

韓國의 민물가재 (*Cambaroides similis* Koelbel)의 中腸上皮에
대한 走査電子顯微鏡的 考察

延 根 聖 · 盧 鏞 泰*

(誠信女子大學校 基礎科學研究所 · 建國大學校 理科學 生物學科*)

Study on the Midgut Epithelium of Korean Fresh Water Crayfish,
Cambaroides similis (Koelbel) (Crustacea, Decapoda), by
Scanning Electron Microscopy

Kun-Seung Yeun and Yong-Tai Noh*

(Basic Science Research Institute, Sungshin Women's Univ.;

Dept. of Biology, Kon-Kuk Univ.*)

(1986. 1. 23 접수)

ABSTRACT

Animals in Order Decapoda consist of a plentiful species and vary in external and internal shape, taste, feeding habit and the feature of alimentary canal. In this case, the morphological study on the midgut epithelium of filter feeding Decapoda in Crustacea, Korean fresh water crayfish (*Cambaroides similis* Koelbel), the only species dwelling in Korea, were performed by scanning electron microscopy. The anterior-most parts of midgut epithelium appeared to be many shallow, dense and irregular folds where a linear microvilli (MV) (1-3 μ m long) numbered from a few to ten had raised. Middle part of the gut, the folds got gradually shallower. MV arranging on one, two or three lines were slightly thicker than those mentioned above. The number of MV in each group seemed gradual decrease from a apical border with maximum thirty in group to furrow with none. From the middle to posterior parts of the gut, the MV were slightly thinner and longer (2.5~4 μ m long) and raised twelve on a line and, in some cases, added from one to five on another line. On the posterior-end parts of the gut, the epithelium showed many shallow and dense folds as the anterior parts again. A group of thin and long MV (2~7 μ m long) countable fifteen on a line were raised to the base of each fold. In some cases, the MV also added utmost in five on the other line. All the MV observed in this study were posteriorly directed.

緒 論

節肢動物 중 昆蟲綱에 속하는 동물들은 대체로 胃腸管上皮組織이 成蟲의 경우 攝食方法에 따라서 매우 다르며 특히 同一種 내에서도 幼蟲時期와 變態후 成蟲間에 그 構造가 매우 다르다(Yu, 1981).

幼蟲期の 경우 圓柱細胞의 頂端面(apical border)과 杯狀細胞의 杯狀細胞內腔(goblet cell lumen)에 微細絨毛(microvilli)가 나있어 흡수를 돕고 있으며(Anderson과 Havey, 1966; Schultz와 Jungreis, 1977; Yu, 1981), 成體에서도 中腸上皮가 圓柱細胞로 되고 그 頂端面에 微細絨毛가 조밀하게 나있어 흡수에 參與함이 밝혀져 있다(Yu, 1981).

이에 대하여 대체로 肉食性인 甲殼類(Crustacea)중 濾過攝取(filter feeder)하는 十脚目(Decapoda)은 역시 消化管이 前腸(forgut), 中腸(midgut) 및 後腸(hindgut)으로 나뉘어져 있다. 前腸은 外胚葉性으로 角質(cuticle)로 싸여져 있으며(Wallengren, 1901; Mantin, 1964), 食道와 胃로 나뉘어지는데 胃는 前胃(cardiac stomach)와 後胃(pyloric stomach)로 되고 이에 濾過장치가 分化되어 濾過된 微粒子를 포함한 液狀의 음식물은 肝脾臟(hepatopancreas)이나(Stanier 등, 1968), 中腸前盲囊(midgut anterior caeca)에 운반되어 거기에서 효소의 분비, 소화, 흡수 및 일부 저장된다. 그리고 나머지 濾過되지 않은 큰 粒子를 포함한 양분은 中胚葉性인 中腸에 보내져 계속 소화, 흡수된 다음 다시 外胚葉性인 後腸을 거쳐 배설되는데, 端脚目(Amphipoda)에 속하는 甲殼類에서와 같이 일부는 中腸後盲囊(midgut posterior caeca)을 통하여 배설되는 것도 있다(Graf와 Michaut, 1980).

이 과정에서 微細絨毛의 흡수와 관련한 研究로서 肝脾臟으로나(Stanier 등, 1968, 十脚目에서; Ann, 1968, Astacidea 亞目에서, Clifford와 Witkus, 1971, Iniscus屬에서), 中腸後盲囊(Smith, 1978, Brachyura亞目에서; Graf와 Michaut, 1980, Orchestia屬에서) 및 中腸局部 膨隆(Midgut diverticulum)(Ong, 1969, Calanus屬에서)으로 그 組織化學的인 연구가 되어 있다.

中腸 자체에 대하여는 Yoshikoshi(1974, 1980)와 Arnaud 등(1980)이 橈脚亞綱(copepoda)에서, Quaglia 등(1976)이 鰓脚亞綱(Branchiopoda)에서, 그리고 軟甲亞綱에서는 Martin(1964)의 端脚目에서와, Talbot 등(1972)의 十脚目 Penaeus屬(brown shrimp)에서의 研究가 있었고, 韓國에 서식하는 가재(*Cambaroides similis* Koelbel)에 대해서는 Yeun(1985)에 의해 中腸上皮的 光學顯微鏡的인 고찰이 있었을 뿐이어서 본 연구에서는 이 가재의 中腸上皮에 대하여 走査電子顯微鏡의 형태를 구명코자 시도하였다.

材料 및 方法

본 연구에 사용된 가재(*Cambaroides similis* Koelbel)는 節肢動物門, 甲殼綱, 軟甲亞綱, 十脚目, 가재科(Potamobiidae)에 속하는 한국에서는 유일한 민물가재로서 1985년 5월부터 7월 사이에 全羅北道 井邑郡 山內面 菱橋里 溪谷에서 採集한 것 중 全甲殼長이 25 mm 이상 되는 成體를 택하여 生體狀態에서 해부한 다음 切取한 中腸을 saline용액에서 切開하여 코르크판에 고정시켜 잘 세척하고 4°C, 2% paraformaldehyde-2.5% glutaraldehyde液(pH 7.2)

에 4시간 동안 固定하였다.

이어 1% osmium tetroxide에 2시간 後固定한 다음 alcohol에서 탈수하고 isoamylacetate로 치환하여 24시간 경과후 충분히 공기건조시키고 vacuum evaporator (JEOL)에서 5분간 금도금하였다. 이 재료를 JSM-35 CF (JEOL) 走査電子顯微鏡으로 관찰하였다.

結果 및 考察

節肢動物의 腸은 세 부분으로 나뉘어 진다. 卽 外胚葉性인 前腸, 中胚葉性인 中腸 및 外胚葉性인 後腸인데, 外胚葉性인 前腸과 後腸은 內壁이 角質로 싸여져 있고 中腸은 角質이 없다. 대체로 前腸에서는 섭취한 먹이의 분해, 中腸에서는 소화와 흡수, 그리고 後腸에서는 水分吸收의 기능을 각각 나타낸다(Quaglia 등, 1976). 甲脚類의 十脚目에 있어서는 前腸이 食道와 胃로 나뉘어지고 씹는 角質齒(chitinous teeth)를 가지고 있어 咀嚼作用을 담당하는 前胃와 여기에서 여과장치를 거쳐 일차적으로 효소와 섞이면서 일시 저장되는 後胃로 나누어진다. 後胃와 中腸이 이어지는 곳에 肝脾臟이 있어 여기에서 효소의 분비와 소화 및 흡수작용이 이루어진다. 肝脾臟입구에는 여과시키기 위한 微細한 剛毛들이 있어 液狀의 양분만 肝脾臟에 들어가게 되고 나머지 粒子를 포함한 양분은 中腸으로 들어간다(Martin, 1964; Leake, 1975). 十脚目の 中腸은 Anomura亞目的 *Pagurus bernhardus*나 *Nephrops norvegicus*를 제외하고는(Smith, 1978), 대체로 그 길이가 짧거나(Astarcus目에서 4 mm정도, Wallengren, 1901; Smith, 1978; Brachyura目에서 2 mm정도, Patwardhan, 1935), 거의 中腸이 없어 hepatopancreas만으로 소화작용을 대치하거나(Anomura目, Galathea屬에서, Pike, 1947; Smith, 1978), 혹은 소화작용을 돕기 위한 中腸前盲囊과 일부 中腸後盲囊을 가지고 있는 경우가 대부분이다(Wallengren, 1901; Yonge, 1924; 1959; Balss, 1944; Dall, 1967; Powell, 1974; Mykles, 1977; Smith, 1978).

본 연구에 사용된 가재는 中腸이 8 mm내외(頭胸甲殼長 20~28 mm)로서 腸上皮의 形態的인 차이에 따라 세부분으로 나눌 수 있었다. 中腸의 가장 앞부분은 中腸上皮가 얇은 주름으로 불규칙하게 많은 방울 형성하고 주름의 가장자리를 따라 1~3 μm 길이의 微細絨毛가 1열로 적게는 2~3개에서 많을 경우 10개 정도까지 나있다(사진부도 1). 中腸의 組織學的인 연구에 따르면 中腸上皮는 圓柱細胞로 되고 그 頂端面이 striated border로 되어 中腸盲囊과 함께 분비, 소화 및 흡수의 기능을 나타내고 있다(Pearson, 1908; Pugh, 1962; Sobieski와 Pugh, 1973; Mykles, 1977; Smith, 1978). 더욱이 각 저자마다 발표하고 있는 微細絨毛는 上皮細胞의 腸腔을 향한 全面에 조밀하게 나있으며 본 연구에서와 같이 일렬로 빗살같이 그리고 드문드문 배열된 경우는 없었다. 中腸을 따라 앞에서 1/5정도에 이르르면 주름은 점점 알아지면서 매우 완만한 굴곡면을 보이며 드문드문 빗살같이 10개 내외의 微細絨毛가 나있다(사진부도 2). 중앙부에 가까워지면 微細絨毛는 다소 굵어지면서 몇개씩 열외로 추가되어 가다가(사진부도 3) 중앙에 이르르면 완전히 2~3열 정도로 모여남을 볼 수 있다(사진부도 4). 소화, 흡수기능의 증거로서 형태학적으로는 微細絨毛와 점막(peritrophic membrane)의 존재를 들 수 있고 세포학적으로 上皮細胞의 alkaline phosphatase reaction의 존재를 들 수 있는데 그것도 中腸의 앞에서 2/3되는 부위까지에 국한된다고 하였다(Martin, 1964). 본 연구에서도 이들 둘기가 中腸의 중앙부위에 이르기까지 점차 수직으로 증가하다

가 후반에 접어들면서 다시 점점 줄어들어, 앞에서부터 4/5정도에 이르면 微細絨毛는 가늘고 길면서(2.5~4 μm 의 길이) 그 수는 줄어, 다시 일열로 혹은 몇개가 열외로 추가되는 양상을 보인다(사진부도 5). 中腸의 後端에 이르러 中腸上皮는 다시 첫머리와 흡사한 모양을 하나 微細絨毛는 더욱 가늘면서 2~7 μm 정도까지 길어지고 있다(사진부도 6). Pearson (1908), Pugh (1962), Sobieski와 Pugh (1973), Mykles (1977) 및 Smith (1978) 등은 Copepoda 亞綱이나 Malacostraca 亞綱에서 striated border를 中腸이나 盲囊에 있는 上皮細胞의 특징으로 규명하고 있으며 흡수를 돕기 위한 구조물로 설명하고 있다. 곤충에서도 일찍이 Imms (1907)가 Anopheles 屬에서 발표한 것을 비롯하여 Boisszon (1930), Wigglesworth (1933), Jones 등 (1968) 및 Yu (1981) 등이 光學顯微鏡과 電子顯微鏡을 통하여 中腸上皮的 brush border가 圓柱細胞와 杯狀細胞 등에 있어, 분비와 흡수기능을 나타냄을 보고한 바 있다.

이같은 微細絨毛의 기능으로 볼 때, 본 연구에 사용된 가재는 中腸 内壁이 세로로 굽게 주름져 있고 그 上皮의 微細絨毛는 일반 곤충의 中腸이나 盲囊에서 볼 수 있는 형태의 brush border도 아닌 微細絨毛가 주름의 볼록한 면에만 국한되어 그나마 성글게 나있고 주름의 골을 따라 깊어질 수록 수가 줄어 드디어는 전혀 볼 수 없게 된다(사진부도 2, 3과 5에서 화살표 부분). 따라서 가재는 肝脾臟이나 中腸前盲囊 및 中腸後盲囊에서 주된 소화 및 흡수기능을 나타내며 中腸에서는 微細絨毛의 분포와 밀도를 보아도 소화나 흡수기능은 매우 저조할 뿐만 아니라 그나마 中央부위정도까지 대부분 이루어지는 것으로 사료된다. 그러면서도 이 가재가 甲殼類 중에서 中腸이 긴편에 속하는 것은 또 다른 生理的 功能이 존재할 것이 예상된다.

摘 要

節肢動物의 甲殼類는 種이나 크기가 매우 다양하고 食性이나 攝食方法에 있어서도 크게 다르다. 특히 十脚目的 胃는 다른 일부 目과 더불어 濾過攝食의 構造的인 特徵때문에 肝脾臟이나 中腸前盲囊, 中腸後盲囊에 대한 연구는 많이 되어 있으나 中腸 자체에 대하여는 검토된 바가 극히 적다. 본 연구에서는 全羅北道 井邑郡 山內面 菱橋里 溪谷에서 1985년 5월부터 7월 사이에 채집한 민물 가재 (*Cambaroides similis* Koelbel; 甲殼綱, 十脚目)의 中腸上皮를 走査電子顯微鏡으로 관찰한 결과, 다음과 같다.

1) 中腸의 앞부분은 中腸上皮가 얇고 조밀한 주름이 불규칙하게 이루어져 있고 길이 1~3 μm 의 微細絨毛가 적게는 2~3개에서 많은 경우 10개 정도까지 1열로 배열되어 있다.

2) 中腸의 중앙에 이르면서 주름은 점점 알아지면서 微細絨毛는 다소 굽어져 한 집단이 1열 내지 3열 정도의 배열을 이루고 隆起의 腸腔에 接한 면에서 주름진 골을 따라 깊어지면서 微細絨毛의 數는 30개 정도에서 점점 줄어 드디어는 나타나지 않는다.

3) 中腸의 中央部에서 後端에 이르면서 微細絨毛는 가늘고 길어지며(길이 2.5~4 μ) 많은 경우 한 줄에 12개까지 배열되어 있고 일부는 그 밑줄에 4~5개까지 추가된다.

4) 中腸의 後端에 이르면 다시 腸表面은 첫 부분과 같이 얇고 조밀한 주름이 저있는데 그 주름의 기슭마다에는 한 줄당 15까지의 가늘고 긴(길이, 2~7 μm) 微細絨毛가 나있고 어떤 것은 열외로 5개 정도까지 덧나있는 경우도 있다. 본 연구에서 관찰된 모든 微細絨毛는 뒤쪽을 향하고 있었다.

REFERENCES

- Anderson, E. and W.R. Harvey, 1966. Active transport by the Cecropia midgut. II. The fine structures of the midgut epithelium. *J. Cell. Biol.* 31:107-134.
- Ann, H.B., 1968. An ultrastructural study of the hepatopancreas of *Procambrus clarkii* (Girard) (Decapoda, Astacidea). *Crustaceana* (Leiden) 15:282-288.
- Arnaud, J., M. Brunet, J. Mazza, 1980. Structure et ultrastructure comparées de l'intestin chez plusieurs espèces de Copépodes Calanoides (Crustacea). *Zoomorphologie* 85:213-233.
- Balss, H., 1944. Decapoda (Zehnfüsser) (Life. 4) In: H.G. Bronn, Klassen und Ordnungen des Tierreichs. 5(1) (7) (3):321-480 (Leipzig).
- Boisszon, P. De, 1930. Contribution a l'étude de la biologie et de l'histophysiologie de *Culex pipiens* L. *Arch. Zool. Exp. Gén.* 70:281-431.
- Clifford, B. and E.R. Witkus, 1971. The fine structure of the hepatopancreas of the woodlouse *Oniscus asellus*. *J. Morphol.* 135:335-350.
- Dall, W., 1967. Hypo-osmotic regulation in Crustacea. *Comp. Biochem. Physiol.* 21:653-678.
- Graf, F. and P. Michaut, 1980. Fine structure of the midgut posterior caeca in the Crustacean *Orchestia* in intermolt: recognition of the two distinct segments. *J. Morphol.* 165: 261-284.
- Heeg, J. and J. Cannone, 1966. Osmoregulation by means of a hetherto unsuspected organ in two grapsid crabs. *Zool. Africana.* 2:127-129.
- Imms, A.D., 1907. On the larval and pupal stages of *Anopheles maculipennis* Meigen. *J. Hyg.* 7: 291-318.
- Jones, J.C. and H.Z. Victor, 1968. The fine structure of the Gastric caeca of *Aedes aegypti* larvae. *J. Insect Physiol.* 14:1567-1575.
- Leake, L.D., 1975. Comparative Histology. Academic Press, INC. (London) LTD.
- Martin, A.L., 1964. The alimentary canal of *Marinogammarus obtusatus* (Crustacea, Amphipoda) *Proc. Zool. Soc. London* 143:525-544.
- Mykles, D.L., 1977. The ultrastructure of the posterior midgut caecum of *Pachygrapsus crassipes* (Decapoda, Brachyura) adapted to low salinity. *Tissue & Cell* 9:681-691.
- Ong, J.E. and P.S. Lake, 1969. The ultrastructural morphology of the midgut diverticulum of the Calanoid Copepod *Calanus helgolandicus* (Claus) (Crustacea). *Aust. J. Zool.* 18:9-20.
- Patwardhan, S.S., 1935. The structure of the gastric mill in *Natantious macuruna*: Caridea. *Proc. Indian Acad. Sci.* 1:693-704.
- Pearson, J., 1908. Cancer. Liverpool mar. Biol. Comm. Mem., 16, *Proc. Trans. Liverpool biol. Soc.* 22:291-499, pls. 1-13.
- Pike, R.B., 1947. Galathea. Liverpool mr. Biol. Comm. Mem. 34:1-179, pls. 1-20 (Liverpool Univ. Press).
- Powell, R.R., 1974. The functional morphology of the foreguts of the thalassinid crustaceans, *Callianassa californiensis* and *Upogebia pugettensis*. *Univ. Calif. Publ. Zool.*, 102:1-41, figs. 1-39.
- Pugh, J.E., 1962. A contribution toward a knowledge of the hind-gut of fiddler crabs (Decapoda, Grapsidae). *Trans. Amer. Microsc. Soc.* 81:309-320.

- Quaglia, A., B. Sabelli and L. Villani, 1976. Studies of the intestine of Daphnidae (Crustacea, Cladocera). Ultrastructure of the midgut of *Daphnia magna* and *Daphnia obtusa*. *J. Morphol.* 150: 711-726.
- Schultz, T.W. and A.M. Jungreis, 1977. The goblet cavity matrix in the larval midgut of *Hyalophora cecropia*. *J. Insect. Physiol.* 23:29-32.
- Smith, R.I., 1978. The midgut caeca and the limits of the hindgut of brachyura: a clarification. *Crustaceana* 35:195-205.
- Sobieski, T.J. and J.E. Pugh, 1973. Some preliminary histological observations of the hindgut of *Rhithropanopeus harrisi* Gould. *Virginia J. Sci.* 24:127 (abstract).
- Stanier, J.E., M.A. Woodhouse and R.L. Griffin, 1968. The fine structure of the hepatopancreas of *Carcinus maenas* (L.) (Decapoda, Brachyura) *Crustaceana Leiden* 14:56-66.
- Talbot, P., W.H. Clark and A.L. Lawrence, 1972. Fine structure of the midgut in the developing brown shrimp, *Penaeus aztecus*. *J. Morphol.* 138:467-486.
- Wallengren, H., 1901. Über das Vorkommen und die Verbreitung der der sogenannten Intestinaldrüsen bei den Decapoden. *Zeitschr. Wiss. Zool.* 70:321-345.
- Wigglesworth, V.B., 1933. The effect of salts on the anal gills of mosquito larva. *J. Exp. Biol.* 10: 1-15.
- Yeun, K.S., 1985. The morphological study of the Korean Crayfish (*Cambaroides mimilis* Koelbel). II. On the intestinal epithelium of the crayfish. (in press).
- Yonge, C.M., 1924. The mechanism of feeding and digestion in *Nephrops norvegicus*. *J. Exp. Biol.* 1:343-389.
- Yoshikoshi, K., 1975. On the structure and function of the alimentary canal of *Tigriopus japonicus* (Copepoda: Harpacticoida). 1. Histological structure. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish* 41:929-935.
- Yoshikoshi, K., 1980. On the structure and function of the alimentary canal of *Tigriopus japonicus* (Copepoda: Harpacticoida). 2. Cellular renewal in the mid-gut epithelium. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 46(6):705-710.
- Young, J.S., 1959. Morphology of the white shrimp, *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1758). *Bull. U.S. Bur. Fisher.* 59(145):1-168.
- Yu, C.H., 1981. Morphology of the alimentary canal of insects. Ph. D. Theses. Korea Univ.

- Fig. 1.** The anterior-most part of the midgut where the hepatopancreas are raised. The linear arrangement of microvilli (MV. 1~3 μm long) are seen along the folds. Scale bar 10 μm .
- Fig. 2.** The anterior one-fifth of the midgut. The folds gradually disappear and the number of MV in a group show decreasing along the furrows (arrow). Scale bar 10 μm .
- Fig. 3.** Near the middle of anterior of the gut. The number of MV in a group show gradual increase than in Fig. 2, and decrease along the furrow, also. Scale bar 10 μm .
- Fig. 4.** Middle part of the gut. The number of MV in a group is the most. Scale bar 10 μm .
- Fig. 5.** The anterior four-fifths region of the gut. The MV are thinner and longer (2.5~4 μm long) than those in anterior parts. There are no MV in furrow (arrow). Scale bar 10 μm .
- Fig. 6.** Near the posterior end of the gut. The irregular folds of the epithelium appear as in anterior-most part again. The MV are the longest (2~7 μm long). Scale bar 10 μm .
- Remark: All the MV observed in this study are posteriorly directed.

