

조개류(Bivalvia)에서 혈액세포의 형태학적특징과 기능

김룡길, 류호진

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《양어와 양식을 새로운 과학적로대우에 올려세우고 그 생산성을 높여 인민들에게 더 많은 물고기와 양식물이 차례지게 하여야 합니다.》

세면이 바다로 둘러싸여있는 우리 나라에서 양어양식물의 생산을 늘이기 위해서는 양어양식을 과학화하고 수산자원을 적극 보호증식시켜야 한다.

조개류의 혈액에 대한 연구를 심화시키는것은 조개류에서 혈액의 기능을 파악하고 환경변화와 오염을 비롯하여 여러가지 요인에 의한 조개의 죽는 원인을 해명하며 조개자원의 보호증식대책을 세우는데서 중요한 문제로 제기된다.

지금까지 물고기류의 혈액세포들에 대한 연구자료[1-3]는 일부 발표되었으나 조개류의 혈액세포들에 대한 연구는 매우 적게 진행되었다.

론문에서는 조개류의 혈액세포들의 형태학적특징과 그 기능에 대한 연구정형을 종합하였다.

1. 조개류(Bivalvia)에서 혈액세포들의 형태학적특징

물고기류와 포유류에서는 혈액세포들이 유형별로 뚜렷하게 갈라지고 세분화되어 분류되고있다.[4, 5] 그러나 조개류에서는 혈액세포의 형태와 구분방법에 대한 논의가 현재까지도 계속 진행되고있다.[13, 28, 49]

모든 연체동물들의 혈액세포들은 기본적으로 2개의 유형 즉 파립세포와 무파립세포(혹은 투명세포)로 뚜렷하게 갈라진다는 연구결과들이 쌀함박조개류의 한종(*Mercenaria mercenaria*)[16, 44], 보라섬조개(*Mytilus edulis*)[38, 39], 섬조개류의 한종(*M. galloprovincialis*)[11, 12], 도끼조개(*Mya arenaria*)[25, 44], 굴류의 한종(*Crassostrea virginica*)[21], 바스레기의 한종(*Ruditapes decussates*)[29] 그리고 변두조개(*Cristaria plicata*)[49] 등에서 얻어졌다.

연구자에 따라 이 파립세포들과 무파립세포들을 몇개의 유형으로 세분하여 갈라보기도 한다.[17, 47, 50] 실테로 조개류의 한종(*Cerastoderma edule*)[42], 굴류의 한종(*Crassostrea virginica*)[23], 개굴조개류의 한종(*Anodonta cygnea*)[28] 등에서 혈액세포들이 세가지 유형으로 구분되었다.

이밖에 조개류의 혈액세포들을 파립세포와 무파립세포, 혈소판세포, 배체세포, 소포세포들로 구분한 연구자료[6, 16, 21]도 있다.

바다조개류의 혈액세포들에 대한 연구[17, 20, 41]에 비하여 민물조개류의 혈액세포에 대한 연구[49]는 적게 진행되었다.

조개류에서 혈액세포들의 유형은 적용되는 기술에 따라서도 여러가지로 구분된다.[14, 29] 혈액세포들을 형태학적으로 구분하여 식별할만 한 자료가 충분하지 못하기때문에 혈액

세포들을 유형별로 구분하는데서 주로는 조개혈액세포들의 생화학적, 생리학적기능을 기준으로 한다.[10, 17, 47] 그러나 조개류에서 혈액세포들을 형태학적으로 자세하게 평가하는 것은 그것들의 생화학적, 생리학적기능 등을 형태학적특징과 결부시키는 측면에서 매우 유익할것으로 보고있다.[13, 24, 28, 49]

대다수 조개류의 혈액세포들에서 과립세포들은 세분화되어 구분되고있다.

과립세포들은 세포질과립에 의하여 다른 혈액세포들과 뚜렷하게 구별되는데[24] 세포질과립은 호산성과립과 호염기성과립[47] 그리고 호중성과립으로 구분할수 있다.[17] 미성숙과립세포들은 호염기성과립들을 포함하고있고 성숙과립세포들은 호산성과립들을 포함하고있다.[15] 실례로 변두조개 *C. plicata*의 혈액세포에서 성숙과립세포들은 호산성과립들을 포함한다. 작은과립세포들은 미성숙혈액세포들과 마찬가지로 호염기성과립들을 가지고있고 성숙된 작은과립세포들이나 큰과립세포들은 호산성과립들을 가지고있다.[49]

투과주사식전자현미경으로 과립세포들을 관찰할 때 많은 밀집된 세포질과립들을 볼수 있지만 무과립세포들에는 그러한것들이 없거나 매우 적게 들어있다.[15, 24] 밥조개류의 한종(*Argopecten irradians*)에는 전자현미경상에서 나타나는 세가지 유형의 과립이 있는데 첫번째 유형에서 과립밀도가 높고 두번째 유형에서는 낮으며 세번째 유형에서는 그 중간정도이다.[50] 쌀함박조개류의 한종(*M. mercenaria*)에서 과립세포들은 몇개의 긴 다형성의 밀집소포를 가지고있다.[16] 변두조개(*C. plicata*)에도 여러가지 현미경적크기와 모양을 가진 과립들이 포함되어있다.[49]

조개류의 한종(*Scrobicubicularia plana*)[47], 굴류의 한종(*Crassostrea virginica*)[33], 섭조개류의 한종(*Mytilus galloprovincialis*)[12], 보라섭조개(*M. edulis*)[35, 37], 바스레기(*Venerupis philippinarum*)[17], 바스레기과의 한종(*Ruditapes decussates*)[29], 대합(*Meretrix lusoria*)과 참굴(*Crassostrea gigas*)[13] 등 많은 조개류의 혈액세포들에서 과립세포들은 두가지 부류 즉 호염기성과립세포와 호산성과립세포로 갈라진다. 그런데 작은차저조개 *Tridacna crocea*, 민물섭조개류의 한종인 *Perna perna*를 비롯한 일부 조개들의 혈액세포에서는 호염기성과립세포들이 관찰되지 않는다.[9, 35]

밥조개류의 한종인 *A. irradians*의 혈액세포[46]와 변두조개 *C. plicata*의 혈액세포[49]에서 과립세포들을 크기정도에 따라 두가지 부류 즉 작은과립세포와 큰과립세포로 세분하여 갈라볼수 있다.

조개류의 혈액세포들중 무과립세포들에는 일반적으로 세포질과립들이 없거나 매우 적으며 핵이 비교적 크고 적은 체적의 세포질로 둘러싸여있다.[24, 35] 또한 이 세포들은 광학 및 전자현미경상에서 서로 다른 형태로 나타난다.[7] 그러므로 무과립세포들은 두가지 부류로 세분하는데 그중 한 부류는 핵이 알모양 혹은 구모양으로서 세포중심에 있으며 세포기관자들이 없는 적은 세포질로 둘러싸여있다. 이것을 배체혈액세포로 보는데[49] 연구자들마다 각이하게 부르고있다. 실례로 작은투명혈액세포[50] 혹은 작은림파세포[32]라고 부른다. 다른 한 부류의 무과립세포는 림파구보다 크고 여러가지 세포기관자들을 함유할수 있게 세포질이 많다. 따라서 이 혈액세포들은 투명혈액세포[32] 또는 큰투명혈액세포라고 부른다.[50] 그러나 일부 연구자들은 무과립세포들에는 한가지 부류 즉 무과립혈액세포 또는 투명혈액세포만이 있다고 보고있다.[11, 16, 48]

조개류에서 혈액세포들은 실험실적조건에서 몇h동안 유지될수 있다.[33] 조개류의 산 혈액세포들은 기질에 부착된 상태로 존재하는데[35] 이러한 특성은 혈액세포의 분류에 적용되고있다.[21]

조개류에서 혈액세포들의 개별적인 유형들이 나타나는 비율은 종에 따라 차이난다. 즉 일부 조개류의 종들에서는 작은과립세포들과 투명혈액세포들이 주로 나타나고 큰과립세포들과 그밖의 다른 혈액세포들이 적게 나타난다.[21, 35, 47-49] 그러나 다른 일부 종들에서는 무과립세포들이 대부분이다.[9, 50] 굴류의 한종인 *Crassostrea rhizophorae*의 혈액세포들에서는 한가지 유형의 세포가 실제적으로 여러가지로 많이 갈라지는데 그것은 환경에 적응하여 과립이 축적되거나 적어지는것으로(크기는 작아지지 않는다.) 나타난다.[31]

이처럼 조개류의 혈액세포들에서 혈액세포류형들은 연구자들마다 그리고 조개가 사는 환경조건에 따라 다르게 구분되므로 많은 조개종들에서 혈액세포들에 대한 연구를 더욱 심화시켜야 한다.

2. 조개류(Bivalvia)에서 혈액세포들의 기능

조개류에서 세포면역은 혈액세포들인 과립세포와 무과립세포들의 기능과 관련되어있는데 영양, 로폐물처리, 방어 등의 기능을 수행한다.[26] 연체동물의 혈액세포들은 세균[37], 기생성원생동물[8]과 같은 이종생물체들을 능동적으로 탐식하는것을 비롯한 면역기능을 수행한다. 이외에도 젓가루[35]나 탄소화합물[40] 등 이종물질들을 탐식한다.

함박조개류의 한종(*M. gulloprovincialis*)과 참굴(*C. gigas*)에서 과립세포들은 무과립세포들보다 탐식능력이 더 세다.[11, 43] 그러나 보라섬조개(*M. edulis*)와 작은차거조개(*T. crocea*)에서는 무과립세포들 혹은 투명혈액세포들이 뚜렷한 탐식능력을 나타낸다.[32, 35] 번두조개(*C. plicata*)[49]와 바스레기(*Tapes philippinarum*)에서는 큰과립세포들과 작은과립세포들 그리고 투명혈액세포들이 효모나 *Bacillus subtilis*와 같은 이종생물체들을 탐식한다.

작은차거조개(*T. crocea*)의 경우에는 혈액세포들가운데서 호산성과립세포들이 이종물질을 식별할수 있다.[35] 차거조개류의 한종(*T. maxima*)에서 혈액세포들은 근육내에 주입된 탄소립자들을 위쪽을 재빨리 펴고 끌어들인다.[40]

조개류의 혈액세포들에서 과립세포들은 조가비재생에 관여한다.[45]

바다돌조개 *Perna viridis*의 혈액세포들은 피막을 형성하는데 참가한다.[27]

참굴(*Crassostrea gigas*)의 혈액세포들에서는 연독물질들에 의한 세포독성이 나타나지 않는데 그것은 이 물질들을 높은 농도로 축적하고 무독화하는 적극적인 보호물질에 의한 조기응답과 관련된다.[18]

조개류에서 혈액세포들은 몸안의 항상성을 유지하는 구성요소의 하나이다. 조개들은 산소가 결핍되어도 살아남는데 산소결핍에 저항하는 세포적특성들을 많이 가지고있기때문이다. 조개류의 혈액세포들에서 변동되는 산소농도에 대한 견딜성이 높은것은 부분적으로는 사립체의 특성과 관련되어있다.[19]

이와 같이 조개류의 혈액세포들은 면역을 비롯한 자체방어에서 중요한 역할을 하며 여러가지 과정들과 밀접한 관계를 가지므로 혈액세포들의 기능에 대한 연구를 폭넓고 심도있게 진행하여야 한다.

또한 조개류에서 혈액세포들의 면역능력을 높이고 죽는률을 낮추기 위한 문제도 적극적으로 풀어나가야 한다.

맺 는 말

조개류에서 혈액세포들의 형태학적특징은 세포질과립의 유무에 따라 과립세포와 무과립세포로 갈라볼수 있다.

조개류의 혈액세포들은 체내방어에서 중요하고 중심적인 역할을 하며 상처아물기와 조가비의 재생, 소화, 운반 그리고 배설과 같은 다른 많은 과정들에 참가한다.

참 고 문 헌

- [1] 최윤철; 조선수산, 2, 28, 주체103(2014).
- [2] 박충혁 등; 생물학, 4, 30, 주체104(2015).
- [3] 김룡길 등; 조선수산, 4, 19, 주체104(2015).
- [4] A. A. Кудряцев и др.; Гематология животных и рыб, М. Колос, 320~332, 1969.
- [5] Н. Т. Иванова; Атлас клеток крови рыб, М. Легкая и пищевая промышленность, 12~81, 1983.
- [6] M. Auffret; Bivalve Hemocyte Morphology, American Society Special Publication, 169~177, 1989.
- [7] E. Bachère et al.; Aquaculture, 132, 17, 1995.
- [8] G. Balouet et al.; Aquaculture, 34, 1, 1983.
- [9] M. A. Barracco et al.; Fish & Shellfish Immunol., 9, 387, 1999.
- [10] C. J. Bayne et al.; J. Invertebr. Pathol., 34, 1, 1979.
- [11] M. P. Cajaraville et al.; Acta Histochem. Cytochem., 28, 409, 1995.
- [12] M. J. Carballal et al.; Dis. Aquat. Org., 29, 127, 1997.
- [13] Su-Jung Chang et al.; Zoological Studies, 44, 1, 144, 2005.
- [14] D. P. Cheney et al.; Biol. Bull., 140, 353, 1971.
- [15] T. C. Cheng; Bivalves, Invertebrate Blood Cells, Academic Press, 233~300, 1981.
- [16] T. C. Cheng et al.; J. Invertebr. Pathol., 26, 341, 1975.
- [17] F. Cima et al.; Fish & Shellfish Immunol., 10, 677, 2000.
- [18] F. M. Danielle et al.; Marine Drugs, 10, 583, 2012.
- [19] L. Donaghy et al.; Aquatic Living Resources, 26, 257, 2013.
- [20] E. A. Dyrinda et al.; Cell Tissue Res., 289, 527, 1997.
- [21] D. A. Foley et al.; Biol. Bull., 146, 343, 1974.
- [22] S. E. Ford et al.; J. Invertebr. Pathol., 64, 114, 1994.
- [23] W. E. Hawkins et al.; Trans. Am. Microsc. Soc., 101, 241, 1982.
- [24] P. M. Hine et al.; Fish & Shellfish Immunol., 9, 367, 1999.
- [25] J. E. Huffman et al.; J. Invertebr. Pathol., 40, 68, 1982.
- [26] D. S. Milford; <https://www.nefsc.noaa.gov/nefsc/Milford/mas> 2014/cr
- [27] S. S. Jayaraj et al.; Global Journal of Biotechnology & Biochemistry, 4, 2, 138, 2009.
- [28] S. Jamili et al.; Research Journal of Environmental Sciences, 3, 218, 2009.
- [29] C. López et al.; Fish & Shellfish Immunol., 7, 595, 1997.
- [30] Ludovic Donaghy et al.; Aquatic Living Resources, 26, 257, 2013.

- [31] Mauro de Freitas Rebelo et al.; National Center for Biotechnology Information, 8, 2, 2013.
- [32] M. N. Moore et al.; J. Invertebr. Pathol., 29, 18, 1977.
- [33] S. H. Mortensen et al.; Fish & Shellfish Immunol., 6, 111, 1996.
- [34] M. G. McCormick-Ray et al.; J. Invertebr. Pathol., 58, 219, 1991.
- [35] K. Nakayama et al.; J. Invertebr. Pathol., 69, 105, 1997.
- [36] D. Noël et al.; Mar. Biol., 119, 549, 1994.
- [37] C. Paillard et al.; Aquat. Living Resour., 9, 145, 1996.
- [38] R. K. Pipe et al.; Cell Tissue Res., 289, 537, 1997.
- [39] L. P. D. Rasmussen et al.; J. Invertebr. Pathol., 45, 158, 1985.
- [40] P. Reade et al.; J. Invertebr. Pathol., 28, 281, 1976.
- [41] T. Renault et al.; Fish & Shellfish Immunol., 11, 269, 2001.
- [42] F. Russell-Pinto et al.; Fish & Shellfish Immunol., 4, 383, 1994.
- [43] K. Terahara et al.; Dev. Comp. Immunol., 30, 667, 2006.
- [44] M. R. Tripp; J. Invertebr. Pathol., 59, 222, 1992.
- [45] Vyacheslav Dyachuk; Fisheries and Aquaculture Journal, 9, 2, 2018.
- [46] C. M. Wen et al.; Comp. Biochem. Physiol., 108A, 279, 1994.
- [47] E. C. Wootton et al.; Fish & Shellfish Immunol., 15, 249, 2003.
- [48] J. Xing et al.; Fish & Shellfish Immunol., 13, 271, 2002.
- [49] Yanhai Xie et al.; Aquaculture, 310, 245, 2011.
- [50] W. Z. Zhang et al.; Aquaculture, 251, 19, 2006.

주체108(2019)년 7월 5일 원고접수

Morphological Characteristics and Function of Hemocytes in Bivalves(Bivalvia)

Kim Ryong Gil, Ryu Ho Jin

The morphological characteristics of hemocytes in bivalves were identified on the basis of the existence of cytoplasmic granules.

Hemocytes of bivalves play an important and central role in the internal defense and are involved in other processes like wound and shell repair, nutrient digestion, transport and excretion.

Key word: bivalvia, hemocytes, morphological characteristics