イヌにおける胆嚢運動の映像工学的観察

弘前大学医学部 大内外科学教室

(主任：大内清太教授)

工 藤 興 壽

A PHOTO-OPTICAL OBSERVATION OF GALLBLADDER MOTILITY IN DOGS

Noritoshi KUDO

Department of Surgery Hirosaki University, School of Medicine, Hirosaki

(Director: K. Oh-Uti)

A photo-optical observation on gallbladder motility was made with the 16 mm cine-cholangiography. The subjects studied were thirty two mongrel dogs. The gallbladder was exposed by a short upper midline abdominal incision under pentothal anesthesia. Gallbladder bile was aspirated and contrast medium was given into the bladder, through a transhepatic route. The cine-cholangiography was done by an image intensifier at a speed of one frame every 2 to 4 seconds. The cinefilms taken were observed repeatedly by the screen projection at various speeds. The drawings were made by tracing the outline of the image of the gallbladder on each frame and were overlapped. Moreover, a contraction curve was made by the cholecystometry using of film motion analyzer in every case. At the same time bile flow into the duodenum was recorded to study a relationship between the gallbladder contraction and motility of the terminal common bile duct.

The results obtained are as follows:

1. In a resting state any contraction of the gallbladder was not seen during 30 minutes, and a peristalsis-like movements of the neck portion was observed. However, there was not a relationship between the contraction curve of the gallbladder and the bile flow into the duodenum.

2. Immediately after giving Caerulein, the contrast medium injected into the gallbladder was rapidly discharged into the common bile duct by a peristalsis-like movement of the neck. The size of the gallbladder was markedly decreased into three fifths of the initial state three minutes after administration. At the same time contrast medium was continuously discharged into the duodenum.

3. After giving pilocarpine a marked contraction with forceful movement of the neck and body was observed, and the size of the gallbladder was decreased into three quarters of the initial state. Bile discharge into the duodenum was markedly increased with an active open- and closing movement of the terminal common bile duct.

は　じ　め　に

肝内胆汁が、いかにして十二指腸内に排出されるかについて、これまで諸分野で多数の研究がなされ、その主要因子として肝分泌圧、胆嚢機能、胆道末端部運動や十二指腸蠕動などがあげられている。しかし、それぞれの機能の詳細やそれらの相互関係については諸家の意見がなお一致せず未だ不明の点がすくなくない。

われわれの教室では、これまで胆道運動、特に胆管末端部オッジ筋機能と十二指腸筋蠕動との関係を電気生理学的、X線学的に観察してきた。その結果、胆管末端部オッジ筋は十二指腸壁筋より機能的に独立した括約作用を有し、これが胆汁の十二指腸内排出を規制していることを明らかにし

た¹⁻⁹⁾。

しかし、胆汁排出には、胆嚢の役割も無視できず、これを除外して胆汁排出機転を論ずることは全くの片手落ちというほかはない。

そこで著者は、胆嚢機能およびそれと胆管末端部運動との関係を明らかにするため、イヌを用い胆嚢内に造影剤を穿刺注入してなるべく生理学的環境を維持温存しつつ、胆道X線映画の撮影を行ない、得られたフィルムに映像分析を加えた。その後、同様の環境のもとに、胆嚢収縮賦活剤を投与しての観察を行なった。その結果、胆嚢収縮および胆管末端部運動との相互関係について若干の知見を得たのでここに報告する。

実　験　方　法

I. 実験材料および実験方法

1) 実験動物には体重 5~11 kg の雑種成犬 32 頭を用いた。実験当日朝より絶食した犬を pentothal 静脈麻酔 (初回 20 mg/kg, 覚醒時 5~8 mg/kg の割で追加) のもとに、柿崎⁹⁾ が家兎に使用した塩化ビニールの固定台を犬用に大きくした固定台にのせ、手術侵襲による影響をすくなくするため上腹部に 10~12 cm 程度のなるべく小さい正中切開を加え腹腔に到達した。肝上面を通して肝床より胆嚢内に外針 18 ゲージのベニユーラ静脈留置針を刺入し、胆嚢胆汁を 10 ml 前後吸引した後、ほぼ同量の Diatrizoate (76% Urografin) 又は, Iothalamate 80 (Angioconray) を注入して、チューブを抜去したうえで閉腹した。なお、胆嚢内圧測定の場合にはチューブをそのまま腹壁に固定し、随時 electronic manometer と連結して内圧測定をも同時に行なった。

2) 同じ実験動物を使い、前述の方法のもとで、cholecystokinin 様 polypeptide の caerulein (0.1 µg/kg), 副交感神経末梢刺激剤の pilocarpine (0.3 mg/kg) 等の薬剤を経静脈的に投与し胆嚢運動の賦活を試みた。

II. 使用装置および撮影条件

撮影装置は Philips 社製 9 インチ Image Intensifier を用い、カメラは BOLEX H-16, レンズは焦点距離 35 mm, F1.5 を使用した。撮影に際

しては Nac 社製のシネオートタイマー BM2 を用い、これを自動的に調節した。フィルムはサクラ, タイプ 6162 を使用した。

体位は固定台にのせたまま背臥位または 45° 背腹第 2 斜位とし、撮影条件は管電圧 50 kVp 前後, 管電流 2 mA 前後, 撮影速度は 2 秒 1 コマまたは 4 秒 1 コマ, 時には 1 秒 12~16 コマとした。

また、胆嚢内圧測定にあたっては、胆嚢内挿入チューブを、electronic manometer MP24-T (日本光電) に接続し、これを Multipurpose polygraph RM 150 (日本光電) に連結し、ペン書きによりこれを測定記録した。

III. 分析方法

撮影したフィルムについて、Kodak 社製 AN-ALYST 映写機を用い、最初スクリーン映写法によって連続的観察を行ない、ついで stop motion 方式によって間隔的観察を行なった。すなわち 1/6 秒ないし 2 秒ごとにスクリーン上に投影された胆嚢輪郭をうすい半透明紙にトレースし、これらをかさねあわせ胆嚢輪郭の動きを解析した。重ね合せによる運動分析に際し比較的動きの少ない胆嚢底部及び肝床附着部を基線としてえらんだ、また最初のコマの胆嚢輪郭を原形としてとり、次々これに重ね合せ、原形より収縮した部位を黒くぬりつぶし、胆嚢の収縮部位およびその推移について検討した。

さらにアニメーション方式、つまり2秒1コマで撮影したフィルムの1コマをトレースし、それを4コマに延長して、いわゆるスローモーション観察を行ない、瞬間的な動きを詳細かつ具体的に検討した。

また、20秒ごとのコマをとりだしてそれぞれの

胆嚢面積をプランニメーターで測定し、撮影開始時の面積を100としてその後の計測値のこれに対する比率をグラフにカーブとして描いてみた。すなわち、胆嚢面積推移曲線としてこれを観察し、胆管末端部より十二指腸への造影剤排出の状況をもこのグラフ上に同時記録し対比観察した。

図 1. 安静無作為時胆嚢映像の変化

胆嚢はなすび状を呈し、著明な縮小はみられない（上図）。コマごとの重ねあわせを行なうと、頸部から体部前半にかけて波動様変化ないしは蠕動様運動をうかがうことができる（下図）。

観 察 結 果

I. 安静無作為時

1) 連続的観察(図1)

2秒1コマで低速撮影したフィルムを、1秒16ないし24コマの正常映写速度にて観察すると、1時間30分～2時間にわたる連続的映像変化が3～4分に短縮されることになる。そこでそれらの観察結果についてのべると、胆嚢は背臥位で円形、45°背腹第2斜位ではなすび状を呈し、呼吸運動による軽度の上下移動はあるが、このようなフィルムの連続的映写の肉眼的観察ではその大いさには変化としてみられるにはいたらなかった。ただ造影剤濃度は、30分経過してやや減少する程度であった。1コマごとの重ね合せを行なうと、頸部にかすかな波動様変化ないしは蠕動様運動が観察された。造影剤注入圧の高い場合には総胆管は径3mmほどで線状に造影されるが、その際末端部より造影剤は十二指腸へ断続的にゆっくり排出されるのが観察された。

図2. 無作為時 stop motion 方式による映像変化

(1コマ/2秒)

10, 16, 21 において、頸部より体部にわたる広範囲な緊張性収縮がみとめられる。

2) Stop motion 方式による観察(図2)

1コマごとに胆嚢輪郭を半透明紙にトレースし、最初のコマの胆嚢輪郭を原形として、ひきつづくコマのそれを重ね合わせて輪郭の位置のズレによって胆嚢運動の変化を検討した。

すなわち、図2のごとく、コマ番号1は原形で、それから10番目のものでは、胆嚢映像下縁において頸部から体部前半にかけて比較的著明な面積縮小が認められた。(黒くぬりつぶされた部分が縮小した部分に相当する) ひきつづく11ではこれがやや回復し、12にいたってほぼ原形に復した。2秒1コマの撮影であるため、この経過はほぼ4秒となるわけである。この面積縮小はおそらく胆嚢の緊張性収縮に由来するものと考えられ、その変化は頸部より体部前半にかけて著しいようである。やがてコマ番号16において同様の著明な面積縮小がみられ、17, 18においてはほぼ原形に回復した。ひきつづきコマ番号21, 22, 23にいたってふたたび同様の変化が観察された。

結局5～6コマつまり10～12秒の周期で頸部より体部にかけての緊張性収縮がみられ、これがそれぞれ4秒ほどの時間的経過によってほぼ原形に復していることが観察された。

なお、イヌの呼吸数は1分間に20回前後なので、この収縮周期とは一致しない。

この収縮期に一致して造影剤が総胆管に排出されるか否かについては撮影機器の解像力やフィルムの粒子面など、撮影条件の関係でこれを明らかにすることは困難であった。けれどもスクリーン

図3. 胆嚢面積推移曲線と末端部胆汁排出(無作為時)
胆嚢面積推移曲線と末端部胆汁排出との間にはとくに一定の関係はない

映写法によって全経過を連続的に観察すると、前述のごとく総胆管はスクリーン上約 3 mm の径で線状に造影された。その際胆管末端部が呼吸時にややふくらみ、時々造影剤が十二指腸内に排出されるが、その時期はしばしば吸気時と一致して観察された。

3) 胆嚢面積推移曲線と胆道末端部造影剤流出との関係 (図 3)

安静無作為時における胆嚢面積推移曲線について

て観察すると 100 の基線を中心として軽度の増大と縮小とを反復し、著明な映像縮小はほとんど認められなかった。この推移曲線と胆管末端部造影剤排出状況との関係について対比観察すると、末端部よりの造影剤排出と推移曲線の下降、上昇との間にはとくに一定の傾向をみいだせなかった。

II. 胆嚢運動賦活剤を投与した場合

A. Caerulein 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 投与例

1) 連続的観察

図 4. Caerulein 投与時胆嚢映像の変化

胆嚢頸部の著明な運動変化とともに、造影剤はつぎつぎと総胆管におくりだされ、総胆管はあたかも蛇ののたうつごとくゆれ動いて造影剤を十二指腸内におくりこむ。胆嚢陰影の縮小、濃度の減少が著明である。

cholecystokinin 様 polypeptide の caerulein $0.1\mu\text{g}/\text{kg}$ を静注すると、静注直後より胆嚢頸部及び体部の著明な蠕動様運動と共に造影剤は次々と総胆管におくりだされた。2秒1コマの低速撮影フィルムを1秒16コマの正常速度で映写すると、総胆管はあたかも空のゴムホースに急激に注水したときのように蛇ののたうつごとく左右にはげしくゆれ動き、同時に胆管末端部の活発な開閉運動がくりかえされ、造影剤はつぎつぎと十二指腸内へおくりだされた。

最初の100コマ、すなわち注射後約3分程で胆嚢映像は著明に縮小し、それ以後はむしろ濃度の減少が目立ってきた。この縮小の際、全体とし映像形態にはほとんど変形がなく幾何学的相似形の proportion を保ったまま小さくなった(図4)。

animation による観察では、体部全般にわたっての緊張性収縮とともに、頸部より胆嚢管にかけての活発な蠕動様運動が更に明確に観察された。また、造影剤の排出にともない、総胆管は左右に蛇行するとともに、その太さも刻々と変化し、同時に末端部の律動的な開閉運動がみられ、造影剤はつぎつぎと十二指腸内の排出され、それにと

ない十二指腸自身の蠕動もかなり活発となった(図5)。

また、なかには映像の縮小と濃度の希薄化とが同時に起り約3分30秒で胆嚢映像の完全な消失をみるものもあった。

2) Stop motion 方式による観察(図6)

caerulein 投与直後より、無作為時に比較し、頸部から体部、さらに底部にかけ活発な収縮運動が観察された。すなわち、図6のごとくコマ番号1(caerulein 投与直後)が原形で、2のコマにおいては頸部、体部前半、さらに底部において面積縮小があり、3、4と約4秒経過してもとにもどり、さらに5において2にみられたよりさらに著明な縮小が出現し、6、7と一旦回復した。ついで8になってふたたび著明な縮小があらわれ、これは胆嚢のほとんど全域にわたって観察された。結局、緊張性収縮は3コマごとにあらわれ、体部から底部にかけて広範囲かつ強大な収縮が観察された。

すなわち、連続的观察およびアニメーションに

図5. Caerulein 投与時、アニメーションによる観察

図6. Caerulein 投与時 stop motion 方式による映像変化(1コマ/2秒)

2, 5, 8 において頸部より体部さらには底部に及ぶ広範囲な収縮がみられる。

よる観察においてみられた頸部より体部にかけての蠕動様運動は、1 コマごとの詳細な分析により、向底、向頸いずれにも進行しない周期約6秒の頸部から体部、底部にわたる広範囲な緊張性収縮であることが明らかとなった。そしてこのような周期的収縮によって、後述するごとく胆嚢は段階的に縮小してゆくものと考えられる。

3) 胆嚢面積推移曲線と胆道末端部造影剤流出との関係 (図7)

胆嚢面積推移曲線についてみると、caerulein 投与後最初の40コマ、すなわち約80秒にわたって一様な勾配での下降がみられ、ついで2~3ケのうねりを描いて推移し、投与後3分程で映像は約3/5に縮小した。一方末端部造影剤排出との関係について観察すると、最初断続的に排出されていた造影剤は25コマ目、すなわち投与後50秒附近から持続的にみられるようになり、途中若干

図7. 胆嚢面積推移曲線と末端部胆汁排出
caerulein 投与後3分程で映像は約3/5に縮小する。最初断続的に末端部より排出されていた造影剤は25コマ目附近から持続的にみられるようになる(A)。また、最初から持続的に末端部より造影剤の排出をみるものもあった(B)。

の中断もみられるが、その効果は約2分間にわたって継続した。その後再び断続的な排出状況に復帰するようになった。(図7-A)

また場合によっては、全経過にわたりほぼ一様な勾配で下降する推移曲線を示し、同時に持続的に末端部造影剤排出をみるものもあった。(図7-B)

4) 胆嚢内圧曲線 (図8)

32例のうち、4例に胆嚢内圧を測定記録したが、その1例を示した。無作為時、130 mmH₂O前後で、調律的変動していたものが、caerulein 投与直後より急激な内圧上昇を認め、その後徐々に減少し約1分30秒で静止時圧に復帰した。

B. Pilocarpine 投与例

1) 連続的観察

副交感神経末梢刺激剤の pilocarpine 0.3 mg/kg を静注すると、注射後1分以内に頸部から体部にかけての蠕動様運動が著明におこり、胆嚢映像は縮小し、濃度の減少がみられた。この運動変化は caerulein 投与の際みられた変化よりも、さらに強大かつ著明なものがあつた(図9)。

2) Stop motion 方式による観察 (図10)

pilocarpine 投与例では、caerulein 投与例と同様収縮が大であるが胆嚢の変形が著しい。すなわち図10のごとく、コマ番号7で体部前半に面積縮小が発現し、8でこれが頸部までおよび9で縮小効果が最大となる。コマ番号10で収縮が底部にも発現し、胆嚢長径が短縮するため全体として胆嚢は円形となり、4コマつまり約8秒の後コマ番号14で縮小効果がもっとも著明となった。その後コマ番号19より、長径が再び増大しはじめ、

図8. 無作為時130 mmH₂O前後にて律動的に変動していたものが、caerulein 投与直後より急激な内圧上昇を認める。

22, 23 とほぼ同様の変化が続いてから回復にむかい、コマ番号 28 でほぼ原形にもどった。

以上、頸部より体部さらに底部におよぶ広範囲かつ強大な収縮が約 54 秒間にわたり観察された。すなわち、平滑筋に痙攣をおこし、胆嚢を収縮させるといわれている pilocarpine 投与により、無作為時および caerulein 投与時よりもさらに強大な胆嚢収縮が観察された。

3) 胆嚢面積推移曲線と胆道末端部造影剤流出との関係 (図 11)

面積推移曲線についてみると、最初の 30 コマ、

すなわち約 60 秒間は一様の勾配で下降しほぼ原形の 3/4 大に縮小し、その後縮小はほとんどみられなくなる。一方造影剤排出との関係については、caerulein 投与時に比較し造影剤排出ならびに中断時間の延長が認められた。

すなわち、pilocarpine 投与により胆道末端部より十二指腸への造影剤排出、中断効果が著明に起り、末端部の律動的な運動亢進をうかがうことができた。前述した強大な胆嚢収縮を起すことを考え合せてみると pilocarpine は胆道系全般の運動を促進するものと考えられた。

図 9. Pilocarpine 投与時胆嚢映像の変化

胆嚢頸部より体部にかけての著しい運動変化とともに、造影剤は総胆管におくりだされる。

総 括 と 考 案

胆汁排出機転において胆嚢運動の果す役割は極めて重要であるにもかかわらず、その詳細に関してはこれまで不明の点がすくなくなかった。したがってその本態にせまろうとするアプローチの手段も多種多様にわたり、たとえば、X線による観察¹⁰⁻¹⁴、直接開腹観察法^{15,16}、生体についての胆道内圧曲線描写法^{15,17-26}、超生体実験によるもの²⁶⁻³⁰、生体活動電位描写法^{12,31-34}など諸観察法が行なわれてきた。けれども、これら観察法の大部分は生理的状态からかなりかけはなれた環境で行なわれており、かならずしもその本態を正しくとらえているとは限らないように思われる。

そこで著者は、イヌを用いその生理学的環境なるべく温存した状態で胆嚢機能、とくにその収縮運動による胆汁の総胆管ならびに十二指腸への排出効果について映像工学的に観察を試みた。すなわち、肝床より胆嚢への穿刺を行ない胆汁と造影剤を置換してX線映画撮影を行ない、自然状態

での胆嚢運動とそれともなう造影剤の排出状況について映像分析を行なった。

X線映画撮影にあたっては、緩慢な胆嚢運動を長時間にわたって観察する関係上、齊藤¹¹が行なった方法すなわち、2分間連続撮影法、1分間の間隔をおいての連続撮影、2秒1コマ20分間の低速度連続撮影などに改良を加え、1秒12~16コマの連続撮影、2秒または4秒に1コマの1時間30分ないし2時間にわたる低速X線映画の撮影を行なった。

この低速X線映画撮影により、従来不充分だった長時間にわたる経時的胆嚢形態の連続的観察が可能となった。すなわち、1~2時間の胆嚢映像の変化が、正常速度(16~24コマ/秒)撮影により、3~4分間に圧縮されきわめて明瞭に観察することができた。さらに、胆嚢輪郭を一枚ごとにトレースし、それらを重ね合せたり、プラニメーターでその面積の推移を計測することにより、運動形態の詳細を綿密に分析することができた。また4コマ程度の適度なコマのばしによりアニメーション作成を行ない、より具体的に運動の詳細を観察することができた。

さて胆嚢運動に関する報告としては、Doyon¹⁷がイヌの胆嚢に balloon tube を挿入しその内圧変化を測定したのにはじまる。彼によると、2~5分間隔で1分間3~4回の緩徐かつ不規則な胆嚢の内圧変化を観察することができたという。その後、Bainbridge & Dale¹⁹、Okada²²がこれによく類似した結果を報告している。また同じ頃、

図 10. Pilocarpine 投与時 stop motion 方式による映像変化

7で体部から頸部にかけての収縮がおり、10で収縮が底部にまでおよび、14で胆嚢は円状となりその後長径が増大して28で1と同形になる。

図 11. 胆嚢面積推移曲線と末端部胆汁排出
pilocarpine を投与すると、3分程で約3/4に縮小し末端部より造影剤排出ならびに中断時間の延長が認められる。

Graham & Cole¹⁰⁾ が、はじめてX線による生体胆嚢造影に成功し胆嚢収縮を確認して胆道疾患診断に新しい分野を開拓した。

その後諸家による研究が進み、胆嚢運動には contraction と peristalsis の2形式が存在するとされ、特に頸部の運動変化が注目されるようになってきた。わが国においても、三宅³⁴⁾、津下³⁵⁾らは、解剖学的研究から筋層は全体として菲薄であるが、頸部において著明に発達し、さらに神経網も頸部に濃密に分布しており、これらの形態学的特徴とその部の運動機能との関連性について推論している。

斉藤¹¹⁾は生体X線撮影法により、胆嚢胆汁排出の第一主力として、底部および体部における一様な持続的能動的収縮、第二主力として漏斗部から頸部にかけて周期的4~30秒の能動的な拡大および収縮の運動を観察しこれを胆嚢の蠕動であるとしている。筋電図学的にも谷奥¹²⁾は、頸部は底部に比較し放電スパイクの数、および振巾が大であるとし、石川¹⁴⁾も頸部の方にスパイク、振巾の優位なことを報告している。

さらに、田北、松永³⁰⁾、三宅²⁷⁾、松永¹⁵⁾、田北・西島³⁶⁾らは、超生あるいはネコの腹窓法による生体観察を行ない、胆嚢運動形式を、基本的律調性収縮運動と、比較的緩慢なる律調性緊張性伸縮現象、およびきわめて緩慢なる持続的緊張性収縮の3つに分類している。基本的律調性収縮運動は周期約20秒で、小型の場合、頸部輪状筋収縮のみをみる事が多く、律動が大となると、全平滑筋群が共働的に運動に参与し完全なる向底部進行性蠕動波を形成するとのべ、これを胆汁の胆嚢内流入の為の運動とみなしている。

著者も、前述したような観察手段により、イヌ胆嚢の安静無作為時連続的観察において、緩慢なる緊張性収縮のほかには頸部ないし体部に蠕動運動に類似した所見を認めることができた。そこで撮影フィルムの stop motion 方式による検討を行なところ、10~12秒の周期で頸部から体部にかけての広範囲な緊張性収縮が認められた。なおイヌの呼吸数は1分間に20回前後なので、この収縮周期とは一致しない。

さて、胆嚢運動と総胆管末端部括約作用との関係について、Meltzer³⁷⁾は十二指腸内にゾンデを挿入し、硫酸マグネシウムを注入した際に胆嚢収

縮とオッジ筋開大とが同時に起るとの contrary innervation 説を提唱した。その後、McMaster & Elman²⁰⁾が永久性胆汁瘻犬を使い内圧を測定してこれを支持した。三宅³⁴⁾、津下³⁵⁾らは神経組織学的検索から、神経短絡はないが壁内神経において胆嚢-肝内胆管-肝外胆管-十二指腸壁-いわゆるオッジ筋との間にそれぞれ複雑な神経の交通が存在し胆道系全般の運動における協調作用が行なわれ得るとしている。

一方、Burget¹⁸⁾は、内圧測定により胆嚢収縮は補助的なものであり、相反神経支配は根拠がないと述べている。さらに、山元²⁶⁾、笹川²⁵⁾らは、諸種薬物を投与して内圧を測定し、morphine 以外は、胆嚢、末端部とも同時緊張又は緊張下降をきたすとしており、相反神経支配説に反対の意見をもつものが多い。

著者の観察によっても、安静無作為時、胆嚢面積は基線を中心にゆるやかな増減のカーブを描くが、末端部造影剤排出との間には、特に一定の関係をみいだせなかった。

ついで、著者は、前述した実験方法で胆嚢運動賦活の目的で、caerulein, pilocarpine を投与し、その際の胆嚢運動および末端部よりの造影剤排出状態を観察した。

caerulein は、Australian frog caerulea の皮からメタノールで抽出された cholecystokinin 類似の polypeptide で、胆嚢を収縮させ同時に胆管末端部を弛緩開大させる作用を有し、その効力は cholecystokinin よりさらに強大なものとされている³⁸⁾。

この caerulein 0.1 μ g/kg を静注すると、投与直後より無作為時に比し頸部から体部にかけての動きも活発になり、内圧も急上昇し、大方は約3分で投与前の約3/5大となった。stop motion 方式による胆嚢輪郭の重ね合せ観察では、周期約6秒で、頸部より体部さらには底部におよぶ広範囲な緊張性収縮が認められた。胆嚢面積推移曲線と末線部造影剤排出との関係を見ると、面積推移曲線は、2, 3ケのうねりを描いて下降し caerulein 投与後25秒附近から、末端部よりの造影剤排出は持続的になり、途中若干の中断はあるがその状態は約2分間継続する。又、あるものでは面積推移曲線は、一様の勾配で下降し末端部よりの造影剤排出が最初から持続的に観察されるものもあっ

た。

以上, caerulein の作用すなわち, cholecystokinin より強大な効力を有し, 胆嚢を収縮させ, オッジ筋を弛緩させるとの報告に一致している。

pilocarpine は副交感神経末梢刺激剤で平滑筋の痙攣を起し, 胆嚢及び胆管末端部の運動を亢進させるとされている。

pilocarpine 0.3 mg/kg を静注すると約1分で頸部, 体部に活発な変化を伴った縮小運動が起り, 約3分でその大いさは約3/4となった。stop motion 方式の観察では, 特異な収縮運動が観察された。すなわち頸部より体部にかけて広範囲な収縮が起り, それを増強して胆嚢は球状となり, は

ば54秒で原形にもどる。面積推移曲線で約60秒間は一様下降線をたどるが, その時末端部よりの造影剤排出および中断の時間が延長した。

すなわち, 著者の観察は pilocarpine 投与により, 胆嚢, 胆道末端部ともに緊張し, 特に胆嚢収縮が大となり末端部抵抗に打ちかって十二指腸内胆汁排出が起るとの説^{25,26)}に一致した。

以上, 胆嚢運動をX線映画撮影にて, 映像工学的にかなり具体的に観察することができた。今後, 肝胆汁の胆嚢内流入機転について検索をすすめるとともに, 呼吸による腹圧の変動との関係, 十二指腸運動との関係について研究をすすめ, 胆嚢運動のより詳細な解明につとめたい。

む す び

雑種成犬32頭を用い, 生理的環境をなるべく温存した状態, すなわち開腹して肝を通して胆嚢内にベニユーラ静脈留置針を挿入し, 胆汁をDiatrizoate または Iothalamate 80 に置換して, 1秒12~16コマ, 2秒または4秒1コマなどの各種スピードによるX線映画撮影を行なった。撮影フィルムの映像分析にあたっては, スクリーン映写法による連続的観察と stop motion 方式による間隔的観察を行なった。また, 胆嚢運動と総胆管末端部運動との関係を見る為, 胆嚢面積推移曲線と, 末端部胆汁流出の有無とを同時に記録し検討を加えた。得られた結果を要約すると,

1) 安静無作為時連続的観察では, 胆嚢映像の著明な縮小はみられず, 頸部および体部に蠕動様運動が認められた。stop motion 方式による観察では, 周期10~12秒で, 頸部から体部にわたる緊張性収縮がみられた。しかし, 胆嚢収縮と総胆管末端部よりの造影剤排出との間には一定の傾向はみいだせなかった。

2) 前述した実験方法のもとに, caerulein, pilocarpine を投与し観察すると,

a. Caerulein 0.1 μ g/kg 投与例

2秒1コマ撮影したフィルムを1秒16コマの

正常速度で映写すると, 投与直後より, 胆嚢頸部より底部にわたる蠕動様運動とともに, 総胆管は左右にはげしくゆれ動き, 活発な造影剤排出が起り, 投与後3分程で胆嚢映像は約3/5に縮小した。stop motion 方式による観察では, 周期約6秒で頸部から底部にわたる緊張性収縮が認められた。また, 胆嚢収縮盛んな時には概ね総胆管末端部より持続的に造影剤が排出された。

b. Pilocarpine 0.3 mg/kg 投与例

投与後1分程で頸部, 体部に活発な変化を伴った胆嚢映像の縮小運動が起り, 3分程でその大いさは約3/4となった。stop motion 方式による観察では, 頸部より体部にかけての広範囲な緊張性収縮が起りそれが増大して胆嚢映像は円状になり, 約54秒で原形にもどった。また, 胆嚢収縮にともない, 総胆管末端部よりの退影剤排出および中断時間の延長がみられた。

稿を終るにのぞみ, 御指導と御校閲を賜った弘前大学医学部第2外科学教室大内清太教授に深甚なる謝意を捧げるとともに, 終始直接に御指導, 御助言を下された小野慶一助教授, また 研究に御協力をいただいた医局諸先生, 中央放射線診療部坂本哲夫技官に深く感謝の意を表します。

文

- 1) Ishioka, T.: Electromyographic study of the choledochoduodenal junction and duodenal wall muscle. Tohoku J. exp. Med., 70, 73-84, 1959.

献

- 2) 葛西銀朗: 総胆管末端部の神経支配に関する電気生理学的研究. 弘前医学, 11, 293-299, 1960.
- 3) 津島恵輔: 犬における胆汁排出機能のX線映画による研究. 日外会誌, 65, 1189-1198, 1964.

- 4) 横哲夫: 十二指腸壁筋および Oddi 氏筋部の活動電流について. 総合医学, **17**, 132-136, 1960.
- 5) 横哲夫: 胆汁排出におけるオッジ筋の機能的独立性について. 東北医誌, **63**, 36-48, 1961.
- 6) 小野慶一ら: 胆汁流出とオッジ筋十二指腸の電気的活動. 日本医事新報, **2198**, 15-25, 1966.
- 7) Ono, K. *et al.*: Bile flow mechanism in man. Arch. Surg. **96**, 869-874, 1968.
- 8) 土田博: 胆汁排出機転に関する電気生理学的ならびにレ線学的研究. 日平滑筋誌, **4**, 103-114, 1968.
- 9) 柿崎潤三: 内圧・筋電図およびX線映画3現象同時記録法による家兎胆管末端部運動の観察. 日平滑筋誌, **6**, 40-49, 1973.
- 10) Graham, E.A. & Cole, W.H.: Roentgenologic examination of the gallbladder. J.A.M.A., **82**, 613-614, 1924.
- 11) 斎藤直衛: 生體「レ」線活動寫眞ニヨル胆嚢内容排除運動ノ研究. 日外会誌, **40**, 1161-1244, 1939.
- 12) 谷奥啓一郎: 胆嚢, 胆道系運動のレントゲンシネマトグラフィーおよび筋電図学的研究. 三重医学, **4**, 1838-1849, 1960.
- 13) Levine, S.: Contraction of gallbladder seen in man. Arch. Int. Med., **40**, 420-433, 1927.
- 14) 山川邦夫, 岩田竜三郎: Gastrointestinal hormone に関する研究特に cholecystokinin の使用経験. 消化器病の臨床, **4**, 538-546, 1962.
- 15) 松永英剛: 胆嚢運動の分析的研究. 福岡医誌, **44**, 31-41, 1953.
- 16) 松尾巖: 胆嚢疾患に就て. 日内会誌, **12**, 215-259, 1925.
- 17) Doyon, M.M.: A letude de la contractilite des voies biliares. Archives de physiologie normale et pathologique, **5**, 678-685, 1893.
- 18) Burget, G.E.: The regulation of the flow of bile. Amer. J. Physiol., **81**, 422-430, 1927.
- 19) Bainbridge, F.A. & Dale, H.H.: The contractile mechanism of the gallbladder and its extrinsic nervous system. J. Physiol. **33**, 138-155, 1905.
- 20) McMaster, P.D. & Elman, R.: On the expulsion of bile by the gallbladder and reciprocal relationship with sphincter activity. J. Ext. Med., **44**, 173-198, 1926.
- 21) Kozoll, D.D. & Necheles, H.: A study of the mechanics of bile flow. I. Responses to physiological intravenous solutions. S.G.O., **74**, 27-34, 1967.
- 22) Okada, S.: On the contractile movement of the gallbladder. J. Physiol. **50**, 42-46, 1915.
- 23) 堀内弘: 総胆管内圧並びに十二指腸内胆汁流出と胆嚢. 日外会誌, **65**, 31-46, 1964.
- 24) 林篤彦: 胆汁排出機転に関する電気生理学的研究. 福岡医誌, **54**, 307-329, 1963.
- 25) 笹川庄三: 諸種自律神経毒の胆汁流出に及ぼす影響に関する実験的研究. 日内会誌, **48**, 1090-1096, 1959.
- 26) 山元七次: 肝外胆道の薬理学的研究. 医学研究, **22**, 564-578, 1952.
- 27) 三宅博: 胆道十二指腸系の運動機能について. 日外会誌, **53**, 482-484, 1952.
- 28) 田北周平, 矢津充: 胆汁の流出は如何にして起るか. 臨床ト研究, **28**, 437-441, 1951.
- 29) 中山沃: 胆道系運動の神経性および化学的調節. 岡山医誌, **81**, 1-11, 1969.
- 30) 田北周平, 松永英剛: 胆嚢は如何様に動くか. 最新医学, **6**, 1053-1057, 1951.
- 31) Ludwick, J.R. & Bass, P.: Contractile and electric activity of the extrahepatic biliary tract and duodenum. S.G.O., **124**, 536-546, 1967.
- 32) 鈴木尚温: 胆嚢運動の筋電図学的研究. 三重医学, **10**, 299-313, 1967.
- 33) 石川巖, 竜礼之助, 小沢哲郎: 胆嚢の筋電図学的研究. 東邦医会誌, **15**, 81-88, 1968.
- 34) 三宅博: 胆道の疼痛 (其一総論). 臨床と研究, **26**, 496-501, 1949.
- 35) 津下健哉: 肝外胆道の解剖学的研究. 岡山医誌, **64**, 517-540, 1952.
- 36) 田北周平, 西島早見: 胆汁分泌排泄の生理特に胆嚢及び胆管の運動. 医学シンポジウム第13輯胆嚢・胆道疾患, 79頁, 診断と治療社, 東京, 1957.
- 37) Meltzer, S.J.: The distrubance of the law of contrary innervation as a pathogenetic factor in the disease of the bile duct and gallbladder. Amer. J. Med. Sci., **153**, 469-477, 1917.
- 38) Bertaccini, G. *et al.*: The action of caerulein on the smooth muscle of the gastrointestinal tract and the gallbladder. Brit. J. Pharmac., **34**, 291-310, 1968.