

Chương II. SINH LÝ MÁU

1. Hệ Thống Tuần Hoàn

1.1 Khái niệm chung về máu

Ở cá, máu là một tổ chức lỏng, màu đỏ, vận chuyển trong hệ thống các huyết quản. Máu là thành phần quan trọng nhất của môi trường bên trong cơ thể và đảm nhận nhiều chức năng sinh lý khác nhau, góp phần điều tiết một cách chính xác nội môi trường, giữ cho hoạt động sống của cơ thể luôn luôn bình thường.

1.2 Hình thái học của hệ thống tuần hoàn

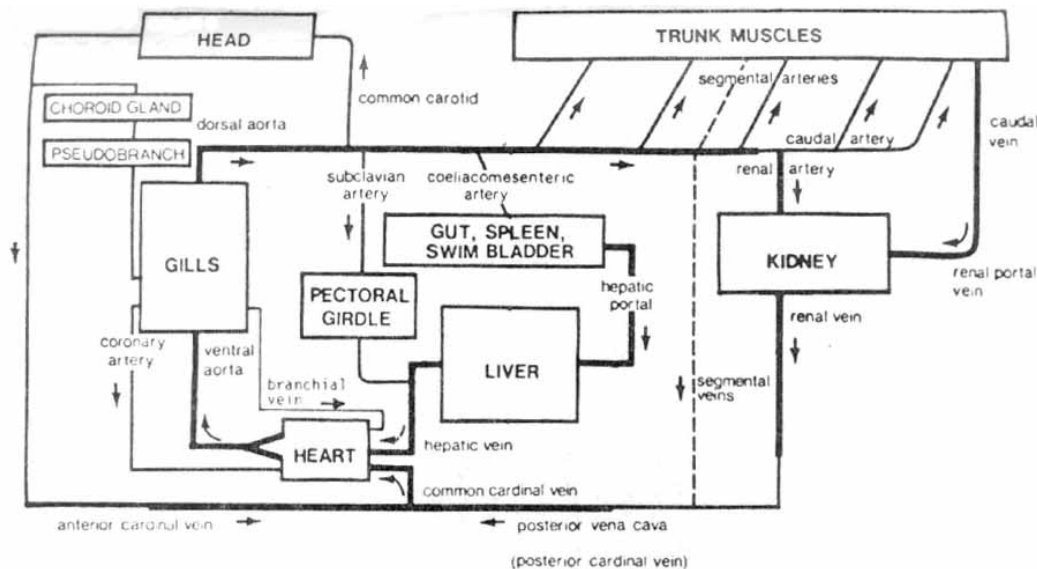
Hệ thống tuần hoàn (circulatory system) của cá tương tự như các động vật có xương sống khác nhưng có những khác biệt phù hợp với các điều kiện hình thái, sinh lý và môi trường. Cá cũng có một hệ thống bạch huyết (lymphatic system) nhưng ít được biết đến như các động vật có xương sống trên cạn.

Bắt đầu từ tim chỉ có một con đường, động mạch chủ bụng (ventral aorta), đến các mang (gills). Tuy nhiên, sau khi quá trình trao đổi khí xảy ra, có nhiều con đường để máu đi trở lại cơ thể bao gồm một số mao mạch nhỏ nhưng rất quan trọng. Động mạch vành (coronary artery) rời cung mang thứ hai (second gill arch) và trở về tim dọc theo mặt bụng của động mạch chủ bụng, cung cấp máu bão hòa oxygen đến tim và đến các nang tuyến giáp (thyroid follicles) phân bố rải rác xung quanh động mạch chủ bụng. Từ cung mang thứ nhất (first gill arch) một mao mạch (vessel) chạy đến mang phụ giả (pseudobranch) rồi đến tuyến màng trạch (choroid gland) nằm phía sau mắt trước khi nối với hệ thống tĩnh mạch (venous system). Vai trò của 2 cơ quan này có lẽ liên hệ đến sự kiểm soát sự thông khí (ventilation) và trao đổi khí (gas exchange) vào trong các dịch mắt (eye fluids). Tĩnh mạch mang (branchial vein) hồi qui (recurrent) là một con đường phụ (bypass) từ các mang trở lại tim một cách trực tiếp vì không phải tất cả đều ra thuộc tim (cardiac output) cần đi vào động mạch chủ lưng (dorsal aorta) và các mạch máu đi ra khác (efferent vessels). Ý nghĩa của tĩnh mạch mang chưa được hiểu đầy đủ nhưng nó có thể là phần quan trọng của đầu ra thuộc tim trở lại trực tiếp tĩnh mạch tim khi cá ở trạng thái nghỉ.

Động mạch chủ lưng là nguồn cung cấp máu chính cho các bộ phận của cơ thể. Nó cung cấp máu cho đầu (head), các cơ thân (trunk muscles), vành ngực (pectoral girdle), thận (kidney), và tất cả cơ quan nội tạng (visceral organs) – là các mạng mao mạch chính (capillary beds). Sau khi đi qua các mạng mao mạch chính, có ba con đường tĩnh mạch chính mang máu trở lại tim. Các mao mạch ở phần đầu trở về tim qua một đôi tĩnh mạch chính trước (anterior cardinal veins) mà sẽ nhập thành tĩnh mạch chính chung đơn (single common cardinal). Tĩnh mạch chính chung cũng được nhập bởi tĩnh mạch chính sau (posterior cardinal vein) và một số tĩnh mạch nhỏ từ hệ thống cơ ở phần trước cơ thể (anterior body musculature). Tuy nhiên các mao mạch từ hệ thống cơ ở phần sau cơ thể (posterior body musculature) chảy vào tĩnh mạch đuôi (caudal vein) rồi dẫn vào trong mạng các mao mạch bao quanh các ống thận (kidney tubules). Vì đây là mạng các mao mạch thứ cấp (second capillary bed) sau khi được cung cấp máu bão hòa oxygen, nó được xem như thiết kế đặc biệt của hệ thống cửa thận (renal portal system). Các tĩnh mạch chạy từ các cơ quan nội tạng (ngoại trừ gan) tạo thành một hệ thống cửa (portal system) tương tự trong gan (liver). Cả hai hệ thống cửa dường như phục vụ như các bể (pools) chính của máu mà các sản phẩm trao đổi chất (metabolic products) có thể khuếch tán vào trong đó

với sự gia tăng rất ít về nồng độ của những chất này. Hệ thống cửa thận chỉ hiện diện ở cá và lưỡng cư, mặc dầu động vật xương sống cao đẳng có một hệ thống cửa tụy (hepatic portal system).

Hệ thống bạch huyết (lymphatic system) ít được khảo sát trên cá, nhưng hiện diện ở 2 dạng khác nhau. Ở một số cá, chẳng hạn cá hake, ống bạch huyết chính (lymphatic duct) dạng trục (axial) và được định vị ở trung tâm phía trên lõi thần kinh (nerve cord) bên trong cung thần kinh (neural arch). Ở cá khác, chẳng hạn nhóm cá hồi (salmonids), hệ thống bạch huyết dạng ngoại biên (peripheral) với một ống chính ở mỗi kênh đường bên (lateral line canal) và dọc theo đường giữa lưng (dorsal midline). Cũng có những ống bạch huyết ngắn trong mỗi phiến mang (gill filament) có nhiệm vụ thu chất dịch được lọc từ bên trong phiến mang và dẫn chúng trở lại tim thông qua sự nối của chúng với tĩnh mạch mang ở góc mỗi phiến mang. Trong tất cả trường hợp, các ống bạch huyết phục vụ để đem dịch mô (tissue fluid) trở lại hệ thống tuần hoàn trong các mô - nơi mà không phải tất cả chất dịch này trở lại phần “hạ lưu” (downstream portion) của các mạng mao mạch. Dường như không có bất kỳ các tuyến (gland) hay hạch (node) bạch huyết ở cá như ở các động vật hữu nhũ.



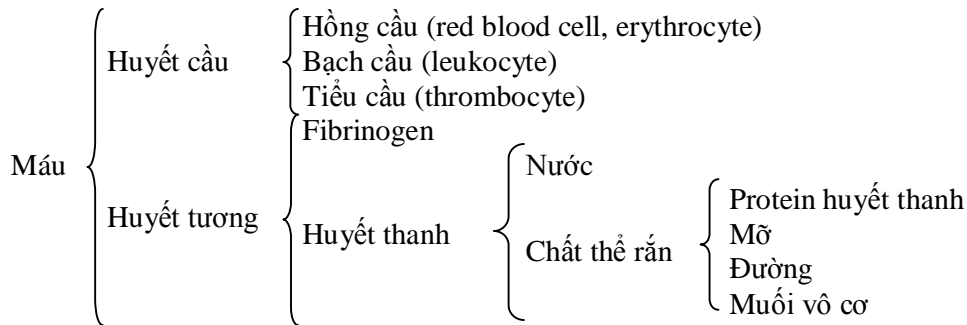
H.1 Hệ thống tuần hoàn của cá

1.3 Chức năng chung của hệ thống tuần hoàn

Hệ thống tuần hoàn phục vụ cho nhiều chức năng nhưng tổng quát nhất là vận chuyển, bao gồm vận chuyển các chất khí giữa các mô và các mang và vận chuyển lactate từ các mô đến mang và gan và rồi vận chuyển glucose trở lại các mô. Các vật chất ngoại lai được vận chuyển đến thận nơi mà các thành phần hòa tan được bài tiết và thành phần tế bào bị thực bào. Sự hiện diện các chất này cũng dẫn đến sản sinh ra các kháng thể được vận chuyển trở lại hệ thống tuần hoàn. Các sản phẩm của quá trình tiêu hóa được vận chuyển từ ruột đến gan và rồi đến những phần còn lại của cơ thể. Các tế bào máu cũng di chuyển từ nơi được tạo thành đến tất cả các phần của cơ thể. Các yếu tố đông máu và thrombocyte, kết hợp ở bất kỳ vị trí tổn thương nào để bịt kín vết thương, được đưa vào hệ tuần hoàn mà không ngăn cản chính các mao mạch.

1.4 Thành phần của máu

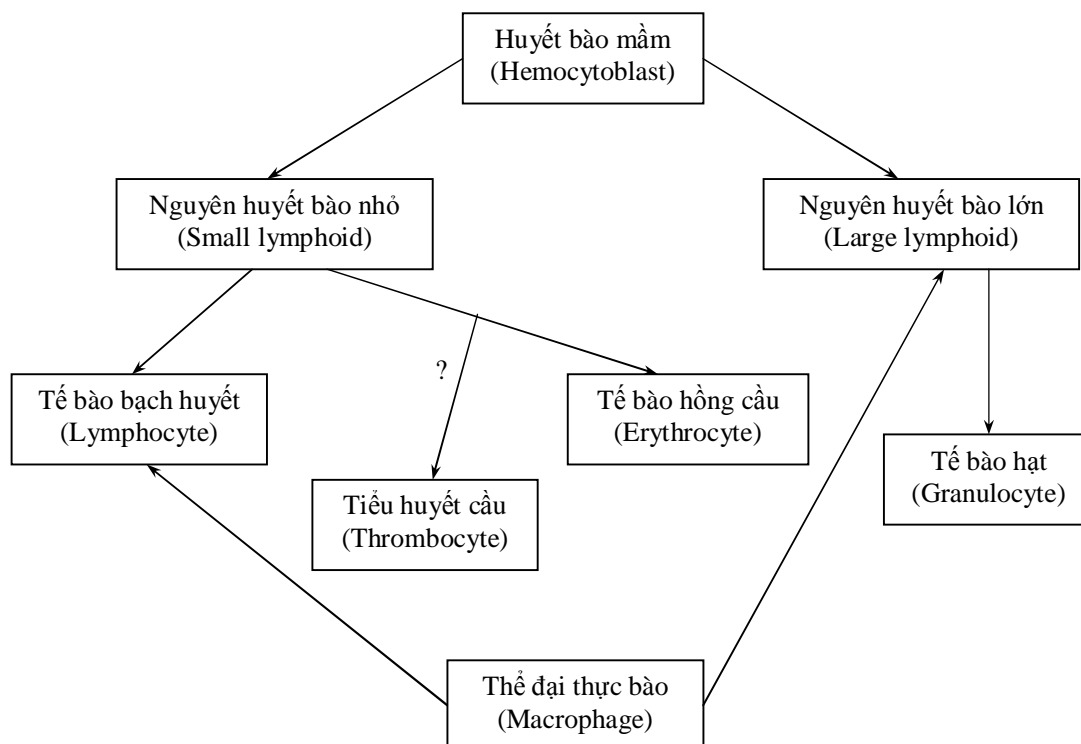
Máu có hai thành phần chính là các tế bào và huyết tương. Các chức năng của hai thành phần này đôi khi phân biệt và đôi khi được chia sẻ bởi cả hai. Những thành phần của huyết tương (hay huyết thanh - huyết tương đã loại bỏ fibrinogen sau khi làm cho máu đông) bao gồm một số giới hạn các ion vô cơ và một thành phần rộng các hợp chất hữu cơ liên hệ phần lớn đến các chức năng trao đổi chất. Thành phần tế bào bao gồm các tế bào riêng biệt có hình thái và các chức năng khác nhau.



Các tế bào máu trưởng thành có thể được xác định bởi hình thái và các đặc trưng bắt màu nhuộm khi quan sát dưới kính hiển vi quang học. Các tế bào hồng cầu (erythrocyte hay tế bào máu đỏ, red blood cell) có nhân, chiếm ưu thế về số lượng và ổn định về kích thước, được sử dụng như một công cụ đo lường thuận tiện cho việc tính toán kích thước của các tế bào khác. Ngoài việc đo lường kích thước bên ngoài các tế bào, chúng cũng được đặc trưng bởi tỉ lệ thể tích nhân trên thể tích tế bào.

Ngoài các tế bào hồng cầu, các loại tế bào máu chính khác bao gồm bạch cầu (leukocyte) và tiểu cầu (thrombocyte). Các tế bào bạch cầu tiêu biểu có nhân tương đối lớn và tế bào chất ít, và cũng được phân thành các nhóm bạch cầu không hạt (lymphocyte và monocyte) và bạch cầu có hạt (acidophile, neutrophile và basophile). Các tế bào tiểu cầu chưa trưởng thành trông giống như các lymphocyte, và có thể dẫn xuất từ các lymphocyte, nhưng thay đổi trong quá trình phát triển thành các tế bào oval. Nhìn chung tế bào tiểu cầu nhỏ hơn lymphocyte và có nhân cũng nhỏ hơn.

Nguồn gốc của tất cả tế bào máu không được hiểu biết đầy đủ và có thể được mô tả theo Klontz như sau. Các tế bào máu được sản xuất ra từ các mô tạo máu (hematopoietic tissue) trong thận và có lẽ trong tủy tạng. Không có tủy xương (bone marrow) hay hạch bạch huyết (lymph node) trên cá như ở động vật hữu nhũ. Tuy nhiên, tên gọi các tế bào máu cũng tương tự như hữu nhũ vì quá trình phát triển cũng theo một kiểu tương tự. Huyết bào mầm (hemocytoblast) là nguồn gốc của tất cả các tế bào khác. Các tế bào này được tăng sinh, dần dần biệt hóa và có hình thái và chức năng riêng biệt, thường chúng được phát triển khá rõ ràng trước khi đi vào trong máu tuần hoàn. Các tế bào chưa trưởng thành chỉ có thể nhìn thấy trong các mô tạo máu và sự xuất hiện nhiều các tế bào này trong máu tuần hoàn có thể biểu thị cho sự hiện diện của một bệnh hay yếu tố bệnh lý khác.



H.2 Sơ đồ lý thuyết về sự tạo máu ở cá rainbow trout (theo Klontz)

1.5 Lượng máu

Tổng hợp từ các nghiên cứu cho thấy rằng *lượng máu trong cơ thể cá ít hơn so với máu ở động vật bậc cao* vì năng lượng tiêu hao cho quá trình trao đổi chất của cá ít hơn. Lượng máu trong cơ thể một phân tuần hoàn trong tim và mao quản, phần còn lại được dự trữ trong các kho chứa máu. Lượng máu tuần hoàn chiếm khoảng 50%; song tỉ lệ này luôn luôn thay đổi tùy thuộc vào trạng thái sinh lý của cơ thể: lúc bình thường máu dự trữ tăng để giảm bớt gánh nặng cho tim, khi vận động thì máu dự trữ đi vào hệ thống tuần hoàn để đảm bảo nhu cầu năng lượng cho cơ thể. Ở người, lượng máu là 7,8% so với trọng lượng cơ thể; chim: 7,7%; ếch: 6,4-8,2%; thỏ: 5,45%; lợn: 4,6%. Cá nước ngọt có lượng máu tổng cộng chiếm 2,7% và biến động trong khoảng 1,8-4,1%; cá biển có lượng máu chiếm 4,1% và dao động trong khoảng 1,9-7,3%.

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến lượng máu trong cơ thể cá như phương thức sống và trạng thái sinh lý: *cá hoạt động nhanh nhẹn có lượng máu nhiều hơn cá ít hoạt động; thể tích máu gia tăng theo tuổi và giai đoạn thành thực sinh dục; thể tích máu cá đực cao hơn cá cái trưởng thành.* Điều kiện sống cũng ảnh hưởng đến lượng máu của cá: cá tầm *Acipenser ruthenus* sống ở sông hoặc hồ có *điều kiện sống tốt* (dinh dưỡng tốt) thì *lượng máu nhiều hơn* so với những cá thể cùng loài có *điều kiện sống kém* (dinh dưỡng kém).

2. Tính Chất Lý Hóa Học và Thành Phần Hóa Học của Máu

2.1 Tính chất lý hóa học của máu

a. Trọng lượng riêng của máu

Trọng lượng riêng hay tỷ trọng của máu thay đổi theo số lượng tế bào của nó. Trọng lượng riêng của máu cá nước ngọt là 1,035, biến động trong khoảng 1,032-1,051; máu cá biển biến động trong khoảng 1,022-1,029; ở động vật hữu nhũ nói chung khoảng 1,053 và ở người trong khoảng 1,05-1,06.

b. Tính nội ma sát (độ nhớt)

Các nghiên cứu cho thấy độ nhớt của máu cá thấp hơn nhiều so với động vật hữu nhũ (máu cá loãng hơn so với máu của động vật hữu nhũ). Độ nhớt được xác định bởi trị số nội ma sát; ví dụ trị số nội ma sát là 3, có nghĩa là lưu tốc của máu chậm hơn so với nước nguyên chất 3 lần. Trị số nội ma sát của máu cá nói chung trong khoảng 1,49-1,83 (của máu cá nhám là 1,70, dao động trong khoảng 1,66-2,01); thấp hơn nhiều so với động vật hữu nhũ, khoảng 3-6 (ở người dao động khoảng 4-5).

Tính nội ma sát của máu được quyết định bởi hai yếu tố: *số lượng hồng cầu* và *hàm lượng protein của huyết tương* (plasma protein). Cùng một loài cá, khi được cho ăn thịt tính nội ma sát tăng lên, khi được cho ăn thực vật tính nội ma sát giảm xuống.

c. Áp suất thẩm thấu

Áp suất thẩm thấu (ASTT) của máu và dịch mô giữ vai trò rất quan trọng trong việc điều hòa sự trao đổi nước giữa máu và các mô. Sự thay đổi ASTT của nội môi trường sẽ dẫn đến sự thay đổi cơ chế trao đổi nước của tế bào.

Áp suất thẩm thấu của máu do các muối khoáng trong huyết tương tạo nên (chủ yếu là NaCl). Các protein trong huyết tương tạo ra một phần nhỏ ASTT của máu, được gọi là áp suất thể keo.

Các loại cá khác nhau có ASTT không giống nhau. Nhìn chung, *cá sụn có ASTT của máu cao hơn cá xương, cá biển có ASTT của máu cao hơn cá nước ngọt. Các loài cá sụn* (biển và nước ngọt) *và cá xương nước ngọt có ASTT của máu cao hơn môi trường và cá xương biển có ASTT của máu thấp hơn môi trường.* Do ASTT của thể dịch nói chung và của máu nói riêng cao hơn môi trường bên ngoài nên các loài cá sụn và cá xương nước ngọt luôn luôn thải nước thừa do thẩm thấu từ bên ngoài. Ngược lại, do có ASTT của dịch cơ thể và của máu thấp hơn môi trường nên cá xương biển phải giữ nước và bổ sung nước cho cơ thể để bù đắp nước bị mất do thẩm thấu ra bên ngoài.

Áp suất thẩm thấu của máu cá tương đối ổn định. Tuy nhiên; trong phạm vi không nguy hại đến cơ thể, nó cũng thay đổi theo ASTT của môi trường. Khi ASTT của môi trường tăng lên thì ASTT của máu cá cũng tăng lên và ngược lại.

- Dung dịch sinh lý: là những dung dịch nhân tạo chứa một số muối vô cơ có ASTT tương đương với ASTT của máu. Đối với động vật hữu nhũ, dung dịch sinh lý có nồng độ muối là 0,9%; ở cá là 0,65%.

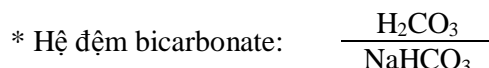
d. pH

pH của máu cũng là một chỉ tiêu quan trọng phản ánh trạng thái sinh lý của cơ thể và sự biến động của môi trường sống của cá. pH của máu lệ thuộc vào tỷ lệ ion H^+ và OH^-

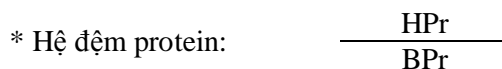
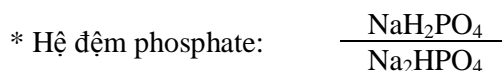
trong máu. pH máu nói chung là tương đối ổn định; ví dụ đối với cá chép ở 15°C, pH chỉ dao động nhỏ, khoảng 7,4-7,9. Khi pH máu biến động thiên về acid hoặc kiềm đều làm cho hoạt tính của hệ thống enzyme trong tế bào bị ảnh hưởng và tính chất lý hóa học của các chất trong tế bào cũng bị thay đổi, do đó ảnh hưởng đến chức năng bình thường của cơ thể một cách rõ rệt.

Trị số pH trung bình của máu cá vào khoảng 7,52-7,71, không ổn định bằng động vật hữu nhũ. pH của máu cá có thể thay đổi theo pH của môi trường. *Trị số pH của máu cá biển tương đối ổn định hơn cá nước ngọt* mặc dù hàm lượng các chất đệm trong máu cá biển ít hơn cá nước ngọt là do nước biển có hệ thống đệm khá hoàn chỉnh nên pH môi trường tương đối ổn định trong khi nồng độ ion H^+ trong nước ngọt thay đổi rất lớn theo thời gian và địa điểm. Do đó, cá sống ở nước ngọt thích nghi mạnh đối với sự thay đổi pH của môi trường hơn cá sống ở biển.

Yếu tố đảm bảo cho sự ổn định của pH máu là các hệ thống đệm của máu. *Một hệ thống đệm gồm một acid yếu và muối của acid đó với base mạnh.* Trong máu cá có thể tìm thấy các hệ thống đệm sau:



Đây là hệ thống đệm quan trọng trong máu vì có số lượng tương đối nhiều.



Pr: protein, B: Na hay K

Đây là hệ đệm quan trọng nhất, trong đó quan trọng hơn cả là hệ đệm hemoglobin (Hb) của hồng cầu. Hb có khả năng đệm gấp 10 lần các protein khác trong huyết tương.

Nhờ tác dụng của các hệ thống đệm, sự cân bằng acid/kiềm luôn được giữ ổn định. Ví dụ, khi acid carbonic sinh ra nhiều sẽ làm pH của máu giảm; khi đó pH của máu sẽ được giúp ổn định bởi hệ đệm Hb thông qua phản ứng $KHb + H_2CO_3 \rightarrow HHb + KHCO_3$. HHb có tính acid yếu hơn H_2CO_3 nên không làm pH máu giảm nhiều.

Ngoài ra, *sự ổn định của pH máu còn được góp phần bởi tác động của hệ thống thần kinh trung ương, cơ quan hô hấp và hoạt động điều hòa ion H^+ của thận.*

- Tác dụng của hô hấp: khi CO_2 trong máu tăng lên, CO_2 kết hợp với nước tạo thành acid carbonic, làm cho pH của máu giảm xuống. Máu với pH thấp khi đến não kích thích trung khu hô hấp của hệ thần kinh trung ương hoạt động làm tăng cường thải CO_2 ; do đó giảm lượng H_2CO_3 trong máu và pH lại được nâng lên. Ngược lại, nếu pH của máu quá cao, sẽ ức chế trung khu hô hấp của thần kinh trung ương, lượng CO_2 thải ra ngoài sẽ giảm do đó tăng lượng H_2CO_3 trong máu và pH lại được hạ xuống.

- Tác dụng của thận: trong quá trình trao đổi chất của cơ thể, nhiều chất có tính acid được sản sinh ra và được đưa vào máu, chúng sẽ kết hợp với kho kiềm của máu, nhờ đó

vẫn duy trì được pH của máu tương đối ổn định. Nhưng khi kiềm dự trữ đó sẽ dần dần bị hao hụt. Thân có tác dụng thải đi gốc acid và giữ lại gốc kiềm, nhờ đó mà khôi phục kho kiềm trong máu.

2.2 Thành phần hóa học của máu cá

Khi đem máu ly tâm hoặc để máu lắng tự nhiên trong môi trường lạnh sẽ diễn ra quá trình phân chia thành phần dịch lỏng gọi là huyết tương (chất dịch có màu vàng nhạt hoặc không màu) và phần lắng đọng (có màu đỏ) được hình thành từ các thành phần hữu hình của máu (hồng cầu, bạch cầu, tiểu cầu). Huyết thanh là huyết tương đã bị loại fibrinogen.

Tỉ lệ giữa thể tích huyết cầu và huyết tương thay đổi theo giống loài và phương thức sinh sống của cá. Thông thường tỉ lệ thể tích huyết cầu so với máu (hematocrite) chiếm khoảng 27%, cao nhất là 36% như ở cá chép (*Cyprinus carpio*), thấp nhất là 16% như ở cá hàm ếch (*Lophius piscatorius*).

a. Nước

Nước là thành phần có tỉ lệ lớn nhất trong máu, chiếm tới 80%. Trong huyết tương, nước chiếm tới 90-92%, hàm lượng nước trong hồng cầu ít hơn 65-68%. Khi bị mất nước nhiều sẽ làm máu đặc quánh lại, quá trình trao đổi chất sẽ ngưng trệ.

Nhìn chung nước trong máu cá xương ít hơn cá sụn, cá con nhiều hơn cá trưởng thành.

b. Protein

Protein là thành phần chủ yếu trong chất khô của huyết tương. Các nghiên cứu cho thấy rằng protein trong máu cá biến động rất lớn. Sự biến động này không chỉ diễn ra trong các loài khác nhau mà ngay cả trong cùng một loài và thậm chí trong cùng một cá thể.

Trong thành phần protein của máu có 3 nhóm chính: albumin, globulin và fibrinogen.

+ Fibrinogen: sinh ra ở gan, tiền chất của fibrin (sợi huyết), có vai trò đông máu.

+ Albumin: sinh ra ở gan, liên kết với các lipid, hormone. Áp suất thẩm thấu huyết tương phần lớn là do albumin.

+ Globulin: là chất vận chuyển các lipid và steroid, sắt và đồng. Kháng thể là một phần của globulin.

Hàm lượng protein trong huyết thanh của cá thay đổi trong khoảng 2,5-7 mg%, trong khi hàm lượng protein ở máu người thay đổi trong khoảng 7,5-8,5 mg%; cho thấy lượng protein trong huyết thanh trong máu cá thấp hơn ở người. Một vài nghiên cứu cho thấy lượng protein trong huyết thanh thay đổi phụ thuộc vào điều kiện dinh dưỡng của cá. Ví dụ: cá chép được nuôi trong ao có thức ăn tự nhiên phong phú thì lượng protein trong máu là cao hơn cá chép được nuôi một phần bằng thức ăn tự nhiên và nhân tạo.

Hàm lượng protein trong máu cá còn thay đổi theo mùa vụ. Ví dụ: cá chép 1 tuổi sống ở vùng ôn đới qua mùa đông protein huyết thanh giảm từ 3,8 mg% còn 2,7 mg%, albumin hầu như mất hết. Qua một thời gian bất môi bình thường, hàm lượng protein huyết thanh dần dần được khôi phục.

Protein trong máu có các vai trò sau đây:

- Duy trì áp suất thẩm thấu cho máu, còn gọi là áp suất thể keo;
- Tham gia vào hệ đệm của máu (Hb);
- Đóng vai trò quan trọng trong quá trình đông máu (fibrinogen);
- Là những kháng thể bảo vệ cơ thể: γ globulin, kháng thể chống lại vi trùng và virus.

Protein huyết tương trong cơ thể luôn luôn bị phân giải và không ngừng được tổng hợp và trực tiếp tham gia vào quá trình trao đổi chất của cơ thể.

c. Nitơ phi protein (non-protein nitrogen, NPN)

Nitơ phi protein là những sản phẩm trung gian và sản phẩm cuối cùng của quá trình trao đổi chất protein. Khi tách các protein trong huyết tương của cá thì còn lại một số hợp chất chứa gốc nitrogen. Các nghiên cứu cho thấy rằng số lượng các chất chứa nitrogen trong máu cá khá cao. Ví dụ: cá chình Nhật Bản (*Anguilla japonicus*) vào mùa hè trong máu chứa 125,6 mg% hợp chất chứa nitrogen.

Số lượng các chất chứa nitrogen gia tăng khi các hoạt động biến dưỡng của cá gia tăng. Người ta còn phát hiện ra rằng ở cá xương số lượng hợp chất này thấp hơn nhiều lần so với cá sụn.

- Ammonia (NH_3): là một vật chất độc có nồng độ thấp trong máu phần lớn động vật. Nồng độ ammonia trong máu cá cao hơn động vật hữu nhũ nhưng nhỏ hơn 0,1 mg%. Phần lớn cá xương nước ngọt là ammonotelic (động vật bài tiết amôn). Vai trò của sự bài tiết NH_3 là cân bằng acid-base máu.

- Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$): là một chất ít độc, nó được tạo thành từ NH_3 và hòa tan trong nước nhiều hơn ammonia. Cá sụn được gọi là ureotelic (động vật bài tiết urea). Một số cá xương cũng bài tiết lượng lớn urea. Các loài cá biển có nồng độ urea máu 2–2,5 mg%, cao hơn các loài cá nước ngọt 1 mg%. Sỡ dĩ các loài cá sụn biển có nồng độ urea máu cao là để duy trì áp suất thẩm thấu của máu cao hơn môi trường của chúng.

- TMAO (Trimethylamine oxide): là một chất hòa tan không độc. Ở một số cá biển nó được bài tiết chiếm lên 1/3 lượng nitơ của chúng. TMAO ở cá biển cao hơn cá nước ngọt. Cá hồi (salmon) và chình (eel) khi ở biển có TMAO cao hơn khi ở nước ngọt. Cá Spiny dogfish (*Squalus acanthias*) có hàm lượng TMAO máu tương đối cao và trên 90% TMAO được lọc bởi thận được tái hấp thu để giữ nước có hiệu quả.

d. Glucid

Glucid là thành phần hữu cơ chủ yếu trong huyết tương. Đường trong huyết tương chủ yếu ở dạng glucose. Hàm lượng đường ở động vật máu nóng biến đổi trong phạm vi hẹp, ở người tỉ lệ này khoảng 0,1–0,12% khối lượng máu nếu vượt quá 0,18% thì glucose

sẽ bị đào thải theo đường nước tiểu và người ta mắc bệnh tiểu đường. Nhưng ở cá thì hàm lượng đường biến đổi khá lớn. Hàm lượng đường trong máu cá sụn thấp. Hàm lượng đường trong máu cá xương biển có liên hệ đến tập tính sống của cá: cá hoạt động chậm chạp có lượng đường huyết thấp, cá hoạt động mạnh có lượng đường huyết cao. Khi lượng đường huyết của cá hoạt động tương đối mạnh giảm xuống thì nó hoạt động chậm chạp, còn ở loài cá có tập tính hoạt động chậm chạp thì ảnh hưởng không rõ rệt. Ở các loài cá nước ngọt, sự quan hệ giữa lượng đường máu và tập tính hoạt động không rõ rệt nhưng có sự khác nhau giữa các giống loài. Ví dụ: cá chép (*C. carpio*) có lượng đường máu là 58–145 mg%, còn cá vền (*Abramis brama*) là 122–230 mg%.

Hàm lượng đường trong máu cá thay đổi tùy theo trạng thái sinh lý của cá như cá tăng vận động thì lượng đường trong máu tăng lên. Điều kiện môi trường ngoài không thuận lợi như thiếu oxygen, chấn thương do hoạt động cơ học, dồn ép cá trong khối nước chật hẹp, v.v. cũng làm tăng lượng đường trong máu. Một số nghiên cứu cho thấy hàm lượng đường trong máu cá phụ thuộc vào giới tính (cá đực cao hơn cá cái) và sự thành thục sinh dục của cá.

e. Lipid

Trong huyết tương lipid không ở dạng tự do mà kết hợp với protein thành một hợp chất hòa tan. Một trong các chất lipid được nghiên cứu nhiều là *cholesterol*. Các nghiên cứu cho thấy rằng trong máu cá chình (eel) hàm lượng cholesterol đạt trên 700 mg%, hàm lượng ở cá nhám (shark) là 21 mg%. Khi lưu giữ cá trong điều kiện nhân tạo ở các bể xi măng và tuyến sinh dục của cá đang trong giai đoạn thoái hóa thì đồng thời lượng cholesterol trong máu cá gia tăng đáng kể. Trong quá trình chín của tuyến sinh dục hàm lượng cholesterol trong máu giảm thấp rất nhiều. Điều này khẳng định khi hàm lượng cholesterol trong máu ở các cá thể trưởng thành gia tăng, đó chính là dấu hiệu của sự thoái hóa tuyến sinh dục.

f. Các chất vô cơ

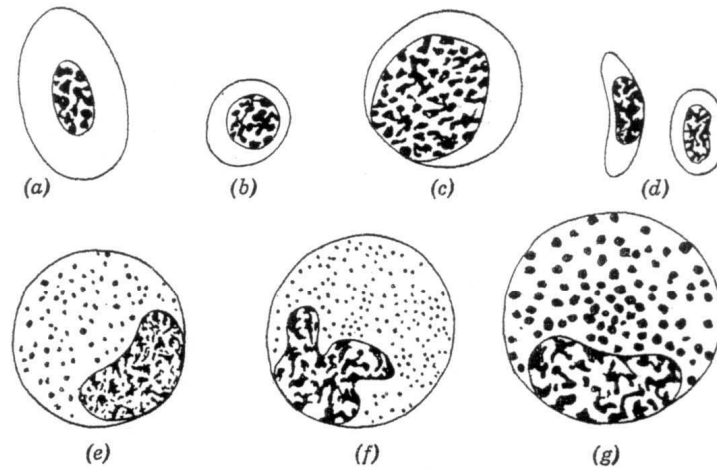
Trong máu cá gồm có một số cation chủ yếu như Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} và thường kết hợp với một số anion như Cl^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , trong đó muối NaCl chiếm đến 86–95%. Thành phần và tỉ lệ các muối vô cơ trong máu cá cũng tương tự như ở máu của động vật hữu nhũ, đồng thời cũng tương tự như thành phần và tỉ lệ của muối trong nước biển.

Muối trong máu cá là thành phần tạo nên nồng độ thẩm thấu của máu. Các ion K^+ , Na^+ cần cho sự hưng phấn của hệ thần kinh, cơ bóp cơ, nhất là cơ tim; Ca^{2+} cần cho việc tạo xương cũng như trong quá trình đông máu. Số lượng các muối vô cơ tổng cộng thay đổi từ 1,3–1,8% khối lượng máu. Hàm lượng và tỉ lệ muối trong máu của các loài cá khác nhau thì khác nhau, giữa cá đực và cá cái của cùng một loài cũng không giống nhau và thay đổi theo chu kỳ đời sống và trạng thái sinh lý cơ thể.

3. Thành Phần Hữu Hình của Máu (Các Tế Bào Máu)

Các thành phần hữu hình của máu bao gồm: hồng cầu (erythrocyte), bạch cầu (leucocyte), tiểu cầu (thrombocyte).

Các tế bào máu



Các tế bào máu của cá: (a) hồng cầu [erythrocyte]; (b) bạch cầu lymphocyte; (c) bạch cầu đơn nhân [monocyte]; (d) tiểu cầu [thrombocyte]; (e) bạch cầu ưa acid [acidophile]; (f) bạch cầu trung tính [neutrophile]; (g) bạch cầu ưa base [basophile]. (d) là của cá nhám; (a),(b),(c),(e),(f) và (g) là của cá chép

H.3 Hình dạng các tế bào máu

3.1 Hồng cầu

a. Hình thái, kích thước, số lượng và chức năng

α. Hình thái

Hồng cầu là loại huyết cầu có số lượng nhiều nhất trong các tế bào máu. Hồng cầu ở cá trưởng thành phần lớn hình bầu dục. Hồng cầu của cá có nhân, hai mặt lõm ra (tương tự hồng cầu của chim, bò sát và lưỡng cư nhưng khác hồng cầu của động vật hữu nhũ hình tròn đẹp, không nhân và có 2 mặt lõm vào). Do có nhân nên hồng cầu của cá có cường độ trao đổi chất cao, tiêu hao lượng oxygen lớn.

β. Kích thước

được biểu thị $a \cdot b$, đơn vị tính là μ

a: đường kính nhỏ

b: đường kính lớn

- Tùy từng giống loài cá khác nhau mà kích thước hồng cầu khác nhau
- Kích thước hồng cầu cũng thay đổi theo tuổi cá
- Động vật tiến hóa càng cao thì kích thước hồng cầu càng nhỏ

δ. Số lượng

Số lượng hồng cầu thường được đếm trong 1 mm^3 máu, đơn vị tính là triệu tế bào/ mm^3 . Trong điều kiện bình thường, số lượng hồng cầu của mỗi loài cá là ổn định, nó phản ánh tập tính sống và tính ăn của cá: cá sống tầng mặt có số lượng hồng cầu thấp, tầng dần ở cá sống tầng giữa và cao nhất ở cá sống tầng đáy.

Các nghiên cứu cho thấy số lượng hồng cầu trong máu cá thay đổi rất lớn. Ở cá nước ngọt thay đổi từ 1–3,5 triệu TB/mm³. Ở cá biển từ 0,9–4 triệu TB/mm³. Số lượng hồng cầu có *tương quan chặt chẽ với các hoạt động của cá* (cá bơi lội nhanh, hoạt động mạnh số lượng hồng cầu cao). Số lượng hồng cầu trong máu cá *gia tăng theo tuổi cá* trong cùng một loài. Số lượng hồng cầu thay đổi *phụ thuộc vào giới tính*, ở con đực số lượng hồng cầu thường cao hơn con cái do cá đực có cường độ trao đổi chất cao hơn cá cái. Trong thời kì *thành thục tuyến sinh dục số lượng hồng cầu gia tăng và khi sinh sản số lượng hồng cầu giảm thấp*. Sau khi kết thúc mùa sinh sản thì số lượng này lại gia tăng. Trong điều kiện *thoái hóa của tuyến sinh dục, số lượng hồng cầu trong máu giảm thấp*.

Số lượng hồng cầu trong máu *thay đổi theo mùa* trong năm. Ví dụ: cá chép (*C. carpio*) vào mùa đông thì số lượng hồng cầu giảm còn 2 triệu TB/mm³; ngược lại, vào mùa xuân số lượng hồng cầu tăng lên 2,85 triệu TB/mm³.

Trong điều kiện cá *không được cho ăn một thời gian dài thì số lượng hồng cầu sẽ giảm thấp*. Ngoài ra, số lượng hồng cầu còn thay đổi rất mạnh *phụ thuộc vào chất lượng thức ăn* được cung cấp.

Khi oxygen trong môi trường nước giảm xuống đột ngột thì số lượng hồng cầu của cá tăng lên mạnh liệt, nhưng nếu cá sống lâu dài trong môi trường thường xuyên thiếu oxygen thì số lượng hồng cầu lại giảm xuống, khi đưa cá trở lại môi trường bình thường thì số lượng hồng cầu lại dần dần khôi phục. *Khi hàm lượng CO₂ tự do tích lũy nhiều trong nước cũng làm tăng số lượng hồng cầu*.

pH trong nước ít nhiều cũng làm thay đổi số lượng hồng cầu của máu. Cá sống trong môi trường pH thấp (acid) thì số lượng hồng cầu trong máu cao hơn ở môi trường pH cao (kiềm tính). Sự thay đổi nhiều của áp lực nước cũng dẫn đến sự thay đổi lớn về số lượng hồng cầu.

Những *trạng thái bệnh lý của cơ thể* do các loại ký sinh trùng gây nên, nói chung cũng làm *thay đổi số lượng hồng cầu*.

γ. Chức năng

Chức năng chủ yếu của hồng cầu là vận chuyển O₂ từ mang tới các mô và góp phần vận chuyển CO₂ từ các mô đến mang (chức năng hô hấp), tham gia duy trì thành phần các ion của máu, điều hòa pH máu. Màng hồng cầu có tính đàn hồi do đó dễ thay đổi hình dạng; đặc tính này giúp hồng cầu theo máu qua được những mao mạch có kích thước nhỏ hơn kích thước hồng cầu.

Đặc biệt, trong hồng cầu có huyết cầu tố Hb, chất vận chuyển khí O₂ và CO₂. Tuy nhiên, chỉ khi Hb tồn tại bên trong hồng cầu thì mới có tác dụng; khi hồng cầu vỡ ra, Hb đi vào huyết tương sẽ bị phân giải hóa học nhanh chóng.

b. Huyết cầu tố Hemoglobin (Hb)

Hb chiếm 90% trọng lượng chất khô của hồng cầu và làm cho hồng cầu có màu đỏ. Hb là một protein phức tạp gồm một phân tử globin (96%) kết hợp với 4 phân tử Heme (4%). Globin là một protein nên mang bản chất đặc trưng cho từng loài.

Sắt bình thường ở dạng Fe^{2+} . Chức năng của Hb là một chất mang oxygen tùy thuộc vào sự liên kết lỏng lẻo của Fe^{2+} với oxygen. Khi liên kết với oxygen, hóa trị của sắt không thay đổi. Sắt có thể bị ôxi-hóa thành Fe^{3+} bởi chất ôxi-hóa mạnh thành MetHb và Hb lúc này không còn có thể kết hợp thuận nghịch với oxygen. Oxygen kết hợp với Hb theo tỉ lệ một phân tử O_2 với mỗi nguyên tử sắt. CO (oxit cacbon) cũng có thể kết hợp thuận nghịch với Hb nhưng lực liên kết của CO thường lớn hơn nhiều so với oxygen (gấp 250 lần).

Hàm lượng Hb thường được biểu thị bằng % hay số gr Hb có trong 100 mL máu (g%). Hàm lượng Hb của các loài cá sụn tương đối thấp: 1,7-5,8 g%, chỉ bằng 1/2 hoặc 1/3 cá xương 4–14,7 g% (Stroganov, 1962). Hàm lượng Hb của cá xương biển có liên quan đến tập tính vận động của cá: những cá hoạt động nhiều có hàm lượng Hb cao, những loài cá ít hoạt động và sống ở đáy có hàm lượng Hb thấp. Quan hệ giữa hàm lượng Hb và tính hoạt động của cá nước ngọt không rõ ràng. Tuy nhiên; hàm lượng Hb của cá nước ngọt biểu hiện sự khác nhau rõ rệt theo phái tính: cá đực luôn có hàm lượng Hb cao hơn cá cái. Cá trưởng thành có hàm lượng Hb cao hơn cá nhỏ.

Cá sống ở vùng nước thiếu oxygen thì có lượng Hb cao hơn cá sống ở vùng giàu oxygen, cá có cơ quan hô hấp phụ hấp thụ được oxygen trong không khí có hàm lượng Hb cao hơn cá chỉ lấy oxygen trong nước.

Ngoài ra hàm lượng Hb còn liên quan tới độ thành thực của tuyến sinh dục. Khi hệ số thành thực sinh dục (tỉ lệ giữa khối lượng tuyến sinh dục và khối lượng cá) của cá chép hoang dại (*C. carpio*) tăng từ 5 lên 15% thì hàm lượng của Hb từ 41,8% tăng dần lên đến 43,5%; khi hệ số thành thực sinh dục tăng lên tới 17% thì hàm lượng Hb cũng tăng mạnh và đạt tới 51,5%.

c. Tốc độ lắng của hồng cầu

Do hồng cầu có tỷ trọng lớn hơn huyết tương nên khi dùng một chất kháng đông (ví dụ: muối citrat) làm cho máu không đông và cho máu vào ống nghiệm để đứng. Sau một thời gian các hồng cầu sẽ lắng xuống và phía trên ống nghiệm là một lớp huyết tương trong suốt. Độ cao của cột huyết tương biểu thị cho tốc độ lắng của hồng cầu. Tốc độ lắng hồng cầu của các loài cá khác nhau: ở cá hồi chó (*Oncorhynchus keta*) tuổi 1⁺ là < 1 mm/giờ, ở cá chép (*C. carpio*) và cá diếc (*Carassius carassius*) tuổi 1⁺ là 2–3 mm/giờ. Tốc độ lắng hồng cầu của cá đực nhỏ hơn cá cái, và tốc độ lắng hồng cầu của cá đực và cá cái đều tăng lên trong thời kỳ thành thực tuyến sinh dục.

d. Sức đề kháng của hồng cầu

Trong điều kiện sống bình thường, áp suất thẩm thấu bên trong hồng cầu bằng với áp suất thẩm thấu của huyết tương nên hồng cầu giữ được hình dạng và kích thước nhất định. Nếu cho hồng cầu vào dung dịch ưu trương (ASTT cao) thì hồng cầu sẽ bị mất nước teo lại; ngược lại nếu cho hồng cầu vào dung dịch nhược trương (ASTT thấp) thì hồng cầu sẽ hút nước trương to ra. Nếu trương to quá mức hồng cầu sẽ vỡ ra các chất bên trong hồng cầu sẽ tan vào trong dung dịch. Hiện tượng này gọi là sự tan máu.

Để trắc định sức đề kháng của hồng cầu có thể dùng các dung dịch NaCl nhược trương với các nồng độ khác nhau. Cho vào các dung dịch NaCl một giọt máu, để yên một thời gian ghi nhận nồng độ NaCl lúc bắt đầu xuất hiện hiện tượng tan máu – sức đề kháng

hồng cầu nhỏ nhất, và nồng độ NaCl lúc bắt đầu tan máu hoàn toàn – sức đề kháng hồng cầu lớn nhất.

Sức đề kháng của hồng cầu khác nhau ở các loài cá. Dung dịch đẳng trương của máu cá tENCH (*Tinca tinca*) là dung dịch NaCl 0,83% và sức đề kháng hồng cầu nhỏ nhất ở dung dịch NaCl 0,41%. Ở cá tầm (sturgeon), sức đề kháng HC nhỏ nhất là 0,38% và lớn nhất là dung dịch NaCl 0,20%. Ở cá chép, sức đề kháng HC nhỏ nhất ở dung dịch NaCl 0,27% và lớn nhất ở 0,24%. Cũng như ở các động vật cao đẳng, tính bền vững về sức đề kháng hồng cầu của cá không phải là một hằng số, nó thay đổi dưới ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh thông qua hệ thần kinh giao cảm làm thay đổi thành phần hóa học của máu. Ví dụ: khi cá đột nhiên từ nước lạnh di cư vào nước nóng hoặc ngược lại, sự kích thích của sự thay đổi nhiệt độ đối với cơ quan cảm giác ở ngoài da sẽ làm giảm tính bền vững của ASTT của hồng cầu cá.

3.2 Bạch cầu

a. Các loại bạch cầu, số lượng, chức năng

α. Các loại bạch cầu

Bạch cầu được phân biệt bằng các tiêu chuẩn về kích thước, hình dáng, cấu trúc của nhân và các hạt bắt màu thuốc nhuộm trong tế bào chất.

+ Bạch cầu không hạt: tế bào chất không có hạt bắt màu thuốc nhuộm, gồm BC đơn nhân (monocyte) và tế bào lympho (lymphocyte). Bạch cầu không hạt phổ biến là lymphocyte có kích thước nhỏ, nhân tròn to và tế bào chất ít. Nhân không chia thành nhiều thùy, kích thước nhỏ hơn rất nhiều so với tế bào bạch cầu có hạt.

+ Bạch cầu có hạt: đặc trưng của các tế bào này là tế bào chất có nhiều hạt bắt màu thuốc nhuộm, nhân chia thành nhiều thùy. Ở nhóm này có thể chia ra các tế bào như sau:

- Bạch cầu có hạt ưa acid (acidophyle, eosinophyle)
- Bạch cầu trung tính (neutrophyle)
- Bạch cầu có hạt ưa base (basophyle)

Ở cá cũng gặp cả hai loại bạch cầu không hạt và bạch cầu có hạt. Bạch cầu có hạt thường rất hiếm, trong đó BC trung tính và ưa acid thường thấy nhất, còn bạch cầu ưa base hầu như ít gặp.

β. Số lượng bạch cầu

Bạch cầu trong máu cá có số lượng ít hơn hồng cầu khoảng từ 10–100 lần nhưng nhiều hơn động vật hữu nhũ. Số lượng bạch cầu thay đổi từ loài này sang loài khác. Ví dụ: số lượng BC ở thỏ là 8.000 TB/mm³, ở gà là 30.000 TB/mm³, ở cá mè trắng là 51.000 TB/mm³, ở người là 6.000–8.000 TB/mm³.

δ. Chức năng của bạch cầu

- + Chức năng bảo vệ cơ thể

Nhiệm vụ chính của bạch cầu là chống lại sự xâm nhập của vi khuẩn vào cơ thể. Bạch cầu trung tính có khả năng thực bào các vật lạ có kích thước nhỏ như vi khuẩn và có khả năng di chuyển xuyên qua các mao mạch, có thể chuyển động định hướng đến những nơi bị viêm nhiễm.

Bạch cầu ưa acid có khả năng làm mất độc tố của vi khuẩn và các protein lạ, khả năng thực bào yếu.

Bạch cầu ưa base hiện diện với một tỉ lệ thấp trong máu, không có khả năng vận động và thực bào.

Bạch cầu không hạt monocyte có khả năng thực bào. Các lymphocyte là những tế bào có khả năng miễn dịch. Các lymphocyte sản xuất ra các kháng thể β -globulin và nhất là γ -globulin, đây là một kháng thể chống vi trùng rất mạnh.

+ Các chức năng miễn dịch

Trái với ý nghĩ rằng cá xương không có một đáp ứng miễn dịch (immune response), người ta đã tìm thấy một đáp ứng miễn dịch với một kháng nguyên (antigen) xảy ra trên các cá hồi (salmonids) mặc dầu chậm hơn so với động vật hữu nhũ và phần lớn xảy ra ở giới hạn nhiệt độ trung bình hay cao.

Việc sản xuất một kháng thể là một quá trình xảy ra trong lymphocyte như sự đáp ứng đối với sự hiện diện của vật chất protein ngoại lai bao gồm cả tế bào nguyên vẹn, chẳng hạn vi trùng. Các lymphocyte được nhạy cảm bởi protein ngoại lai (kháng nguyên) và nếu chúng sống đủ lâu, sẽ phóng thích một vật chất protein mới (kháng thể, antibody) vào trong huyết tương để trung hòa protein ngoại lai. Các protein hay tế bào ngoại lai được bao bọc với các phân tử kháng thể và trung hòa các khả năng độc của chúng và cho phép các tế bào thực bào (phagocytic cell) nuốt chúng một cách an toàn. Các kháng thể thường có nhiều hơn một vị trí phản ứng và như thế có thể làm cho các phân tử và tế bào ngoại lai dính vào cùng một kháng thể kết dính lại với nhau (agglutinate). Các phân tử kháng thể với một đầu dính vào một tế bào vi trùng cũng có thể hoạt hóa một protein không phải là kháng thể (non-antibody) được gọi là thể bổ sung (complement). Các phân tử kháng thể và bổ sung có thể phân giải (rupturing) các tế bào vi trùng. Ở cá, thể bổ sung được sản xuất từ các protein globulin trong máu và không chuyên biệt (hoạt động với bất kỳ kháng thể nào). Việc sản xuất kháng thể xảy ra phần lớn ở tỳ tạng và đầu thận, gan và máu ngoại biên có thể sản xuất kháng thể với mức độ ít hơn, và một cách cơ bản, ở bất cứ nơi nào có sự tập trung lymphocyte.

Việc sản xuất ra kháng thể (đáp ứng miễn dịch) thường là một phần của quá trình viêm nhiễm. Ở người, các dấu hiệu bên ngoài của sự viêm nhiễm bao gồm đau, sưng, đỏ và sốt. Ở cá không thể đo lường sự đau, sốt và dấu hiệu đỏ. Như vậy dấu hiệu sưng tấy là biểu hiện của sự viêm nhiễm. Tuy nhiên ở mức độ tế bào, có sự tương tự giữa cá và động vật hữu nhũ. Histamin và các vật chất khác được giải phóng ở vị trí viêm nhiễm gây ra sự co mạch (vasoconstriction) để chặn dòng máu đi vào vùng viêm nhiễm và ngăn sự lan rộng của các mầm bệnh. Điều này gây ra sự sưng tấy. Một mạng lưới fibrin cũng được tạo thành xung quanh vị trí tổn thương. Sự viêm nhiễm ở da cá cũng kích thích sự phân tán tế bào melanin (melanocyte) làm da trở nên đen và như vậy che lấp dấu hiệu đỏ của vùng tổn thương. Sau khi vùng viêm nhiễm được bao vây, các tế bào thực bào sẽ đi vào và tiêu hóa

vật chất ngoại lai rồi đi trở lại thận và tỳ tạng trong thời gian ủ bệnh khoảng 2 tuần cho đến khi một kháng thể thực sự được giải phóng vào trong máu.

Sinh vật gây bệnh sẽ không thụ động trong quá trình viêm nhiễm này. Nhiều vi trùng sản sinh ra độc tố giết các lymphocyte và các tế bào khác. Các vi trùng cũng sản sinh ra các tác nhân phân giải (lytic agents) làm hòa tan vách fibrin quanh vùng viêm nhiễm và xâm nhập trở lại dòng máu và các không gian cơ thể khác. Khi đạt được sự xâm nhập này, các sinh vật gây bệnh như *Vibrio anguillarum* và IHN virus (infectious hematopoietic necrosis) có thể làm chết các cá hồi (salmonids) trong vòng 5 và 9 ngày một cách tương ứng. Thời gian gây chết này thì ngắn hơn thời gian cần thiết cho cá sản sinh ra các kháng thể. Như vậy đáp ứng miễn dịch chỉ có ích cho cá khi chúng tồn tại sau sự độ sức ban đầu với một sự lây nhiễm.

Cá không phải hoàn toàn không được bảo vệ khỏi sự tấn công ban đầu của sinh vật gây bệnh. Trước hết, vảy (scale) và chất nhầy (mucus) hoạt động như rào cản cơ học và hóa học (mechanical and chemical barriers) chống lại sự xâm nhập. Ở một số loài cá, dường như có các chất diệt khuẩn và nấm (bactericide and fungicide) trong chất nhầy của chúng. Các kháng thể được tạo ra trong đáp ứng miễn dịch đôi khi cũng xuất hiện trong chất nhầy. Một số loài cá có sự đề kháng tự nhiên rõ ràng đối với các bệnh liên hệ gần gũi với loài. Phần lớn các động vật có xương sống có các chất ngưng kết tự nhiên (agglutinin) có khả năng kết dính nhiều loại kháng nguyên. Nhóm cá hồi salmonid cũng có interferon – tác nhân kháng virus chung – trong máu của chúng. Đường xâm nhập qua ống tiêu hóa của vi trùng thì khó khăn vì pH thấp trong dạ dày và hoạt động phân giải protein của các enzyme trong dạ dày và ruột. Tuy nhiên khi cá ở tình trạng stress, ruột bị tắc (không có hoạt động nhu động, peristalsis) dẫn đến sự lên men yếm khí các chất chứa trong ruột, cùng lúc các enzyme trong ruột có thể tấn công vách ruột. Điều này cho phép sự tăng sinh nhanh chóng của nhiều tác nhân gây bệnh cũng như sự xâm nhập dễ dàng của chúng vào trong tuần hoàn máu. Nói chung, đối với phần lớn cá đều có ít hay nhiều các sinh vật gây bệnh tiềm năng chung quanh, trên và trong cơ thể và chỉ đợi một trong những rào cản mở ra để tấn công.

Sự tạo miễn dịch thụ động (passive immunization) là giới thiệu những kháng thể đã được tạo ra trước (trong cá khác hay trong động vật hữu nhũ) vào trong cơ thể cá nhận để tạo ra sự miễn dịch thụ động tức thời (passive immunity). Sự tạo miễn dịch tích cực (active immunization) là giới thiệu sinh vật gây bệnh đã được xử lý trước để làm mất khả năng gây bệnh của chúng nhằm kích thích một cá nhận tạo ra sự miễn dịch tích cực (active immunity) của riêng nó.

Một vài con đường giới thiệu vaccine đã được thử với những mức độ thành công khác nhau. Một trong những con đường khá phổ biến là tiêm chủng. Việc tiêm vaccine vào xoang thân (interperitoneal), dưới da (subcutaneous) và trong cơ (intramuscular) cho hiệu quả kém. Việc tiêm vào không gian giữa các cơ trên trục và các gai thần kinh cột sống ở đường giữa lưng cho hiệu quả cao hơn, có lẽ do việc tiếp nhận vật chất miễn dịch qua ống bạch huyết lưng (dorsal lymphatic duct). Việc chủng ngừa qua con đường miệng bằng cách trộn vaccine vào thức ăn cho kết quả thay đổi, nhất là khi cá bị bệnh thường giảm hay ngừng ăn. Như vậy việc tạo miễn dịch qua con đường miệng có tác dụng phòng hơn là trị bệnh. Một phương pháp chủng ngừa khác đang được thử nghiệm nhưng khá triển vọng đó là phương pháp vận chuyển ưu thẩm thấu (hyperosmotic delivery). Trước hết ngâm cá vào dung dịch muối và urea mạnh (5,3%) trong 2 phút và sau đó vào trong dung dịch vaccine. Con đường xâm nhập (ở cá hồi salmon) qua ống bạch huyết ngay dưới (hay có lẽ được nối

với) kênh đường bên (lateral line canal). Nhiều phương pháp chủng ngừa gần đây chỉ đơn giản là nhúng cá vào dung dịch vaccine mà không cần dung dịch ru thắm thẩu cũng cho kết quả chấp nhận được.

3.3 Tiểu cầu (thrombocyte)

Tiểu cầu là những tế bào nhỏ, nhân chiếm chủ yếu thể tích tế bào. Cho đến nay người ta chỉ có thể phân biệt được tiểu cầu và bạch cầu lympho (lymphocyte) dưới kính hiển vi điện tử hoặc thông qua các phản ứng miễn dịch. Bằng kính hiển vi quang học rất khó khăn để phân biệt 2 loại tế bào này trong máu cá.

Chức năng chính của tiểu cầu là giải phóng chất thromboplastin (thrombokinase) để gây đông máu. Tiểu cầu còn có đặc tính kết dính nhờ vậy mà góp phần đóng miệng các vết thương lại.

4. Cơ Chế Đông Máu

Khi tổ chức của cơ thể cá bị tổn thương, máu sẽ chảy ra ngoài. Sau một thời gian không lâu thì đông đặc lại, kết thành một khối máu lấp kín vết thương làm cho máu ngừng chảy ra. Quá trình phản ứng sinh lý này có liên quan tới sự chuyển biến của fibrinogen trong máu thành fibrin.

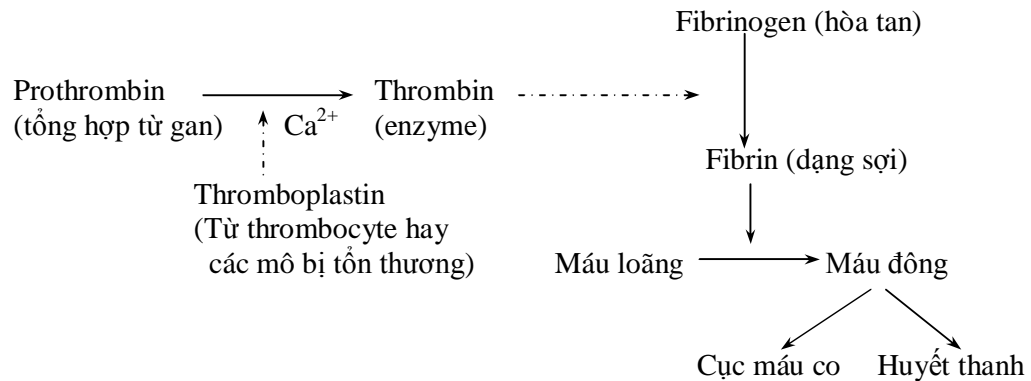
Có 3 thành phần chính đối với hệ thống đông máu: (1) một loạt các enzyme xúc tác các phản ứng dẫn đến việc sản xuất ra sợi fibrin, (2) các tế bào máu trở nên dính và tạo thành một khối và (3) hệ thống enzyme phân giải fibrin (fibrinolytic) dẫn đến hòa tan cục máu đông (clot). Hệ thống đông máu hoạt động trong theo một kiểu ngăn chặn sự rò rỉ trong các mạch máu mà không ngăn máu chảy trong các mạch máu nhỏ hơn bằng cách điều chỉnh sự cân bằng giữa 2 thành phần đối lập này.

Fibrinogen hòa tan trong huyết tương được chuyển đổi thành fibrin dạng sợi không hòa tan qua tác dụng của enzyme thrombin. Thrombin không hiện diện trong máu mà được hình thành từ prothrombin, đây là một protein của huyết tương được tổng hợp từ gan. Thrombin được hình thành qua phản ứng giữa prothrombin và thromboplastin (thrombokinase, một sản phẩm của thrombocyte hoặc ở các mô bị thương tích).

Cá đương đầu với 2 trở ngại làm cho quá trình đông máu trở nên khó khăn hơn so với động vật trên cạn. Bất kỳ vết thương làm máu chảy trên bên mặt cơ thể có một sự đông khó khăn về thời gian vì các enzyme cần thiết và các thành phần đông máu bị pha loãng hoặc rửa trôi trước khi cục máu đông được tạo thành. Tuy nhiên có một thuận lợi cho cá là chúng có một hệ thống đông máu hoạt động rất nhanh để tối thiểu sự pha loãng này. Máu cá có thể đông đặc trong vòng 20-30 giây so với máu người là khoảng 7-8 phút. Nhìn chung, tình trạng stress làm giảm thời gian đông máu và tăng cường độ đông máu.

Cá thích nghi hệ thống đông máu của chúng bởi một sự gia tăng số lượng các thrombocyte trong máu tuần hoàn. Thrombocyte không hiện diện phổ biến trong máu của các cá hồi khác nhau khi không bị quấy rầy nhưng được gia tăng nhanh chóng về số lượng trong và sau một tình trạng stress (stressful situation). Dường như các thrombocyte tăng lên này được phóng thích từ một nơi dự trữ (có lẽ là tỳ tạng), nhưng không rõ là những tế bào này đang được sử dụng và thay thế bằng những tế bào mới hay sẽ trở về kho dự trữ để được sử dụng lại.

Các nghiên cứu cho thấy rằng cơ chế đông máu ở cá giống như ở động vật hữu nhũ nhưng có một số khác biệt về chi tiết. Ví dụ, thời gian đông máu của người được thúc đẩy nhanh dưới điều kiện stress khoảng 30% và một sự gia tăng tương tự số lượng các tiểu huyết cầu (platelet) nhưng thời gian đông máu của cá có thể tăng nhanh gấp 3-5 lần. Hơn nữa tế bào đông máu của hữu nhũ (tiểu huyết cầu) không có nhân, tuổi thọ ngắn và có thể bị phá hủy; trong khi thrombocyte của cá có nhân, tuổi thọ có thể dài hơn và có thể tái sử dụng mặc dầu cả hai thực hiện các chức năng giống nhau.



H.4 Sơ đồ cơ chế đông máu