

CHƯƠNG 6

SINH LÝ HỌC CÂN BẰNG NƯỚC VÀ CÁC CHẤT ĐIỆN GIẢI

I. Đại cương

Những phản ứng hoá học xảy ra trong dịch cơ thể là rất cần thiết cho sự sống. Nhiều phản ứng được xúc tác bởi các enzyme mà chỉ hoạt động trong một khoảng điều kiện nhất định. Sự thay đổi nhỏ về lượng nước toàn phần, độ pH, hoặc nồng độ các chất điện giải sẽ làm thay đổi các phản ứng hoá học này. Thận, hệ hô hấp, hệ da, và hệ tiêu hoá tham gia điều hoà các thông số trên nhằm ổn định nội môi. Hệ thần kinh và nội tiết cũng tham gia điều hoà cùng với các hệ cơ quan trên.

II. Các khoang dịch cơ thể

Các dịch trong cơ thể được chia làm hai loại :

- Dịch nội bào : chiếm 2/3 dịch cơ thể, đó là phần dịch nằm trong tế bào.

- Dịch ngoại bào : chiếm 1/3, gồm huyết tương và dịch kẽ được tìm thấy trong các khoang giữa các tế bào tổ chức. Một phần dịch ngoại bào còn khu trú trong các khoang đặc biệt như dịch bạch huyết; dịch não tủy; hoạt dịch; thủy tinh dịch; ngoại dịch và nội dịch trong tai; dịch màng phổi, màng ngoài tim và màng bụng; dịch lọc cầu thận.

1. Thành phần của dịch cơ thể

1.1. Thành phần của dịch cơ thể

Nước là thành phần đơn độc lớn nhất của cơ thể. Trẻ em có tỷ lệ phần trăm nước so với trọng lượng cơ thể cao nhất, chiếm 75%. Tỷ lệ này giảm dần theo tuổi. Ở nam giới trưởng thành, nước chiếm 60%; còn ở nữ giới, tỷ lệ này là 55%.

1.2. Các chất hoà tan

Dịch cơ thể chứa nhiều hoá chất hoà tan khác nhau.

- Chất điện giải : Là những chất phân ly thành các ion khi hoà tan trong nước. Hầu hết là chất vô cơ như acid, base và muối. Một số ít chất hữu cơ như acid citric, acid oxaloacetic, acid lactic và nhiều acid amin trong protein cũng được ion hoá.

- Chất không điện giải: Là những chất không hình thành ion khi hoà tan trong nước. Bao gồm hầu hết các chất hữu cơ, như glucose, urea và creatine. Chỉ có một tỷ lệ nhỏ các chất hoá học trong dịch cơ thể là không điện giải.

2. Chất điện giải trong dịch cơ thể

2.1. So sánh giữa huyết tương và dịch kẽ

Huyết tương có chứa nhiều anion protein, trong khi dịch kẽ hầu như chứa rất ít, vì màng mao mạch bình thường không thực sự thấm đối với protein. Huyết tương cũng chứa nhiều Na^+ hơn dịch kẽ một tí, nhưng ít Cl^- hơn. Những thành phần khác của hai dịch hầu như tương đương.

2.2. So sánh giữa dịch nội bào và dịch ngoại bào

Thành phần điện giải của dịch nội bào khác biệt đáng kể so với dịch ngoại bào. Trong dịch ngoại bào, cation nhiều nhất là Na^+ và anion nhiều nhất là Cl^- . Còn trong dịch nội bào, cation nhiều nhất là K^+ và anion nhiều nhất là protein và HPO_4^{2-} .

III. Cân bằng nước trong cơ thể

1. Sự cân bằng giữa lượng nước vào và nước ra

Bảng 1 : Lượng nước vào và nước ra tính theo ml/ngày

NƯỚC VÀO		NƯỚC RA	
Nước uống	1600	Nước tiểu	1500
Nước trong thức ăn	700	Bay hơi không cảm thấy qua da	400
Nước từ quá trình chuyển hoá	200	Mồ hôi	200
		Bay hơi qua phổi	300
		Phân	100
Tổng : 2500		Tổng : 2500	

2. Điều hoà lượng nước vào

Lượng nước vào từ nguồn chuyển hoá là không thể điều hoà vì nó tùy thuộc vào nhu cầu ATP trong tế bào. Vì vậy, cách chủ yếu để điều hoà nước vào của cơ thể là thay đổi lượng nước uống vào. Khát là yếu tố điều hoà mạnh mẽ. Khi mất nước cảm giác khát xuất hiện do trung tâm khát ở vùng dưới đồi bị kích thích. Sự mất nước gây cảm giác khát ít nhất bằng ba cách : (1) giảm tạo nước bọt, (2) tăng áp suất thẩm thấu của máu, (3) giảm thể tích máu.

Sự mất nước thường xảy ra một thời gian ngắn trước khi cảm thấy khát. Trẻ em, người già, người mất trí có thể không nhận biết được cảm giác khát.

3. Điều hoà lượng nước ra

Bình thường có ba hormone điều hoà lượng nước ra :

- ADH (*antidiuretic hormone*): được giải phóng khi có tăng nồng độ thẩm thấu máu hoặc giảm thể tích máu.

- Aldosterone: được giải phóng khi có tăng angiotensin II.

- Hormone lợi niệu nhĩ (*ANP : atrial natriuretic peptide*): được giải phóng khi có thể tích máu tăng làm căng nhĩ phải (do máu về tim nhiều hơn).

Cả ADH và aldosterone làm giảm nước tiểu, trong khi ANP lại gây lợi niệu.

Trong một số trường hợp, những yếu tố khác có thể ảnh hưởng đến dịch ra.

- Khi mất nước nặng thì tiểu ít. Ngược lại khi quá thừa nước thì lượng nước tiểu tăng.

- Tăng thông khí sẽ làm tăng mất dịch thông qua sự bay hơi nước từ phổi.

- Nôn mửa và đi chầy dẫn đến mất dịch từ dạ dày ruột.

- Sốt, bay hơi mồ hôi nhiều, bỏng diện rộng sẽ gây mất nước quá mức qua da.

IV. Các chất điện giải

1. Natri (sodium)

Nồng độ Na^+ huyết tương bình thường là 136-142 mEq/l. Na^+ có vai trò chủ yếu trong cân bằng nước, điện giải và là ion cần thiết để dẫn truyền xung động trong tổ chức thần kinh, cơ. Nồng độ Na^+ được kiểm soát bởi aldosterone, ADH và ANP.

- Aldosterone tác động lên ống lượn xa và ống góp của đơn vị thận làm tăng tái hấp thu Na^+ . Khi Na^+ di chuyển từ dịch lọc trở vào máu, nó tạo gradient thẩm thấu làm cho nước cũng đi theo. Aldosterone được tiết ra khi thể tích máu hoặc cung lượng tim giảm, Na^+ ngoại bào giảm, và K^+ ngoại bào tăng.

- ADH tăng tái hấp thu nước ở ống lượn xa và ống góp. Khi Na^+ máu dưới 135 mEq/l, thủy sau tuyến yên ngừng tiết ADH gây bài xuất nhiều nước tiểu loãng.

- ANP tăng tốc độ lọc cầu thận và giảm tái hấp thu Na^+ ở ống góp.

2. Clo (Chloride)

Nồng độ Cl^- huyết tương bình thường là 95-103 mEq/l. Cl^- có thể giúp cân bằng nồng độ anion giữa các khoang dịch cơ thể khác nhau.

Aldosterone điều chỉnh gián tiếp cân bằng Cl^- trong dịch cơ thể, vì nó điều hoà tái hấp thu Na^+ trong ống lượn xa. Trong nhiều trường hợp, Cl^- thụ động đi theo Na^+ do sự hấp dẫn điện tích.

3. Ka-li (potassium)

Ion K^+ là cation nhiều nhất trong dịch nội bào. K^+ đóng vai trò chủ chốt trong việc thiết lập nên điện thế màng khi nghỉ và trong pha tái khử cực của điện thế hoạt động ở tổ chức thần kinh, cơ. K^+ cũng đóng vai trò duy trì thể tích dịch trong tế bào. Khi K^+ hoán đổi với H^+ , nó giúp điều hoà pH.

Nồng độ K^+ huyết tương bình thường là 3,8-5,0 mEq/l. Nồng độ này được kiểm soát chủ yếu bởi aldosterone. Khi K^+ huyết tương tăng cao, nhiều aldosterone được bài tiết vào trong máu. Aldosterone sẽ kích thích tiết K^+ vào nước tiểu để tăng lượng K^+ ra khỏi cơ thể. Khi nồng độ K^+ huyết tương thấp, hiện tượng xảy ra theo chiều ngược lại.

4. Bicarbonate

Ion HCO_3^- là anion phổ biến thứ hai của dịch ngoại bào. Nồng độ HCO_3^- bình thường của huyết tương là 22-26 mEq/l ở động mạch và 19-24 mEq/l ở tĩnh mạch. Sự hoán đổi Cl^- cho HCO_3^- giúp duy trì chính xác cân bằng anion ngoại bào và nội bào.

Thận là cơ quan điều hoà chủ yếu nồng độ HCO_3^- của máu. Thận có thể hình thành HCO_3^- và giải phóng nó vào máu khi nồng độ HCO_3^- thấp hoặc bài xuất nhiều HCO_3^- vào nước tiểu khi nồng độ nó quá cao.

5. Can-xi (Calcium)

Khoảng 98% calcium người lớn nằm trong xương (và răng), nó phối hợp với phosphate để hình thành mạng lưới tinh thể muối khoáng. Nồng độ calcium toàn phần bình thường trong huyết tương là khoảng 5mEq/l. Trong đó, khoảng 50% (2,4-2,5 mEq/l) tồn tại ở dạng ion hoá, một lượng khoảng 40% ở dạng kết hợp với protein huyết tương, và khoảng 10% ở dạng kết hợp phosphate hoặc citrate. Bên cạnh việc chi phối độ cứng cho xương và răng, calcium đóng vai trò quan trọng trong đông máu, giải phóng chất vận chuyển thần kinh, duy trì trương lực cơ, và tính hưng phấn của thần kinh, cơ.

Nồng độ calcium huyết tương được điều hoà chủ yếu bởi hai hormone sau :

- Hormone tuyến cận giáp (PTH) : giải phóng nhiều khi nồng độ Ca^{2+} huyết tương thấp. PTH sẽ kích thích hủy cốt bào trong xương để giải phóng calcium (và phosphate) từ muối khoáng của cơ chất xương. PTH cũng làm tăng hấp thu Ca^{2+} từ ống tiêu hoá và thúc đẩy tái hấp thu Ca^{2+} từ dịch lọc cầu thận.

- Calcitonin : được tuyến giáp phóng thích nhiều khi nồng độ Ca^{2+} huyết tương cao. Nó làm giảm Ca^{2+} bằng cách kích thích hoạt tính nguyên cốt bào và ức chế hoạt tính hủy cốt bào.

6. Phosphate

Khoảng 85% phosphate của người lớn hiện diện trong muối calcium phosphate. 15% còn lại là dạng ion hoá (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , và PO_4^{3-}). Hầu hết ion phosphate là ở dạng kết hợp. Ở pH bình thường, HPO_4^{2-} là dạng phổ biến nhất. H_2PO_4^- và HPO_4^{2-} đều đóng vai trò quan trọng trong phản ứng đệm.

Nồng độ bình thường trong huyết tương của phosphate dạng ion hoá chỉ 1,7-2,6 mEq/l. Cơ chế chủ yếu để điều hoà nồng độ phosphate là cơ chế vận chuyển phosphate trong đơn vị thận. PTH cũng có vai trò trong điều hoà nồng độ phosphate.

7. Ma-giê (Magnesium)

Ở người lớn, khoảng 54% magnesium cơ thể được lắng đọng trong cơ chất của xương dưới dạng muối magnesium. 46% còn lại ở dạng ion magnesium của dịch nội bào (45%) và dịch ngoại bào (1%). Mg^{2+} là cation nội bào phổ biến thứ hai sau K^+ . Về mặt chức năng, Mg^{2+} là đồng yếu tố của các enzyme liên quan trong chuyển hoá carbohydrate, protein và Na^+/K^+ ATPase (enzyme bơm Na^+). Mg^{2+} cũng quan trọng trong hoạt động thần kinh cơ, dẫn truyền xung động, và chức năng của cơ tim.

Nồng độ Mg^{2+} bình thường trong huyết tương chỉ 1,3-2,1 mEq/l. Nhiều yếu tố điều hoà nồng độ Mg^{2+} máu bằng cách thay đổi tốc độ bài xuất nó vào nước tiểu. Thận tăng bài xuất Mg^{2+} khi có tăng Ca^{2+} máu, tăng Mg^{2+} máu, tăng thể tích dịch ngoại bào, giảm PTH, và nhiễm toan. Những tình trạng ngược lại sẽ làm giảm bài xuất Mg^{2+} .

V. Sự trao đổi chất giữa các dịch cơ thể

Máu là phương tiện để vận chuyển và trao đổi vật chất giữa tế bào của cơ thể và môi trường bên ngoài. Chất dinh dưỡng từ thức ăn vào máu rồi khuếch tán vào tổ chức khắp cơ thể. Khí oxy được hít vào phổi rồi đi vào máu. Trong khi đó, chất thải từ quá trình chuyển hoá tế bào được khuếch tán vào máu. Từ máu chúng được bài tiết ra ngoài qua nước tiểu, phổi, hoặc một số con đường khác. Dịch kẽ là trung gian cho sự trao đổi giữa huyết tương và dịch nội bào.

1. Sự trao đổi giữa huyết tương và dịch kẽ

Sự trao đổi này diễn ra tại thành mao mạch. Các chất đi vào và ra khỏi mao mạch thông qua 3 cách sau :

1.1. Vận chuyển qua tế bào

Các chất từ huyết tương đi qua thành mao mạch bằng phương thức nhập bào vào tế bào nội mô, rồi thì chúng được xuất bào vào dịch kẽ. Sự vận chuyển này chỉ chiếm một phần nhỏ trong sự trao đổi chất giữa huyết tương và dịch kẽ.

1.2. Khuếch tán

Hầu hết các chất trong máu hoặc dịch kẽ đều có thể khuếch tán qua thành mao mạch.

Quá trình này chiếm phần lớn trong sự trao đổi tại mao mạch của toàn cơ thể ngoại trừ ở não.

1.3. Lọc và tái hấp thu

Quá trình lọc xảy ra trội hơn ở đầu tiểu động mạch, trong khi quá trình tái hấp thu xảy ra trội hơn ở đầu tiểu tĩnh mạch của mao mạch. Ở hầu hết các mao mạch, dịch lọc nhiều hơn tái hấp thu một ít. Dịch không được tái hấp thu (ngoại trừ dịch trong cầu thận) cùng với một ít protein sẽ vào mao mạch bạch huyết.

Phù xảy ra khi thể tích dịch kẽ tăng lên do sự gán cân bằng giữa quá trình lọc và tái hấp thu này bị phá vỡ.

2. Sự trao đổi giữa dịch kẽ và dịch nội bào

Áp suất thẩm thấu là yếu tố quyết định sự trao đổi chất giữa dịch kẽ và dịch nội bào. Bình thường, áp suất thẩm thấu của dịch kẽ và dịch nội bào bằng nhau. Sự thay đổi các áp suất thẩm thấu này chủ yếu được gây ra bởi sự biến đổi nồng độ Na^+ hoặc K^+ .

Sự giảm áp suất thẩm thấu trong dịch kẽ có thể dẫn đến ngộ độc nước hoặc sốc tuần hoàn (sốc giảm thể tích). Điều này thường xảy ra khi nôn mửa, đi chày hoặc bài tiết mồ hôi quá nhiều nhưng chỉ được bù dịch bằng cách uống nước (không có điện giải). ■