

## Bithyniidae과 패류 치설의 미세구조에 관한 연구

김재진 · 최임순 · 임승섭 · 한규웅\* · Claus Meier-Brook\*\*

### Ultrastructural Study on the Radulae of Bithyniid Snails (Mollusca: Prosobranchia)

Kim, Jae-Jin, Rim Soon Choe, Seung-Sub Lim, Kyu-Woong Hahn\*  
and Claus Meier-Brook\*\*

(Received November 10, 1988)

#### Abstract

The radulae of six species of bithyniid snails, *Bithynia striatula*, *B. tentaculata*, *B. siamensis*, *B. leachi*, *Gabbia misella* and *G. australis*, were observed by SEM.

The radular formula of all the bithyniids studied was 2:1:1:1:2. The all teeth were multicuspid and the central teeth had numerous basal denticles. The mesocones of the central and lateral teeth were spade or arrow-head shape. The mesocones of the central teeth and the lateral teeth of *B. leachi*, *G. misella* and *G. australis* were slightly larger than the other cusps in contrast of those of the other species. Number of cusp was varied by the specimen and the species.

#### 서 론

연체동물 복족류의 치설은 속 또는 종 수준의 분류에 유용한 형질로 이용되고 있다(Solem, 1978). 본 Bithyniidae과 패류의 치설에 관해서 Walker (1927)는 광학현미경 관찰을 통해 본 과에 속한 패류의 치설은 서로 비슷하여 각 속(genus)간의 차이를 구분하기 어렵다고 하였다. 그러나 Chung (1984)은 본 과에 속한 3종의 패류의 치설을 주사전자현미경으로 관찰하여 종(species) 수준에 있어서도 차이가 있음을 보고한 바 있다. 그러나 이러한 종래의 연구는 주로 치설의 전반부에 국한되어 왔고 후반부, 즉 생성부에 관한 미세구조를 관

찰한 연구는 별로 알려져 있지 않다.

따라서 본 연구는 Bithyniidae과 패류 6종의 치설을 주사전자현미경을 통해 생성부의 형태와 함께 전반부의 형태를 관찰하여 각 종간의 차이를 알아보려고 하였다.

#### 재료 및 방법

본 실험에 이용된 Bithyniidae과 패류중 *Bithynia striatula* Benson, 1842는 한국의 경기도 고양군에서, *B. tentaculata* Linneous, 1758는 오스트리아와 유고슬라비아에서, *B. siamensis* Lea, 1856는 태국에서, *B. leachi* Sheppard, 1823는 독일에서, *Gabbia misella* Gredler, 1884는 한국의

연세대학교 생물학과 · \*연세대학교 의과대학 전자현미경실  
Dept. of Biology, Yonsei University, 120-749, Seoul, Korea  
\*EM Lab., College of Medicine, Yonsei University  
\*\*Tropenmedizinisches Institut, Tübingen Universität

함안군에서, *G. australis* Tryon, 1865는 호주에서 각각 1970년부터 1988년까지 저자를 비롯한 여러 연구자에 의해 채집되었다.

치설의 관찰을 위해 이들 패류의 구낭(buccal mass)을 분리한 후, pointed forcep으로 치설부만을 분리하였다. 이를 5% sodium hydroxide 용액에 12~18시간 처리하여 치설주위의 막을 제거한 후 ultrasonic cleaner로 10~15초간 sonication하여 이물질들을 제거한 다음 증류수로 3번 세척하였다. 주사전자현미경용 stub에 양면 scotch tape를 이용하여 치설을 부착시키고 ion coater (Eiko IB-3)를 이용하여 금으로 표면을 도포한 후 주사전자현미경(Hitachi S-450)으로 관찰하였다.

**결 과**

본 실험에서 관찰한 Bithyniidae과 패류의 치설은 기본적으로 좌우대칭을 이루고 있었으며, 치설 식은 2:1:1:1:2였다. 즉, 치설은 각 열당 1개의 증치와 좌우 1쌍의 측치 그리고 내·외연치 각 1쌍씩을 가지고 있었으며 전부 여러개의 소첨두를 가지고 있었다. Basal denticle은 증치에서만 있었으며, 증치나 측치는 전체적인 외곽의 형태가 삼각형인데 비해, 내·외연치는 국자를 뒤집어놓은 형태를 이루고 있었다. 각 종별 소첨두의 수는 Table 1과 같다.

**1) *Bithynia striatula***

증치는 mesocone이 삼모양으로 치설열의 증반

부에서는 폭에 비해 길이가 길쭉하나(Fig. 1), 전반부에 올수록 폭과 길이의 비가 비슷하여졌다(Fig. 2). 소첨두는 바깥쪽일수록 그 크기가 작았으며 증반부에서는 3개 정도의 소첨두가 중앙을 향해 휘어 있었고 폭에 비해 길이가 길었다. 때로 소첨두 사이에 작은 denticle들이 불규칙하게 나타나기도 하였으나(Fig. 3), 전반부로 갈수록 경형이 되어 갔다. Basal denticle은 좌우 4개씩이 보통이며 후반부에서는 그 끝이 날카로우나 전반부에서는 서로 융합하여 3,4번째 denticle은 첨두의 형태만 남아 있었다(Fig. 1).

측치는 증치에 비해 크기가 크며 젓꼭지모양의 mesocone을 가지고 있었으며, 좌우로 3~4개의 endocone 및 ectocone을 갖고 있었다(Fig. 1).

내연치는 국자를 뒤집어 놓은 모양으로 16~21개의 소첨두를 가지며 각 소첨두의 끝은 비교적 뾰족하였다(Fig. 1). 외측으로부터 3 내지 4번째 소첨두는 다른 소첨두에 비해 넓고 뾰족하였다.

외연치는 10~13개 정도의 소첨두를 갖고 있었다.

치설의 열은 45~59개의 횡렬로 이루어져 있었다.

**2) *Bithynia tentaculata***

오스트리아 집단의 경우, 증치의 mesocone은 삼모양이며 절단면이 *B. striatula*에 비해 뾰족하였다. 소첨두는 좌우에 3~4쌍씩 있었으며 basal denticle은 3쌍이 있었다. 측치의 mesocone이 증

Table 1. General cusp formula for each species of six bithyniids

Species	Central tooth	Lateral tooth	Inner marginal	Outer marginal
<i>B. striatula</i>	$\frac{(4)3-1-3(4)}{4 \quad 4}$	(3-4)-1-(3-4)	16~21	10~13
<i>B. tentaculata</i>	$\frac{(4)3-1-3(4)}{(4)3 \quad 3(4)}$	4-1-4	15~17	8~11
<i>B. siamensis</i>	$\frac{4-1-4}{5 \quad 5}$	4-1-4	14~15	9~11
<i>B. leachi</i>	$\frac{(3)4-1-4(3)}{(3-5) \quad (3-5)}$	3-1-3	15~17	9~11
<i>G. misella</i>	$\frac{4-1-4}{4 \quad 4}$	(3-4)-1-(4-5)	18~21	9~10
<i>G. australis</i>	$\frac{4-1-4}{(3-4) \quad (3-4)}$	(3-4)-1-(3-4)	18~20	9~11

치의 mesocone에 비해 약간 크거나 비슷하였으며 endocone은 3개, ectocone은 4개가 있었다. 내연치는 17개 내외의 소첨두를 가지며 외측으로부터 6번째 소첨두는 끝이 뭉뚝하고 넓어 다른 소첨두와 구분이 되었다(Fig. 4). 외연치는 11개 내지 13개 정도였다. 치설의 열은 51열 정도로 후반부에 7~8열의 미완성 치설열이 있었다. 치설의 생성부인 후반부에서의 중치의 첨두는 좌우 5쌍이나 전반부로 갈수록 서로 융합하여 4쌍을 이루고 있었다(Fig. 5). 또 후반부에서의 모든 소첨두는 날카로우며 분지가 명확하나 전반부로 갈수록 소첨두의 폭이 넓어지며 서로 융합되었다(Fig. 5). 중치나 측치의 mesocone은 생성시부터 그 크기가 일정하여 전·후반부의 폭의 차이를 관찰하기 어려우나 길이는 다소 짧아졌다.

유고슬라비아 집단인 경우 관찰한 19개체의 치설은 전반부에서는 소첨두가 완전히 닳아서 그 외곽선이 매끈하거나 또는 오스트리아 집단이나 타종에 비해 소첨두가 현저히 닳아져 있었다(Figs. 6, 7). 중치의 첨두는 생성시 좌우 3쌍이며 이는 전반부에서도 숫적인 차이를 보이지 않았다. Basal denticle은 3~4쌍이며 측치의 mesocone은 중치의 mesocone에 비해 폭이 좁아 오스트리아 집단과는 차이를 보였다. Endocone과 ectocone은 각각 3개씩이었다.

내연치의 첨두수는 15~16개 정도이며 오스트리아 집단에서와 같은 유형의 소첨두는 관찰되지 않았다. 외연치는 8개 정도의 소첨두를 가지고 있었다.

3) *Bithynia siamensis*

치설은 65열 이상으로 되어 있어 관찰한 표본 중 가장 길었고 미완성 치설열도 14~20열로 *B. leachi* 다음으로 가장 길었다.

중치의 mesocone은 삼모양이며 소첨두는 좌우 각 4쌍이나, 때로 융합하여 2~3쌍으로 되는 경우도 관찰되었다. Mesocone과 좌우 첫번째 소첨두간의 크기의 차이는 *B. striatula*, *B. tentaculata*에서와 같이 현저하지 않았다(Fig. 8). Basal denticle은 5개씩이나(Fig. 9), 4~5번째는 융합되어 있는 경우가 많았다. 측치의 외곽선은 삼각형 모

양으로 endocone은 3~4개, ectocone은 4개이었으며 내연치는 14~15개의 소첨두를, 외연치는 9~11개의 소첨두를 가지고 있었다(Fig. 9). 일부 개체에서는 전반부의 각 소첨두가 불규칙하거나 심하게 마모 또는 융합된 형태를 이루는 것도 있었다(Fig. 10).

4) *Bithynia leachi*

중치의 mesocone은 화살모양으로 그 끝이 뾰족하고 길어 *G. misella* 및 *G. australis*와 비슷하였으며, 좌우로 4쌍의 첨두(때로는 3쌍)를 가지고 있었다(Figs. 11, 12). Basal denticle은 좌우 5쌍으로 잘 발달되어 있었으며(Fig. 12), 전반부에서는 4, 5번째가 융합되어 3~4개의 denticle로 보였다. 측치의 endocone 및 ectocone은 각각 3개씩이었다(Fig. 11). 내연치는 16개 내외의 소첨두를 갖고 있었으며, 외측으로부터 4번째 소첨두는 다른 소첨두에 비해 넓었고, 외연치는 9~11개의 소첨두를 갖고 있었다(Fig. 11).

치설이 60~70개의 열로 이루어져 있었고 23~28번째 열에 이르러서야 중치의 첨두가 4개, basal denticle의 수가 5개로 정형을 이루었다.

5) *Gabbia misella*

중치의 mesocone은 절단면이 날카로운 삼모양이었고 4쌍의 소첨두를 가지고 있었다(Fig. 13). Basal denticle은 보통 3개씩이나 4개인 경우도 관찰되었으며, 가운데로부터 첫번째 소첨두는 중치의 mesocone보다 약간 작거나 비슷하였다. 측치는 mesocone이 비교적 길쭉한 편이며 endocone은 3개, ectocone은 5개인 경우가 많았고, 때로 각각 4개씩을 갖는 개체도 있었다(Fig. 14). 그러나 ectocone의 수는 endocone에 비해 같거나 1개가 많았다(Figs. 14, 15). 내연치의 소첨두 수는 21개로 다른 종과는 달리 유형의 소첨두가 관찰되지 않았다(Fig. 14). 외연치는 9~10개의 소첨두를 갖고 있었다.

치설은 50개 정도의 횡열로 이루어졌으며 7~9번째 치설열부터 정형을 이루었다.

6) *Gabbia australis*

중치의 mesocone은 삼각형 또는 화살 모양을 이루며 주변의 소첨두와 크기의 차이가 심하지 않아

다른 종과 쉽게 구분이 되었다(Figs. 16, 17). 소첨두의 수는 좌우 4개씩이 보통이나 좌측 소첨두가 5개인 개체도 관찰되었다(Fig. 16). Basal denticle은 4쌍이었으나 2~3쌍인 것도 있었다. 가운데쪽의 첫번째 denticle은 다른 denticle에 비해 현저하게 컸다(Fig. 17). 측치의 mesocone은 소첨두에 비해 그 크기의 차이가 심하지 않았으며 절단면이 뾰족하였다. Endocone 및 ectocone은 각각 3~4개씩이었다(Fig. 18). 내연치는 18~20개의 소첨두를 갖고 있었으며 외연치는 9~11개의 소첨두를 갖고 있었다. 내연치에서는 *G. misella*와는 다르게 이형의 소첨두가 관찰되지 않았다(Fig. 18).

## 고 찰

치설의 형태나 치설의 수에 대해서는 많은 연구가 이루어져 왔으나 대부분이 광학현미경에 의한 관찰이었고(Sugihara와 Okamoto, 1973; Nagahana들, 1973; Chun, 1964), 주사전자현미경에 의한 관찰은 Chung(1984)이 *B. striatula*, *B. tentaculata* 및 *G. misella*에 대해 미세구조를 보고한 바 있다.

본 실험에서 관찰된 치설은 채집지나 종에 따라 미세한 차이는 있었으나, 각종에 따라 커다란 차이를 볼 수 없었다. 다만 *B. leachi*, *G. misella* 및 *G. australis*에서는 다른 종에서와는 달리 중치의 mesocone이 주변의 소첨두에 비해 별로 크지 않았다. 또한 내연치의 경우 *B. striatula*와 *B. tentaculata*에서는 바깥쪽으로부터 각각 3~4번째, 6번째 소첨두는 주변의 다른 소첨두와는 달리 폭이 넓었는데 이와 같은 형태가 종의 특징이 될 수 있는지에 대해서는 보다 많은 채집지에서 채집한 표본을 관찰하여야 할 것으로 생각된다.

소첨두들은 생성시 가운데쪽으로 휘어져 있었으며, 날카로웠으나 전반부로 갈수록 절단면이 뾰족하여지고 심지어는 완전히 닳아져 소첨두를 확인할 수 없는 경우도 있었다. 이는 본과의 패류가 바위나 돌 등의 이끼를 씹아먹고 살기 때문일 것으로 생각된다.

치설이 생성되는 과정은 치설열의 후반부를 관찰함으로써 알 수 있었는데, 전반부에서와 같은

정형을 이루기까지의 미완성 치설열의 수가 개체에 따른 차이가 심하지 않고 종마다 약간씩 차이가 있음을 알 수 있었다. 즉, *B. striatula*와 *B. tentaculata*의 경우 미완성 치설열이 10열 이내인데 비해 *B. siamensis*는 14~20열, *B. leachi*는 23~28열, *G. misella*와 *G. australis*는 7~9열이었다. 전체 치설열의 수는 *B. siamensis*와 *B. leachi*의 경우는 60~70열 정도이었으며, 다른 종들은 40~50열 정도였다. Nagahana들(1973)은 일본산 *B. striatula*의 치설을 관찰한 바 채집지에 따라 평균 46.8~49.4개의 횡열로 이루어져 있음을 보고하였고 치설의 길이는 1mm 내외임을 보고하였다. Sugihara와 Okamoto(1973)는 *B. striatula*의 치설이 채집지에 따라 평균 44.0에서 52.3개의 횡열임을 보고한 바 있다. 본 실험에서도 이와 비슷한 결과를 얻었는데 치설의 횡열수는 개체에 따라 차이가 심하고 패류의 크기가 큰 종이 일반적으로 많은 수의 횡열을 가지고 있었다. 그러나 *B. leachi*는 연체부나 패각의 크기에 비해 상당히 긴 치설열을 가지고 있는 점이 특징이었다.

소첨두의 수는 한 개체내에서도 서로 약간씩 다른 것으로 알려져 있는데(Itagaki, 1965), 이는 소첨두가 서로 융합되어 그 수가 적게 나타나는 것으로 생각된다. 이와 같은 근거는 basal denticle에서 쉽게 찾아볼 수 있었는데 바깥쪽으로 갈수록 서로 융합되는 현상이 관찰되었다.

*B. striatula*의 경우 중치의 소첨두수는 보통 3~4쌍인 경우가 많았다. 杉原(1954)는 일본산 *B. striatula*의 치설을 관찰한 결과 3쌍인 형이 가장 많다고 하였고 Nagahana들(1973), Sugihara와 Okamoto(1973)는 2쌍 또는 3쌍인 형이 가장 많다고 하였다. Chun(1964) 역시 한국산에 있어서 2~3쌍의 소첨두를 갖는 중치가 많다고 보고하였으나 芝(1934)는 4쌍인 경우가 많은 것으로 보고하였다.

본 연구에서 관찰한 *Bithynia*속과 *Gabbia*속의 치설은 *Bithynella*속(Jungbluth와 Porstendoerfer, 1975)이나 아프리카산 *Gabbiella*속(Mandahl-Barth, 1968)의 치설과 형태학적으로는 유사하나, *Bithynella*속에 비해 뚜렷하게 소첨두의 수가 적

음을 알 수 있었다. 즉, 증치의 소첨두의 수는 *Bithynella*속의 경우 4~5개인데 비해 *Bithynia*속과 *Gabbia*속의 경우 소첨두의 수가 3~4개인 경우가 대부분이었다. 또한 측치의 ectocone의 수도 *Bithynella*속의 경우 보통 5개로 알려져 있으나 *Bithynia*속과 *Gabbia*속의 경우는 3~4개였다. 그러나 측치의 endocone의 숫자는 별 차이가 없었다. 증치의 basal denticle의 숫자는 *Bithynia*속과 *Gabbia*속의 경우 보통 5쌍이나 서로 융합되어 전반부에서는 3쌍 정도만이 결단면을 확인할 수 있었는데 Jungbluth와 Porstendoerfer(1975)는 *Bithynella*속의 경우 그 숫자가 2~3쌍인 것으로 보고하였다. 내연치나 외연치의 소첨두수는 *Bithynia*속과 *Gabbia*속의 경우가 *Bithynella*속에 비해 현저하게 적었다.

본 실험에서 관찰한 치설의 미세구조는 속 준위에서는 다른 속의 치설과 미세한 차이가 인정되었으나 같은 속의 다른 종과는 커다란 차이를 볼 수 없었다. 이같은 결과는 치설의 구조가 속이나 종의 구분에 이용될 수 있을 것이라는 Malek(1962) 및 Solem(1978)의 보고와는 다른데 이는 관찰 대상 패류가 서로 다르기 때문일 것으로 생각된다.

### 결 론

*Bithynia*속 및 *Gabbia*속에 속한 6종의 패류의 치설을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

치설은 좌우 대칭으로 치설식은 2:1:1:1:2이었다. *Gabbia*속의 증치는 *Bithynia*속의 증치에 비해 크기가 작고 mesocone이 화살촉 모양으로 주변의 소첨두에 비해 약간 클 뿐 *Bithynia*속에서처럼 커다란 차이를 볼 수 없었다. 소첨두의 수는 개체나 종에 따라 달랐으며 같은 개체에서도 부위에 따라 조금씩 차이를 알 수 있었다.

### References

Chun, S.K. 1964. Studies on *Parafossarulus manchouricus* Bourguignat in Korea. Korean J. Parasit. 2(1), 27~34.  
 Chung, P.R. 1984. A comparative study of three

species of Bithyniidae(Mollusca: Prosobranchia): *Parafossarulus manchouricus*, *Gabbia misella* and *Bithynia tentaculata*. Malacological Review 17, 1~66.  
 Itagaki, H. 1965. Anatomy of *Parafossarulus manchouricus* Bourguignat(Bithyniidae). Venus 24(3), 169~180.  
 Jungbluth, J.H. and J. Porstendoerfer. 1975. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Morphologie der Radula mitteleuropaeischer *Bithynella*-Arten(Mollusca: Prosobranchia). Z. Morph. Thiere 80, 247~259.  
 Malek, E.A. 1962. Laboratory guide and notes for medical malacology. pp.1~154, Burgess Publishing Co., Minneapolis.  
 Mandahl-Barth, G. 1968. Revision of the African Bithyniidae(Gastropoda: Prosobranchia). Rev. Zool. Bot. Afr. 78(1-2), 129~160.  
 Nagahana, M., H. Sugihara, K. Matsuno, M. Iwaki and K. Oda. 1973. The radula of *Parafossarulus manchouricus* in the canal from Lake Biwa. Medicine and Biology 86(3), 229~233.  
 芝昇, 1934. 朝鮮及び滿洲産マメタニシ屬について Venus 4(4), 247~257.  
 Solem, A. 1978. Classification of the land mollusca. In: "Pulmonate, Vol. 2A. Systematics, evolution and ecology."(Ed. by Fretter, V. and J. Peake). pp.49~97, Academic Press, London  
 杉原弘人, 1954. 日本産マメタニシの分類學的 研究, 京都府立醫科大學雜誌, 56(3), 512~560.  
 Sugihara, H. and K. Okamoto. 1973. The radula of *Parafossarulus manchouricus* in Wakayama Prefecture. Medicine and Biology 86(3), 223~227.  
 Walker, B. 1927. The molluscan hosts of *Clonorchis sinensis*(Cobbold) in Japan, China and Southeastern Asia, and other species of molluscs closely related to them. Am J. Hyg. Monograph Series 8, 208~250.

## Figure Legends

**Figs. 1~3.** Scanning electron microscopic photographs of radulae of *Bithynia striatula*.

**Fig. 1.** The central tooth had a spade-shaped mesocone, and had three cusps on each side. There were four basal denticles on each side of the central tooth, but the third and fourth denticles were usually fused. The lateral tooth had a nipple-shaped mesocone, with three or four endocones and ectocones. The third or fourth cusp (arrow) from the each side of inner marginal tooth was broader than the other cusps in same tooth.

**Fig. 2.** Anterior part of radula. The mesocone of the central tooth was broader and shorter than that in the middle part of the radula.

**Fig. 3.** Sometimes irregular shaped multicusps could be seen.

**Figs. 4~5.** SEM photographs of radulae of *Bithynia tentaculata*, Austria population.

**Fig. 4.** The more median three denticles of the central tooth were sharp. The sixth cusp of the inner marginal tooth from the outside was broader than the other cusps of the same tooth.

**Fig. 5.** Posterior part of radula. The cusps were more sharp and curved into the mesocone.

**Figs. 6~7.** SEM photographs of radulae of *Bithynia tentaculata*, Yugoslavia population.

**Fig. 6.** The tooth had no cusp and only basal denticles were identified in the anterior part of radula.

**Fig. 7.** The cusps had well rounded cutting ends in the anterior part of radula.

**Figs. 8~10.** SEM photographs of radulae of *Bithynia siamensis*.

**Fig. 8.** All cusps were sharp in the middle part of radula rows. The first median cusp of the central tooth was relatively similar to mesocone in size compared with *B. tentaculata*.

**Fig. 9.** There were five well distinguished basal denticles.

**Fig. 10.** Cutting ends were more blunt and irregular in the anterior part.

**Figs. 11~12.** SEM photographs of radulae of *Bithynia leachi*.

**Fig. 11.** Mesocones of the central tooth and the lateral tooth were narrower than *Bithynia tentaculata*.

**Fig. 12.** The basal denticles were not different in size relatively, between median and distal denticles.

**Figs. 13~15.** SEM photographs of radulae of *Gabbia misella*.

**Fig. 13.** There were three endocones and four ectocones in the lateral tooth.

**Fig. 14.** The lateral tooth had three endocones and five ectocones. No broad shaped cusp was observed in the inner marginal tooth.

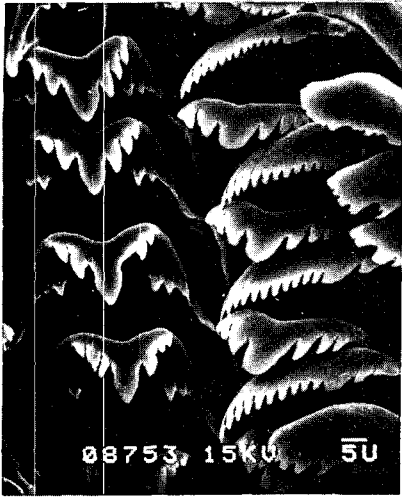
**Fig. 15.** The central tooth had four cusps in each side and three basal denticles were observed.

**Figs. 15~18.** SEM photographs of radulae of *Gabbia australis*.

**Fig. 16.** Cusps of the central tooth were relatively similar to mesocone in size.

**Fig. 17.** The first median basal denticle was bigger than the other denticles.

**Fig. 18.** No different shaped cusp was observed in the inner marginal tooth.



1



2



3



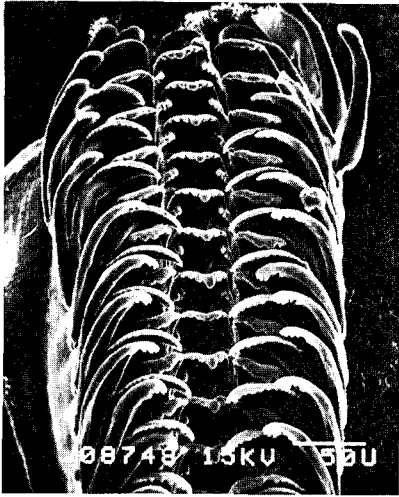
4



5



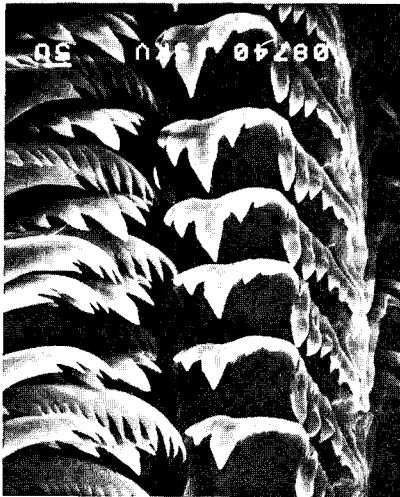
6



7



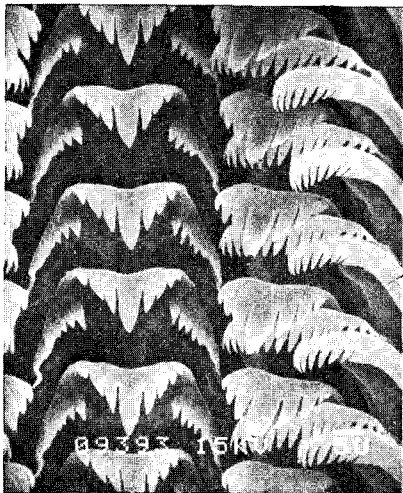
8



9



10



11



12





13



14



15



16



17



18