

ウシガエルの動脈圧受容器刺激によるリンパ心臓拍動抑制反射とその経路

山根 正信

ウレタン麻酔,あるいは除脳したウシガエルの動脈圧受容器からリンパ心臓への反射について研究した。その結果は次のようである。

1. 頸動脈洞,大動脈および肺皮動脈を含む右側の動脈を伸展することにより,すべてのリンパ心臓の拍動が抑制された。この抑制反射は視葉の直尾側で脳幹を横断した後には発現しやすくなった。
2. 舌咽迷走神経の切断により,この抑制反射は消失したが,頸静脈神経節に入る交感神経を切断しても,この反射は残存した。
3. この抑制反射は洞神経,あるいは喉頭神経の肺皮動脈枝の片方だけの切断によっては消失しなかったが,両神経を切断すると消失した。
4. 洞神経と喉頭神経の切断中枢端の電気刺激によって,リンパ心臓の拍動は抑制された。
5. 迷走神経の延髄への侵入部上縁の高さで延髄を横断しても,この反射は障害されなかった。門の吻側1~3 mmにわたり延髄正中線に沿う縦断を行うと,刺激とは反対側のリンパ心臓に対する抑制効果は消失した。門の高さで延髄の半側を横切ると,切断側のリンパ心臓に対する抑制効果が消失した。

以上の実験結果より,動脈圧受容器からの求心性活動は,洞神経と喉頭神経肺皮動脈枝,次いで舌咽迷走神経を通して延髄に入り,尾側延髄に存在する抑制性の神経要素を活動させると結論される。また,両側の反射中枢からの下行路は脊髄では交叉しない。

(平成2年3月9日採用)

The Arterial Baroreceptor-Lymph Heart Inhibitory Reflex and Its Pathway in the Bullfrog *Rana catesbeiana*

Masanobu Yamane

In urethane anesthetized or decerebrated bullfrogs, the reflex from the arterial baroreceptor area to the lymph hearts was studied. The results were as follows:

1. Distention of the right arterial baroreceptor area involving the carotid sinus, aorta and pulmocutaneous artery suppressed contraction of all 4 lymph hearts. This inhibitory reflex was facilitated after decerebration at the level just caudal to the optic lobe.
2. The inhibitory reflex was abolished after cutting of the glossopharyngo-vagus nerves, but was maintained after cutting of the sympathetic trunk just caudal

to the jugular ganglion.

3. The inhibitory reflex remained after cutting of either the carotid nerve or the pulmocutaneous branch of the laryngeal nerve, but was abolished after both the nerves were cut.

4. The inhibitory reflex was elicited by electrical stimulation of the central cut end of the carotid nerve or laryngeal nerve.

5. The inhibitory reflex persisted after transection of the medulla oblongata at the level just rostral to the uppermost vagal roots. The reflex effect on the contralateral lymph hearts disappeared after a midsagittal section of the medulla oblongata from 1 mm to 3 mm rostral to the obex. After a hemisection of the medulla oblongata at the obex level, the reflex effect in the lymph hearts on the section side disappeared.

These results show that centripetal impulses from the arterial baroreceptors are conducted through the carotid nerve and pulmocutaneous branch of the laryngeal nerve, and then through the glossopharyngo-vagus nerve, from which they enter into the medulla oblongata and activate the bilateral neural elements in the caudal medulla oblongata, which inhibit the spinal lymph heart centers. The descending pathways do not cross in the spinal cord. (Accepted on March 9, 1990) *Kawasaki Igakkaishi* 16(1): 93-100, 1990

Key Words ① Arterial baroreceptor ② Lymph heart ③ Inhibitory reflex

はじめに

両生類、爬虫類にはリンパ液をリンパ囊から静脈へ送り込むために、リンパ心臓が存在する。リンパ心臓は血液心臓と異なり、骨格筋で構成されており、心臓自体は正常状態では自動能を持たず、脊髄に存在する拍動中枢から運動神経を経て伝えられる指令によって周期的に駆動されている。カエルでは前後に1対のリンパ心臓が存在し、前リンパ心臓は第3脊椎横突起の上であり、後リンパ心臓は尾骨の両側に位置し、各々のリンパ心臓は胸髄と腰髄の拍動中枢からの周期的興奮によって駆動されている。カエルのリンパ心臓自身および拍動中枢に関する報告は多い。^{1)~10)} 上位の中樞神経系によるリンパ心臓の調節についての報告も若干ある。^{1), 6)} また、リンパ心臓の反射性調節については血液心臓,¹¹⁾ 肺,¹²⁾ 迷路,⁶⁾ 腹部,^{13), 14)} 迷走神経¹²⁾ や脊髄神経^{8), 15), 16)} からリンパ心臓への反射が知られている。

一方、カエルでは1日に体重の約2倍のリン

パ液を静脈に還流しているという報告があり、⁶⁾ 脈管系的一部分としてリンパ心臓を考えると、リンパ心臓の働きが動脈圧の変動に伴い調節されることが必要であると考えられる。しかし、動脈圧受容器からの反射効果についての報告はない。そこで動脈圧受容器よりリンパ心臓への反射が存在するかどうか検討して、同受容器からの入力により、リンパ心臓の拍動が抑制されることを見いだし、その反射経路の一部を明らかにした。

実験材料と方法

実験材料にはウレタン麻酔 (0.25g/100g) あるいは視葉の直尾側で除脳した、体重200~500gのウシガエル (*Rana catesbeiana*) 75匹を用い、室温23~27°Cのもとで実験を行った。動脈の圧受容器の刺激は体循環より分離した右大動脈分岐部を、リンガー液の注入によって加圧伸展することによって行った。まず、動物を背位に固定した後、胸部を切開し、右大動脈

を露出し、**Figure 1 I**のように大動脈(A)、喉頭動脈(LA)、外頸動脈(ECA)、内頸動脈(ICA)、皮膚動脈(CA)および肺動脈(PA)を結紮し、さらに動脈幹(AT)を心臓に近い部分で結紮した。このようにして動脈管の盲嚢をつくり、体循環系より右動脈圧受容器を分離した。次に、動脈管の結紮部位よりも末梢側に小切開を施し、加圧用および圧力測定用の二重カニューレを挿入し、結紮固定した。外径2mmの内側のカニューレは圧力測定用として用い、血圧トランスジューサ(T)と連結した。他方、外径4mmの外側カニューレは加圧伸展用として用い、加圧ビン(R)に連結した。このような二重カニューレの使用により、動脈加圧伸展時の動脈内圧を正確に測定するこ

とができる。この実験では心臓より拍出された血液は左動脈幹、左大動脈、その他の動脈を介して中枢神経系を含めて生体内を循環することになる。

リンパ心臓の拍動の記録は前リンパ心臓、後リンパ心臓とも腹側から、あるいは動物を腹側に固定しなおした後、背側からリンパ心臓を露出し、セルフィンでリンパ心臓をつまみ、懸垂法によってストレインゲージトランスジューサと連結した。一部の例では安全カミソリ(両刃)の刃を折って作製した幅約2mmの小メスを用いて脳幹の部分切断を行った。リンパ心臓の拍動曲線と動脈圧受容器の加圧曲線はペンレコーダーで記録した。求心性神経の電気刺激には電圧1~6V、持続時間1msec、頻度1~20Hzの矩形波を用いた。加圧あるいは電気刺激と反対側の舌咽迷走神経は頸静脈神経節の末梢端部であらかじめ切断した。

実験結果

1. 大動脈分岐部の加圧伸展のリンパ心臓に対する効果

大動脈分岐部を加圧伸展すると、**Figure 1 II**のようにリンパ心臓の拍動頻度の低下が起こる。この抑制効果は脳幹が健在の場合には出現しにくく(**Fig. 1 II A**)、視葉の直尾側で脳幹を横断した場合には低い動脈伸展圧(20 mmHg)によってもリンパ心臓の拍動は緩徐となった(**Fig. 1 II B**)。さらに動脈伸展圧を上げると、抑制反応は著明となり、40 mmHgの動脈伸展によりリンパ心臓は完全な弛緩性停止を示した(**Fig. 1 II C, D**)。このような抑制効果は31例中30例で認められた。この抑制効果は一般に加圧停止後も続き、2分以上も持続する例もあった。抑制からの回復過程で、リンパ心臓の拍動数は一過性に刺激前よりも増加した。視葉の直尾側で脳幹切断した動物で完全な弛緩性停止を引き起こす伸展圧は約50 mmHg ($48.4 \pm$

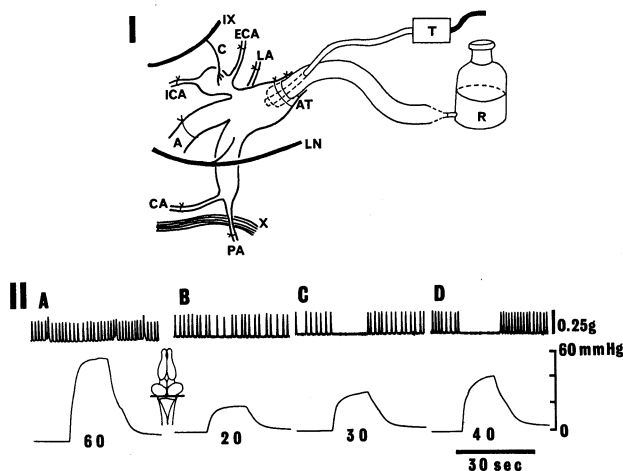


Fig. 1. Schema illustrating isolation and distention of the baroreceptor region of the arteries (I) and effects of its distention on lymph heart contraction (II). I: A, aorta. AT, aortic trunk. C, carotid nerve. CA, cutaneous artery. ECA, external carotid artery. ICA, internal carotid artery. LA, laryngeal artery. LN, laryngeal nerve. PA, pulmonary artery. R, reservoir. T, pressure transducer. IX, glossopharyngeal nerve. X, vagus nerve. II: Upper traces, contraction of the left anterior lymph heart. Lower traces, pressure changes in the isolated baroreceptor region during its distention with pressures indicated (mmHg). A, an effect of distention observed before decerebration at the level just caudal to the optic lobe. B, C and D, effects of distention observed after decerebration.

12.6 mmHg, n=38)であった。この伸展圧は Ishii ら¹⁷⁾の報告しているカエルの収縮期動脈血圧(42±4.5 mmHg)に近似している。以上の結果は動脈圧受容器-リンパ心臓拍動抑制反射の存在を示すものである。

カエルの前後2対のリンパ心臓の拍動は正常な状態では同側の前後は同期しているが、左右は同期していない。動脈の加圧伸展による各々のリンパ心臓の抑制程度を比較すると、前後のリンパ心臓の抑制程度は全く同じであった。加圧側とその反対側の比較では、伸展側と反対のリンパ心臓の拍動抑制の方がやや強い例もあったが、ほぼ同じであった(7例)(Fig. 2)。

上述のように、4個のリンパ心臓の抑制効果に大きな差異が認められないことより、大部分の実験で1個のリンパ心臓のみの拍動を記録した。

2. 加圧伸展部位からの求心性神経の切断効果

動脈圧受容器-リンパ心臓拍動抑制反射の求心路を明らかにするために、支配神経の切断実験を行った。

まず、交感神経および舌咽迷走神経の切断効果を検索した(Fig. 3)。舌咽迷走神経は頸静脈神経節の内側の延髄への侵入部(Fig. 3C(a))で切断した。動脈加圧によるリンパ心臓拍動の抑制効果を確認した後(Fig. 3A)、舌咽迷走神経を切断した。この神経の切断後には、動脈加圧伸展による抑制効果は認められなくなった(Fig. 3B)。5例で同様の結果が得られた。

次に別の動物を用い、頸静脈神経節の直尾側部で交感神経幹を切断した(Fig. 3C(b))。切断後も抑制効果は依然として認められた(Fig. 3E)。続いて、舌咽迷走神経を切断すると、抑制効果は完全に消失した(Fig. 3F)。

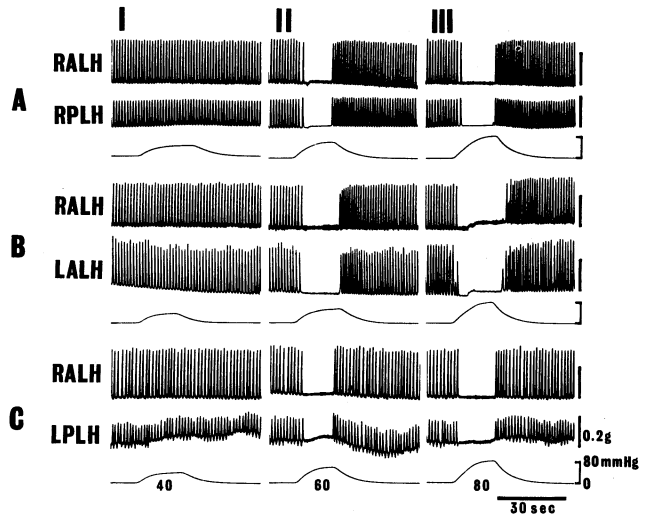


Fig. 2. Effects of distention of the right baroreceptor region on synchronous contraction of the homolateral lymph hearts (A) and asynchronous contraction of the contralateral lymph hearts (B, C). RALH, right anterior lymph heart. RPLH, right posterior lymph heart. LALH, left anterior lymph heart. LPLH, left posterior lymph heart. These abbreviations are also used in Figure 6. Lowest traces, pressure changes in the isolated baroreceptor region during its distention. I, II, III: Effects of distention with distending pressures indicated (mmHg).

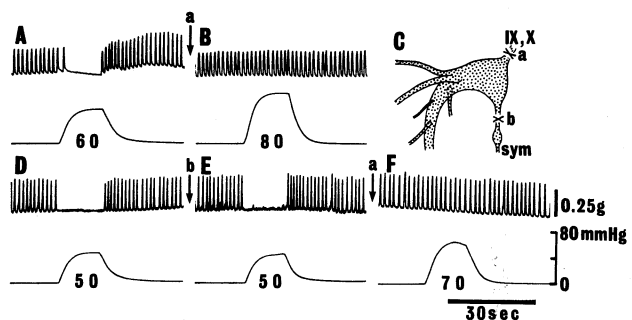


Fig. 3. Effects of cutting of the glossopharyngo-vagus nerve and sympathetic trunk on lymph heart contraction. Upper traces, contraction of the right anterior lymph heart. Lower traces, pressure changes in the isolated baroreceptor region during its distention. A, control. B, traces after cutting the glossopharyngo-vagus nerve at the point indicated with a in C. The inhibitory effect was abolished. D, control. E, traces after cutting of the sympathetic trunk at the point indicated with b in C. F, traces after cutting the glossopharyngo-vagus nerve at the point indicated by a in C.

4例で同様な結果が得られた。

これらの結果は動脈圧受容器-リンパ心臓拍動抑制反射の求心路は交感神経ではなく、舌咽迷走神経を経由していることを示す。次いで、舌咽迷走神経の末梢部における求心路を検索し

た。肺皮動脈基部に迷走神経の枝である喉頭神経(LN)から細い神経線維(Fig. 4F(a))が入っており、また、洞迷路(carotid labyrinth)に舌咽神経の枝である洞神経(Fig. 4F(b))が入っている。この2本の舌咽迷走神経枝のい

ずれが求心路であるか、切断によって検索した。実験ではこの2本の神経枝が分岐する部位よりも末梢で、あらかじめ喉頭神経と舌咽神経は切断した。この状態では加圧刺激によってリンパ心臓に抑制効果が出現した(Fig. 4A)。喉頭神経の枝(Fig. 4F(a))の切断後も抑制効果は存続した(Fig. 4B)が、その程度は減弱した。さらに洞神経(Fig. 4F(b))を切断すると抑制効果は消失した(Fig. 4C)。4例において同様な結果が得られた。また、洞神経のみの切断では抑制効果は認められたが(Fig. 4D)、さらに喉頭神経の枝を切断すると、この抑制効果は完全に消失した(Fig. 4E)。9例で同様な結果が得られた。

この結果は動脈圧受容器-リンパ心臓拍動抑制反射の求心路が洞神経および喉頭神経を経由していることを示す。

3. 洞神経および喉頭神経の切断中 枢端の刺激効果

前述の切断実験によって同定された動脈からの求心性神経の切断中枢端電気刺激による効果を検索した。喉頭神経の肺皮動脈への枝は短くて刺激電極が装着できないため、この神経枝が喉頭神経から分岐する部位よりも中枢側で、喉頭神経を切断して、その中枢端を電気刺激した(Fig. 5C(a))。その1例をFigure 5Aに示す。低頻度(1Hz)の刺激から抑制効果が出現した。さらに刺激頻度を高めると抑制効果は顕著になった。同様な結果が13例で認められた。なお、肺皮動脈へ

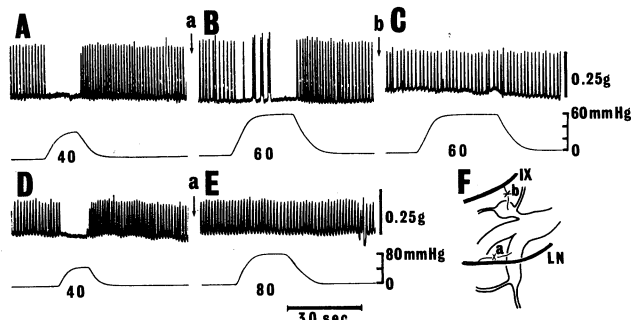


Fig. 4. Effects of cutting of the carotid nerve and pulmocutaneous branch of the laryngeal nerve on lymph heart contraction. A, control. B, traces after cutting of the branch of the laryngeal nerve at the point indicated with a in F. The inhibitory effect remained. C, traces after cutting of the carotid nerve. The inhibitory effect was abolished. D, traces after cutting of the carotid nerve in another frog. The inhibitory effect remained. E, traces after cutting of the laryngeal nerve. The inhibitory effect was abolished.

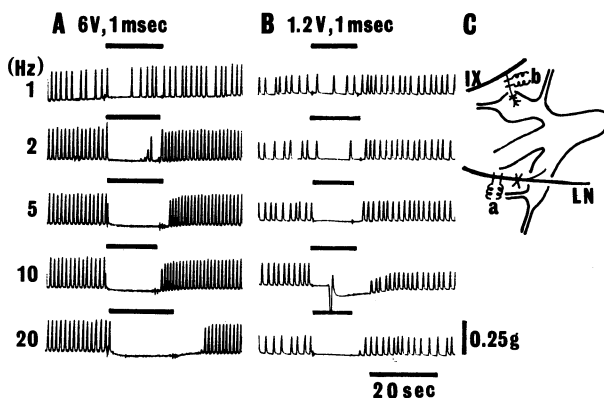


Fig. 5. Effects of electrical stimulation of the carotid and laryngeal nerves on left anterior lymph heart contraction. A, effects of stimulation of the laryngeal nerve at the part indicated with a in C. Frequencies, intensities and pulse duration (1msec) of stimulation are indicated. The period of stimulation are shown with horizontal bars above each trace. B, effects of stimulation of the carotid nerve at the part indicated with b in C.

の神経枝が分岐している部位よりも約1 cm 末梢端で喉頭神経を求心性に刺激しても、リンパ心臓抑制効果は得られなかった。

洞神経の電気刺激によっても (Fig. 5C (b)), 喉頭神経刺激と同様、低頻度の刺激でリンパ心臓拍動は緩徐となり、刺激頻度を増加させるにつれて、抑制効果は強くなった (Fig. 5B). 刺激停止後に再現したリンパ心臓の拍動数は刺激前よりも一過性に増加し、次第に刺激前の拍動数になった。7例で同様な結果が得られた。この経過は動脈圧受容器刺激による抑制からの回復と同じである。

4. 動脈圧受容器-リンパ心臓反射の延髄内経路

前述の洞神経、喉頭神経からの求心性興奮が延髄に入った後、どのような経路を通るかを明らかにするために、脳幹の切断実験を行った。まず、カエルの延髄を背面より露出し、右大動脈を加圧伸展して、左右のリンパ心臓の拍動が抑制されることを確認した後、延髄の種々の部位の部分切断を行い、切断前後における反射効果の変化を10例について検索した。

延髄の正中線の部分切断による1例を Figure 6 に示す。右動脈幹の加圧伸展で左右のリンパ心臓に抑制反射が出現したことを確認した後 (Fig. 6A, B), 門の高さより吻側約3 mm までの正中切開を行った。切開後、右リンパ心臓には依然として抑制効果が認められたが、左リンパ心臓の抑制効果は消失した (Fig. 6C, D). 5例の同様な切断実験からの門より吻側1 mm から3 mm までの間で、この抑制を引き起こす線維が交叉していることが明らかになった。

門の高さで延髄の半側を横切すると、切断側のリンパ心臓に対する抑制効果のみが消失した (4例). また、延髄の迷走神経侵入部の直吻側で延髄を横断しても抑制効果は残存した (5例).

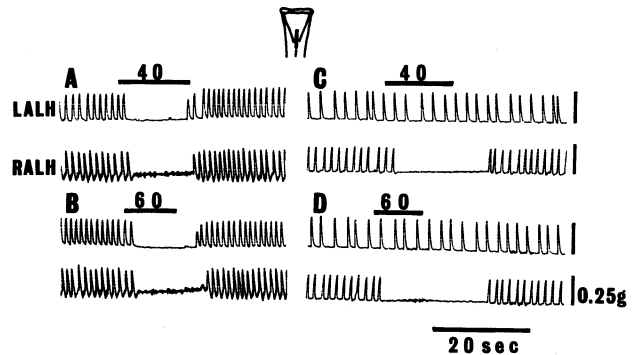


Fig. 6. Effects of a midsagittal section (3mm length) along the midline just rostral to the obex on anterior lymph heart contraction. The section is shown in the schema inserted. Periods distending the right baroreceptor area are indicated with horizontal bars. Distending pressures (mmHg) are shown on the bars. A and B, controls. C and D, traces after cutting of the midline. Inhibition of the contralateral lymph heart disappeared.

考 察

この実験における主要な新発見は動脈圧受容器の刺激により、リンパ心臓拍動が抑制される反射が存在することを見いだしたことである。

この反射の生理的意義は次のように考えられる。カエルは水を飲まない。したがって、体液の摂取は消化管からではなく、主として皮膚から行う。皮膚から摂取された水はリンパ囊に貯えられ、リンパ心臓によって血管系に送り込まれる。血液量が多く、血圧が高い状態では、この動脈圧受容器-リンパ心臓拍動抑制反射が働き、リンパ心臓の拍動は抑制され、過剰な血液量増加を抑止する。その結果、リンパ囊内圧が上昇し、皮膚からの水の摂取量も低下するように作用すると推定される。

カエルのリンパ心臓拍動は基本的には脊髄の4か所 (2対) に存在する拍動中枢から運動神経を介して送られる周期的な群放電によって駆動されるものである。しかしながら、正常な状態では左右の前リンパ心臓の拍動中枢がそれぞれ同側の後リンパ心臓拍動中枢を駆動しているために、同側のリンパ心臓の収縮は同期している (同側同期性)。左右のリンパ心臓

には同期性がないという報告がほとんどである。^{1), 5), 6), 9), 12)} 本実験においても、同側同期性は認められたが、左右のリンパ心臓の収縮には同期性は認められなかった。前後のリンパ心臓拍動中枢間で脊髄を横断すると、同側同期性は消失し、その後、リンパ心臓はただちに独自のリズムで拍動する。^{1), 6)} したがって、本実験の動脈圧受容器-リンパ心臓拍動抑制反射によって前リンパ心臓拍動中枢のみが抑制されるものであれば、その抑制期間中に後リンパ心臓は独自のリズムで拍動するはずである。しかし、実験では動脈加圧伸展により、すべてのリンパ心臓拍動が抑制された。したがって、この抑制反射はすべてのリンパ心臓拍動中枢に直接作用していると考えられる。

カエルの動脈幹付近の受容器については、Neil ら¹⁸⁾ や Ishii ら^{17), 19), 20)} が肺皮動脈および頸動脈迷路に圧受容器と化学受容器が存在し、前者には喉頭神経の枝が、後者には洞神経が分布していることを報告している。本実験では洞神経と喉頭神経の枝がともに動脈圧受容器-リンパ心臓拍動抑制反射の求心路であることを明らかにした。この結果は動脈伸展によりこれら両神経からの求心性活動の増加を見た Neil ら¹⁸⁾ の実験結果と適合するものである。しかし、Ishii ら^{17), 19)} は肺皮動脈の加圧伸展によって血圧は下降するが、頸動脈洞の加圧伸展では呼吸運動が抑制されるのみで、血圧は変動しないことを明らかにしている。したがって、頸動脈洞の圧受容器は主として呼吸運動やリンパ心臓の調節に関与するものと考えられる。

Ishii ら²⁰⁾ は頸静脈神経節に入る交感神経の切断末梢端の電気刺激により、化学受容器からの求心性活動が抑制されることを示し、頸静脈神経節を介して交感神経が大動脈分岐部付近を支配しているとした。この交感神経中に求心性線維も含まれている可能性がある。しかし、本実験においては、頸静脈神経節に入る交感神経が健在でも、舌咽迷走神経切断によって、動脈加圧伸展によるリンパ心臓拍動の抑制効果は完全に消失した。したがって、動脈圧受容器-

リンパ心臓拍動抑制反射の求心路は交感神経中には存在しないと考えられる。中山¹¹⁾ も血液心臓-リンパ心臓拍動抑制反射について同様の結果を得ている。

動脈圧受容器-リンパ心臓拍動抑制反射は大脳半球や視葉が健在な場合には出現しにくく、視葉の直尾側で脳幹を横断すると、容易に引き起こすことができるようになった。この結果は、大脳あるいは中脳はこの抑制反射の発現をある程度抑制している可能性を示唆する。なお、この抑制反射は迷走神経侵入部の直吻側で延髄を横断した後も残存した。この結果は同反射の発現には延髄よりも上位の脳幹部は必要ではなく、延髄部の神経要素を介して脊髄リンパ心臓中枢を抑制することを示す。緒方⁹⁾ は脳幹の切断実験により、延髄は脊髄リンパ心臓拍動中枢に対して、ある程度抑制的に作用することを示した。また、Enderlé¹¹⁾ は延髄の直流通電と加温実験により、永川¹⁶⁾ は延髄の電気刺激実験により、リンパ心臓拍動が抑制されることを示した。本実験における抑制反射もこの延髄部の類似の抑制性の神経要素を介するものと考えられる。

本実験で門の吻側 1 mm から 3 mm の間の延髄正中線を縦断すると、刺激とは反対側のリンパ心臓に対する抑制効果は消失した。この結果は、一側の動脈圧受容器からの求心性経路は延髄の両側の神経要素に連絡し、次いで両側に脊髄を下降して、それぞれの側のリンパ心臓拍動中枢活動を抑制し、反対側への経路は延髄の門より吻側約 1 mm から 3 mm の間を通ることを示唆する。

門の高さで延髄の半側を横断すると、横断側のリンパ心臓に対する動脈圧受容器-リンパ心臓拍動抑制反射は消失した。したがって、延髄より下行する抑制経路は脊髄では交叉していないと結論される。

稿を終えるにあたり、ご校閲をいただいた川崎医科大学 生理学(Ⅱ)教室 岡田博匡教授に深謝いたします。

文 献

- 1) Enderlé, J.: Contribution a l'étude de l'automatisme du cœur lymphatique de la grenouille. Arch. Int. Physiol. Biochim. 58 : 361—385, 1951
- 2) 森田市郎, 秋本 徹: 蛙淋巴心拍動数の諸種統計学的研究. 長崎医学会誌 16 : 1491—1502, 1938
- 3) Obara, S.: On the nerve-muscle system of amphibian lymph-heart in relation to the skeletal muscles. Acta Medica et Biol. 7 : 133—147, 1959
- 4) Obara, S.: Single unit activity and mechanogram of the coccygeal lymph-heart of toad. Jpn. J. Physiol. 12 : 161—175, 1962
- 5) Okada, H.: On the action potentials of the lymph-cardiac spinal centers. Jpn. J. Physiol. 6 : 249—258, 1956
- 6) 緒方大象: 淋巴心臓(淋心). 医学総報 1 : 317—386, 1947
- 7) Ruchinskaya, T. Yu., Serbeniuk, Ts. V. and Sverdlov, Yu. S.: Properties of rhythmically active neurons of lymphatic heart center of the frog *Rana temporaria*. Zh. Evol. Biokhim. Fiziol. 11 : 388—394, 1975
- 8) Serbeniuk, Ts. V., Sitchev, V. S. and Evdokimenko, I. E.: The driving phenomenon in the neurons of frog's spinal center of the lymphatic hearts. Sechenov Physiol. J. USSR 6 : 858—864, 1976
- 9) Such, G.: Some aspects of the physiology of lymph hearts in the frog. Acta Physiol. Acad. Sci. Hung. 33 : 413—419, 1968
- 10) 山本宗三: 淋巴心臓(淋心)の拍動機構に関する研究. 通信医学 6 : 79—88, 1954
- 11) 中山公弘: 心臓-リンパ心臓反射. 米子医誌 12 : 54—63, 1961
- 12) 岡田博匡: 迷走神経のリンパ心臓運動の調節機序について. 日生理誌 15 : 324—333, 1953
- 13) 遠藤修一: 減圧神経および内臓神経中における求心性線維の起源について. 岡山医学会誌 45 : 1305—1318, 1933
- 14) Serbeniuk, Ts. V., Balezina, N. P., Golubenko, V. A. and Shmukler, Ju. B.: Study on reflex stimulation mechanisms of the lymphatic hearts spinal center in amphibia. Vestn. Mosk. Univ. ser 6 Biol. Pochvoved 29 : 22—27, 1974
- 15) 八田博英: リンパ嚢内圧とリンパ心臓との関係. 広島医 2 : 20—22, 1949
- 16) 永川 静: 淋巴心臓に関する研究. 東京医学会雑誌 52 : 297—310, 1938
- 17) Ishii, K. and Ishii, K.: A reflexogenic area for controlling the blood pressure in toad (*Bufo vulgaris formosa*). Jpn. J. Physiol. 28 : 423—431, 1978
- 18) Neil, E., Ström, L. and Zotterman, Y.: Action potential studies of afferent fibers in the IXth and Xth cranial nerves of the frog. Acta Physiol. Scand. 20 : 338—350, 1950
- 19) Ishii, K., Honda, K. and Ishii, K.: The function of the carotid labyrinth in the toad. Tohoku J. exp. Med. 88 : 103—116, 1966
- 20) Ishii, K. and Ishii, K.: Efferent innervation of the chemoreceptor of the carotid labyrinth of the toad. Tohoku J. exp. Med. 102 : 113—119, 1970