

Sinopse do filme

O longa metragem (110 min) *Something the Lord made*, Quase Deuses em português, é um filme de época, remonta meados do século XX dos Estados Unidos da América. Em Nashville, 1930, vivia Vivien Thomas (Mos Def), um hábil marceneiro, negro, que é demitido quando chega a “grande depressão”, período de recessão econômica após a forte queda da Bolsa de Valores de New York. Além de ser demitido, Vivien, como muitos americanos, perdeu suas economias de 7 anos que guardara com o intuito de cursar a faculdade de medicina, já que o banco faluiu. Thomas consegue emprego de faxineiro, trabalhando para o Dr. Alfred Blalock (Alan Rickman), um médico pesquisador que logo descobre que ele tem uma inteligência e uma destreza manual privilegiada e que poderia ser melhor aproveitado, passando-o a técnico do laboratório de cirurgia experimental.

Em 1943, Blalock é transferido para a Universidade Johns Hopkins, Baltimore, e consegue a transferência de Vivien, um homem que passou a ser fundamental para o trabalho do médico. Porém, devido à política racista presente no Estados Unidos nesta época, fora registrado, sem que Vivien soubesse, como faxineiro, pois a universidade não aceitara um negro ocupando um cargo no laboratório. O laboratório de Blalock mantinha cães para fins científicos e após um encontro com a Dra Helen Taussig (Mary Stuart Masterson), que trabalhava no campo de má formação coronariana congênita, convenceu o Dr. Blalock a direcionar suas pesquisas cirúrgicas para solucionar o problema da síndrome do “bebê azul” ou tetralogia de Fallot. O Dr. Blalock e Vivien passaram inicialmente a desenvolver o modelo animal de estudo. E foi com os caninos que Vivien Thomas conseguiu reproduzir a mesma doença que afetava vários pacientes da pediatria do hospital universitário Johns Hopkins. Posteriormente passaram a procurar uma solução cirúrgica que permitisse uma maior irrigação sanguínea dos pulmões. Depois de altos e baixos, eles conseguem êxito nas pesquisas, particularmente as ideias e habilidade cirúrgicas de Vivian, e estão prontos para aplicar o método em humanos.

A maioria da comunidade acadêmica do Hospital John Hopkins não concordou com a ideia de uma cirurgia cardíaca do Dr. Blalock quando este marca uma data para a operação em um bebê. Seria a primeira cirurgia cardíaca da história, e muitos classificaram como uma heresia científica. No momento da operação, Blalock não se sentia seguro sem seu parceiro

Vivien ao lado. Vivien Thomas não participava da cirurgia por questões raciais, mas mesmo assim, Blalock comprou a briga e só deu início aos procedimentos quando seu braço direito estava ao seu lado e orientando-o. A cirurgia foi um sucesso e rapidamente o Dr. Alfred Blalock ganhou reconhecimento acadêmico mundialmente, mas este reconhecimento não é estendido ao seu companheiro, Vivien Thomas. O filme aborda com clareza as questões raciais vigentes na época e possui um final emocionante.

Sugestão de aplicação

Esse filme aborda conceitos de fisiologia cardiovascular. Para apresentação nas disciplinas de fisiologia animal e humana, que abordem o sistema cardiovascular. Para tanto, é necessário os alunos tenham conhecimento de: troca de gases, transporte de oxigênio, pressão sanguínea, circulação pulmonar, circulação sistêmica e estrutura do coração de mamíferos.

Descrição das passagens do filme que abordam o tema

A primeira passagem do filme ocorre quando Vivien começa a trabalhar com o Dr Blalock, que está em uma pesquisa para encontrar tratamento para choque traumáticos que resultam em diminuição da pressão arterial. Próximo dos 13 minutos do filme acontece a primeira grande contribuição para a medicina do Dr Blalock já com a ajuda, neste momento apenas técnica, de Vivien. Trata-se do procedimento para tratamento do choque hipovolêmico. Com esta passagem o professor

pode discutir o tema pressão sanguínea e volemia.

A segunda passagem ocorre próximo dos 20 min de transcorrido o filme. Durante uma confraternização para sua chegada no Hospital John Hopkins, Dr Blalock conhece a Dra Helen Taussig que pede ajuda para encontrar uma solução para a Tetralogia de Fallot, a síndrome do “bebê azul”. Esta é uma ótima oportunidade de discussão e compreensão dos fenômenos associados com a hipoirrigação pulmonar. Aos 30 min do filme sugerimos mais uma passagem que pode ser utilizada no mesmo contexto, Vivien visita a ala dos pacientes cianóticos e repara na posição que as crianças mais velhas estão sentadas. A Dra Taussig explica que daquela maneira as crianças conseguiam respirar melhor. Logo adiante, quando conhecem o bebê, a mãe desta criança diz que parece que a criança tem frio a todo instante. Por fim, aos 33 min Blalock e Vivien discutem no quadro em seu laboratório o fluxo de sangue dos corações de má formação congênita (tetralogia de Fallot) e as estratégias de corrigir a falha.

A última sugestão de passagem ocorre após 1h e 14 min do início do filme, no qual começa a cirurgia cardíaca do bebê azul. São exibidas cenas dos procedimentos cirúrgico. Nesta passagem o professor e os alunos devem se atentar nas colorações dos tecidos e do sangue. No término da cirurgia, os médicos percebem que obtiveram sucesso quando a coloração corporal foi reestabelecida. Aqui o professor pode discutir tanto o transporte de gases como a circulação pulmonar.

Perguntas

- 1) No começo do filme o Dr Blalock está procurando uma forma de tratar o choque traumático. Em uma cena ele diz que o choque antigamente era tratado com constrição vascular. Por que ele acha que a constrição não é um método eficiente?
- 2) Qual foi a solução encontrada pelo Dr Blalock e Vivien para um tratamento mais eficaz do choque hipovolêmico? Por quê?
- 3) As crianças cianóticas respiravam melhor quando estavam sentadas em uma posição específica. Qual era essa posição e explique o porquê dessa melhora.
- 4) Por que o bebê com a síndrome está em um berço isolado do ambiente externo?
- 5) Descreva a solução paliativa encontrada pelos cientistas Blalock, Thomas e Taussig para a síndrome do bebê azul.
- 6) As cores do coração no momento da cirurgia e do sangue que respinga no cirurgião estão corretas? Por quê?
- 7) O bebê se torna instantaneamente rosado quando a cirurgia dá certo. Isso correria na vida real ou coloração demoraria a aparecer? Por quê?

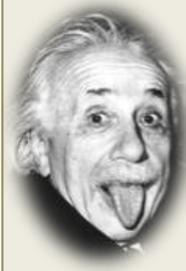
Material de apoio

A maioria dos animais multicelulares com tamanho superior a 1 mm diferem dos unicelulares e dos pequenos metazoários em seu transporte de moléculas ao longo do corpo. A difusão por ser funcionalmente relevante apenas a curtas distâncias (como

através da membrana celular, entre o meio extracelular e o intracelular, ou dentro da célula, ou entre uma célula e outra vizinha), não pode ser responsável pelo transporte de moléculas em longas distâncias. Considerando a equação de difusão de Einstein (ver Quadro 1), o tempo para uma molécula se difundir entre dois pontos é proporcional ao quadrado da distância pela qual a difusão ocorre. Portanto, uma simples molécula orgânica, como a glicose, em solução aquosa leva cerca de 5 s para difundir-se através de 100 μm (o tamanho de uma célula média), mas poderia levar cerca de 60 anos para difundir-se por alguns metros (a distância do coração até os pés e de volta novamente em um homem de tamanho médio).

Evidentemente que uma molécula como a glicose em solução aquosa não demora 60 anos para percorrer tal trajeto nos humanos, mas sim, cerca de 60 segundos. Isso ocorre graças à ação de forças externas que são aplicadas ao líquido e que resulta em movimento, conforme a 2ª lei de Newton (ver Quadro 1). Assim, a grande maioria dos animais multicelulares maiores que 1 mm possuem um processo chamado fluxo de massa que movimentam seus líquidos através de seus corpos. Tais líquidos estão confinados dentro de uma série de estruturas em forma de câmaras e tubos que com a ação de forças externas pressiona-se o líquido no seu interior, que então flui desta área de alta pressão para qualquer área adjacente de baixa pressão. A este conjunto denominamos de sistema circulatório o qual é fundamental para os processos fisiológicos nestes animais.

Se fossemos imaginar o corpo de um animal como uma casa, o sistema circulatório seria o



Quadro 1 – Princípios da Física no Sistema Circulatório

Diante da busca em compreender os fenômenos naturais que desde os primórdios a humanidade exercita, os cientistas expressam em operações matemáticas as supostas respostas dos questionamentos acerca do universo. Através de leis da física é possível explicar matematicamente desde um simples despertar pelo som do rádio-relógio e enxergar o sol nascer no horizonte como explica também sistemas complexos como a circulação oceânica de grande escala. Embora algumas das leis da chamada física clássica não sejam válidas para as particularidades da física moderna, elas ainda são úteis para o conhecimento do sistema circulatório.

Pela física, as espécies multicelulares necessitam de um sistema circulatório já que a *equação de Einstein* nos revela que o tempo de difusão de uma molécula é diretamente dependente do deslocamento quadrático médio e do coeficiente de difusão. Logo, quanto maior for a distância e maior for a resistência de difusão de uma molécula, mais tempo esta levaria para a difundir-se. Assim, um animal não muito pequeno e que não tenha um metabolismo muito baixo não pode depender apenas da difusão para transportar as moléculas ao longo do seu corpo.

De acordo com a *segunda Lei de Newton*, também conhecida como princípio fundamental da dinâmica, para que um corpo saia do estado de repouso é necessária a aplicação de uma força para que este possa se movimentar, assim como o contrário, para pará-lo também se necessita da aplicação de uma força. Assim, a resultante das forças aplicadas sobre um ponto material é igual ao produto da sua massa pela aceleração adquirida. No sistema circulatório quem aplica esta força é a ação de bombeamento, geralmente executada por uma bomba específica, o coração. Considerando esta lei, o corpo adquire velocidade e sentido de acordo com a intensidade da aplicação da força. Ou seja, quanto maior for a força do bombeamento (por ex.: a força da contração cardíaca) maior será a aceleração adquirida pelo líquido circulante.

Como já vimos, o líquido do sistema circulatório está confinado dentro de uma série de câmaras e tubos. Este líquido sofre ação de uma força numa determinada área, ou seja, há uma pressão sobre este líquido. Quando empurrado por esta força, o líquido aumenta se desloca para uma área com pressão inferior, ou seja, a favor do gradiente de pressão. Especialmente nas paredes destes tubos existe uma resistência ao fluxo do líquido, uma força de atrito, que se opõe ao movimento do líquido. Logo, podemos quantificar a relação entre fluxo, pressão e resistência na equação denominada de *lei do fluxo caudal*, $Q = \Delta P/R$, onde Q = fluxo, ΔP = gradiente de pressão e R = resistência.

Evidentemente, os tubos do sistema circulatório possuem diferentes raios e comprimentos, logo a resistência ao deslocamento do líquido varia ao longo de sua trajetória. De acordo com a *equação de Poiseuille*, $Q = \Delta P \pi r^4 / 8L\eta$, o fluxo (Q) é diretamente proporcional ao raio (r) do tubo na quarta potência, além do gradiente de pressão (ΔP) e inversamente proporcional ao comprimento (L) do tubo e da viscosidade do líquido (η). Dessa maneira, pequenas alterações no raio do tubo resultam em grandes alterações do fluxo. Muitos animais controlam o fluxo através de seus órgãos por alterações no raio dos vasos sanguíneos que conduzem a esses órgãos, um processo chamado de vasoconstrição e vasodilatação, onde o raio diminui e aumenta, respectivamente.

De acordo com a *terceira lei de Newton*, toda ação sofre uma reação, assim, quando dois corpos interagem, a força provocada por um dos corpos sobre o outro é sempre igual em módulo, possui a mesma direção e sentido contrário à força que o outro corpo exerce sobre ele. Então, o líquido circulante ao sofrer a ação de uma força oriunda do coração ou do vaso sanguíneo, ele exerce a mesma força nas paredes desta câmara fechada. Assim, outra lei da física importante para a compreensão do sistema circulatório é a *lei de LaPlace*. Esta lei diz que a tensão nas paredes de um vaso é proporcional à pressão sanguínea e ao raio do vaso, de acordo com a seguinte equação: $T = \alpha Pr$, onde T é a tensão nas paredes (N/cm), P é a pressão transmural, ou a diferença entre a pressão interna e a externa (Pa), r é o raio do vaso e α é uma constante. A *lei de LaPlace* também pode ser reescrita considerando a espessura da parede dos vasos, como segue: $\sigma = Pr/\omega$, onde σ é o estresse de parede (N/cm² ou Pa) e ω é a espessura da parede. Com base nesta lei podemos compreender a estrutura e a função dos vasos sanguíneos e do coração. Ou seja, quanto maior a espessura de um vaso, menor o estresse na parede deste. Isto explica porque vasos sanguíneos sujeitos a altas pressões, como a aorta, são mais grossos do que os vasos de pressões menores, como as arteríolas. Além disso, percebemos que um coração de raio grande desenvolve mais tensão dentro de sua parede para gerar a mesma pressão que faria um coração com raio menor, isto é, o coração maior deve fazer uma contração mais forte que o coração menor. Logo, devemos esperar uma razão maior entre massa e volume cardíaco nos corações maiores. Como dissemos no início, muitos conceitos da física clássica não podem representar fielmente o fluxo de líquidos do sistema circulatório real, já que diversas vezes este viola as suposições da aplicação de tais leis. Por exemplo, a equação de Poiseuille assume que os tubos no sistema não são ramificados e rígidos. Na realidade, sistemas circulatórios são ramificados e distensíveis. Entretanto, a física clássica ainda prevê um bom resumo de fatores que afetam a dinâmica dos fluidos do sistema circulatório.

sistema hidráulico dela. Para o sistema circulatório funcionar eficientemente são necessários três importantes componentes: 1) uma, ou um conjunto de, estruturas propulsoras (bomba) responsável por aplicar a força nos líquidos; 2) um sistema de tubos, canais ou outros espaços para o líquido circular; e 3) o líquido que circula pelo sistema. Evidentemente que cada grupo animal possui sua particularidade neste sistema seja quanto à estrutura de bombeamento (sem coração, com 1 ou mais corações, coração com 1 ou mais câmaras), seja quanto ao tipo de sistema circulatório (aberto ou fechado), seja quanto ao padrão de vasos sanguíneos que chegam a cada órgão ou até as características do líquido que circulam dentro do sistema. Neste material de apoio abordaremos apenas o sistema circulatório de mamíferos, em especial de humanos, já que o filme “Quase Deuses” aborda tal modelo.

O tipo de sistema circulatório encontrado na grande maioria dos grupos de vertebrados é o mesmo (Figura 1), onde o coração bombeia o sangue para os tecidos que retornam o sangue para o coração, sempre dentro de vasos sanguíneos. Diferentemente dos peixes, os tetrápodes (anfíbios, répteis, aves e mamíferos) possuem dois circuitos de seu sistema circulatório organizados em série, o pulmonar e o sistêmico.

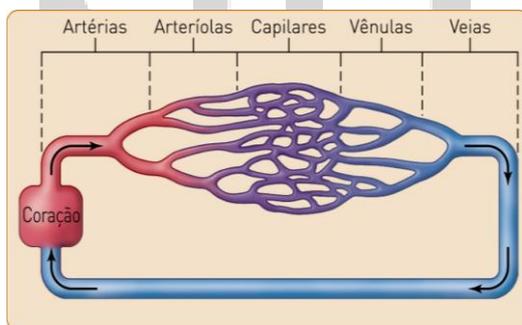


Figura 1 - O plano circulatório dos vertebrados. (Fonte: Moyes & Schulte, 2010)

O lado direito do coração empurra sangue para os pulmões através do circuito pulmonar enquanto que o sangue empurrado do coração no lado esquerdo se desloca para os tecidos corporais no circuito sistêmico (Figura 2). Em mamíferos e aves, os circuitos pulmonares e sistêmicos são completamente separados, mesmo que ambos se conectem dentro do coração. O sangue desoxigenado oriundo do circuito sistêmico e o sangue oxigenado oriundo do circuito pulmonar não se misturam dentro do coração. Uma grande vantagem, destes circuitos serem independentes, é permitir que as pressões sejam diferentes nos circuitos pulmonar e sistêmico. Assim, o sistema circulatório possui baixa pressão nos pulmões, que por sua vez protege os capilares muito finos para permitirem uma boa troca gasosa, e alta pressão ao longo do circuito sistêmico é necessária para garantir o fornecimento de sangue em todos os outros órgãos.

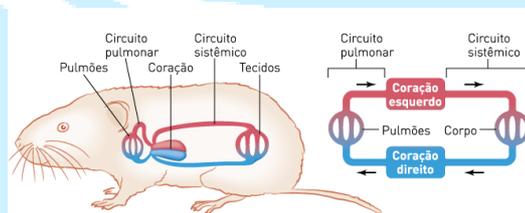


Figura 2 - Circuitos sistêmico e pulmonar de mamíferos. (Fonte: Moyes & Schulte, 2010)

O coração dos mamíferos possui paredes complexas contendo quatro partes principais, o pericárdio, epicárdio, miocárdio e endocárdio. Os mamíferos possuem coração composto por quatro câmaras com paredes relativamente lisas (Figura 3). Ambos os lados do coração, esquerdo e direito (vistos em lados opostos em sua vista ventral) são compostos por um átrio, cujas paredes são finas, e um ventrículo, onde o do lado esquerdo possui paredes mais grossas que o do lado direito. Essa diferença da espessura

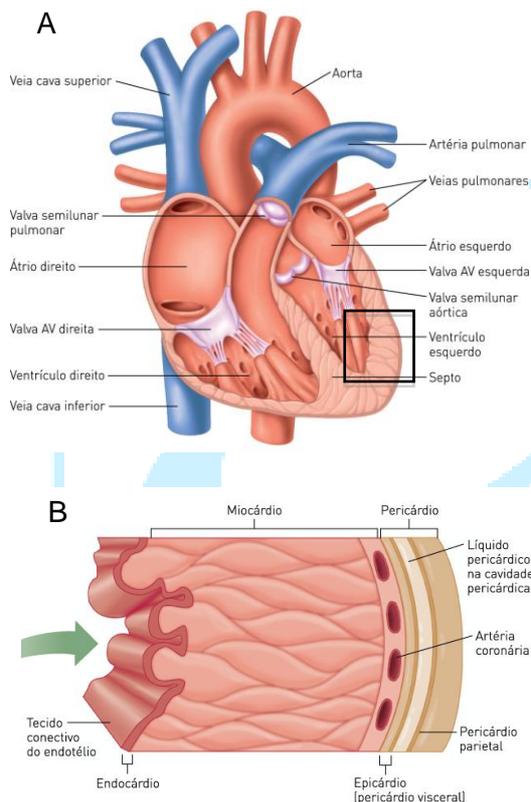


Figura 3 – A – Anatomia interna do coração de mamífero. O sangue flui das veias pulmonares para o átrio esquerdo e depois para o ventrículo esquerdo. O ventrículo esquerdo bombeia sangue para a aorta e o circuito sistêmico do sistema circulatório. O sangue dos tecidos flui através da veia cava para o átrio direito e o ventrículo direito, que bombeiam o sangue para a artéria pulmonar e a circulação pulmonar. O fluxo unidirecional através do coração é garantido por dois conjuntos de valvas. **B – Detalhe da parede complexa do coração de mamífero.** (Fonte: Moyes & Schulte, 2010)

da parede dos ventrículos deve-se ao fato de que, como já vimos, o lado esquerdo bombeia sangue através da circulação sistêmica de maior pressão, portanto o bombeamento deve ser mais forte que do lado direito, que bombeia sangue para a circulação pulmonar de menor pressão. Uma parede espessa, o septo intraventricular, isola os dois ventrículos enquanto que o septo interatrial separa os dois átrios. Os septos são compostos por tecido muscular reforçado por tecido conectivo (Figura 3B).

A tetralogia de Fallot é uma cardiopatia congênita cianótica. Consiste de quatro anormalidades anatômicas, por isso a

denominação “tetralogia”, enquanto que “Fallot” é uma referência ao médico francês Arthur Fallot (1850-1911) que descreveu os detalhes desses defeitos que são responsáveis pela síndrome do bebê azul. A obstrução da via de saída do ventrículo direito (estenose infundibular), um defeito do septo intraventricular, o deslocamento da aorta sobrepondo o septo e a hipertrofia do ventrículo direito (Figura 4). A comunicação interventricular e a estenose infundibular do ventrículo direito determinam as características fisiopatológicas desta síndrome, que constitui a mais comum cardiopatia congênita cianótica.

O subdesenvolvimento infundibular do ventrículo direito resulta no desalinhamento anterior e para a esquerda do septo infundibular, além de determinar o grau de obstrução do trato de saída do ventrículo direito. O desalinhamento septal resulta num amplo defeito no septo interventricular no nível sub-aórtico, ocasionando a sobreposição da aorta sobre o mesmo. A história natural da Tetralogia de Fallot varia de acordo com a severidade da obstrução da via de saída do ventrículo direito, mas 25% das crianças com esta cardiopatia morrem antes do primeiro ano de vida se não tratadas.

A 1ª cirurgia, encenada no filme Quase Deuses, foi realizada em 29/11/1944 em uma menina de 15 meses de idade, com apenas 4,5 kg de massa e crises de hipóxia. O pós-operatório foi tormentoso e a criança faleceu após seis meses de evolução.

Como dito, a téttrade de Fallot é conhecida como a síndrome do bebê azul. Esta associação à coloração azul deve-se ao fato do pigmento respiratório dos mamíferos, a hemoglobina (protéina transportadora de

gases), estar na forma reduzida, ou seja não estar ligado ao oxigênio molecular, mas sim à água, formando a desoxiemoglobina, que possui a cor azul. No momento em que a desoxiemoglobina se liga ao oxigênio molecular forma-se então a oxiemoglobina que passa a ter coloração vermelha, devido a oxidação do ferro ferroso (II).

A hemoglobina é o tipo mais comum de metaloproteínas transportadoras de oxigênio, ou frequentemente chamadas de pigmentos respiratórios, já que os íons metálicos que elas contêm as conferem cor. Além da hemoglobina, existem outras metaloproteínas especializadas em transporte de gases nos animais como a clorocruorina, a hemocianina e a hemeritina. A hemoglobina possui pelo menos uma molécula da família das globinas ligada de forma não covalente a uma molécula heme, a qual consiste em um anel porfirina contendo ferro ferroso no centro.

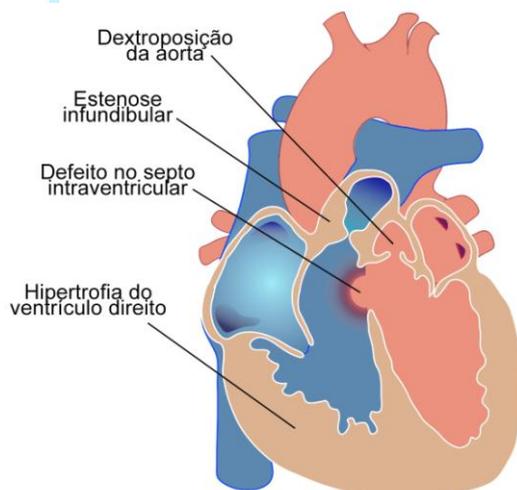


Figura 4 – Anatomia interna do coração com as quatro anomalias características da tetralogia de Fallot.

Respostas das questões

1) O choque traumático é uma condição associada com ferimento severo e, normalmente, envolve grande perda de sangue. É uma condição resultante do estado

complicado de diversas funções vitais do corpo. Há uma perda de volume de sangue, um fluxo de sangue reduzido, ou um suprimento insuficiente de oxigênio. A constrição não é um método eficiente pois controla-se apenas a perda de sangue, enquanto que a pressão sanguínea se mantém baixa decorrente da perda excessiva de sangue.

2) A solução encontrada pelo doutor Blalock para o choque hipovolêmico foi a transfusão de sangue pois ele percebeu que a constrição não era suficiente para retornar a pressão normal. Aumentando o volume sanguíneo aumentava a pressão sanguínea, fazendo da transfusão um tratamento mais eficaz para o choque hipovolêmico.

3) A posição que as crianças cianóticas melhor respiravam era com as pernas flexionadas. Isto porque cria-se uma barreira física que diminui o fluxo sanguíneo para as pernas, concentrando-o na região torácica. Dessa forma, a reoxigenação do sangue acontece mais rapidamente, pois este não percorre o corpo todo antes de retornar ao pulmão, como quando em posição com as pernas esticadas.

4) As crianças cianóticas encontravam em um berço isolado do ambiente externo principalmente devido o suprimento de oxigênio. O berço isolado concentra o oxigênio medicinal para o bebê. Uma outra questão é a troca de calor com o meio externo. Um bebê que perde calor para o meio deve gastar mais energia para manter a temperatura corporal, como uma criança “azul” possui menos oxigênio, logo ela possui menos capacidade de produzir energia (calor).

5) A solução paliativa encontrada pelos cientistas Blalock, Thomas e Taussig foi uma comunicação sistêmica-pulmonar, através de uma anastomose (*shunt*) da artéria subclávia com a artéria pulmonar, o que permite o aumento do fluxo sanguíneo para a circulação pulmonar. Tal técnica é até hoje conhecida na medicina como *shunt* de Blalock-Taussig.

6) As cores estão parcialmente corretas. Parcialmente, pois a cirurgia está sendo realizada em um bebê cianótico, logo, o sangue que chega ao coração não é vermelho, mas sim azul. Entretanto, quando o cirurgião Blalock erra o vaso provocando uma hemorragia que respinga sangue em seu corpo, mesmo que este sangue seja desoxigenado quando confinado, ao entrar em contato com o ar, reage imediatamente com o oxigênio e readquire a coloração vermelha.

7) Sim, a coloração rosada apareceria instantaneamente. A partir do momento que o sangue desoxigenado passa pelo pulmão e é oxigenado, o sangue torna-se vermelho devido a oxidação do ferro ferroso. Como o tempo para o sangue sair do pulmão, retornar ao coração e ser bombeado para todo o corpo é extremamente rápido, menos de 1 min (em repouso), o bebê perde a coloração azul em instantes.

Referências

Aires, M.M. 2008. Fisiologia. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Moyes, C.D. & Schulte, P.M. 2010. Princípios de Fisiologia Animal. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed.

Silverthorn, D.U. 2010. Fisiologia Humana: Uma Abordagem Integrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed.

Realização



NUMEB