

## クルマエビの神経分泌に関する研究—X

心搏および顎舟葉 Ventilation と PAS 陽性物質量との相関性の検討

中 村 薫\*

Studies on the Neurosecretion of the Prawn, *Penaeus japonicus* B. —X  
Correlations between the Heart Beat, the Scaphognathite Ventilation and a  
Quantity of the PAS-Positive Granules in the PAS-Cells

Kaworu NAKAMURA\*

### Abstract

Examinations were carried out to clarify the physiological relationship of the heart beat and the scaphognathite ventilation with the PAS-cells, located on the ventro-posterior of the supraoesophageal ganglion of the prawn, *Penaeus japonicus* B.. For the heart and the scaphognathite the frequencies of each beat were counted at regular intervals (1, 3, 6 and 10 hrs.) after eyestalks ablation. After counting, the ganglions were fixed histologically and the PAS-positive granules in the cells were calculated quantitatively by transcription method as previously.

Generally the ranges of the required times for 100 beats within 10 hrs. after the operation were 8~60 sec. and 10~69 sec. to the heart and the scaphognathite respectively (water temp. 22.5~26.0°C).

As a result, no correlation was observed between the quantity of the substance and the changes of both activities. Therefore it seems that the PAS-cells have no physiological role on the heart beat or the ventilation.

甲殻類十脚目の心搏活動は  $P_{O_2}$ ,  $P_{CO_2}$ , 光および温度等の環境要因により, 又代謝速度, 歩脚・遊泳脚の筋肉運動, 成長に伴う令数, そして内分泌的或いは神経性調節系等の生理的要因により大きく支配されることが POTONIE (1926), SCUDAMORE (1941), HARA (1952), BURGER and SMYTHE (1953) 等により *Astacus*, *Homarus*, *Palaemonetes*, *Paratya* で明らかにされた (MAYNARD, 1960 による)<sup>1)</sup>. そして HARA<sup>2)</sup> は *Paratya* の浸漬実験により中枢神経系の, 中でも食道神経節第3脳部位に心搏への抑制的な内分泌的役割を示唆している. とところで一般に心搏は代謝活動を測る上で指標とされることもあるが MAYNARD<sup>1)</sup> によると, 心搏に及ぼす温度効果と呼吸或いは脚活動との間には必ずしも並行的関係が認められず, 且つ心搏数と  $O_2$  消費量との間の相関は不確定的とする向きもあると云う.

一方, 顎舟葉の送流運動 ventilation は前者と同様に外的・内的諸要因によりその活動を左右されることが HAZELHOFF (1938), JORDAN and GUITTART (1938), FOX (1939), THOMAS

\* 鹿児島大学水産学部増殖生理学研究室 (Lab. of Propagation Physiology, Fac. of Fisheries, The Univ. of Kagoshima, Kagoshima, Japan)

(1954) 等により *Astacus*, *Homarus*, *Palaemon* で示された (WOLVEKAMP and WATERMAN, 1960による)<sup>3)</sup>。そして ventilation の自律性中枢 pacemaker は食道下神経節に局在するとされる。

著者はクルマエビにおける心搏と顎舟葉の ventilation を対象としてその筋活動を経時的に頻度計測することとし、併せて先に報告<sup>4)</sup>した食道下神経節の腹面後部に所在する PAS 細胞に関して、上記両活動度と PAS 陽性物質の量的関係を調べ、その内分泌的関連性の有無を検討した。

### 実験方法

材料には体重 2.5-4.8g のクルマエビ *Penaeus japonicus* B. を用いて心搏数と顎舟葉 ventilation の頻度を経時的に計測した。計測上生じる視覚的刺激を避けるため実験開始に当たり、両眼柄に同時的切除を施し手術後、1, 3, 6 および 10 時間の 4 点と、1, 3 および 6 時間の 3 点の計測時を設定した 2 回の実験をおこなった。上記の両搏動は肉眼を以て外部より観察し(無眼柄の個体には昼間時においても潜砂せぬ例が多い)、1 往復を 1 回とした各 100 回の搏動に要する秒数(単位: sec/100times) をストップ・ウォッチで計測した。計測は 2 回繰返しその平均を測定値とした。顎舟葉については左右を問わず計測時に観察の容易な側を選んだ。

実験水槽は先報<sup>5)</sup>と同一の砂数円形水槽(合成樹脂製)を用い、水温は実験 1 回目に  $24.0 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、2 回目に  $25.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$  と設定した。

上記計測の終了後、被検個体より食道下神経節を摘出し組織標本の作製に当て、腹面後部細胞の PAS 陽性物質を複写計量した。以上の諸操作は先報<sup>5)</sup>と同様である。

なおホルマリン標本とした体重 20g の個体を解剖し特に大顎と顎舟葉に留意して筋肉および神経の走向を調べた。

以上の諸実験は 1975 年 8 月に実施した。

### 結果

眼柄手術後の心搏と ventilation の経時的変動および計測終了時における PAS 陽性物質の量的相対値を Table 1, 2 に示した。又、経時的変動を Fig. 1, 2 に図示し PAS 陽性物質の存在が確認された個体については太線で示した (Fig. 1 では No. 1, 3, 9, 14, Fig. 2 では No. 2, 9, 12 がこれに該当する)。両活動には個体によって著しい経時的変動がみられ、そのパターンに一定した傾向は認められない。同一個体における測定値の変動は遅速現象を意味し心搏に関しては実験 1 回目の No. 2, 3, 5, 8, 9, 10, 12, 2 回目の No. 3, 12, 15 において、又顎舟葉の運動に関しては実験 1 回目の No. 1, 2, 3, 8, 17, 2 回目の No. 3, 4, 10, 16, 19 において 20sec/100times 以上の遅速が認められる。逆に両活動に遅速が認められない個体として心搏に関しては実験 1 回目の No. 20, 2 回目の No. 2, 4, 7, 10, 18, 又顎舟葉に関しては実験 1 回目の No. 4, 2 回目の No. 9 などがあげられる。総括的にみると眼柄手術後 10 時間以内の心搏数は 8-60sec/100times、顎舟葉 ventilation は 10-69 sec/100times の範囲にあると云え

る。

一方、PAS 陽性物質の出現状況と上記両活動度との間には特定な有意の関係は認められない。

大顎、顎舟葉およびその近隣部位における主な筋肉・神経の分布概要を Fig. 3, 4 に示した。又、食道下神経節(第1腹部神経節)より派出する主な神経に関する同定の結果を Fig. 5 に示した。主な筋肉の走向は次の通りである (Fig. 3 参照)。

前部・体側筋 (ant. m.) : 体側に沿い背甲の真下を走り前額部甲殻と背甲後側部を連絡する。

大顎外転筋 (man. abd.) : 大顎の外側 (反体軸側) 甲殻と胸部中軸上の内骨格突起を連絡する。

大顎内転筋 (man. add.) : 大顎の内側 (体軸側) 甲殻と背甲中側部を連絡する。背甲付着部で筋肉束の分岐が認められる。

顎舟葉外転筋 (sca. abd.) : 顎舟葉に関与する筋肉中最も背方に位置し、顎舟葉基部背面にあって胸部中軸上の内骨格突起と連絡する。

顎舟葉内転筋 (sca. add.) : 上記外転筋の腹面に接して位置し、外転筋と同様内骨格突起と連絡する。

Table 1. Relationships of the heart beat and the scaphognathite ventilation after eyestalks ablation to a quantity of the PAS-positive granules in the PAS-cells.

No.	PAS-positives*	Required times for 100 beats at the set times — 1							
		Heart beat**				Scaphognathite ventilation**			
		1 hr	3 hrs	6 hrs	10 hrs	1 hr	3 hrs	6 hrs	10 hrs
1	1.4	10	10	11	19	33	36	54	48
2	0.0	17	20	17	50	26	22	16	38
3	0.4	11	26	35	34	20	35	40	43
4	0.0	11	18	25	22	22	22	19	20
5	0.0	33	19	17	37	45	49	44	45
6	0.0	28	20	20	37	32	48	50	40
7	0.0	17	22	16	12	24	35	26	38
8	0.0	18	23	19	60	27	29	27	50
9	0.9	31	33	40	54	38	37	44	43
10	0.0	11	17	14	37	22	26	27	33
11	0.0	11	24	26	29	30	35	27	36
12	0.0	11	27	23	33	22	24	21	27
13	0.0	28	23	29	40	43	26	38	31
14	0.4	9	9	12	14***	17	18	14	31***
15	0.0	19	28	35	35	23	34	34	42
16	0.0	9	10	18	23	11	11	17	23
17	0.0	18	28	18	17	42	39	69	67
18	0.0	23	14	14	18	13	13	12	27
19	0.0	13	14	25	10	12	15	29	20
20	0.0	10	11	10	10	21	21	29	24

\*: A value of the weight converted from the magnified volume of the histological specimen by transcription (unit: g) (sampled at the last time).

\*\* : Calculated with a stop-watch (unit: sec/100 times).

\*\*\*: Sampled at the 7 hrs after the operation, because of weakening.

Table 2. Relationships of the heart beat and the scaphognathite ventilation after eyestalks ablation to a quantity of the PAS-positive granules in the PAS-cells.

No.	PAS-positives*	Required times for 100 beats at the set times — 2					
		Heart beat**			Scaphognathite ventilation**		
		1 hr	3 hrs	6 hrs	1 hr	3 hrs	6 hrs
1	0.0	12	12	18	15	15	23
2	0.4	10	11	11	24	28	27
3	0.0	10	15	34	22	17	58
4	0.0	11	11	10	16	21	60
5	0.0	16	22	11	42	44	52
6	0.0	31	20	34	34	42	44
7	0.0	17	18	16	32	45	41
8	0.0	31	24	18	39	29	41
9	0.2	9	9	26	10	11	10
10	0.0	9	10	10	32	42	18
11	0.0	26	12	10	36	42	50
12	0.2	32	9	9	22	21	36
13	0.0	12	8	8	10	16	13
14	0.0	11	16	11	12	24	21
15	0.0	9	13	31	11	28	24
16	0.0	15	12	12	29	51	50
17	0.0	9	17	24	44	35	34
18	0.0	10	10	10	49	63	51
19	0.0	9	20	21	12	36	40
20	0.0	9	23	10	34	39	54

\*, \*\*: The same as in Table 1.

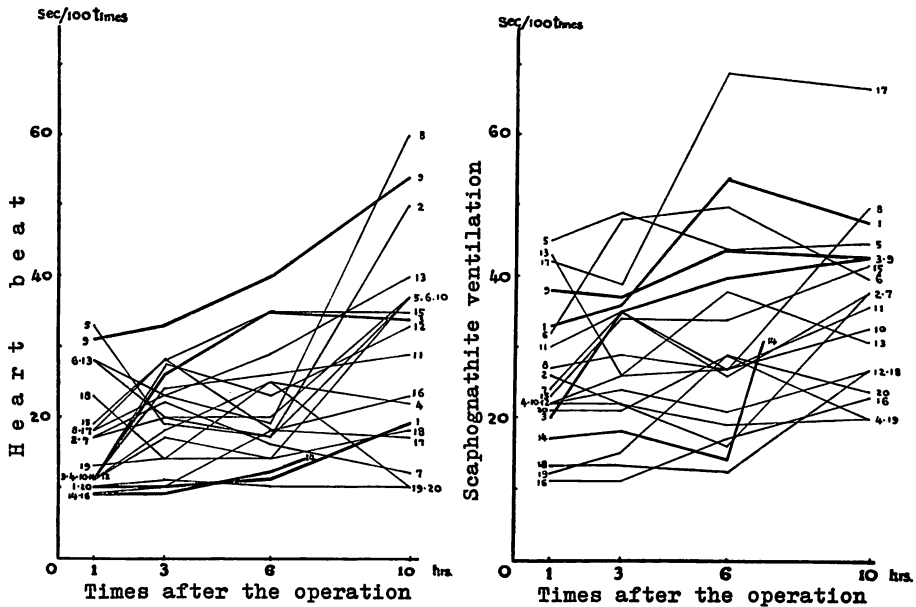


Fig. 1. Changes of the required times of the heart and the scaphognathite for 100 beats after eyestalks ablation. Boldface lines: The PAS-positives were existed in the cells at the last time's fixation. Lightface lines: The PAS-positives were no existed.

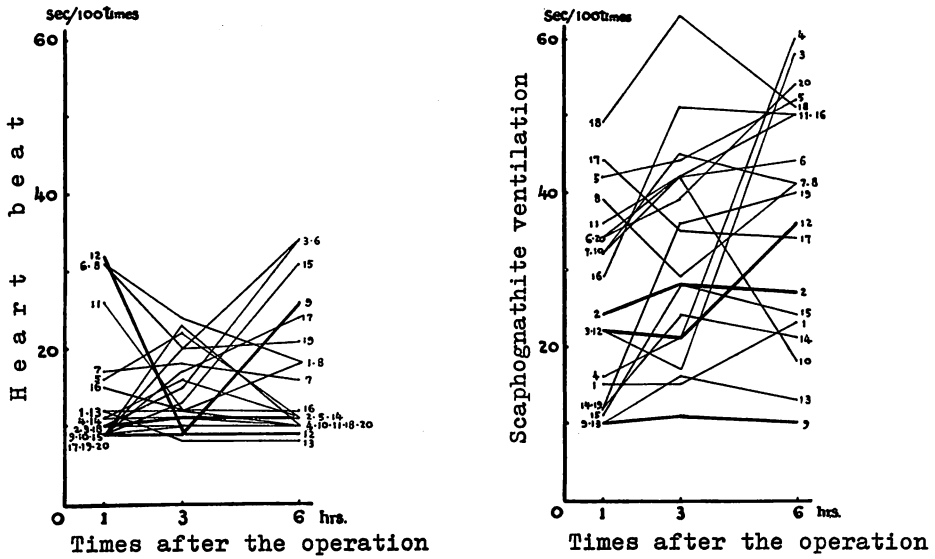


Fig. 2. Changes of the required times of the heart and the scaphognathite for 100 beats after eystalks ablation. Boldface lines: The PAS-positives were existed in the cells at the last time's fixation. Lightface lines: The PAS-positives were no existed.

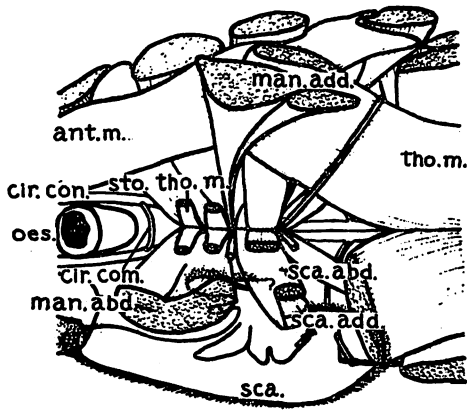


Fig. 3. Diagrammatic muscular system of the mandible and the scaphognathite (dorsal view). A part of the lateral muscles and the stomach are cut off.

Abbrev., ant. m.: anterolateral muscle, cir. com.: circumoesophageal commissure, cir. con.: cir. connective, man. abd.: mandible abductor, man. add.: man. adductor, oes.: oesophagus, sca.: scaphognathite, sca. abd.: scaphognathite abductor, sca. add.: sca. adductor, sto. tho. m.: stomatothoracic muscle, tho. m.: thoracoabdominal muscle.

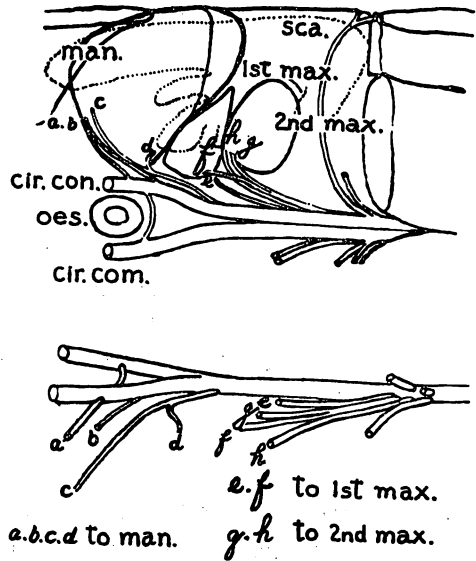


Fig. 4. Diagrammatic nervous system of the thorax, especially branching to the mandible, the 1st maxilla and the 2nd maxilla (upper: dorsal view, lower: lateral view). Abbrev., cir. com.: circumoesophageal commissure, cir. con.: cir. connective, man.: mandible, 1st max.: 1st maxilla, 2nd max.: 2nd maxilla, oes.: oesophagus, sca.: scaphognathite

胃胸筋 (sto. tho. m.) : 胸部中軸に前後2対が並び、幽門部腹面と胸部内骨格突起を連絡する。

胸腹筋 (tho. m.) : 胸部後方の腹面より腹部へ拡がり前方は胸部側方の背甲側部と連絡する。

主な神経の走向は次の通りである (Fig. 4, 5 参照)。

腹髄神経系より大顎に与かる神経には3本 (a, b, c+d) が認められ中の1本は大顎基部で分枝する (c, d)。各々の派出部位は咽食道連絡上で、咽食道連鎖の前方且つ食道の側方 (a), 咽食道連鎖の後方 (b), 左右の合一する付近 (c+d) にある。大顎内部で a, b, c は前部に、d は後部に分布する。

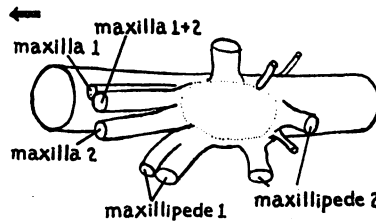


Fig. 5. Diagram of the main nerves sent out from the suboesophageal ganglion (left side).

第1小顎および第2小顎(顎舟葉)に与かる神経には各々2本が認められる (e, f, g, h)。いずれも派出部位は食道下神経節上にある。各々2本の中の1本 (f, g) は派出部位では合一しており、走向中に離れて分岐する。

## 考 察

本実験の開始に当たって施した両眼柄の切除手術は心搏および顎舟葉の活動に相応の影響を与えることが、*Gecarcinus*, *Lysmata*, *Leander* 等における BLISS<sup>9)</sup>, CARLISLE and DOHRN<sup>9)</sup> SCHEER and SCHEER<sup>9)</sup> の、眼柄の呼吸代謝に占める内分泌的重要性を示した実験により類推されるが、著者は両活動の測定を外部的な肉眼観察による搏動頻度の計測に依ったことから、測定の際の視覚的刺戟が不可避免的となり (反応は鋭敏で不規則な、搏動の停止・搏動の加速として現われる)、理想的手法とは云えないが眼柄を切除手術することによりこの変動要因を除くこととした。手術により個体の多くは潜砂せず砂上に静止、緩歩或いは遊泳行動をとり自由状態としての計測が可能となった。この測定条件に関しては WOLVEKAMP and WATERMAN<sup>8)</sup> が *Astacus* において個体が自由或いは捕縛固定の状態如何で ventilation の活動に差を生じることを指摘している。ところで本実験の計測値は搏動速度の逆数に対応するが、これを速度の単位になおすと心搏については 1.7-12.5/sec, ventilation については 1.4-10.0/sec となり、平常条件での心搏として *Astacus* の 1.5-1.7/sec, *Homarus* の 1.7/sec, *Palaemonetes* の 3.5-4.9/sec (MAYNARD, 1960 による)<sup>1)</sup>, 又 ventilation として *Astacus* の 0.3-2.5/sec, *Homarus* の 1.2-1.8/sec, *Palaemon* の 4.1-4.9/sec (WOLVEKAMP and WATERMAN, 1960 による)<sup>8)</sup> 等の値と比較して両計測値とも頻度の高い傾向が示される。

HARA<sup>2)</sup>, ALEXANDROWICZ and CARLISLE<sup>10)</sup> 等によると眼柄には心搏促進物質が産生されるため眼柄切除の個体では心搏の減少が認められるはずであり、本実験の結果を説明し難い。しかしこれは手術による損傷で一時的に代謝活動が亢進したためとも解される。

ところでPAS陽性物質の出現状況と心搏、顎舟葉の両活動度との間に特定の相関性が認められないことは、眼柄切除によりPAS陽性物質に著明な変化が示されない先の実験結果<sup>11)</sup>を考慮すると、当該物質の両活動に対する内分泌的関連性は無いものと判断される。

顎舟葉に与かる筋肉系はYOUNG<sup>12)</sup>によると*Carcinus*では10本が数えられその半数ずつが各々挙筋(外転筋)と降下筋(内転筋)に相応するとされる。且つventilationはこれら諸筋の協合作用によりその頻度、振幅そして水流の向きに複雑な効果が与えられることを示している。ここに著者の得た解剖結果は単に概要的性格のものであり顎舟葉の機能的把握にはより詳細な解剖を行なう必要があると考える。

## 要 約

1. クルマエビの食道神経節腹面後部に所在するPAS細胞に関して心搏と顎舟葉ventilationに対する内分泌的関連の有無を調べた。視覚的刺戟と潜砂行動の回避を目的として被検個体に両眼柄の切除手術を施し、以後の心搏・ventilationの経時的な活動変化を設定時(1, 3, 6および10時間)毎に測定した。活動度の測定は肉眼による搏動頻度の外部的計測によった。計測終了後、PAS陽性物質を組織標本より複写計量し上記の両活動度との量的相関を検討した。

2. 心搏、ventilationとも搏動の頻度変動が著しく、特定のパターンは示されなかった。

3. PAS陽性物質の出現状況と上記の両活動度との間には特定の相関は認められず、よって心搏、ventilationに対するPAS細胞の内分泌的関連は無いものと判断される。

4. 大顎と顎舟葉およびその近隣部位に関して解剖を行ない筋肉・神経系の概要を明らかにした。

## 文 献

- 1) MAYNARD, D. M. (1960): Circulation and heart function. in "The Physiology of Crustacea" (ed. by T. H. WATERMAN), Vol. 1, Academic Press, New York and London, 200-208.
- 2) HARA, J. (1952): On the hormones regulating the frequency of the heart beat in the shrimp, *Paratya compressa*. *Annot. Zool. Japon.*, 25, 162-171.
- 3) WOLVEKAMP, H. P., and T. H. WATERMAN (1960): Respiration. in "The Physiology of Crustacea" (ed. by T. H. WATERMAN), Vol. 1, Academic Press, New York and London, 62-75.
- 4) 中村 薫 (1974): クルマエビの神経分泌に関する研究—I. 食道および眼柄内神経節に分布する神経節細胞集団の位置的關係. 鹿大水紀要, 23, 173-184.
- 5) 中村 薫 (1974): クルマエビの神経分泌に関する研究—III. 環境条件とPAS陽性物質との相関性の検討. 同上, 23, 195-200.
- 6) BLISS, D. E. (1951): Metabolic effects of sinus gland or eyestalk removal in the land crab, *Gecarcinus lateralis*. *Anat. Rec.*, 111, 502-503.

- 7) BLISS, D. E. (1953): Endocrine control of metabolism in the land crab, *Gecarcinus lateralis* (Fréminville) I. Differences in the respiratory metabolism of sinus glandless and eyestalkless crabs. *Biol. Bull.*, **104**, 275-296.
- 8) CARLISLE, D. B., and P. F. R. DOHRN (1953): Studies on *Lysmata seticaudata* Risso (Crustacea Decapoda) II. Experimental evidence for a growth-and moult-accelerating factor obtainable from eyestalks. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, **24**, 69-83.
- 9) SCHEER, B. T., and M. A. R. SCHEER (1954): The hormonal control of metabolism in crustaceans. VIII. Oxygen consumption in *Leander serratus*. *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, **25**, 419-426.
- 10) ALEXANDROWICZ, J. S., and D. B. CARLISLE (1953): Some experiments on the function of the pericardial organs in Crustacea. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, **32**, 175-192.
- 11) 中村 薫 (1975): クルマエビの神経分泌に関する研究—VII. 生殖腺熟度, 中腸腺重量等とPAS陽性物質量との相関性の検討. 鹿大水紀要, **24**, 25-31.
- 12) YOUNG, R. E. (1974): Neuromuscular control of ventilation in the carb. *Carcinus maenas*. *J. Comp. Physiol.*, **101**, 1-37.