



수생동물의 해부와 생리

박세창 교수
서울대학교 수의과대학



1. 경골어류 (Osteichthyes)

- 경골어류는 뼈의 일부 또는 전체가 딱딱한 뼈로 되어있고, 체형은 유선형이 대부분이다.
- 몸의 표면은 비늘로 덮여져 있고, 7개 이상의 지느러미를 갖고 있다.
- 경골어류는 현재 약 2만 여종이 넘으며, 가장 다양한 종으로 구성되어 있다.

1) 체형 및 외부 형태

가. 서식환경에 의한 체형의 분류

(1) 방추형 (fusiform)

- a. 가장 일반적인 형태로, 균형이 잡힌 활동적인 생김새로 운동력이 풍부한 어류 중에서 많이 볼 수 있다.
- b. 고등어, 다랑어, 잉어, 송어, 연어와 같은 어류가 그 전형적인 형태이며,



- c. 몸에는 쓸데없는 돌기물이 없고, 수영할 때 물과의 마찰을 가볍게 하여 수중을 신속하게 수영할 수 있다.
- d. 이러한 형태의 물고기는 대부분 수중의 중,표층에 살고 있다.

(2) 축편형 (compressed form)

- a. 옆으로 납작한 형태를 하고 있는 것으로, 전어, 돔, 넙치, 가자미류 등이 이에 속한다.
- b. 이들 어류는 방추형에 비해 운동력이 약하기 때문에 연안수역이나 바다 밑바닥에서 주로 살고 있다.
- c. 강축편형 (truncated form) : 복부가 알팍하고, 좌우 비대칭 (눈이 한 쪽에 쏠려 있음)의 구조를 갖는 넙치, 가자미류를 말한다.

(3) 종편형 (depressed form)

- a. 축편형과는 반대로 아래위로 납작해진 형태로 가오리류, 가래상어, 양태, 아귀 등이 여기에 속한다.
- b. 운동력이 적고 높은 수압에서도 견딜 수 있어, 바다 속 깊은 물밑바닥에서 서식한다.

(4) 연장형 (세장형, 장어형 ; attenuated form)

- a. 생김새가 뱀처럼 몸이 길게 연장된 형태를 하고 있는 것으로, 먹장어, 칠성장어 등의 원구류와, 뱀장어, 갯장어, 붕장어, 드렁허리 등이 여기에 속한다.
- b. 이와 같은 물고기는 대부분 물 밑바닥의 모래나 펄속에서 잠입하여 생활하는 습성을 가지고 있다.

(5) 복어형 (구형 ; tetraodonti form)

- a. 둥근 모양의 생김새를 나타내는 것으로서 복어 종류들이 여기에 속한다.
- b. 운동이 완만하여 연안수역이나 바다의 중층에 주로 살고 있다

나. 외부 형태와 명칭

- (1) 어류의 몸은 머리 (head) · 몸통 (구간부 ; trunk) · 꼬리 (tail)의 세 부분으로 나누어지고, 목이라고 부르는 부분이 없는 것이 특징이다.
- (2) 아가미덮개 (operculum)의 제일 뒤 쪽에서 앞쪽이 머리 부분, 항문으로부터 그 뒤쪽이 꼬리 부분이다.
- (3) 머리는 눈보다 앞부분을 문 (snout)이라 하고, 가슴지느러미 밑 부분을 가슴 (brest)이라 하고, 그 보다 앞부분을 후부 (jugular)가 한다.
- (4) 머리에는 뇌를 비롯하여, 눈, 코, 내이, 측선 (옆줄 ; lateral line), 입, 아가미 등의 중요한 여러 기관이 있다.
- (5) 몸통에서는 체측의 근육이 소화, 순환, 배출, 생식, 신경, 척추골 등의 여러 내장 기관을 감싸고 있다.
- (6) 뒷지느러미의 말단부의 밑 부분으로부터 꼬리지느러미 밑 부분까지를 미병부 (caudal peduncle)라고 부른다.

(7) 물 속에서의 평형 유지와 운동을 보조하기 위해서 지느러미가 있다.

- a. 등에 있는 것을 등지느러미 (dorsal fin),
- b. 아가미구멍 뒤쪽에 있는 한 쌍을 가슴지느러미 (pectoral fin),
- c. 가슴지느러미의 뒤쪽 항문 앞쪽에 있는 한 쌍을 배지느러미 (pelvic fin),
- d. 항문 뒤에 있는 것을 뒷지느러미 (anal fin),
- e. 꼬리에 붙어 있는 것을 꼬리지느러미 (caudal fin)라고 한다.
- f. 연어·은어 등에는 등지느러미 뒤쪽에 지느러미가시가 없고, 지방질인 지느러미가 있는데 이것을 기름지느러미(adipose fin)라고 한다.
- g. 가다랭이·전갱이·꽂치와 같이 등지느러미 또는 뒷지느러미 뒤쪽에 따로따로 떨어져 있는 몇 개의 작은 지느러미가 있는데 이것을 이기 또는 부기 (부속지느러미 ; fin let)라고 한다.

(8) 몸통과 꼬리의 정중선을 중심으로, 배 쪽을 복면 (abdominal side), 옆 쪽을 측면 (lateral side), 등 쪽을 배면 (dorsal side)이라 한다.

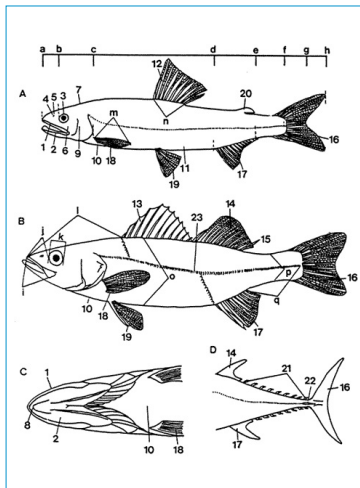
2) 피부와 비늘

가. 피부 (skin)

- 체표는 피부에 의하여 덮여 있는데, 외측으로부터 표피 (epiderm), 진피 (derm), 및 피하조직 (subcutaneous)의 순서로 배치된다.
- 표피와 진피는 기저막 (basal membrane)에 의하여 경계되어 진다.

(1) 표피

a. 여러 층의 상피세포로 이루어져 있다.



A : 은어	B : 농어	C : 연어	D : 참다랑어
a-h, 전장	a-f, 체장	a-g, 가랑이체장	a-c, 머리부분
a-b, 주둥이	c-d, 몸통부분	d-f, 꼬리부분	i, 윗턱길이
j, 주둥이	k, 눈지름	l, 등지느러미 앞길이	m, 가슴지느러미길이
n, 등지느러미기저길이	o, 체고	p, 꼬리자루높이	q, 꼬리자루길이
1. 윗턱	2. 아래턱	3. 눈	4. 앞코구멍
5. 뒷코구멍	6. 뺨	7. 머리뒷부분	8. 아래턱 융합부
9. 아가미	10. 가슴부분	11. 배부분	12. 등지느러미
13. 제1 등지느러미	14. 제2 등지느러미	15. 등지느러미 마지막 기초	16. 꼬리지느러미
17. 뒷지느러미	18. 가슴지느러미	19. 배지느러미	20. 기름지느러미
21. 부속지느러미	22. 꼬리지느러미용기선	23. 측선	



- b. 수면에 접하는 상피세포의 표면에는 지문과 같은 microvilli가 있다.
- c. 혈관이 분포하지 않으나, 미뢰나 감구 (neuromast) 등의 신경말단부, 색소포 및 점액선 (mucous gland) 등에는 혈관이 산재한다.
- d. 점액선 : 당단백질의 점액이 분비되어, 몸의 건조를 막고, 유영 시 물과의 마찰을 감소시키는 한편, 물이나 전해질의 통과를 억제해서 삼투압을 조절한다.
- e. 연어과 어류나 메기나 농어과 어류에서는 무기염류와 단백질로 된 장액을 분비하는 장액선 (serous gland)이 있다.
- f. 군집을 이루는 어류에서는 화학물질을 분비하여 신호를 전달하는 역할의 club cell (또는 alarm cell이라 한다)이 있고, 용혈성 점액을 방출하는 독선 (poison gland)을 갖는 물고기가 있다.

(2) 진피

- a. 표피보다 두껍고 섬유성의 결합조직이나 교원조직으로 되어 있다.
- b. 비늘 (scale), 색소세포 (pigment cell), 혈관, 신경섬유의 말단부 등이 있다.
- c. 피부에 영양을 주고, 호흡기능을 가능하게 하는 등, 피부의 생리적 기능을 행한다.

(3) 피하조직

- a. 진피와 근육층 사이의 소성 결합조직으로, 지방이 많이 축적되어 있다.

나. 비늘 (scale)

- (1) 비늘은 진피 내에 존재하는데, 진피성 세포로부터 성장한다.
- (2) 각질 (피골 ; dermal skin)이며 투명하고, 상하 두 층으로 되어 있고, 서로 겹쳐져 기와 모양으로 되어 있다.
- (3) 성장함에 따라 커지면서 구조 (groove)와 융기선 (ridge)을 형성하여, 동심원 상의 연륜 (year ling)을 만드는데, 이를 통해 나이를 추측할 수 있다.
- (4) 물고기의 비늘에는 여러 가지 종류가 있으며 그것에 의하여 크게 분류된다.
 - a. 순린 (방패비늘 ; 楯鱗, placoid scale)은 피치(皮齒)라고도 하며 치아와 비슷하고, 연골어류 (상어 · 가오리)에서 볼 수 있다.
 - b. 경린(硬鱗, ganoid scale)은 진주와 같이 빛나는 ganoid layer와 그 밑에 두꺼운 판골층 (bony layer)로 되어 있고, 경린어류(철갑상어)에서 볼 수 있다.
 - c. 가장자리가 둥글고 매끄러운 원린 (圓鱗, cycloid scale)은 정어리 · 쾅치 · 잉어 · 송어 등에서 나타난다.
 - d. 노출부의 가장자리가 이빨 모양의 가시로 되어 있는 즐린 (빗비늘 ; 櫛鱗, ctenoid scale)은 참돔 · 농어 등에서 볼 수 있다.

- e. 비늘에 전혀 구조나 용기선이 없는 것을 재생린이라 하는데, 이는 비늘이 탈락하여 급히 자란 것이다.
- f. 측선 상이나 등 쪽에 작은 가시를 갖거나 두껍게 비후한 능린(稜鱗; scutes)은 몸의 보호나 방어 역할을 한다.
- g. 비늘의 양면에서 보다 더 얇고 작은 비늘이 있는데, 이를 부린(副鱗; accessory scale)이라 한다.
- h. 바다로 회귀하는 연어·송어류 등에서는 하천 생활 기간의 용기선이 특히 치밀하게 배치되는데, 이를 하천 생활대(river life zone)이라 한다.

다. 색소세포와 체색

- (1) 색소세포(pigment cell)는 세포의 모양이 크고 수지상(樹枝狀)의 돌기를 갖고, 색소립의 분포가 거의 일정하다.
- (2) 결합조직 속에 들어 있으며, 특히 표피와 진피의 경계에 분포한다.
- (3) 별 모양인 색소립(色素粒)이 자율신경이나 호르몬의 작용에 의하여 세포 안을 생리적 조건에 따라 이동한다. 즉, 밝은 배경에서는 색소립이 한 곳에 집합하면 체색을 밝게되며, 또 어두운 배경에서는 색소립이 산개하여 체색이 어두운색이 된다.
- (4) 색소세포에는 여러 가지가 있는데, 흑색 색소세포에는 멜라닌, 적색과 황색 색소세포에는 카로티노이드류, 백색 색소세포에는 구아닌립이 함유되어 있다.
어체가 은백색인 것은 백색 색소세포만 있어 빛을 반사하기 때문이고, 흰색인 것은 색소세포가 전혀 없기 때문이다
- (5) 오징어·문어의 색소세포에는 그 주위에 근육이 붙어 있어, 그것의 신축에 의하여 색소세포 자체가 퍼졌다 줄어들었다 한다.

3) 지느러미와 골격계

가. 지느러미

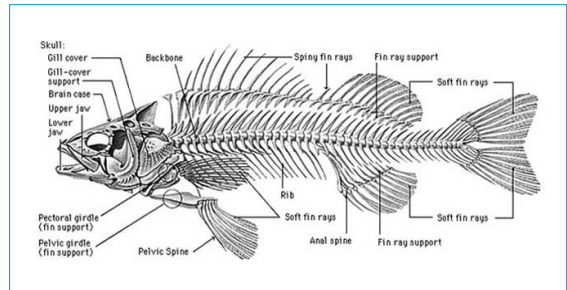
- (1) 어류의 지느러미에는 홀지느러미(unfaired fin)와 쌍지느러미(faired fin)이 있다.
 - a. 홀지느러미는 몸의 정중선(正中線)을 따라 존재하고, 등지느러미·꼬리지느러미·뒷지느러미로 나뉜다. 몸의 좌우회전을 방지하고, 꼬리지느러미는 유영의 추진력을 높이거나, 방향을 전환시킨다.
 - b. 쌍지느러미는 몸의 양쪽에 쌍을 이루어 존재하는 가슴지느러미 및 배지느러미이다.
쌍지느러미는 4족동물(四足動物)의 2쌍의 다리에 해당하며, 지대(肢帶)에 의하여 몸통부에 연락되어 있다. 좌우의 균형, 운동의 정지, 방향 전환 및 보행의 작용을 한다.



- (2) 어류의 지느러미는 평행 또는 방사상으로 뻗은 기초 (지느러미살 ; fin ray - 극조 ; spine와 연조 ; soft ray)와 기막 (fin membrane)에 의하여 이루어져 있다.
- (3) 지느러미의 기부에는 담기골 (지느러미뼈)가 있어서 기초를 받친다. 다만, 기름지느러미에는 이러한 지지구조가 없다.
- (4) 수생의 양서류(도롱뇽 · 올챙이 등)에서는 특별히 지지구조를 가지지 않는 흘지느러미가 있고, 수생의 포유류(물개 · 바다표범 · 고래 등)에서도 흔히 피부의 돌기로서의 등 지느러미나 꼬리지느러미를 가지며, 이 외에 앞다리가 변화하여 지느러미 모양이 된 것도 있다.
- (5) 뱀장어처럼 배지느러미가 퇴화하고 없는 것, 금붕어처럼 뒷지느러미가 둘로 갈라져 있는 것, 빨판상 어처럼 등지느러미가 흡반(吸盤)으로 변화한 것, 가슴지느러미의 아랫부분이 가시 모양으로 변화하여 보행에 사용되는 것 등 종류에 따라 변화가 많다.
- (6) 어류의 수영은 몸쪽의 근육을 교대로 수축시킴으로써 일어나는 몸의 굴신운동인데, 체형의 차이나 지느러미의 사용법에 따라 수영도 다르다. 해마와 같이 머리를 위로 하고 수직으로 헤엄치는 것, 반대로 머리를 아래로 향하고 헤엄치는 등꼬리치, 육지로 올라 와서 걸어 다니는 망둥어와 같은 물고기도 있다.

나. 골격계

- (1) 어류의 골격계는 외골격과 내골격으로 나뉜다.
- (2) 외골격은 체표에 있는 비늘과 기초를 말한다.
- (3) 내골격은 척색, 연골, 경골로 이루어지며, 중추골격과 부속골격으로 나뉜다.
 - a. 중추골격에는 두부의 중추신경계와 감각기관을 보호하는 신경두개와 양턱과 설골, 새궁을 지지하는 내장두개, 척수의 바로 아래를 종주하며 이를 지지하는 척색과, 이 척수와 척색을 감싸며 보호하는 척추 (backbone)가 있다.
 - b. 부속골격에는 가슴지느러미를 지지하는 견대 (pectoral girdle)와 배지느러미를 지지하는 요대 (pelvic girdle), 각 기초를 지지하는 담기골 (fin ray support)이 있다.
 - c. 이 외에도 두부의 안하골과 구개부를 지지하는 현수골이 있다.



4) 근육과 소화계

가. 근육

- (1) 어육이라 부르는 골격근 (skeletal muscle)



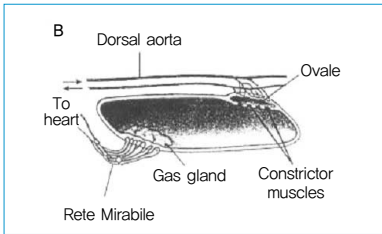
된다. 유문수는 장과 같은 구조를 가지고 있으며 먹이의 소화, 흡수외에 저장역할도 한다. 위가 없는 물고기는 유문수도 없다.

- (6) 간은 담즙의 생산, 영양물질의 중간대사 또는 저장, 해독 등의 역할을 한다.
 - a. 복강의 앞쪽에 위치하여 위에 접해 있으며, 갈색을 나타낸다. 그 형태는 대부분 2엽 구조이나 어종에 따라 차이가 있다 (무지개송어, 은어-단엽, 참돔- 3엽, 잉어- 장간막 모양).
 - b. 다각형의 모양을 가진 간세포(hepatocytes) 사이사이에 sinusoid가 불규칙하게 분포되어 있으며, 영양과잉 시에는 글리코겐이나 중성지방이 축적되거나 영양 결핍시에는 간세포가 수축되며, 간 전체가 황색의 ceroid색소로 가득차게 된다.
- (7) 대부분 어류에서 췌장은 장간막에 산재하나, 잉어, 미꾸라지, 도미 등에서는 췌장의 조직이 문맥을 따라서 간장 조직 내에 분포하는데 이를 간췌장 (hepatopancreas)이라한다. 잉어의 경우는 췌장 조직이 비장에 침입한 비장내췌장 (spleenopancreas)도 발견된다.
- (8) 장은 유문부 혹은 식도 후단으로부터 항문에 이르는 관이다. 장의 길이나 말려있는 모양은 어종에 따라, 혹은 동일 어종에서도 다를 수 있다. 트립신계 효소, 아밀라아제, 말타아제, 리타아제, 락타아제 등의 소화효소를 함유하는 장액을 분비하는 화학적 소화 외에 신축운동을 하여 음식물을 소화하고 수송한다.

5) 부레와 아가미

가. 부레 (gas bladder)

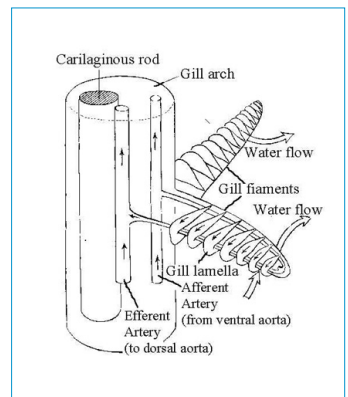
- (1) 척추와 생식선 사이에 끼어 있으며, 백색 또는 은백색을 띠는 주머니로 연골어류에는 없으며, 비중 조절 · 호흡 · 청각 · 발음에 관여한다.
- (2) 부레는 소화관 벽의 일부가 튀어 나온 것으로, 소화관에 연결된 가는 관을 기도(pneumatic duct)라 한다.
 - a. 정어리, 뱀장어, 잉어 등에서는 이 기도가 있는데, 이러한 어종의 부레를 유관표 (physostomous gas bladder)라 한다.
 - b. 고등어, 대구, 넙치, 복어 등의 고등의 어류에서는 기도가 퇴화되어 없는데, 이러한 부레를 무관표 (physoclistous gas bladder)라 한다.
- (3) 부레는 안쪽부터 상피세포, 근육, 섬유 층으로 이루어져 있다.
- (4) 모세혈관이 모여 있는 부분이 있는데, 이를 기망(rete mirabile)과 가스선 (gas gland)이라 하며 가스 분비를 하며, 무관표에서는 이런 부분이 뒷부분에도 있는데 이를 난상체 (oval)라 하고 가스 흡수의 역할을 한다.
- (5) 입으로 마신 공기는 소화관과 기도를 통해 부레로 들어오고, 다시 입으로 공기를 내놓는다.



- (6) 부레의 팽창과 수축에 의하여 몸의 비중 (부력)을 조절한다.
- (7) 가스의 성분은 질소 · 산소 · 이산화탄소이며, 분비나 흡수에 의해서 증감하는 것은 산소와 이산화탄소이다.
- (8) 폐어류는 부레를 주된 호흡기로 사용하고 있다.

나. 아가미 (gill)

- (1) 물고기는 물에 녹아 있는 산소를 흡수하고, 몸 안에서 불필요하게 된 탄산가스를 배출한다. 이러한 호흡작용은 주로 아가미에 의해서 이루어지고, 체내의 산소 및 이산화탄소의 수송은 혈액이 하고 있다.
- (2) 공기에 함유되어 있는 산소량은 약 20%이나, 물에 녹아 있는 산소량은 1ℓ 에 0.5~0.9%로 적다. 몸무게 1kg인 물고기의 산소소비량은 보통 1시간에 50~500cc인데, 물고기의 상태에 따라 차이가 있다. 즉, 활발한 종류나 작은 물고기일수록 몸무게에 비해 산소소비량이 많다.
- (3) 아가미의 구조는 연골로 이루어지는 새궁 (gill arch)을 기저로 하여, 바깥쪽에 있는 많은 주름이 잡힌 새엽 (gill filament)과 안쪽에 있는 빗살 모양의 새파(gill raker)로 나누어진다.
- (4) 새엽은 물의 흐름과 반대로 기와 모양으로 놓여진 새박판 (gill lamella)으로 이루어져 있는데, 새박판에는 모세혈관이 분포하여 혈액과 물에 함유되어 있는 산소와 접촉하도록 되어 있다. 이 접촉면적은 몸무게 1g인 물고기에서 0.7~11.6cm²이다. 빠른 속도로 헤엄치는 물고기는 물과의 접촉면적이거나 접촉률도 크다.
- (5) 아가미에서는 염류이온 (Na, K, Cl)을 배출하여 체내의 삼투압을 조절하는데, 특히 회귀성 어류에서는 대형의 염류세포 (chloride cell)가 있어 염류의 배출에 관여한다.
- (6) 아가미덮개의 내면에 따로 떨어져 있는 위새 (僞 ; pseudobranch)는 호흡작용을하지 않는 대신에, 안구로 가는 혈관 압력의 조절, 부레로의 가스 충전, 흑색 색소 세포의 색소립의 응집 호르몬을 분비하여 체색을 밝게 하는 등의 작용이 알려져 있다.
- (7) 새강 내측에 갑상선 (thyroid gland) 조직이 있는데, 어류의 삼투압 조절과 성장, 생리 대사에 중요한 역할을 한다.
- (8) 일정한 환경에서 사는 물고기나 특이한 습성이 있는 물고기는 아가미 외에 부호흡기(副呼吸器)가 있다.
예를 들면 뱀장어의 피부, 미꾸라지의 장(腸), 폐어의 부레, 키싱 구라미의 미기(迷器) 등이 그것인데, 여기에 모세혈관이 많이 분포되어 아가미와 비슷한 구조를 가지며 호흡을 한다.



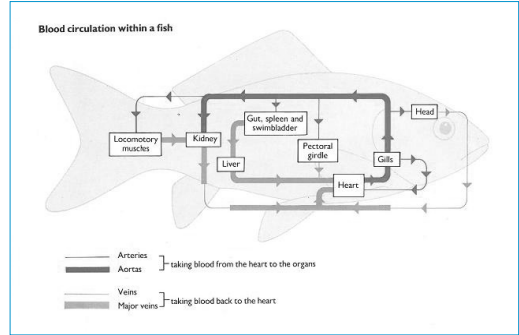


6) 순환계

가. 심장

- (1) 물고기의 심장은 아가미의 약간 뒤쪽에 위치하며, 1심방, 1심실, 심장구 (또는 동맥구), 정맥동의 4실로 이루어지며 위심강으로 둘러싸여 있다.
- (2) 물고기의 혈액순환은 심장을 중심으로 동맥·모세혈관·정맥으로 이루어지는 폐쇄순 환계이다.

온 몸을 돌고 온 정맥혈은 정맥동으로부터 심방으로 들어가, 심실로 옮겨진후 심실벽의 박동에 의하여 심장구 또는 동맥구로 보내지고, 다시 아가미로 가서 동맥혈로 바뀐 후, 등 쪽의 복대동맥을 통하여 온 몸으로 보내진다.



나. 조혈조직

- (1) 모든 어류는 골수와 임파절이 없는 대신, 흉선, 비장, 그리고 신장에서 조혈 기능을 한다.
- (2) 흉선의 위치와 구조는 어종에 따라 다양하며, 대부분의 세포는 림프구이다.
- (3) 비장에서는 적혈구의 조혈과 림프구의 조성을 담당한다.
- (4) 신장의 주로 두신에서는 적혈구 조혈, 과립구 조혈, 림프구 조성, 단핵구 조혈, 그리고 항원에 반응하여 항체를 생성한다.
- (5) 그 밖의 조혈조직으로 간과 말초혈액이 있다.

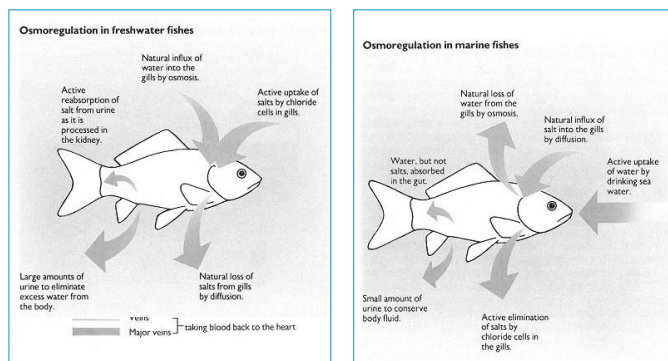
다. 혈액

- (1) 혈액의 비중은 1.040으로, 쉽게 응고되며, 혈액량은 체중의 약 5%를 차지한다.
- (2) 혈액 속에 적혈구와 백혈구가 있고, 혈액의 10~40%는 혈구이다. 물고기의 적혈구는 핵이 있는데, 혈액 1mm³ 내에 50만~400만 개가 함유되어 있다.
- (3) 어류의 말초혈액에서 가장 일반적인 백혈구는 림프구로, 세포성과 체액성 면역기능을 갖는다.
- (4) 다양한 스트레스에 노출된 물고기는 스테로이드가 분비되어 말초혈액에서 림프구의 수를 감소시킨다.
- (5) 어류의 과립구는 type 1 과립구가 일반적이며, 과립을 갖지 않는 소수의 단핵구를 가진다.
- (6) 어류의 혈소판은 혈액응고와 관련되며, 포유류와 유사하나 응고기전은 약간 다르다고 알려져 있다.

7) 배설 및 생식계

가. 신장 (kidney)과 방광 (urinary bladder)

- (1) 신장은 척추밑 복막후강에 위치한 기관으로, 조혈기능, 세망내피계, 내분비계 그리고 배설기능이 복합적으로 이루어지며 엷거나 짙은 갈색 혹은 흑색을 띠고 있고, 형태는 어종에 따라 리본모양, 나뭇잎모양, Y자형 등 다양하게 나타난다.
- (2) 발생적으로 유생기에 전신 (pronephros)이 출현하여 퇴화되고, 이를 대신하여 중신 (mesonephros)이 발달하여 일생동안 기능을 한다.
- (3) 신장은 2부분으로 나뉘는데, 앞부분은 두신 (head kidney)으로 조혈 및 호르몬 분비를, 가운데와 뒷부분은 체신 (body kidney)으로 사구체와 세뇨관으로 이루어진 네프론 (nephron)이 있어 배설작용을 한다.
- (4) 경골어류의 피부는 반투성막(半透性膜)으로 되어 있어 수분은 투과하지만 염류 등의 용질(溶質)은 투과시키지 않으므로, 신장은 아가미와 함께 염류를 배설하여 체내 삼투압 조절을 한다.
 - a. 담수어는 체액의 삼투압이 주위의 물보다 커서 다량의 물이 체내로 들어가기 때문에 다량의 묽은 오줌을 배설한다.
 - b. 해수어에서는 반대로 체내에 있는 수분이 해수 중으로 빠져나가기 때문에 소량의 농도가 진한 오줌을 배설하는 대신, 다량의 물을 입으로 마신다.
 - c. 뱀장어 · 송어와 같이 담수와 해수의 두 수역에서 살고 있는 물고기는 담수에서는 묽은 오줌을 다량 배설하고, 해수에서는 진한 오줌을 소량 배설한다.
- (5) 신장에서 배설되는 오줌의 질소화합물은 50% 이상이 암모니아이며, 이 밖에 트리메틸아민 · 옥사이드가 들어 있다.



- (6) 연골어류는 피부에도 방패비늘이 있기 때문에 물이 거의 통하지 않으나, 혈액 속에 다량의 요소가 함유되어 있어 혈액의 삼투압이 해수와 거의 같아 비교적 묽은 오줌을 배설한다.



(7) 어류에서 방광은 요관의 말단이 합쳐져 형성된다.

나. 생식선

- (1) 어류의 번식기는 물고기의 종류에 따라 다르나, 일반적으로 봄의 수온 상승기와 가을의 수온 하강기에 많다.
- (2) 대부분의 어류는 난소에서 생성된 알과 정소에서 생성된 정자가 물 속에서 합쳐지는 체외수정을 하지만, 상어와 같이 수컷의 배지느러미의 일부가 교접기로 변해서 체내수정을 하는 것도 있다.
- (3) 알을 낳는 것을 난생어, 성어의 형태로 낳는 것을 태생어 (예 ; 상어 등 연골어류, 망성어, 볼락, 구피 등)라고 하는데, 난생어가 압도적으로 많다.
- (4) 알은 물에 뜨는지의 여부에 따라 부성란(浮性卵 : 참돔 등) · 침성란(沈性卵 : 연어 등) · 점착침성란(粘着沈性卵 : 새멸, 잉어 등)으로 나누어진다.
- (5) 뇌하수체로부터 GTH (생식선자극호르몬)에 의하여 여포조직에서 생성, 분비되는 에스트로겐 (estrogen)이 간장에 작용하면, 간장에서는 난황전구물질 (vitellogenin)이 합성되어 혈액을 통하여 난소로 운반되면 난황물질이 축적되어 알의 성숙이 진행된다.
- (6) 알의 크기는 대부분 지름이 약 1mm이나, 연어처럼 지름이 8mm에 이르는 것도 있다.
- (7) 산란수는 어종에 따라 다르며 (독중개 ; 약 600개, 개복치 ; 약 3억 개), 산란기는 같은 어종이라도 장소에 따라 다르고, 수온에도 좌우된다.
- (8) 산란장소로는 민물고기는 수초가 무성한 곳, 바닷물고기는 육지 가까이의 해조류가 많은 곳이 일반적이며, 연어처럼 산란을 하기 위해 바다에서 강으로 거슬러 올라오는것, 뱀장어처럼 강에서 해저로 내려가는 것도 있다.
- (9) 부화 직후의 치어는 입이 벌어져 있지 않아 난황(卵黃)이 영양원이 된다.

8) 신경계와 감각기관

가. 뇌

- (1) 물고기의 뇌는 작지만, 단뇌, 간뇌, 중뇌, 소뇌, 연수로 나뉘어 진다.
- (2) 단뇌에는 쌍을 이루는 후엽(嗅葉)과 후구가 있어, 후각의 중추 역할을 한다.
- (3) 간뇌는 송과선, 성숙과 산란을 통제하는 시상하부, 호르몬 중추부인 뇌하수체가 있다.
- (4) 중뇌에는 시각의 중추가 되는 시엽(視葉)이 큰 부분을 차지하고 있다.
- (5) 소뇌는 시엽의 뒷부분에 있어, 운동이나 몸의 평형을 유지한다.
- (6) 연수는 척수에 연결되어 있어, 감각 또는 운동성 신경이 시작된다.
- (7) 연수로부터 척수가 꼬리까지 이어지며, 말초신경계가 몸의 여러 기관과 연락 역할을 한다.

나. 감각기관

(1) 후각

- a. 두부의 선단에 있는 코가 후각의 구실을 한다.
- b. 연골어류에는 좌우에 각 1개의 비공 (nostril)이 있고 구강으로 통해져 있으나, 경골 어류에서는 구강으로 통하지 않고 전비강과 후비강이 좌우에 1쌍씩 있다.
- c. 후각은 매우 민감하여 은연어 등은 냄새를 800억분의 1로 희석해도 감지할 수 있다.
- d. 회유를 하는 어류가 산란을 위해 어릴 때 자란 강으로 돌아오는 것은 치어기에 기억된 강물에 대한 후각에 의한다고도 한다.

(2) 시각

- a. 눈은 두부의 좌우에 1쌍이 있으며, 전방의 일정거리보다 앞쪽 이외에는 한쪽 눈으로만 본다.
- b. 구조는 다른 척추동물과 비슷하나 일반적으로 안검(眼瞼)이 없고, 수정체는 구형이다.
- c. 눈의 크기는 수심에 거의 비례하여, 깊은 곳에 사는 물고기일수록 커지지만 심해에 사는 물고기는 오히려 눈이 퇴화되어 있다.
- d. 가시범위의 파장은 400~750m μ 으로 사람과 거의 같은 정도이다.

(3) 미각

- a. 미각을 느끼는 미뢰 (papilla)는 혀에만 있는 것이 아니라 두부의 표면이나 입 주위에도 많이 분포하며, 특히 입수염과 가슴지느러미의 등에 많다.
- b. 미각을 감지하는 정도는 사람에 비해서 훨씬 민감하여 단맛은 사람의 500배, 짠맛은 180배나 예민하다.

(4) 청각

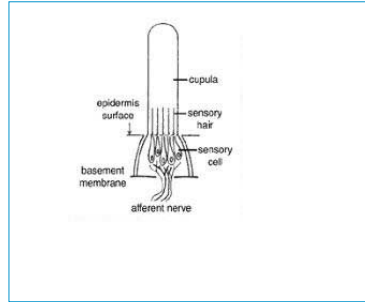
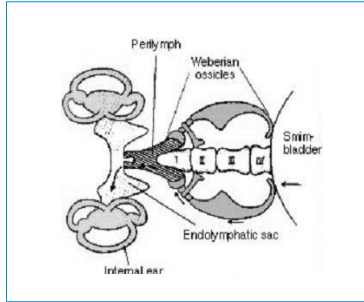
- a. 두개골 내에 있으며, 물고기에는 외이와 중이가 없고 내이뿐이다.
- b. 내이는 뇌 가까이에 좌우 1쌍 있으며, 각각 3개의 이석(耳石)이 있다. 이 중에서 소낭 속에 있는 이석이 가장 크며, 이 이석에 의해서 나이도 추정할 수 있다.
- c. 가청범위는 사람과 거의 같으나, 저음에서 물고기가 더 민감하다.

(5) 기타 감각기관

- a. 물고기의 몸 옆구리에는 구멍이 뚫린 비늘이 한 줄로 줄지어 있는데, 이를 측선(側線 ; lateral line)이라고 한다.
- b. 측선은 체표 가까이에 있는 감각세포와 그 위에 돌출한 팽대부 평형정 (cupula)으로 되어 있는데, 이를 감구 (neuromast)라고 한다.
이는 피부 밑에 있는 측선신경에 연결되어 있다.
- c. 측선은 수온 · 자극압 · 촉각 · 수류 · 진동 등의 물리적 자극은 잘 느끼나 화학적 자극은 느끼지 못한다.



(6) 발광, 발음 및 발전



- a. 어류 중에서 발광을 하는 물고기는 대부분 발광세균을 기생시키는 발광기를 가진다.
- b. 전기를 발생하는 물고기에는 여러 종류가 알려져 있는데, 모두 몸의 근육이 변환하여 발전기로 되어 있다. 전기가오리의 발전능력은 50~60V, 전기메기는 최고 400V, 전기뱀장어는 500~800V이라고 한다.
- c. 소리를 내는 물고기는 여러 종류가 알려져 있는데, 지느러미의 가시와 몸의 옆구리로 마찰음을 내는 농갱이, 입으로 빨아들인 공기를 항문에서 낼 때 호흡음을 내는 미꾸라지, 부레로 소리를 내는 동갈민어류 등이 있다.

2. 수생파충류

- 1) 몸은 각질의 표피성 비늘로 된 외골격, 또는 골질의 표피성 판으로 덮혀 있다.
- 2) 피부에는 샘(腺)이 거의 없어 몸 안의 수분을 보존할 수 있어서 건조한 지역에서도 살수 있다.
- 3) 체형에 변화가 많아 몸이 짧막한 것도 있고 길쭉한 것도 있다. 뱀류를 제외하고는 보통 2쌍의 다리를 가지며, 발은 5개의 발가락을 가진다.
- 4) 허파호흡을 하며 심장은 불완전 2심방 2심실이다.
- 5) 암수딴몸이며 난생 또는 난태생이며, 원시적인 태반을 가지는 것도 있다.
알은 주로 땅속에 낳는다.
- 6) 변온동물로, 온대에서는 겨울철에 동면을 한다.

3. 수생조류

- 1) 날 수 있도록 잘 적응되어 있으며, 머리, 목, 몸통, 꼬리의 4부분으로 구분된다.
- 2) 몸은 깃털로 덮여있고, 땀샘이 없으며, 미지선의 기름으로 깃털을 방수한다.

- 3) 앞다리는 날개로 변하여 나는데 알맞게 되어 있고, 뒷다리는 파충류와 같이 비늘로 덮여있으며 나무에 앉거나 헤엄을 치든가, 잠수하면서 먹이를 잡는데 쓰인다.
- 4) 날기에 적합하게 뺨 속은 비어 있어 가볍다.
- 5) 심장은 2심방 2심실이고 허파에는 공기주머니(기낭)가 연결되어 있다.
- 6) 입은 부리로 되어있고, 이빨이 없어 머리를 가볍게 하며 먹이는 씹지 않고 삼킨다.
곡식이나 육류를 먹는 조류는 모이주머니에 저장한다.
- 7) 모두 난생으로, 일반적으로 동지를 틀고 산란하며 포란하여 부화된 후 새끼를 키운다.
- 8) 빛에 대한 반응성이 아주 민감하여 생식, 철에 따른 이동, 깃털갈이 등에 관한 호르몬작용은 빛의 자극에 영향을 받는다.

4. 수생포유류

- 1) 몸은 머리, 목, 몸통, 꼬리의 4부분으로 구분되며 털로 덮여 있다.
- 2) 피부에는 땀샘, 지방샘, 젖샘이 있다.
- 3) 양턱에 이빨들이 있는데, 이것들은 앞니, 송곳니, 앞어금니, 어금니로 분화하였고 각 종류에 특유의 치식이 있다.
- 4) 움직일 수 있는 눈꺼풀과 육질의 바깥귀가 있다.
- 5) 심장은 2심방 2심실로 되어 있고 조류와 마찬가지로 온혈동물이다.
- 6) 배설계의 콩팥은 후신형이고 요도는 보통 방광에 열린다. 비뇨생식공과 항문은 단공류를 제외하고는 따로 열린다.
- 7) 뇌는 고도로 발달하여 12쌍의 뇌신경을 가지며, 가슴과 배 사이에 근육성의 가로막(횡격막)이 있다.
- 8) 암수딴몸으로, 태반생식을 하며 어린 새끼는 젖으로 양육하며, 체내 수정을 한다 (예외 ; 오리너구리 (단공류)-난생이며, 부화한 새끼는 젖으로 키운다
캥거루(유대류)-태반을 형성하지 않고 새끼는 발생 초기에 태어나며, 육아낭에서 일정 기간동안 성장한다)
- 9) 수생포유류는 고래목 (Cetacea)과 물개목 (Pinnipedia)이 있다.

가. 피부와 감각기관

- (1) 고래의 피하조직은 두꺼운 지방층이 있어, 체온 유지와 에너지 물질의 저장을 겸한다.
- (2) 표피에 판층소체라고 하는 말초신경이 다수 분포되어 있다.
- (3) 고래는 미뢰에 상응하는 화학 수용기가 전혀 없다.
- (4) 물개 등에서는 해수의 자극으로부터 각막을 보호하기 위해, 각막이 각화되어 있다.
- (5) 고래는 아래턱에 촉모(觸毛)외에는 털이 없으나, 물개는 털을 가지며 땀샘이나 피지선이 있다.



나. 고래의 뇌

- (1) 고래의 후각은 아주 퇴화하여, 뇌에 후구 (olfactory bulb)의 흔적만 있다.
- (2) 박쥐와 같이 청각을 좌우하는 와우신경이 발달하여, 초음파를 발신하여 그 반사로부터 장애물을 감지하거나, 서로 교신한다.

다. 돌고래의 폐

- (1) 호흡기관인 폐는 육상동물과 비슷하나, 산소 흡수를 높이기 위해 모세혈관과 괄약근이 더 잘 발달되어 있다.

라. 고래의 식성과 소화기계

- (1) 이빨을 갖는 고래는 육식성이나, 수염고래와 같이 소형 갑각류를 섭취하는 고래는 다수의 각질의 수염이 이빨 대신 있어서 그물과 같이 걸러 주는 역할을 한다.
- (2) 구강과 상부 소화기관에 타액선과 점액 분비선이 발달되어 있지 않으며, 돌고래의 경우 위는 전위, 주위, 협착부 및 유문부로 나뉜다.
- (3) 고래의 간장은 육상동물과 비슷하나, 담낭이 없다.
- (4) 고래는 육상동물과 유사한 생식기관을 가지며, 임신기간은 10개월 전후이다. 