食道外瘻法電気内圧曲線

千葉大学医学部 佐藤外科教室

(主任 佐藤 博教授)

佐藤 博, 平島 毅, 西村 明, 塩田彰郎, 佐々木守
黄 江庭, 金城和夫, 原 輝彦, 大山修身, 三好弘文
竹島 徹

A STUDY OF RESTING AND DEGLUTITION PRESSURES IN THE ESOPHAGUS AND THE GASTROESOPHAGEAL JUNCTION WITH CERVICAL ESOPHAGOSTOMY

Hiroshi SATO, Tsuyoshi HIRASHIMA, Akira NISHIMURA, Akio SHIOTA,
Mamoru SASAKI, Kotei KOH, Kazuo KINJO, Teruhiko HARA, Osami
OHYAMA, Hirohumi MIYOSHI, Tohru TAKESHIMA

The Second Department of Surgery, School of Medicine,
Chiba University, Chiba
(Director: Prof.H.Sato)

The pressures in the esophagus and gastro-esophageal sphincter in 22 healthy unanesthetized dogs were studied by the use of three small open tipped tubes with internal diameter of 1.4 mm. The tubes were introduced and manipulated without anesthesia through the previously made esophageal fistula. To record the resting pressure, an open tipped tube was withdrawn slowly from the stomach back to the esophagus. The swallowing action was induced by an injection of water into the esophagus.

The resting pressure in the esophagus was less than that in the fundus of the stomach. A band of elevated pressure was recorded at the gastro-esophageal junctional area in the dogs while at rest. The mean maximal pressure in this area was 9.5 cm H₂O and the mean width was 2.6 cmH₂O.

As for the changes in pressure during swallowing, the peristaltic waves were seen to sweep downward in the esophagus. In the gastro-esophageal junctional area, the negative wave (relaxation) occurred 4 seconds after the onset of water injection inducing swallowing, lasting about 3 seconds, and was followed by the positive wave (contraction) lasting 3.3 seconds.

緒 言

正常食道運動特に食道胃接合部の動態については古くから多くの人により研究されているが、まだ未解決の問題が少なくない。また食道の機能的疾患の一つである特発性食道拡張症の成因および病態の究明、さには術式の検討などのため動物を用いて各種の実験が試みられるようになって来たが、これらの研究に食道電気内圧曲線検査は欠くことのできない検査法の一つである。しかし、イ

ヌを無麻酔無拘束の生理的狀態で内圧測定を行なうことは非常に困難で、そのような報告は本邦には見当らず、欧米においてもそれ程多くない。そこでわれわれは Harri^s らりの如く、イヌに頸部食道外瘻を造設し、これより内圧誘導管を挿入し、無麻酔無拘束の状態で内圧測定を行なった。今回は正常なイヌの食道静止圧および嚥下に伴う内圧変化について若干の知見を得たので報告する。

実 験 方 法

1. 食道外瘻作製

体重 10kg 前後の雑種成犬 22 頭を用い、24 時間絶

食後、ネブタール静脈麻酔下に Ware & Howe²⁾ の方法にしたがって食道外瘻造設術を行なった。すなわち左

頸部で喉頭と胸骨上縁の中央で胸鎖乳突筋と下舌骨筋の間より頸部食道に至り、これを周囲から剝離し持ち上げ、迷走神経を傷つけることなく食道を弁状に切開し、皮膚に固定し外瘻とする。

2. 食道内圧測定

食道外瘻造設後3日以上を経て一般状態が回復してから行なった。24時間絶食とし、何ら前処置を行なわず無麻酔無拘束のもとに、食道外瘻より内径1.4mmの1本のポリエチレン管を胃まで挿入し、徐々に引きながら静止圧を測定した。ついで3cmづつ先端のずれた3本のチューブとさらに5cm上方に先端の開く水注入用チューブ計4本を一束とした内圧誘導管で、冷水5ml注入により嚥下運動をおこさせ内圧変化を測定した。すべてオープンチップ法で行ない、日本光電工業製多用途

図1. 食道外瘻による内圧誘導法 (イヌ)

監視記録装置を用いペン書きオシログラフにて記録した(図1)。測定の実際についてはわれわれの教室における詳しい報告³⁾があるので省略した。

実 験 成 績

1. 食道静止圧

静止圧は胃内呼吸終圧を基準にとりゼロとした。静止圧曲線の1例を図2に示す。上は内圧誘導管を10秒間に1cmの速さで引き抜きながら同速度で移動する記録紙に描記したもので、下は記録紙の速さのみ10倍にしたものである。胃内圧は呼吸の影響により下方に凸の曲線の連続として出現し、その最下点が呼吸終圧を示しほとんど一定しており、最高点は吸気終圧である。吸気終圧は22頭平均3.2cm H₂Oであった。チューブを胃内より食道へと徐々に引き抜くと、いわゆる下部昇圧帯を形成し、その間で呼吸終圧と吸気終圧は逆転し上方に凸の食道静止圧の波型に変わる。昇圧帯の呼吸終圧が段々下降し、食道の静止圧として安定する境界を下部昇圧帯の食道側境界と定めた。胃側境界は呼吸終圧が基線を離れて上昇し始める点とした。図2下に示すように下部昇圧帯は胃呼吸終圧をゼロとするので、陽圧部分(陽性部)

と陰圧部分(陰性部)とに分けられ、さらに呼吸相変換点により生理的横隔膜附着部上部と下部に分けられる。これら諸点の長さおよび静止圧平均値は図3に示す如くであった。22頭中、下部昇圧帯の出現しなかったものは1頭もなく、最高圧はいずれも呼吸相変換点より食道側に存在した。下部昇圧帯の長さは平均2.6cmで陽性部は1.9cmであった。食道静止圧は上、中、下部ともに陰圧を示した。下部食道では呼吸終圧-8.4cm H₂O、吸気終圧-15.3cm H₂Oであった。中部食道では-9.0cm H₂Oおよび-15.2cm H₂O、上部食道で-7.5cm H₂Oおよび-13.4cm H₂Oであった。すなわち中部食道で最も陰圧を示し、呼吸の影響は下部食道へいく程大きい傾向を示した。なおここで上、中、下部食道とは下瘻より下部昇圧帯食道側境界を3等分して規定した。

2. 食道内圧変化

22頭中内圧変化測定不能2頭を除き20頭につき検

図2. 食道静止圧曲線 正常イヌ

図 3. 食道胃接合部静止圧部位別平均値

討した。図 1 に示すように、水注入口より冷水 5cc を注入すると一定の発現時間をもって上、中、下部食道へと陽性波が出現した。図 4 は内圧変化の 1 例である。上より上部、中部、下部食道、および下部昇圧帯に相当する食道胃接合部での内圧変化で、このように接合部においては、陰性波とこれに続く陽性波の 2 相性の波型を示した。さらに胃内では陽性波は認められなかった。冷水注入開始より陽性波の立ち上るまでの時間を発現時間とし、陽性波の立ち上りより基線へ戻るまでの時間を持続時間とした。発現時間は上部食道より下部へいく程延長を示した。図 5 の如く平均値は上部食道 2.6 秒、中部食道 3.2 秒、下部食道 4.4 秒で、接合部では 3.9 秒で陰性波が発現し、2.6 秒持続するので、陽性波は 6.5 秒して発現したことになる。陽性波の持続時間は、上部食道 0.5 秒、中部食道 1.5 秒、下部食道 2.8 秒と下方にいくにした

図 5. 内圧変化部位別平均値

って延長し、接合部では 3.3 秒であった。陽性波の最高値は中部食道で最高を示し 39.2cm H₂O で、上部食道 34.1cm H₂O、下部食道 31.4cm H₂O、であった。接合部では陰性波高 -3.2cm H₂O で陽性波高は 13.8cm H₂O であった。なお 20 頭中、陰性波の発現を認め難いものが 5 頭あった。また冷水注入で毎回陽性波が発現するわけではなく、同一犬においても水注入回数が増える程、発現時間が多少延長する傾向にあり、陽性波欠如の頻度も増す傾向が認められた。

図 4. 食道・接合部の内圧変化 (食道外瘻法)

考 按

イヌを無麻酔の状態で食道内圧検査を行なうことは非常に困難である。Greenwood ら⁴⁾ および Schlegel & Code⁵⁾ らもイヌを充分馴らしてチューブを口より挿入し、無麻酔での食道内圧測定に苦勞している。本邦においてはこのような報告は見当らず、坂西⁶⁾、水野⁷⁾、佐藤^{8,9)} らはイヌの食道内圧測定に当って共に Ravonal または Nembutal で全身麻酔を施行している。しかし Harris ら¹⁾ はイヌで DFP による特発性食道拡張症様動物作製実験の際、頸部食道外瘻より内圧測定を行なっている。本法によればチューブ飲み込みの訓練は全く不要であり、検査中にチューブが口腔、咽頭などを刺激しないのでイヌは嘔吐運動、体動をおこさない。欠点としては咽頭食道移行部、すなわち上部昇圧帯の内圧測定が不可能なことである。ともあれ本法を行なえば、無麻酔無拘束の最も生理的な状態で、イヌを始め各種実験動物の食道電気内圧測定が可能である。

イヌの食道運動を内圧曲線より詳細に検討を加えた報告は欧米には比較的多いが、本邦には殆ど見当らない。先づ静止圧であるが、圧基準をどこにとるかは議論のある処であるが、イヌでは胃静止圧、それも呼吸終圧をゼロとするのが便利と思われる。ヒトの下部昇圧帯については Fyke ら¹⁰⁾ の詳細な研究、Muller¹¹⁾、Kelley¹²⁾ の報告など枚挙にいとまがないが、イヌにおいては、Schlegel & Code⁵⁾ が 7 頭の正帯犬について、下部昇圧帯の長さ 2.5cm、最高圧 9cm H₂O と報告している。彼らはさらに 19 人の健康人の下部昇圧帯と比較してその長さはやや短い、最高圧では大差がないと述べている。Williams¹³⁾ は 6 頭の正常犬で胃呼吸終圧をゼロとして、胃内圧 1.2cm H₂O、下部昇圧帯最高圧 25.1cm H₂O、長さでは生理的横隔膜下部 3.5cm、上部 0.35cm、全長

3.85cm としている。ただし、これは small balloon 法によるものである。内圧の絶対圧、微細な長さの検討には small balloon といえども不適当と思われる。これらの報告は静止圧基準線より正の部の長さを昇圧帯長としている。昇圧帯の圧が徐々に下降して食道静止圧として安定するまでの約 0.7cm の長さについては検討していない。観点を食道側におけば当然この部分も昇圧帯に含まれるべき性質のものと解される。最高圧はオープンチップ法の諸家の報告とほぼ一致している。呼吸相変換点はヒトでは昇圧帯のはば中央に位するが¹²⁾、イヌではやや胃側に位する。食道静止圧は陰圧を呈し、Williams¹³⁾ は吸気終圧 -3.9cm H₂O、呼吸終圧 -2.4cm H₂O と述べている。

内圧変化で問題となるのは、嚥下運動の始めより各部位で生じる蠕動波発現までの時間測定で、Schlegel ら⁵⁾ は正確を得るために喉頭筋に筋電図電極を刺入し、口腔への冷水注入で嚥下運動を誘発し、内圧曲線と筋電図を同時記録している。われわれは便宜的に冷水注入から陽性波発現までを発現時間とした。彼ら⁵⁾ によれば上部食道 1.5 秒、中食道 3.1 秒、下部食道 4.6 秒、接合部 12.8 秒であり、陽性波高は各々 36, 52, 57, 51cm H₂O と報告している。また接合部陰性波については 4.6 秒して -16cm H₂O の波高の陰性波が先行すると述べている。この接合部の陰性波、陽性波 2 相性の波型は Schlegel & Code⁵⁾ が述べているように食道より胃への食物輸送機構の内圧的現われと見ることができる。すなわち、嚥下に続いて起こる陰性波は、噴門部の弛緩を意味し、続く陽性波は収縮に相当する。この一連の弛緩収縮運動により食物は胃内に転送され、同部静止圧の高圧のため、食道への逆流は妨げられている。

結 語

正常犬 22 頭を用い食道外瘻法により食道内圧測定を行ない次の結論を得た。

1. 食道および接合部の静止圧を測定すると、下部昇圧帯が存在し、長さ平均 2.6cm、最高圧 9.5cm H₂O であった。下部昇圧帯を陽性部と陰性部とに区分することを提唱し、前者は 1.9cm、後者は 0.7cm であった。
2. 食道の静止圧は呼吸終圧で上部食道 -7.5cm H₂O 中部食道 -9.0cm H₂O、下部食道 -8.4cm H₂O であった。

文 献

- 1) Harris, L.D., Ashworth, W.D. & Ingelfinger, F.J.: Esophageal aperistalsis and

3. 食道内圧変化において発現時間は上部より下部へ順次延長を示し、陽性波高は下部食道で最高で 39.2cm H₂O、持続時間は下部食道へゆく程延長した。

4. 食道胃接合部では嚥下より約 4 秒して -3.2cm H₂O の陰性波が 2.6 秒持続し、3.3 秒持続する 13.8cm H₂O の陽性波に移行した。

本研究の一部は昭和 42 年度科学研究費補助金によって行なわれた。

- achalasia produced in dogs by prolonged cholinesterase inhibition. J. Clin. Invest.,

- 39, 1774-1751, 1960.
- 2) Ware, P.F. & Howe C.W.: Experimental esophageal and pharyngeal fistula. A.M.A. Arch. Surg. **63**, 229-233, 1951.
 - 3) 平島 毅, 塩田彰郎, 貞永嘉久: 食道噴門部電気内圧曲線検査法. 胸部外科, **19**, 6, 398-404, 1965.
 - 4) Greenwood, R.K. *et al.*: Pressure and potential difference characteristics of surgically created canine hiatal hernia. Gastroenterology, **48**, 602-611, 1965.
 - 5) Schlegel, J.F. & Code, C.F.: Pressure characteristics of the esophagus and its sphincters in dogs. Amer. J. Physiol., **193**, 9-14, 1958.
 - 6) 坂西昭夫: 食道運動に関する研究補遺, 第3編, 食道壁下部の Auerbach's Plexus の変性に関する実験的研究. 日胸外会誌, **11**, 933-939, 1963.
 - 7) 水野秀一: 犬に於ける正常及び頸部迷走神経切断時の下部食道ならびに胃噴門部の電気生理学的研究. 日大医学雑誌, **23**, 1-13, 1964.
 - 8) Sato, H. *et al.*: Studies on the spontaneous cardiospasmus with special reference to its central mechanism. Nihon Univ. J. Med., **7**, 85-107, 1965.
 - 9) 佐藤 博: 特発性食道拡張症の基礎と臨床. 日消誌, **59**, 779-787, 1962.
 - 10) Fyke, F.E. & Code, C.F.: Resting and deglutition pressure in the pharyngo-esophageal region. Gastroenterology, **29**, 24-34, 1955.
 - 11) Muller, B.G.S., Astley, R. & Carré, I. J.: A combined cineradiographic and manometric study of gastroesophageal junction. Lancet, **272**, 659-664, 1957.
 - 12) Kelley, M.L. *et al.*: Deglutitive responses in the gastroesophageal sphincter of healthy human beings. J. Appl. Physiol., **15**, 483-488, 1960.
 - 13) Williams, G.S. & Ingram, P.R.: A comparative intraluminal oncometric study of the experimentally reconstructed esophagogastric junction. Surg. Gynec. Obstet., **118**, 1205-1216, 1964.

(1968 年 3 月 2 日 受付)