

# ĐẶC ĐIỂM HỆ TUẦN HOÀN TRẺ EM

BS. Nguyễn Thị Liên Chi

## MỤC TIÊU HỌC TẬP

1. Mô tả được đặc điểm của hệ tuần hoàn bào thai.
2. Mô tả được đặc điểm của hệ tuần hoàn giai đoạn chuyển tiếp từ bào thai qua sơ sinh.
3. Mô tả được đặc điểm hệ tuần hoàn sơ sinh.
4. Mô tả được các đặc điểm cơ thể học của tim trẻ em.
5. Phân tích được các chỉ số huyết động cơ bản ở trẻ em.

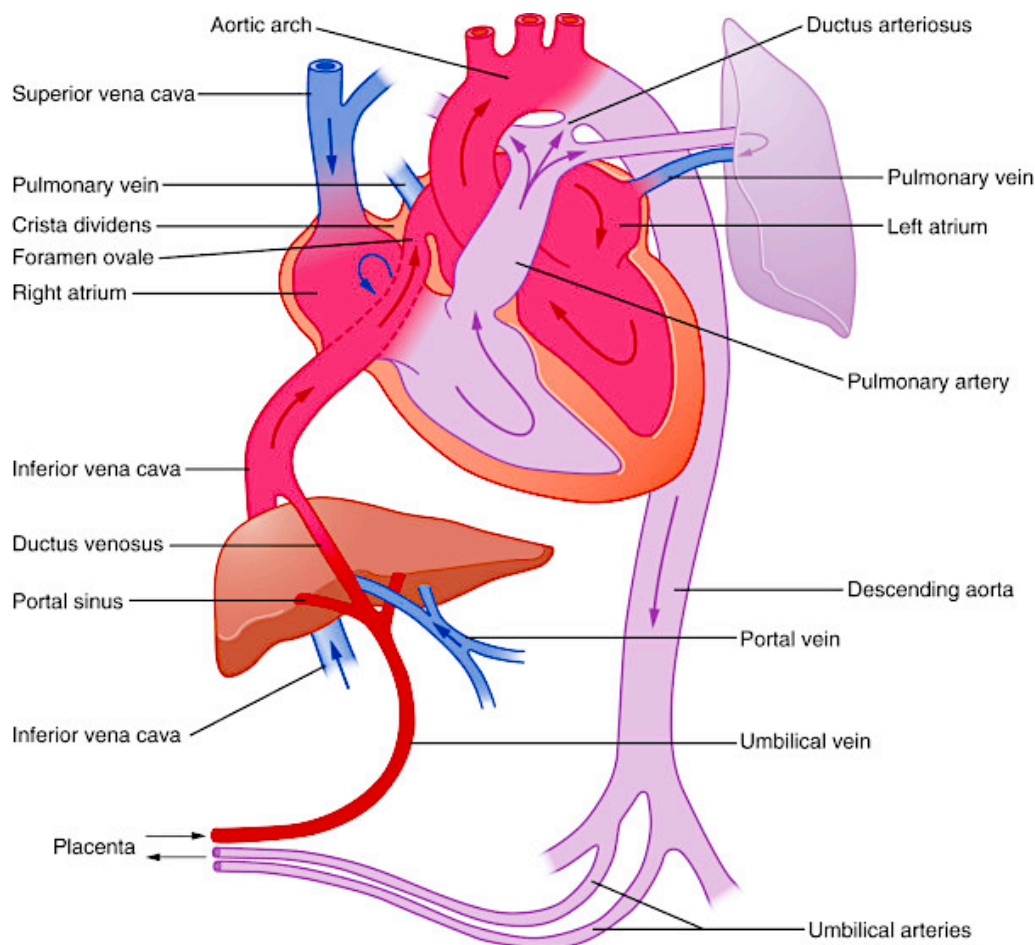
## NỘI DUNG

### 1. TUẦN HOÀN BÀO THAI

Ngày nay, sự phát triển của siêu âm bào thai và chụp cộng hưởng từ (MRI) từ giai đoạn bào thai đã đóng góp thêm nhiều hiểu biết mới về đặc điểm hệ tuần hoàn bào thai ở người.

Trong thời kỳ bào thai, nhau làm nhiệm vụ trao đổi khí và các chất chuyển hóa. Bởi vì trong giai đoạn này phổi không làm nhiệm vụ trao đổi khí nên mạch máu phổi có lại, hướng dòng máu ra xa khỏi tuần hoàn phổi. Ba cấu trúc tim mạch quan trọng trong giai đoạn bào thai là ống tĩnh mạch, lỗ bầu dục và ống động mạch. Bởi vì nhau trao đổi khí không hiệu quả như phổi nên áp suất của oxy ( $PO_2$ ) ở tĩnh mạch rốn chỉ khoảng 30-35 mmHg (đây là mức oxy cao nhất được cung cấp trong giai đoạn bào thai). Từ nhau thai, khoảng 50% máu từ tĩnh mạch rốn đi vào gan, 50% còn lại theo ống tĩnh mạch về tĩnh mạch chủ dưới, sau đó nhờ van Eustachian hướng dòng máu qua lỗ bầu dục để đến nhĩ trái [6], [7]. Máu từ nhĩ trái qua van 2 lá để vào thất trái, rồi được tim bơm qua van động mạch chủ. Hầu hết máu từ động mạch chủ lên được đổ trực tiếp vào não và 2 chi trên (chiếm 73% cung lượng động mạch chủ); trong khi đó phần còn lại sẽ đổ vào phần dưới của thai (27% cung lượng động mạch chủ), phần này sẽ trộn với máu từ ống động mạch và đổ vào động mạch chủ xuống [7].

Phần lớn lượng máu sau khi cung cấp cho các cơ quan và cơ ở phần dưới cơ thể sẽ theo tĩnh mạch chủ dưới để trở về tim, trong khi đó một phần nhỏ theo động mạch rốn trở về nhau. Lượng máu chưa được oxy hóa sau khi trở về tĩnh mạch chủ dưới sẽ đến nhĩ phải, xuống thất phải, vào động mạch phổi, sau đó phần lớn qua ống động mạch rồi đổ vào động mạch chủ xuống (73%). Chỉ một lượng nhỏ máu được đổ trực tiếp vào tuần hoàn phổi, sau đó qua tĩnh mạch phổi rồi về nhĩ trái. Trong giai đoạn bào thai có 3% cung lượng tim thai tưới máu cho hệ thống động mạch vành [7].



Hình 1.1. Tuần hoàn bào thai.

## 2. TUẦN HOÀN CHUYỂN TIẾP

Ngay lúc sinh, sự giãn nở của phổi kết hợp với sự tăng  $\text{PaO}_2$  dẫn đến sự giảm nhanh kháng lực mạch máu phổi. Đồng thời, việc cắt tuần hoàn nhau (vốn có kháng lực thấp) ra khỏi trẻ sơ sinh dẫn đến kháng lực mạch máu hệ thống tăng lên. Lúc này, toàn bộ máu từ thất phải sẽ đổ lên động mạch phổi. Vì kháng lực mạch máu phổi lúc này thấp hơn kháng lực mạch máu hệ thống nên máu qua ống động mạch chuyển thành shunt trái - phải (máu từ động mạch chủ qua ống động mạch vào động mạch phổi). Vài ngày sau, với  $\text{PaO}_2$  cao và nồng độ prostaglandin giảm xuống sẽ gây co thắt ống động mạch và ống động mạch đóng lại, cuối cùng trở thành dây chằng ống động mạch. Lưu lượng máu lên phổi tăng lên làm tăng lượng máu trở về nhĩ trái, gây tăng thể tích và áp lực nhĩ trái đủ để đóng lỗ bầu dục về mặt chức năng; mặc dù lỗ bầu dục vẫn có thể còn tồn tại về mặt giải phẫu [7].

Sự cắt bỏ tuần hoàn nhau thai ra khỏi hệ thống tuần hoàn trẻ sơ sinh cũng gây ra đóng ống tĩnh mạch. Thất trái lúc này phải bơm máu ra tuần hoàn hệ thống có kháng lực cao nên thất trái bắt đầu tăng khối lượng và độ dày thành. Ngược lại, thất phải lúc này bơm máu ra tuần hoàn phổi có kháng lực thấp nên khối lượng và độ dày thành thất phải giảm dần [6].

### 3. TUẦN HOÀN SƠ SINH

Sau khi sinh, trẻ phải thích nghi ngay với cuộc sống bên ngoài tử cung bởi vì nhiệm vụ trao đổi khí lúc này chuyển từ nhau sang phổi. Có một vài sự thay đổi xảy ra gần như ngay với nhịp thở đầu tiên, trong khi một số thay đổi khác xảy ra sau vài giờ hoặc vài ngày. Ban đầu áp lực mạch máu hệ thống hơi giảm nhẹ, sau đó tăng dần theo tuổi. Nhịp tim chậm lại do tác động của phản xạ thụ thể áp suất đối với tình trạng tăng kháng lực mạch máu hệ thống khi tuần hoàn nhau bị cắt bỏ [6].

Hệ hô hấp bắt đầu làm việc, gây ra sự giãn mạch máu phổi cả về mặt chủ động (liên quan PO<sub>2</sub>) lẫn thụ động (liên quan cơ học), dẫn đến sự giảm kháng lực mạch máu phổi. Ở trẻ sơ sinh bình thường, sự đóng ống động mạch và giảm kháng lực mạch máu phổi gây ra giảm áp lực trong động mạch phổi và thất phải. Sự giảm mạnh kháng lực mạch máu phổi chuyển từ mức cao ở giai đoạn thai về mức thấp như người lớn thường xảy ra trong vòng 2-3 ngày đầu tiên nhưng cũng có thể kéo dài đến 7 ngày hoặc hơn. Qua vài tuần đầu tiên, kháng lực mạch máu phổi thậm chí giảm nhiều hơn, là do kết quả của sự tái tạo mạch máu phổi gây mỏng thành cơ trơn mạch máu và bổ sung thêm những mạch máu mới. Sự giảm kháng lực mạch máu phổi ảnh hưởng quan trọng đến thời điểm xuất hiện các triệu chứng lâm sàng của các bệnh tim bẩm sinh vốn phụ thuộc tương quan giữa kháng lực mạch máu phổi và hệ thống. Shunt trái-phải qua lỗ thông liên thất có thể rất nhỏ trong tuần đầu sau sinh khi kháng lực mạch máu phổi còn cao. Khi kháng lực phổi giảm trong 1-2 tuần sau, lưu lượng shunt trái-phải qua lỗ thông liên thất không hạn chế tăng lên và thậm chí dẫn đến triệu chứng suy tim [6].

Sự khác nhau quan trọng giữa tuần hoàn sơ sinh và trẻ lớn là:

1. Shunt phải-trái hoặc trái-phải có thể còn qua lỗ bầu dục.
2. Khi có bệnh lý tim phổi, có thể còn shunt trái-phải, phải-trái hoặc 2 chiều qua ống động mạch.
3. Mạch máu phổi sơ sinh co thắt mạnh hơn khi đáp ứng với tình trạng thiếu oxy, tăng CO<sub>2</sub>, và toan máu.
4. Độ dày thành và khối lượng cơ thất trái và phải ở trẻ sơ sinh gần như nhau.
5. Trẻ sơ sinh tiêu thụ oxy tương đối cao lúc nghỉ, liên quan với tình trạng cung lượng tim tương đối cao.

Lỗ bầu dục đóng về mặt chức năng trong vòng 3 tháng đầu sau sinh, tuy nhiên, về cơ thể học nó có thể còn tồn tại tỉ lệ cao ở trẻ em và 15-25% ở người lớn. Ống động mạch thường đóng chức năng khoảng 10-15 giờ đầu sau sinh và thường đóng hẳn về cơ thể học vào tuần thứ 2 đến tuần thứ 3 sau sinh [5]. Ở trẻ sơ sinh đủ tháng, oxy là yếu tố quan trọng quyết định đóng ống động mạch. Khi áp suất oxy qua ống động mạch ở mức khoảng 50mmHg thì ống động mạch sẽ co lại. Tác động của oxy trên cơ trơn ống động mạch có thể trực tiếp hoặc qua trung gian ảnh hưởng lên sự tổng hợp prostaglandin. Tuổi thai cũng giữ vai trò quan trọng: ống động mạch ở trẻ sinh non ít đáp ứng với oxy, ngay cả khi hệ thống cơ của nó đã phát triển [6].

### 4. ĐẶC ĐIỂM CƠ THỂ HỌC, SINH LÝ HỌC CỦA TIM VÀ MẠCH MÁU

#### 4.1. Vị trí, trọng lượng, hình thể của tim

**Vị trí:** Do cơ hoành đẩy mỏm tim lên cao, nên ở trẻ sơ sinh, tim có vẻ như nằm ngang. Lúc được gần 1 tuổi, tim nằm chéo, nghiêng trái. Từ 4 tuổi trở lên, do sự phát triển của phổi, lồng ngực và cơ hoành hạ thấp xuống, tim mới có vị trí thẳng và mỏm hơi chênh về bên trái như người lớn [1].

**Trọng lượng:** Tỷ lệ giữa trọng lượng của tim so với trọng lượng toàn cơ thể thì cao ở trẻ nhỏ nhưng giảm dần khi trẻ lớn hơn [4]. Trọng lượng của tim bằng 0,9% trọng lượng cơ thể ở trẻ sơ sinh, trong khi chỉ bằng 0,5% ở người lớn [1]. Trọng lượng thất phải bằng thất trái lúc trẻ 4 tuần tuổi. Trọng lượng tim tăng gấp đôi trong năm đầu và nặng gấp 6 lần khi trẻ 9 tuổi. Như vậy sự tăng trọng lượng của tim chậm hơn so với sự tăng trọng lượng của cơ thể [4].

**Hình thể:** Tim trẻ sơ sinh hơi tròn, tỷ lệ giữa chiều ngang so với chiều dài của tim trẻ sơ sinh lớn hơn ở người lớn. Tim trẻ sơ sinh có ưu thế thất phải do cơ thất phải dày. Khi kháng lực mạch máu phổi giảm xuống thì thành cơ thất phải trở nên mỏng đi [4]. Tỷ số giữa độ dày thành thất trái trên độ dày thành thất phải tăng dần theo tuổi: thai nhi 7 tháng: 1/1, trẻ sơ sinh: 1,4 /1, trẻ 4 tháng: 2/1, trẻ 15 tuổi: 2,76/1 [1].

### 4.3. Vị trí mỏm tim [1]

Vị trí đập của mỏm tim ở trẻ em thay đổi theo tuổi:

- **Sơ sinh - 2 tuổi:** khoảng liên sườn 4, ngoài đường trung đòn trái 1 – 2 cm .
- **2 – 7 tuổi:** khoảng liên sườn 5, ngoài đường trung đòn trái 1 cm.
- **7 – 12 tuổi:** khoảng liên sườn 5, đường trung đòn hoặc 1cm trong đường trung đòn.

### 4.4. Mạch máu

Ở trẻ em, các động mạch phát triển và có kích thước lớn hơn tĩnh mạch. Khi lớn lên, lòng tĩnh mạch phát triển dần và ngày càng lớn hơn động mạch. Tỷ lệ lòng tĩnh mạch/lòng động mạch = 1/1 ở trẻ sơ sinh và bằng 2/1 ở người lớn. Dưới 10 tuổi, động mạch phổi to hơn động mạch chủ, từ 10 – 12 tuổi, 2 động mạch này bằng nhau và sau đây thì, động mạch chủ to hơn động mạch phổi [1].

## 5. CÁC CHỈ SỐ HUYẾT ĐỘNG HỌC CƠ BẢN

### 5.1. Nhịp tim

Nhịp tim ở trẻ sơ sinh nhanh và dễ thay đổi. Nhịp tim trung bình ở trẻ sơ sinh là 120-140 lần/phút, và có thể tăng đến 170 lần/phút lúc khóc, lúc vận động hoặc giảm xuống còn 70-90 lần/phút lúc ngủ. Khi trẻ lớn lên, nhịp tim có thể giảm xuống và có thể thấp còn 40 lần/phút ở vận động viên thiếu niên [6].

TUỔI	GIỚI HẠN DƯỚI BÌNH THƯỜNG	TRUNG BÌNH	GIỚI HẠN TRÊN BÌNH THƯỜNG
Sơ sinh	70	125	190
1-11 tháng	80	120	160
2 tuổi	80	110	130

4 tuổi	80		100		120	
6 tuổi	75		100		115	
8 tuổi	70		90		110	
10 tuổi	70		90		110	
	NỮ	NAM	NỮ	NAM	NỮ	NAM
12 tuổi	70	65	90	85	110	105
14 tuổi	65	60	85	80	105	100
16 tuổi	60	55	80	75	100	95
18 tuổi	55	50	75	70	95	90

**Bảng 5.1.** Nhịp tim ở trẻ em lúc nghỉ [6].

Khi nhịp tim tăng lên 200-220 lần/phút ở trẻ nhũ nhi và 160-180 lần/phút ở trẻ em, thời gian đổ đầy thất tâm trương và thời gian tưới máu động mạch vành giảm, có thể dẫn đến giảm thể tích nhát bóp và cung lượng tim [4].

## 5.2. Huyết áp

Huyết áp trẻ em thay đổi theo tuổi. Huyết áp có khuynh hướng tăng dần trong 2 thập niên đầu đời. Trong những ngày đầu sau sinh, huyết áp tâm thu khoảng 70 mmHg, và nó tăng dần trong 2 tháng đầu; sau đó, có khuynh hướng ổn định cho đến 1 tuổi; rồi tiếp tục tăng đến giai đoạn trưởng thành.

Huyết áp tâm trương tăng chậm trong tuần đầu; sau đó giảm dần cho đến 3 tháng tuổi; tiếp theo, nó tăng dần cho đến 1 tuổi, bằng với mức huyết áp tâm thu; và ổn định ở mức này đến 5 – 6 tuổi; sau đó bắt đầu tăng lên đến giai đoạn trưởng thành [2].

**Ở trẻ sơ sinh:** Huyết áp tâm thu: 65-75 mmHg

Huyết áp tâm trương: 34-64 mmHg

**Ở trẻ 1 tuổi:** Huyết áp tâm thu: 90-100 mmHg

Huyết áp tâm trương: 55-60 mmHg

Công thức tính huyết áp trung bình ở trẻ em:

Huyết áp tâm thu:  $80 \text{ mmHg} + 2n$  (n: số năm tuổi)

Huyết áp tâm trương:  $1/2 - 2/3$  huyết áp tối đa [1]

Huyết áp trẻ em có mối liên quan gần với chiều cao và cân nặng [6]. Kích thước cơ thể là yếu tố chính ảnh hưởng đến huyết áp trẻ em [2].

Khi trẻ vận động, kích động, tranh giành, ho và khóc có thể làm huyết áp tâm thu tăng lên cao hơn so với mức bình thường 40-50 mm Hg [6].

Tiếng Korotkoff đầu tiên cho biết giá trị huyết áp tâm thu. Huyết áp tâm trương có thể được ghi nhận khi tiếng Korotkoff mờ (K4) hoặc khi tiếng Korotkoff biến mất (K5). Giá trị huyết áp tâm trương nếu lấy ở tiếng K4 thường hơi cao hơn huyết áp tâm trương thực sự, và nếu lấy ở tiếng K5 thì thường hơi thấp hơn huyết áp tâm trương thực sự. Huyết áp ghi nhận được ở chân thường cao hơn huyết áp đo ở cánh tay khoảng 10 mmHg [6].



Theo khuyến cáo của hiệp hội nhi khoa Hoa Kỳ (American Academy of Pediatrics) năm 2017:

1. Trẻ  $\geq 3$  tuổi nên được đo huyết áp mỗi năm (chứng cứ C, khuyến cáo trung bình).
2. Nên đo huyết áp ở mỗi lần thăm khám ở tất cả trẻ  $\geq 3$  tuổi kèm béo phì, đang dùng thuốc có nguy cơ gây tăng huyết áp, có bệnh thận, có tiền sử hẹp eo động mạch chủ hoặc tắc nghẽn cung động mạch chủ, hoặc tiểu đường (chứng cứ C, khuyến cáo trung bình).
3. Nên chẩn đoán cao huyết áp ở trẻ có huyết áp đo được bằng ống nghe  $\geq$  bách phân vị thứ 95 ở 3 lần thăm khám khác nhau (chứng cứ C, khuyến cáo trung bình) [3]

### 5.3. Tốc độ tuần hoàn [1]

Vòng tuần hoàn ở trẻ em nhanh hơn ở người lớn vì nhịp tim nhanh, vòng tuần hoàn ngắn, cơ thể nhỏ và nhất là do nhu cầu oxy cao, chuyển hóa cơ bản mạnh.

Theo Tours, vòng tuần hoàn ở trẻ sơ sinh là 12 giây, 3 tuổi là 15 giây, 14 tuổi là 18 giây, người lớn là 22 giây.

### 5.5. Cung lượng tim

Cung lượng tim ở trẻ sơ sinh khoảng 350 ml/kg/phút, giảm dần trong 2 tháng đầu sau sinh xuống khoảng 150 ml/kg/phút, sau đó giảm dần còn khoảng 75 ml/kg/phút như người lớn [6].

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kim Hoàng Trọng (2006), Đặc điểm hệ tuần hoàn trẻ em, *Nhi Khoa-Chương trình Đại học, TP. Hồ Chí Minh*, Nhà xuất bản Y học, 2, pp. 9-16.
2. Henry M. Adam Jane Meschan Foy (2015), *Signs and symptoms in pediatrics*, the American Academy of Pediatrics, the United States of America.
3. Joseph T. Flynn David C. Kaelber, Carissa M. Baker-Smith, Douglas Blowey et al (2017), "Clinical Practice Guideline for Screening and Management of High Blood Pressure in Children and Adolescents", *Pediatrics*, 140.
4. MacGregor Janet (2008), *Introduction to the Anatomy and Physiology of Children: A guide for students of nursing, child care and health* (second edition ed.), Routledge.
5. Nicholas T. Kouchoukos Eugene H. Blackstone, Frank L. Hanley, James K. Kirklin (2013), "Kirklin/Barratt-Boyes Cardiac Surgery".
6. Robert M. Kliegman, Bonita F. Stanton, Nina F. Schor, et al. (2015). *Nelson Textbook of Pediatrics* (pp. 3212-14) Elsevier.
7. Shaine A. Morris, Shiraz A. Maskatia, Carolyn A. Altman, et al. (2017), *Moss Adams' Heart Disease in infants, children and adolescents* (Ninth edition ed. Vol. 1), Wolters Kluwer.

## CÂU HỎI TỰ LƯỢNG GIÁ

1. Cơ quan nào làm nhiệm vụ trao đổi khí và các chất chuyển hóa trong thời kỳ bào thai?  
A. Tim.  
B. Phổi.  
C. Ruột.  
**D. Nhau.**
2. Ở tuần hoàn thai bình thường, dòng máu qua lỗ bầu dục có chiều như thế nào?  
A. Từ nhĩ trái qua nhĩ phải.  
**B. Từ nhĩ phải qua nhĩ trái.**  
C. Shunt 2 chiều.  
D. Tùy thuộc áp lực động mạch phổi.
3. Ở tuần hoàn thai bình thường, dòng máu qua ống động mạch có chiều như thế nào?  
**A. Từ động mạch phổi qua động mạch chủ.**  
B. Từ động mạch chủ qua động mạch phổi.  
C. Shunt 2 chiều.  
D. Tùy thuộc áp lực động mạch phổi.
4. Đóng ống động mạch thường xảy ra ở thời điểm nào?  
A. Đóng chức năng ngay sau sinh 1 giờ. *10-15h*  
B. Đóng chức năng sau sinh 1 tháng.  
C. Đóng hẳn về cơ thể học vào tuần thứ 1 đến tuần thứ 2 sau sinh  
**D. Đóng hẳn về cơ thể học vào tuần thứ 2 đến tuần thứ 3 sau sinh**
5. Cơ chế nào sau đây gây đóng ống động mạch ở trẻ sơ sinh?  
**A. Áp suất oxy trong ống động mạch tăng.**  
B. Áp suất CO<sub>2</sub> trong ống động mạch giảm.  
C. Nồng độ prostaglandin trong máu tăng.  
D. Nồng độ H<sup>+</sup> trong máu giảm.
6. Vị trí mỏm tim ở trẻ nào sau đây là bình thường?  
A. Liên sườn 4 trong đường trung đòn trái 1 cm ở trẻ sơ sinh  
B. Liên sườn 4 đường trung đòn trái ở trẻ 2 tuổi  
**C. Liên sườn 5 ngoài ngoài đường trung đòn trái 1cm ở trẻ 4 tuổi**  
D. Liên sườn 5 ngoài đường trung đòn trái 1 cm ở trẻ 8 tuổi
7. Nhịp tim ở trẻ nào sau đây là bất thường?  
A. Nhịp tim 140 lần / phút ở trẻ sơ sinh.  
B. Nhịp tim 140 lần / phút ở trẻ 10 tháng.  
**C. Nhịp tim 70 lần / phút ở trẻ 2 tuổi.**  
D. Nhịp tim 70 lần / phút ở trẻ 8 tuổi.
8. Khuyến cáo nào sau đây là đúng về đo huyết áp ở trẻ em?  
A. Nên đo huyết áp mỗi năm ở tất cả trẻ em.  
B. Nên đo huyết áp mỗi năm ở trẻ từ 2 tuổi trở lên.  
**C. Nên đo huyết áp mỗi năm ở trẻ từ 3 tuổi trở lên.**

D. Nên đo huyết áp mỗi năm ở trẻ từ 4 tuổi trở lên kèm béo phì.

9. Bé trai 7 ngày tuổi, mẹ đưa bé đi khám vì thấy bé tím đầu ngón tay chân. Khám thấy bé tỉnh, môi hồng, SpO<sub>2</sub> 99%, mạch rõ, chi ấm, đầu ngón tay chân tím nhẹ, tim đều rõ 130 lần / phút, không âm thổi, phổi trong, thở không co kéo, bụng mềm. Siêu âm tim: còn ống động mạch 2mm, luồng thông trái-phải. Phát biểu nào sau đây là đúng?

A. Bé bị tím bẩm sinh tím vì có tím đầu ngón tay chân.

B. Còn ống động mạch ở thời điểm này là bình thường.

C. Bé bị còn ống động mạch, biến chứng tăng áp động mạch phổi.

D. Cần hội chẩn thông tim đóng ống động mạch ngay.

10. Bé gái 7 ngày tuổi, mẹ đưa bé đến khám vì thấy bé bú ít. Khám thấy bé tỉnh, môi hồng, chi ấm, mạch rõ, tim đều rõ 120 lần/phút, không âm thổi. Phổi trong, thở không co kéo. Bụng mềm. Siêu âm tim: tồn tại lỗ bầu dục 3 mm, luồng thông trái-phải. Áp lực động mạch phổi tâm thu (PAPs) = 45 mmHg, áp lực động mạch phổi trung bình (PAPm) = 30 mmHg. Phát biểu nào sau đây là đúng? D

A. Bé có bệnh lý tăng áp động mạch phổi mức độ nhẹ, không rõ nguyên nhân.

B. Bé bị tồn tại lỗ bầu dục, biến chứng tăng áp động mạch phổi mức độ nhẹ.

C. Bé bị tồn tại lỗ bầu dục, tăng áp động mạch phổi nhẹ, biến chứng suy tim.

D. Bé không có tật tim bẩm sinh, áp lực động mạch phổi phù hợp theo tuổi.

lỗ bầu dục đóng chức năng trong vòng 3 tháng.

Áp lực phổi ở trẻ 7 ngày thì hơi cao. Áp lực phổi giảm trong 2-3 ngày đầu tiên nhưng cũng có thể kéo dài đến 7 ngày hoặc hơn,

**ĐÁP ÁN: 1D, 2B, 3A, 4D, 5A, 6C, 7C, 8C, 9B, 10D**

phổi gây ra giảm áp lực trong động mạch phổi và thất phải. Sự giảm mạnh kháng lực mạch máu phổi chuyển từ mức cao ở giai đoạn thai về mức thấp như người lớn thường xảy ra trong vòng 2-3 ngày đầu tiên nhưng cũng có thể kéo dài đến 7 ngày hoặc hơn. Qua vài tuần đầu tiên, kháng lực mạch máu phổi thậm chí giảm nhiều hơn, là do kết quả của sự tái tạo mạch máu phổi gây mỏng thành cơ trơn mạch máu và bổ sung thêm những mạch máu mới. Sự giảm kháng lực mạch máu phổi ảnh hưởng quan trọng đến thời điểm xuất hiện các triệu chứng lâm sàng của các bệnh tim bẩm sinh vốn phụ thuộc tương quan giữa kháng lực mạch máu phổi và hệ thống. Shunt trái-phải qua lỗ thông liên thất có thể rất nhỏ trong tuần đầu sau sinh khi kháng lực mạch máu phổi còn cao. Khi kháng lực phổi giảm trong 1-2 tuần sau, lưu lượng shunt trái-phải qua lỗ thông liên thất không hạn chế tăng lên và thậm chí dẫn đến triệu chứng suy tim [6].