋胃運動が *atropine* により抑制されることは、すでに知られている [1, 13-15]。

そこで、小腸内容物の筋胃への逆流を示唆した前報の結果を、さらに明らかにするため、筋胃と十二指腸の運動について、腹窓法による目録観察、ならびに電気生理学のおよび機械的方法で同時記録を行ない、それぞれの運動を明らかにするとともに、運動に伴う内容物の移動を検討した。

実験材料および方法

1. 腹窓法および電気生理学的ならびに機械的方法

腹窓法は安川 [25] らが行なった方法に準じた。すなわち、あらかじめ 24 時間絶食した体重約 1 kg の

雄鶏を、背位に保定し、サイアミラーゼナトリウム麻酔下で、右側腹部を長さ 6 cm 開腹し、最後位肋骨を約 2 cm、胸骨の一部を幅 2 cm、長さ 4 cm 切り取り、あらかじめ消毒した合成樹脂製の腹窓板 (幅 5 cm、長さ 7 cm の楕円形のもの) をはめ込み、腹筋に縫合固定した。

筋胃の収縮圧の測定は、容積 3 ml のバルーンを筋胃内に挿入し、カテーテルを介して水銀マンオメーターに誘導し、その運動に伴う内圧変化をキモグラフ上に記録した。しかし、筋胃および十二指腸の運動については、各運動に応じて生起する筋電図、および漿腹下に埋没したマイクロバルーンの圧変化を、松浦らの方法 [15] に準じて、同時記録した。すなわち、サイアミラーゼナトリウム麻酔下で鶏を開腹し、十二指腸を露出し、漿液膜を約 3 mm メスで切り、その間隙に双極電極 (電極間隔 2~3 mm、径 0.3 mm のエナメル線の先端に、0.5 mm 程度のハンダ球を付着したもの) およびマイクロバルーン (短径 3 mm、長径 5 mm) を挿入した。十二指腸では、両者の間隔は縦走筋に沿って約 3~5 mm とし、口側と尾側との距離は約 10 cm とした。双極電極およびマイクロバルーンは、十二指腸後半部に、屈曲部を避けて埋没した。バルーンおよび電極の導線を縫合系で腹筋に固定し、体動および外的刺激によっても、はずれないようにした。

筋胃の場合、左側腹部を約 1 cm 開腹し、筋胃の外側筋 (*M. lateralis*) にメスで小さい切口を作り、上述の双極電極とマイクロバルーンを埋没した。双極電極とマイクロバルーンを埋没する場合の両者間の距離は、筋胃では同一の切口に両者を密着させて装着した。さらに、腹窓法を併用する場合には、前述した双

極電極およびマイクロバルーンを、筋胃および十二指腸に埋没したのち、前述の腹窓を装着した。これらの手術後、約5日で正常な採食状態に復した。

筋胃および十二指腸の運動を誘導記録するため、マイクロバルーンによる圧変動は、電気圧力計（三栄測器、1206 B 型）を介して、また双極電極による筋電図は生体増幅器（三栄測器、1205 型）を介して、記録紙上に同時記録した。

2. 胆汁色素の検出

筋胃内における胆汁色素の検出は、Harrison 法 [21] によった。あらかじめ 24 時間絶食させた鶏および採食している鶏（体重 200~300 g）の筋胃内容物および胆嚢内の胆汁を、20% クロロホルム・アルコール溶液に溶解し、その濾液に 2 ml の Fauchet 試薬 1 ml を加え、さらに 20% クロロホルム・アルコール溶液を加え、全体を 10 ml とした。この溶液を 37~40 °C、20~30 分間 incubate したのち、日立分光光度計（波形 560 m μ ）によって測定した。採餌しているラットおよびモルモットの場合も、全く同様にして測定した。

3. 標識物 (Na₂⁵¹CrO₄ 水溶液) の胆管内局所注入

あらかじめ 24 時間絶食させた鶏（体重 200~300 g の雄雛）を背位に保定し、抜毛消毒後、右側腹部を開腹し、胆管を露出し、その肝臓側を結紮し、腸管側の胆管内に長さ約 8 cm のポリエチレンカニューレ (PE 10) を挿入し、固定して縫合した。手術後、餌を自由に与えて、約 2 日後、ほぼ正常に復した。

このように、あらかじめ装着した胆管カニューレ内に、約 38 °C に加温した Na₂⁵¹CrO₄ 溶液 0.2 ml を注入し、1 時間放置した後、クロロホルムで殺し、筋胃、十二指腸および小腸を摘出し、それぞれの内容物を 10% NaOH 溶液で溶解し、全量を 20 ml とした。その 2 ml を用い、ウェル型シンチレーションカウンター（東京原子工業株式会社製）で放射能 (γ 線) を測定した。

実験成績

1. 腹窓法による筋胃および十二指腸の運動の観察

腹窓法による観察において、筋胃では、強力な収縮—弛緩の運動が生起し、その運動の回数は 1 分間に 3 回であった。このような筋胃の収縮直後、十二指腸の正蠕動が 1 回生起し、この正蠕動は幽門部から十二指腸下部へ向かって、瞬間的に速やかに伝達された。1 回の正蠕動に引き続いて、十二指腸下部から上部へ逆

蠕動が 1~3 回連続して生起した。

2. 電気生理学および機械的方法による筋胃および十二指腸の運動の観察

腹窓法により、筋胃および十二指腸の運動を目睹観察したところ、前述のような特徴ある運動を認めた。そこで、筋胃運動周期と十二指腸運動周期との時間関係を観察するため、電気生理学および機械的方法を用いて、記録することを試みた。

まず、腹窓法により目睹観察した筋胃運動を、筋胃内に挿入したバルーンの内圧変化として記録したところ、筋胃の最大収縮圧は 150~170 mmHg、収縮期は約 10 秒、弛緩期は約 3 秒、続いて静止期は約 7 秒であることが明らかとなった。しかし、十二指腸運動については、バルーン挿入時の外科的侵襲のため、収縮運動は記録できなかった。そこで、十二指腸内へのバルーン挿入の代わりに、漿膜下にマイクロバルーンを埋没し、十二指腸の運動をその運動に伴うマイクロバルーンの内圧変化として記録することとした。

腹窓法の観察で認められた筋胃運動および十二指腸の正蠕動と、それに引き続いて 1~3 回生起する逆蠕動は、平滑筋筋電図、ならびに運動に伴うマイクロバルーンによる筋層収縮圧として誘導記録し得ることを確かめた。その結果、筋胃運動では、収縮から弛緩までに要する時間は 20.0 \pm 0.5 秒（7 例平均値土標準誤差）、最大収縮までの所要時間は 6.8 \pm 0.2 秒であり、静止期は 5~6 秒であった。

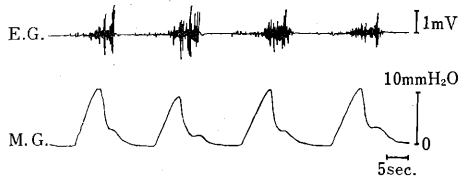
一方、マイクロバルーンの記録から、運動の収縮期に現われる圧は、筋胃内圧変化の約 1/200 の 10 mm H₂O として記録された。平滑筋筋電図では、運動に応じて spindle burst が誘起された (Fig. 1)。これらの運動は 15.0 \pm 0.15 回/5 分（7 例平均値土標準誤差）の頻度で、周期的に生起した。

十二指腸では、正蠕動または逆蠕動に伴い、平滑筋筋電図による spindle burst と、埋没したマイクロバルーンによる筋層収縮圧変動とは、ほぼ一致して記録された (Fig. 2)。しかし、十二指腸では、双極電極から得られた平滑筋筋電図では、基線が振れ、spindle burst は不明瞭であり、双極電極による筋電図よりマイクロバルーンによる方法が正確に十二指腸運動を誘導記録できることを知った。

そこで、筋胃に双極電極を、十二指腸後半部の口側と尾側には、マイクロバルーンを漿膜下に埋没し、さらに腹窓法を併用して目睹観察した。

その結果、目睹観察による十二指腸の正蠕動は、埋没

Fig. 1. Electromyogram and mechanogram of the gizzard



Remarks.

E.G.: Electromyogram, and M.G.: Mechanogram.

Fig. 2. Movements of the gizzard and of the duodenum



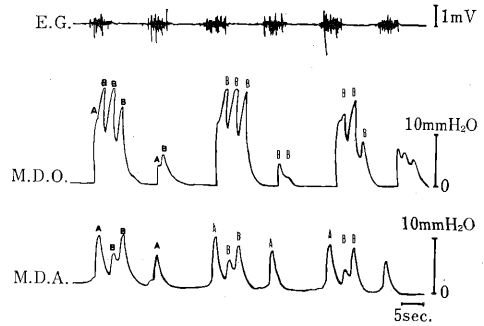
Remarks.

E.G.: Electromyogram of the gizzard.
 E.D.O.: Electromyogram of the duodenum on the oral side.
 M.D.O.: Mechanogram of the duodenum on the oral side.
 E.D.A.: Electromyogram of the duodenum on the anal side.
 M.D.A.: Mechanogram of the duodenum on the anal side.

マイクロバルーンによる筋層収縮圧では、5~10 mm H₂O の圧変化として観察される。このような十二指腸の正蠕動は、筋胃の収縮開始後 (3.8 ± 0.2 秒後、7例平均値±標準誤差) に幽門部から生じ、 6.9 ± 0.3 秒後に最大収縮圧がみられ、 5.2 ± 0.6 秒後に十二指腸下部に終わり、約 16 秒の間隔をおいて、つぎの正蠕動が生起した (Fig. 3)。

つぎに、十二指腸の逆蠕動は、埋没マイクロバルーンによる筋層収縮圧では、5~15 mm H₂O の圧変化として観察され、十二指腸の正蠕動に後続して、1~3回生起した (Fig. 3)。1回目、2回目および3回目の逆蠕動は、筋胃が収縮し始めてから、それぞれ 7.5 ± 0.2 秒後 (7例平均値±標準誤差)、 10.0 ± 0.2 秒、 12.4 ± 0.3 秒後に、すなわち、十二指腸の正蠕動の終了に

Fig. 3. Movements of the gizzard and of the duodenum



Remarks.

E.G.: Electromyogram of the movement of the gizzard.
 M.D.O.: Mechanogram of the movement of the duodenum on the oral side.
 M.D.A.: Mechanogram of the movement of the anal side.
 A: Peristalsis of the duodenum.
 B: Antiperistalsis of the duodenum.

続いて、十二指腸下部から上部に向かって生起した (Fig. 3)。

以上の成績で、筋胃においては収縮に伴い、強力な内圧 (150~170 mmHg) が生起した。また、筋胃運動と十二指腸運動が生起する時間的關係をみると、十二指腸の正蠕動は、筋胃運動の収縮期に生起し、この正蠕動終了に引き続き、筋胃運動の弛緩期および静止期に、十二指腸の逆蠕動が 1~3 回生起することを認めた。

3. 筋胃内容物中における胆汁色素の検出

周知のように、通常、鶏の筋胃内容物は緑褐色を呈する。これは十二指腸後半部に開口する胆管から排出された胆汁が、筋胃内に移動したためと考えられている。そこで、絶食または採餌している鶏、および採餌しているラット、モルモットの胃内容物について、胆汁色素の検出を行なった。その結果、絶食鶏および採餌鶏のいずれでも、筋胃内に約 100 mg の胆汁色素が検出されたが、ラット、モルモットの胃内にはみられなかった (Table 1)。鶏では、筋胃内の胆汁色素は、おそらく胆管から十二指腸を経て、筋胃に移行したものであろう。

4. 胆管内に注入した放射性 ⁵¹Cr 標識 Na₂⁵¹CrO₄

水溶液の筋胃内への移動

鶏では、ラットおよびモルモットの胃と異なり、筋

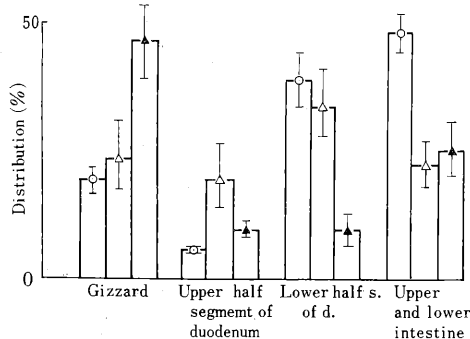
Table 1. Bilirubin content in the gizzard and gallbladder of chicken and in the stomach and gallbladder of guinea pig and rat

Organ	Intact chicken	Starved chicken	Intact guinea pig	Intact rat
Gizzard	108.4±18.3	104.4±10.2		
Gallbladder	34.4± 2.2	56.8±19.7	53.8±3.2	
Stomach			Negligible	Negligible

Remarks.

Each value is expressed as mean (mg/organ) ± standard error of 5 individuals.

Fig. 4. Effect of volume of saline solution administered per os on the distribution of the marker ($\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$) injected into the duodenum through a hepatic-bile duct cannula in each segment of the gastrointestinal tract of chicken



Remarks.

O: Control value of each segment of the gastrointestinal tract 1 hour after local injection with 0.2 ml of the marker into the duodenum. 1 ml (△) or 3 ml (▲) of saline solution was administered per os immediately after the local injection with the marker into the duodenum, and the 1 hour distribution of the marker in the gastrointestinal tract was observed in each group. Each value is expressed as mean (%) ± standard error of 5 chickens.

胃内に胆汁色素が検出された。そこで、胆汁色素の筋胃内への移行が考えられる。これを明らかにするため、次の実験を試みた。

あらかじめ胆管内に挿入したカニューレを介して、 $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ 溶液 (38°C に加温) 0.2 ml を注入し、1 時間後の筋胃、十二指腸および小腸に分布した $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ を測定した。

消化管各部位の $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ の分布を、投与した総放射能に対する比として表わしたところ、筋胃では 18.9±4.0% (5 例平均値±標準誤差) が観察された。

十二指腸前半部では、ほとんど分布はなく (5.0±1.0%)、十二指腸後半部では 39.1±5.3% 空回腸では 48.0±4.7% が検出された (Fig. 4)。このことから、胆管を介して十二指腸内に注入した $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ 溶液の大部分は、尾側に輸送されるが、その一部は逆方向に輸送され、筋胃内まで移動することを示唆する結果を得た。

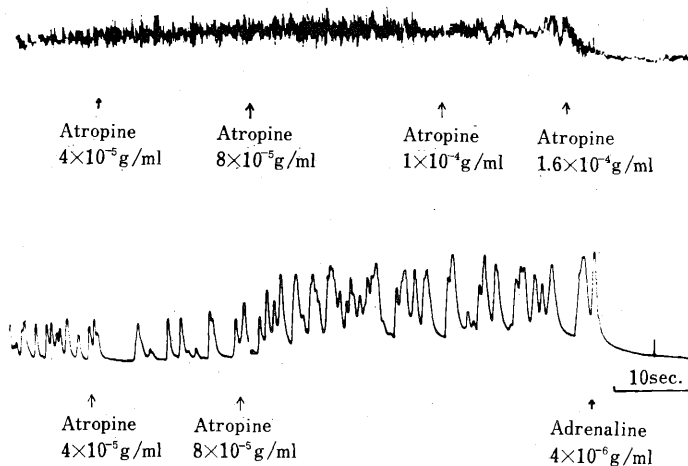
また、前報告 [19] のように、腺胃内に一定量の溶液を与えた場合、その容量により、筋胃および十二指腸の内容物輸送への影響が考えられる。そこで、胆管カニューレに $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ 溶液を 0.2 ml 注入すると同時に、腺胃内へ生理食塩水 1 ml および 3 ml を注入し、1 時間後の筋胃、十二指腸および小腸内の放射能を測定した。

その結果、腺胃内に 1 ml の生理食塩水を与えた場合、投与した $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ の総放射能の 23.9±6.5% (5 例平均値±標準誤差)、3 ml の生理食塩水の投与では、46.3±7.1% の放射能が、筋胃内で検出された。しかし上述のように、腺胃内に生理食塩水を投与しない場合には、筋胃で 18.9±4.0% が検出された (Fig. 4)。すなわち、腺胃内に一定の限度で溶液を与えれば与えるほど、十二指腸内容物または下部小腸内容物の一部が、筋胃内へより多く移行することがわかった (Fig. 4)。

5. 筋胃および十二指腸運動におよぼす atropine の影響

まず *in vitro* の Magnus 法により、鶏の十二指腸片に対する atropine の作用を検討したところ、atropine 8×10^{-5} g/ml で収縮し、緊張の上昇がみられた。ラットの小腸片では、atropine $4 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4}$ g/ml で収縮も緊張上昇もみられず、むしろ高濃度の場合 (1.6×10^{-4} g/ml) で弛緩した。このように鶏の十二指腸片は、ラットおよびモルモットの小腸片と異なり、atropine により収縮することを確かめた (Fig. 5)。また筋胃運動が atropine により抑制されることは、

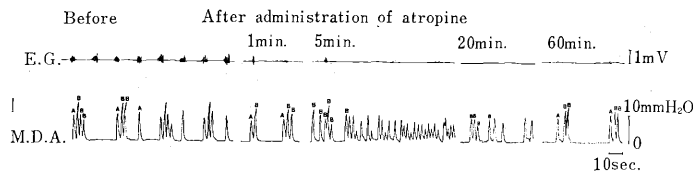
Fig. 5. Effect of atropine on the movement of the duodenum in an experiment in vitro



Remarks.

The upper trace indicates the movement of the duodenum of rat and the lower trace that of chicken.

Fig. 6. Effect of atropine on the movements of the gizzard and of the duodenum in an experiment in vivo



Remarks.

E.G.: Electromyogram of the movement of the gizzard.

M.D.A.: Mechanogram of the movement of the duodenum on the anal side.

A: Peristaltic movement of the duodenum.

B: Antiperistaltic movement of the duodenum.

Dose of atropine: 0.2 mg/kg intramuscularly.

すでに知られている [1, 13-15].

そこで、前述した各種の消化管運動観察法を併用して、24時間絶食させた鶏の筋胃および十二指腸の運動におよぼす atropine の影響を観察した。

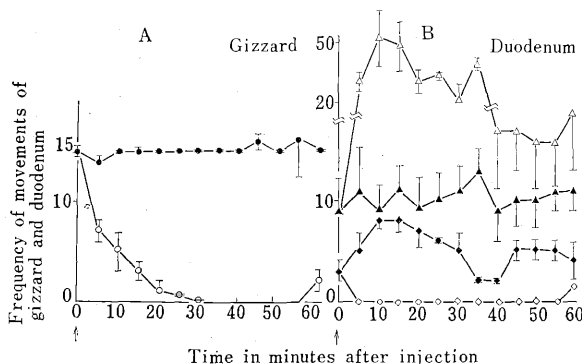
その結果、筋胃では、atropine 投与前の筋胃運動頻数は、 15.0 ± 0.15 回/5分 (7例平均値±標準誤差) であったが、atropine 0.2 mg/kg を筋肉内に投与すると、約5分後に 8.0 ± 1.3 回/5分に減少し、10分後に $5.0 \pm 2.1/5$ 分に、60分後には 2.0 ± 1.5 回/5分となり、著明に抑制された (Figs. 6, 7)。

十二指腸では、正蠕動の頻数が、薬物処置前は 2.0 ± 0.1 回/5分、atropine 投与後5分で著明に抑制さ

れ、または消失し、60分後には $1 \pm 0.9/5$ 分となった。しかし、十二指腸の逆蠕動は、正蠕動と異なり、atropine 投与前では 9.0 ± 3.2 回/5分の運動頻数は、投与後5分から漸次連続して生起するようになった。その頻数は 30.0 ± 5.4 回/5分に増加し、約40分間続く。その後、運動頻数は 14.0 ± 4.3 回/5分に順次減少した。そののち筋胃運動の回復に伴い、十二指腸の正蠕動も徐々に生起し、逆蠕動の頻数は減少し、90分ないし4時間後には正常に復した (Figs. 6, 7)。

また、マイクロバルーンによる筋胃運動の筋層収縮力は、 10.0 ± 0.4 mmH₂O (7例平均値±標準誤差) であった。atropine 投与後約5分では、 2.2 ± 0.5

Fig. 7. Effect of atropine on the frequency of the movements of the gizzard (A) and of the duodenum (B)

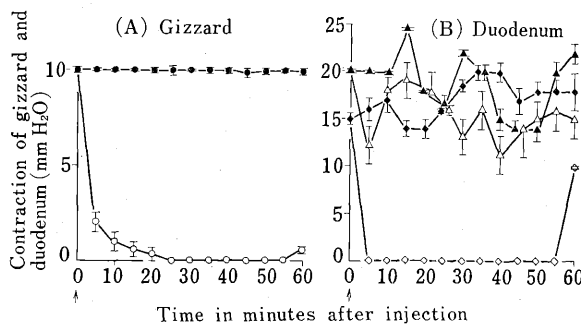


Remarks.

- : Frequency of the movement of the gizzard.
- ◆: Frequency of the peristaltic movement of the duodenum.
- ▲: Frequency of the antiperistaltic movement of the duodenum.

The solid symbol represents a control and the blank one shows a change in the movements of the gizzard and of the duodenum after an intramuscular administration with 0.2 mg/kg of atropine. The drug injection is indicated by arrows. Each dot and vertical bar expressed the mean \pm standard error of 7 chickens.

Fig. 8. Effect of atropine on the contractile force of the movements of the gizzard (A) and the duodenum (B)



Remarks.

- : Contractile force of the movement of the gizzard.
- ◆: Contractile force of the peristaltic movement of the duodenum.
- ▲: Contractile force of the antiperistaltic movement of the duodenum.

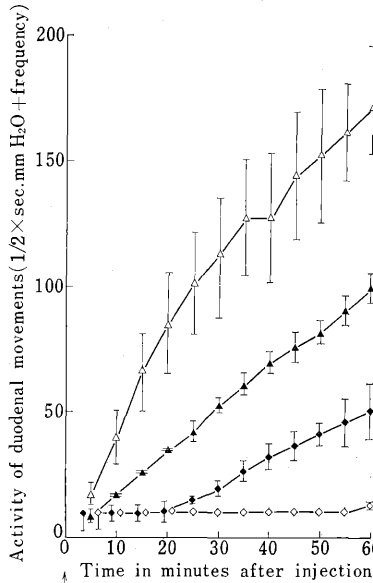
The solid symbol represents a control and the blank one shows a change in the movements of the gizzard and the duodenum after an intramuscular administration with 0.2 mg/kg of atropine (indicated by arrows). Each dot and vertical bar expressed the mean \pm standard error of 7 chickens.

mmH₂O, 10 分後では 1.2 mmH₂O, 0.5 mmH₂O と著しく減少した。25 分以後は全く収縮は消失し, 60 分後に 0.9 \pm 0.2 mmH₂O とわずかに回復した (Fig. 8).

しかし, 十二指腸では, 正蠕動の収縮圧は, atro-

pine 処置前の 15.0 \pm 2.0 mmH₂O が, 投与後 5 分で全く消失し, 約 50 分間続き, 60 分後に 10.0 \pm 1.0 mmH₂O に回復した (Figs. 6, 8)。しかし, 十二指腸の逆蠕動の収縮圧は, atropine 投与前の 20.0 \pm 1.5

Fig. 9. Effect of atropine on the activity of the peristaltic and antiperistaltic movements of the duodenum in chickens



Remarks.

- ◆: Activity of the peristaltic movement of the duodenum.
- ▲: Activity of the antiperistaltic movement of the duodenum.

Activity of the movements of the duodenum is expressed as the summation of a contractile force (mm H₂O) × a period of contraction (second) and frequency of the movements. The solid symbol represents a control and the blank one shows a change in the movements of the duodenum after an intramuscular administration with 0.2 mg/kg of atropine (indicated by an arrow). Each dot and vertical bar expressed the mean ± standard error of 7 chickens.

mmH₂O が、投与後 5 分で 15.0 ± 4.0 mmH₂O に減少し、その後は収縮力は、atropine 投与前より常に低い値を示した (Figs. 6, 8).

腸管の収縮は、その外部に対して、機械的な仕事をするであろうし、それは腸内容物の移動に直接的に関与するであろう。正蠕動または逆蠕動のそれぞれ 1 個の収縮波の仕事量 (収縮力: mmH₂O × 収縮の持続時間: sec × 1/2) を算出し、単位時間 (5 分) 内のすべての収縮波の仕事量の総和をもって、ここでは運動総量と表現する。したがって、この運動総量は、単位時間における腸管の正蠕動、逆蠕動の内容移動への関与

Table 2. Effect of atropine on the distribution of the marker (Na₂⁵¹CrO₄) administered into the duodenum through a chronically cannulated hepatic-bile duct in the gastrointestinal tract of 24 hr starved chickens

Organ	Control	Atropine (0.2 mg/kg) intramuscularly
Gizzard	18.9 ± 4.0	Negligible (4.3 ± 2.6)
Upper segment of duodenum	Negligible (5.0 ± 4.0)	15.0 ± 5.1
Lower segment of duodenum	39.1 ± 5.3	34.4 ± 6.1
Ileum and jejunum	48.0 ± 4.7	36.5 ± 7.0
Recovery ratio	110.0 ± 8.3	90.7 ± 7.9

Remarks. Each value is expressed as the mean (%) ± standard error of 5 chickens.

の量を示すことになろう。

Fig. 6, 8 の数値を用いて、正蠕動、逆蠕動の運動総量を算出し、経時的に積算して示すと、Fig. 9 のようになる。正蠕動の運動総量は、atropine (0.2 mg/kg 筋肉内) 投与により抑制されたが、逆蠕動のそれは逆に増加した ($p < 0.05$).

以上の成績から、atropine 0.2 mg/kg の筋肉内投与により、筋胃運動および十二指腸運動の正蠕動の頻数および収縮力は、著明に抑制ないし消失する。これに反し、十二指腸の逆蠕動とみられる運動は、収縮力は軽度に抑制されるが、運動頻数のみがかえて著しく亢進した。atropine によるこのような現象は、哺乳動物にはみられず、鶏消化管の特徴といえよう。

6. atropine 投与時における十二指腸内容物の筋胃内への移動

Atropine は絶食鶏の筋胃および十二指腸の正蠕動を著明に抑制するが、かえて十二指腸の逆蠕動を亢進させるという成績を得た。atropine 投与によるこのような条件下で、十二指腸内容物の移動を検討した。

胆管内にあらかじめカニューレを挿入して、atropine (0.2 mg/kg 筋肉内) を投与し、同時に胆管カニューレから Na₂⁵¹CrO₄ 溶液 0.2 ml を注入し、1 時間後の筋胃、十二指腸および小腸内における標識物の分布を調べた。その結果、Table 2 に示したように、atropine 無処置鶏の筋胃内に投与した ⁵¹Cr の総放射活性の 18.9 ± 4.0% (5 例平均値 ± 標準誤差) が、atropine 処置鶏ではほとんど分布がみられなかった

($4.3 \pm 2.6\%$). なお、無処置鶏では、十二指腸前半部にはほとんど分布がなく ($5.0 \pm 1.0\%$), 十二指腸後半部に $39.1 \pm 5.3\%$, 小腸には $48.0 \pm 4.7\%$ の分布がみられた. 一方, atropine 処置鶏では, 十二指腸前半部には $15.5 \pm 5.1\%$ と, 無処置鶏の場合よりも多い分布がみられたが, 十二指腸前半部および小腸における分布には, 大差がなかった.

考 察

前回の報告 [19] において, 鶏の消化管で, 下部消化管の内容物が筋胃に逆流すると解される成績が得られた. このような逆流を誘起する要因として, 十二指腸の逆蠕動と筋胃運動に伴う内圧変化が考えられる. そこで, 腹窓法により, 筋胃運動と十二指腸運動を目睹観察したところ, 筋胃運動は強力な収縮運動を繰り返し, 最大収縮時には, 筋胃は球状を呈した. この球状の収縮は大谷 [18] がレントゲン法で観察した筋胃のいわゆる球状収縮に一致すると考えられる. また, 筋胃の蠕動運動は, 安川 [25] の報告ほど明瞭には観察されなかった.

In vitro の実験においても, 筋胃の自発放電が記録された報告 [11] がある. 本実験では, 明らかな筋胃の蠕動運動は確認されなかった. 筋胃が収縮する際, 筋胃全体が多少ずれるため, 確認できなかったためであろう. いずれにしても, 筋胃の収縮運動は強力であり, バルーン法では $150 \sim 170 \text{ mmHg}$ の胃内圧が記録された. この収縮時の圧変化は, すでに報告されている成績と一致した [1, 10, 13-15].

つぎに, 十二指腸の運動は, 安川 [25] の成績と一致した. すなわち, 筋胃運動に続いて生起する十二指腸の正蠕動には, 哺乳動物の場合のような尾側拡大, 口側収縮はみられず, むしろ十二指腸全体が瞬間的に収縮する場合は全例において観察された. また, 逆蠕動は 1 回の正蠕動に引き続いて 1~3 回生起し, 安川らの成績とよく一致した.

しかし, 本実験では, すでに述べたように, 筋胃と十二指腸の運動の時間的關係を, 平滑筋筋電図とマイクログラフによる機械的方法による記録から検討した. その結果, 十二指腸の正蠕動は筋胃運動の収縮期に, また逆蠕動は筋胃運動の弛緩期および静止期に, それぞれ生起することが明らかとなった. 近年, Duke とその共同研究者 [4, 5] も, 七面鳥で同様な観察をしている.

また, 筋胃内では, 筋胃当たり約 100 mg の胆汁色

素が検出された. すでに安川ら [25], その他 [7, 20] が報告しているように, 筋胃内容物が緑褐色を呈している要因として, 胆汁色素が考える. このように正常時に胆汁が胃内に認められることは, 哺乳動物と違った成績である. 十二指腸内に排泄される胆汁色素が, 血液を介し胃内に分泌されることは考えがたい [24] ので, 鶏では, 幽門反射の欠如, あるいは哺乳動物の幽門括約筋の機能 [3, 6, 12, 23] と異なる機能のあることが考えられる.

前報告 [19] で, $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ 溶液を経口投与した場合, 小腸中央部の内容物の一部が, 上部小腸および十二指腸を介し, 筋胃に移動することを示唆した. 今回の実験で, 胆管から注入した $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ 溶液は, 十二指腸後半部を通り, 極端な屈曲部を通過して, 筋胃内に移動した. また, さらに腺胃へ経口投与した溶液の容量が多いほど, 胆管から注入した標識物は, より多く筋胃内に移動した. このことにより, 胆汁色素が筋胃内に移動することが, さらに確かめられたと思われる.

鶏では, 嚥下された食糜は筋胃内で磨砕され [16-18], それが尾側腸管へ移動するが, ふたたび小腸内容物の一部が筋胃へもどるといふ, きわめて特異な機能を有していると思われる.

鶏では, atropine により筋胃運動は抑制され, 摘出小腸片では, 張力の上昇ならびに運動の亢進がみられることが, 古くから知られている [7]. そこで, 摘出十二指腸片に対する atropine の作用を検討した結果, 従来の報告 [7] のように, atropine は収縮力を増大し, 張力を上昇した. このような atropine の作用機序については, 今後の研究に待たなければならない.

In vivo の実験においても, atropine は筋胃運動および十二指腸正蠕動の収縮力および運動頻数を抑制し, 後には消失させた. 十二指腸の逆蠕動とみられる運動の収縮力は, 軽度に抑制されたが, 運動頻数は著しく促進された. この原因は明らかでない.

このような atropine により筋胃運動と十二指腸の正蠕動が著明に抑制され, 十二指腸逆蠕動の運動量が著明に亢進するような条件下で, 胆管から注入した $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ 溶液が, 筋胃および十二指腸に分布する状態を検討した. その結果, atropine 処置鶏では, 標識物は筋胃内にほとんど分布していなかったが, 十二指腸前半部における標識物の分布は, atropine 無処置鶏の同じ部分より多く, 筋胃内における分布とほぼ

一致していた。一方、十二指腸後半部および小腸における分布では、atropine 処置鶏と無処置鶏との間で差はなかった。

ある程度以上の収縮力を示す正蠕動および逆蠕動が、消化管の内容物を輸送し得ることが、すでに知られている [8]。atropine 無処置鶏の場合、胆管から注入した標識物が、逆蠕動により極端な屈曲部を通り、筋胃内に逆輸送されるという従来の考えによれば、atropine 処置による逆蠕動の運動量の著明な亢進があつて、内容物は十二指腸前半部までは逆輸送されたが、個々の逆蠕動の収縮力はむしろ弱体化していたために、筋胃にまでは達し得なかったものと思われる（その際、atropine により、筋胃運動と十二指腸正蠕動は停止している）。

また、哺乳動物の消化管で観察される intestine-intestinal reflex [8] は、鶏ではまだ解明されておらず、しかも幽門括約筋の存在と機能も、鶏では全く不明である [22]。

したがって、胆管開口部付近の大部分の十二指腸内容物は、十二指腸の逆蠕動により、十二指腸前半部まで逆輸送されるが、逆輸送された内容物は、筋胃の強力な収縮に後続する弛緩期の内圧変化により、筋胃内に流入するものと想像された。

総 括

腹窓法による目録観察および筋電図、ならびにマイクロバルーンによる局所圧変動の記録を併用することにより、筋胃および十二指腸の運動を同時に観察し、運動に伴う内容物の移動を検討した。

1. 筋胃の強力な収縮運動に続いて、十二指腸の正蠕動が 1 回生起し、正蠕動の終了直後、逆蠕動が 1~3 回発現した。筋胃運動の収縮期は 6.8 ± 0.2 秒、弛緩期は 3 秒、静止期は 5~6 秒継続した。

一方、十二指腸では、筋胃の収縮開始後 3.8 ± 0.2 秒に、正蠕動が生起し、 5.2 ± 0.6 秒後に終了した。

また逆蠕動は、筋胃が収縮を開始してから約 7 秒後に、1~3 回連続して生起した。このように、十二指腸の正蠕動は筋胃の収縮期に、逆蠕動は筋胃運動の弛緩期に生起することが判明した。

2. 鶏の胆管にポリエチレン製カニューレを装置し、これを介して、 $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ 溶液 0.2 ml を注入し、1 時間後に筋胃内容物の放射能を測定した。その結果、筋胃内には、投与した総放射能の 18.9% が検出された。さらに、この溶液の 0.2 ml を胆管内に注入する

と同時に、腺胃内に生理食塩水を 1 ml または 3 ml 経口投与したところ、投与量が多いほど、胆管より注入した $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ 溶液は、より多く筋胃内に流入した。

3. In vivo で、筋胃および十二指腸の運動に対する atropine 0.2 mg/kg 筋肉内注射の作用を観察した。その結果、筋胃および十二指腸の正蠕動の運動の収縮力と頻度は、著明に抑制され、のちには消失するに至った。しかし十二指腸の逆蠕動の収縮力は、軽度抑制されたが、その頻度はかえって著明に亢進した。

4. このような atropine 処理の条件下で、胆管に挿入したカニューレを介して、胆管内に $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ 溶液 0.2 ml を注入したが、1 時間後の筋胃内容物の測定では、放射能の分布はほとんど認められなかった。

一方、atropine 処置鶏の十二指腸前半部における標識物の分布は、atropine 無処置鶏の同じ部分におけるそれよりも多く、筋胃内におけるそれとほぼ一致した。十二指腸後半部および小腸における分布は、atropine 処置鶏と無処置鶏との間で差はなかった。

以上の実験成績から、胆管開口部付近の大部分の十二指腸内容物は、十二指腸の逆蠕動と、筋胃の強力な収縮に後続する弛緩期の内圧変化との相互作用により、筋胃内に流入するものと想像された。

本論文の要旨は、第 69 回日本獣医学会（昭和 45 年）に発表した。

謝辞：本研究について、懇切な助言を賜わった麻布獣医科大学故松浦勝人教授および赤堀昭先生に謹んで感謝の意を表する。

References

- [1] Aschcraft, D. E. (1930). The correlative activities of the alimentary canal of the fowl. *Amer. J. Physiol.*, **93**, 105-110.
- [2] Browne, T. G. (1922). Some observations on the digestive system of the fowl. *J. comp. Pathol. Therap.*, **36**, 12-25.
- [3] Cannon, W. B. (1911). *The Mechanical Factors of Digestion*. Longmans, New York. Cited from Thomas, J. E. (1957). Mechanics and regulation of gastric emptying. *Physiol. Rev.*, **37**, 454-474.
- [4] Duke, G. E., Dziul, H. E., and Evans, O. A. (1972). Gastric pressure and smooth muscle electrical potential changes in turkeys. *Amer. J. Physiol.*, **222**, 167-173.
- [5] Dziuk, H. E., and Duke, G. E. (1972). Cine-radiographic studies of gastric motility in tur-

- keys. *Amer. J. Physiol.*, **222**, 156-166.
- [6] Fedorovskii, N. P. (1951). Crop and stomach digestion of hen turkeys. *Sovetskaya Zootekhnia*, **1**, 50-58.
- [7] 藤田正夫 (1923). 摘出家鶏腸管 (小腸) に対する薬物の作用. 岡山医会談, **402**, 507-529.
- [8] 福原 武 (1973). 消化管運動のメカニズム, 文光堂, 東京
- [9] Hassan, T. (1969). A hyoscine-resistant contraction of isolated chicken oesophagus in response to stimulation of parasympathetic nerves. *Brit. J. Pharmac.*, **36**, 268-275.
- [10] Henry, K. M., MacDonald, A. L., and Magee, H. E. (1933). Observations on the function of the alimentary canal in fowls. *J. exp. Biol.*, **10**, 153-171.
- [11] Kadono, H., Okada, T., and Ono, K. (1959). The action potentials of the gizzard in fowl. I. Characters of spontaneous discharge. *Res. Bull. Fac. Agri., Gifu Univ.*, **11**, 157-163 (in Japanese).
- [12] Magee, D. F. (1962). In *Gastro-Intestinal Physiology*. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois, U.S.A., 144.
- [13] Mangold, D. E. (1929). *Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere*, Band 2, Julius Springer, Berlin.
- [14] Mangold, D. E. (1950). *Die Verdauung bei den Nutztieren*, Akademie Berlin, Berlin.
- [15] Matura, M., Akahori, F., and Arai, K. (1967). Studies on the movement of the alimentary canal in fowls. I. Movements of crop and gizzard. *Bull. Azabu Vet. Coll., No. 16*, 55-65 (in Japanese).
- [16] 中沢和彦 (1964). 鶏の筋胃の機構とその中での食糜の運動の仕方. I. 鶏の筋胃の構造. 畜産の研究, **18**, 1587-1588.
- [17] 中沢和彦 (1964). 鶏の筋胃の機構とその中での食糜の運動の仕方. II. 筋胃内における食糜の運動. 畜産の研究, **18**, 1707-1708.
- [18] Otani, I. (1965). Fundamental studies on digestion in the domestic fowl. I. Observations on the site of bolus deposition and the movements of the gizzard. *J. Fac. Fish. Anim. Husb., Hiroshima Univ.*, **6**, 281-289 (in Japanese).
- [19] Oguro, K., and Ikeda, M. (1974). Studies on the transit of the content in the chicken gastrointestinal. I. Regurgitation of the content of the small intestine into the gizzard. *Jap. J. vet. Sci.*, **36**, 291-298 (in Japanese).
- [20] Popoff, N. A., and Kudriartsef, A. A. (1930). The question of digestion in the stomach and intestine in the chicken. *J. Governmental Inst. Exp. Vet. Med.* (in Russian), **1**, 48. Cited from Friedman, M. H. F. (1939). Gastric secretion in birds. *J. Cell and comp. Physiol.*, **13**, 219-232.
- [21] 齋藤正行 (1952). 臨床化学検査, 南山堂, 東京.
- [22] Sturkie, P. O. (1968). In *Avian Physiology*, 2nd Ed., Cornell Univ. Press., Ithaca, New York, 28.
- [23] Thomas, J. E. (1957). Mechanics and regulation of gastric emptying. *Physiol. Rev.*, **37**, 454-474.
- [24] 山本俊夫 (1965). ビリルビンの吸収—¹⁴C ビリルビンによる成績を中心として. 最新医学, **20**, 3106-3113.
- [25] Yasukawa, M. (1956). Studies on the movements of the gizzard and the small intestine in fowls. *Jap. J. vet. Sci.*, **18**, 11-17 (in Japanese).
- [26] Yasukawa, M. (1959). Studies on the movement of the large intestine. VII. Movements of the large intestine of fowls. *Jap. J. vet. Sci.*, **21**, 1-10 (in Japanese).