

## AULA 14

### MODALIDADES DE ECMO.

A era moderna da cirurgia cardiovascular iniciada por Gibbon em 1953 abriu espaço para numerosas pesquisas que aperfeiçoaram essa tecnologia com relativa rapidez. Apesar das dificuldades que a fase de reduzidos recursos tecnológicos

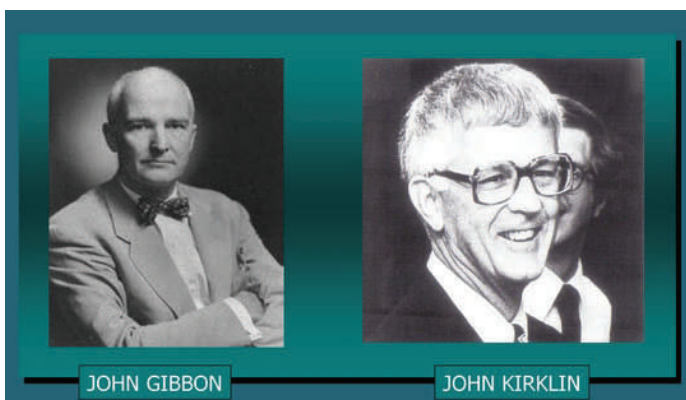


Figura 14.1. John Gibbon e John Kirklin. O criador e o grande divulgador da cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. Kirklin aperfeiçoou a criação de Gibbon.

representou, em 1958, John Kirklin já havia operado com bastante sucesso uma série de 240 pacientes portadores de diversos tipos de doenças cardíacas (Figura 14.1).

A circulação extracorpórea convencional, da forma como era praticada nos seus primórdios, serviu de forte estímulo à busca de variações capazes de permitir o seu uso para a substituição das funções pulmonares, nos casos em que a insuficiência respiratória severa levava os pacientes ao óbito precoce, frente à ineficácia relativa do simples enriquecimento do ar inspirado com oxigênio ou mesmo com a administração de oxigênio puro.

**Tabela 14.1 Eventos mais importantes na história da ECMO para a falência respiratória.**

Datas	Eventos
1965-1975	Tentativas de suportar a respiração de lactentes com oxigenadores de bolhas e de membranas, sem sucesso, realizadas por Dorson et al (1970), White et al ( 1971) e Pyle et al (1975).
1972	Primeiro tratamento com sucesso da síndrome da angústia respiratória do adulto usando circulação extracorpórea parcial durante três dias, feito por Hill et al. (1972).
1975	Primeiro emprego da oxigenação extracorpórea com membranas bem sucedido, realizado na Universidade da Califórnia, Irvine, por Bartlett et al. (1975).
1975-1979	Estudo do Instituto Nacional da Saúde dos Estados Unidos da América do Norte mostrou que em pacientes adultos com insuficiência respiratória a sobrevida foi de 9% nos dois grupos de pacientes, o grupo de tratamento e o grupo controle. (Zapol et al. 1979).
1982	Bartlett et al. Publicaram a obtenção de 23 sobrevidas dentre 45 recém-natos tratados pelo ECMO na Universidade de Michigan, Ann Arbor.
1985-1989	Estudos prospectivos e randomizados de ECMO para falência respiratória neonatal mostraram a superioridade da ECMO sobre a terapia convencional (Bartlett et al. 1985 e O'Rourke et al. 1989).
1986	Gattinoni et al. (1986) publicaram sobrevida de 49% no emprego da remoção de CO2 em pacientes com síndrome da angústia respiratória do adulto.
1988	O tratamento de pacientes adultos selecionados é retomado nos Estados Unidos da América do Norte (Anderson et al, 1992).
1988	O Registro de ECMO publica 715 casos de ECMO neonatal realizados em 18 centros com sobrevida superior a 80% (Toomasian et al, 1988).
1989	Formado o grupo de estudos ELSO (Organização de Suporte Vital Extracorpóreo).
1989	Desenvolvimento e primeiro tratamento com sucesso de neonatos com o uso das cânulas venosas de duplo-lúmen para a ECMO veno-venosa (Zwischenberger et al. 1985 e Anderson et al. 1989).
1990	Sobrevida global de 83% em 3.500 recém-natos com falência respiratória (Stolar et al. 1991).
1992	O registro da ELSO mostra resultados com 46% de sobrevida em 553 pacientes em que o método (ECMO) foi usado para suporte cardíaco após cirurgia cardíaca (Zwischenberger e Cox, 1992).
1993	Registro da ELSO mostra 285 pacientes pediátricos tratados em 52 centros com sobrevida de 49% (O'Rourke et al. 1993).
1994	ECMO com cânulas de duplo lúmen (veno-venoso) mostra maior sobrevida e menor incidência de complicações (Zwischenberger et al. 1994). (Nota: provavelmente influenciado pela seleção dos pacientes; publicações posteriores mostraram que a ECMO veno-venosa e a veno-arterial se equivalem).
1997	Inserção percutânea de cânulas de duplo lúmen para a ECMO veno-venosa (Rich et al., 1998).
1998	Registro da ELSO mostra (ECLS, 1998): 13.138 casos em recém-nascidos com sobrevida de 80%; 1517 casos pediátricos com sobrevida de 53%; 547 casos de adultos com sobrevida de 47% e 2.297 casos pediátricos com suporte cardíaco e 42% de sobrevida.

Nos anos que se seguiram, todas as variáveis envolvidas na circulação extracorpórea convencional foram detalhadamente examinadas e aperfeiçoadas. Ao mesmo tempo, o surgimento de oxigenadores de membranas mais confiáveis permitiu as primeiras experiências clínicas com o seu uso, com a finalidade de ministrar assistência respiratória aos pacientes com as trocas gasosas profundamente comprometidas, em consequência de enfermidades que afetavam a integridade funcional do tecido pulmonar.

As primeiras tentativas de usar a oxigenação extracorpórea como método de assistência respiratória em adultos foram desencorajadoras. A tabela a seguir (tabela 14.1) ilustra a linha do tempo relativa à assistência ventilatória extracorpórea (ECMO) desde as seus primórdios.

A assistência cardiopulmonar extracorpórea prolongada pode ser ministrada de dois modos que diferem substancialmente entre si, desde as indicações, passando pelas técnicas de canulação e os métodos de condução, monitorização e desma-me. Vamos analisar esses dois métodos principais separadamente.

O primeiro, a ECMO denominada veno-arterial é diretamente derivada das técnicas de circulação extracorpórea convencional. Nessa modalidade, o sangue é removido do sistema venoso, oxigenado em um “pulmão artificial” que também remove o excesso de CO<sub>2</sub> e, em seguida, é bombeado no sistema arterial para a perfusão do organismo.

O segundo método, denominado ECMO veno-venosa, é mais simples, porém as suas indicações são mais restritas. Nessa modalidade, o sangue é removido do

sistema venoso e, do mesmo modo que na modalidade anterior, atravessa um oxigenador de membranas onde capta oxigênio e libera dióxido de carbono e, em seguida, impulsionado por uma bomba para o mesmo sistema venoso.

## **ECMO VENO-ARTERIAL**

Os procedimentos de ECMO veno-arterial consistem essencialmente em remover um determinado volume de sangue do sistema venoso do paciente, através de uma cânula inserida na veia jugular interna direita, na maioria das vezes e desviar esse sangue por um tubo plástico para uma pequena bolsa venosa de onde o sangue é aspirado por uma bomba propulsora. Em seguida a bomba impulsiona o sangue através de um oxigenador de membranas (membranas verdadeiras ou membranas capilares) e pelo interior de um permutador de calor onde é aquecido até uma temperatura próxima do paciente. Do permutador de calor o sangue continua o seu trajeto pela linha arterial até a cânula arterial que está inserida na artéria carótida comum direita. A extremidade distal da cânula arterial está, em condições ideais, posicionada no orifício aórtico do tronco braquiocefálico arterial. O sangue oxigenado impulsionado pela bomba alcança a aorta ascendente e se mistura ao sangue arterial bombeado pela sístole do ventrículo esquerdo. A mistura de sangue oxigenado (sangue bombeado pela linha arterial do circuito da ECMO e o sangue bombeado pelo ventrículo esquerdo) é distribuída pelo organismo do paciente como ocorre na circulação normal, para a nutrição (oxigenação e transporte de elementos nutritivos) de todas as células. A figura 14.2 ilustra o circuito clássico da ECMO veno-arterial para neonatos.

A ECMO veno-arterial foi a primeira modalidade utilizada para oferecer assis-

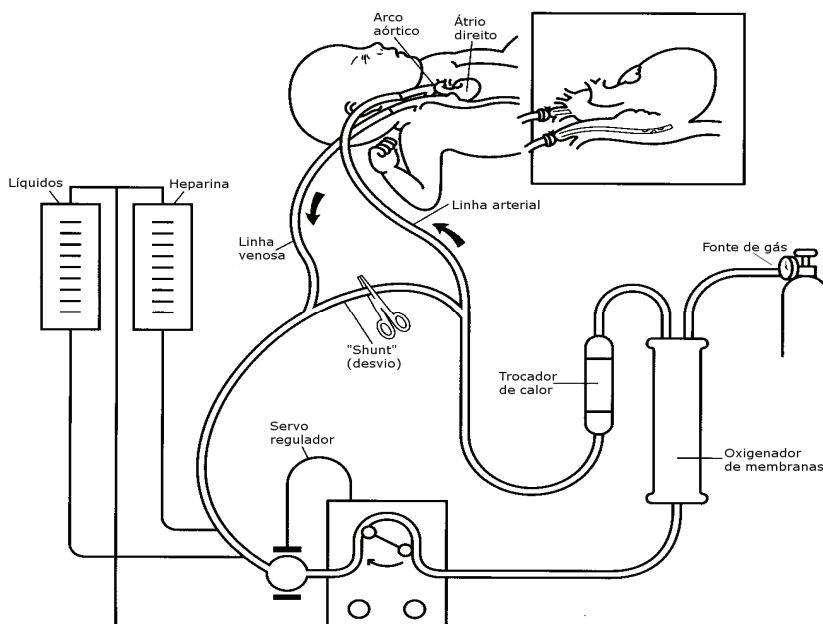


Figura 14.2. Ilustra o circuito classicamente utilizado para os tratamentos com a ECMO Venoso-Arterial.

tência ventilatória e/ou circulatória a pacientes de todas as idades. Uma variedade de fenômenos físicos permite a correta realização desses procedimentos.

Esses fenômenos podem ser expressos pela observação de algumas leis físicas, como a lei de Poiseuille,

que governa o movimento de gases ou líquidos através de tubos. Essa lei enuncia que sob uma pressão constante, o fluxo de um fluido através de um tubo varia diretamente com a quarta potência do raio do tubo. Essa lei, portanto, nos mostra que quanto menor o diâmetro do tubo, tanto maior deverá ser a pressão necessária para movimentar um determinado volume. Além disso, quanto maior o comprimento do tubo tanto maior deverá ser o gradiente de pressão entre as duas extremidades do tubo para mover um determinado volume de fluido.

A lei de Poiseuille nos mostra a importância do diâmetro das cânulas, em particular das cânulas venosas, na determinação do fluxo máximo de sangue que será possível manter através do circuito da ECMO. Quanto maior for o calibre da cânula venosa, respeitando o diâmetro da veia, tanto maior poderá ser o fluxo de sangue impulsionado pelo sistema de ECMO.

Outra lei física que precisa ser criteriosamente observada durante os procedimentos de ECMO é a lei de Charles, que estabelece as relações entre as pressões dos gases e a temperatura. Essa lei enuncia que a uma determinada pressão, o volume de um gás aumenta em proporção direta com a sua temperatura. Desse modo, vemos que ao alterarmos a temperatura do sangue no circuito da ECMO estaremos afetando os gases transportados pelo sangue.

Outro princípio de grande importância é procurar manter a menor quantidade possível de conectores no circuito. Cada conector representa um ponto em que o fluxo do sangue se torna turbulento e, portanto, mais propenso à formação de coágulos.

As equipes com grande experiência em tratamentos com a ECMO conseguem substituir qualquer componente do circuito em cerca de um minuto. Essas equipes eliminam a necessidade dos shunts nos circuitos. Isso representa circuitos mais simples e fáceis de manipular, com menos conectores e, em consequência, com menor propensão à formação de coágulos por redução de turbulências e de estase do sangue.

A ECMO veno-arterial é capaz de oferecer assistência ventilatória mais intensa porque permite desviar para o oxigenador uma substancial parte do retorno venoso ao coração direito. O sangue oxigenado é injetado diretamente na raiz da aorta ou em outro ponto do sistema arterial, sem mistura com sangue venoso. Além disso, ao remover uma significativa fração do retorno venoso, a ECMO veno-arterial diminui consideravelmente o volume de sangue que alcança o átrio e o

ventrículo esquerdos vindo das veias pulmonares. Esse desvio veno-arterial reduz em muito a carga de trabalho do ventrículo esquerdo. Disso decorre que, a ECMO veno-arterial é a técnica de eleição para uso nos casos em que há insuficiência cardíaca associada à insuficiência respiratória.

Quando a assistência circulatória é a indicação primária para o emprego da ECMO, apenas a modalidade veno-arterial deve ser usada.

É sempre oportuno lembrar que as cânulas, especialmente a cânula venosa constitui um dos principais fatores que limitam o fluxo de sangue durante a ECMO. O fluxo de sangue bombeado pelo sistema da ECMO, em geral, oscila entre 60 e 120 ml/kg/min. Cânulas de pequeno diâmetro podem constituir um fator ad-

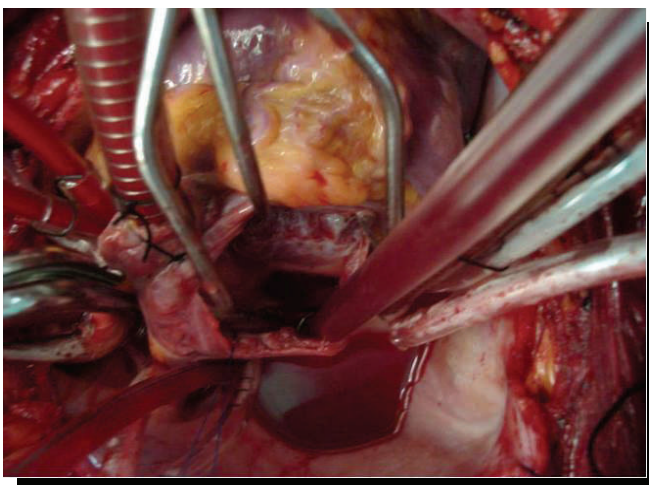


Figura 14.3. Canulação clássica para a circulação extracorpórea convencional. A cânula arterial é inserida diretamente na aorta ascendente. As cânulas venosas são inseridas diretamente nas veias cava superior e inferior, através de bolsas construídas na parede do átrio direito.

verso bastante importante. Há casos em que a necessidade de alcançar um fluxo ótimo para o suporte cardiopulmonar força a utilização de duas cânulas venosas.

Quando a indicação para o suporte cardiopulmonar é a dificuldade de remover pacientes da circulação extracorpórea convencional, a modalidade de ECMO a ser usada é a veno-arterial. A maioria das equi-

pes de cirurgia cardíaca aproveita as canulações já em uso para transformar a circulação extracorpórea no procedimento de assistência cardiopulmonar (figura

14.3). Nesses casos, em geral, o coração apresenta disfunção global, sistólica e diastólica, com contratilidade reduzida. A experiência mostra que esses pacientes também apresentam sangramento mais intenso que a média; apresentam também edema miocárdico que dificulta o fechamento cirúrgico do esterno. A ferida cirúrgica é deixada aberta e a pele é fechada com um retalho de enxerto de gore-tex (politetrafluoroetileno) ou material semelhante. As cânulas são exteriorizadas do mesmo modo que os drenos torácicos.

Os dados da tabela abaixo (Tabela 14.2) representam recomendações genéricas para a composição dos circuitos para uso com a ECMO veno-arterial. (manual pág. 71)

Tabela 14.2. Dados dos circuitos para os diversos pacientes separados por faixas de peso corporal.

CIRCUITOS DE ECMO PARA DIFERENTES PACIENTES							
SUPORTE VENO-ARTERIAL							
Peso (kg)	< 2	2-5	5-10	10-20	20-35	35-70	> 70
Tubos (pol / mm)	1/4" / 6	1/4" / 6	1/4" / 6	3/8" / 9	3/8" / 9	1/2"	1/2"
Tubo da bomba (pol)	1/4"	1/4"	1/4" = 3/8"	3/8" = 1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
Oxigenador (área)	0,4 m <sup>2</sup>	0,8 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	2,5 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup> (2)
Cânula arterial (Fr)	8 - 10	8 - 14	16 - 20	17-21	19-21	19-21	21
Cânula venosa (Fr)	8 - 10	10 - 16	12 - 17	17-19	21-23	23	23

Dados obtidos de: Van Meurs, K. ECMO Specialist Training Manual. Second Edition. ELSO, 1999.

Embora o autor recomende o emprego de dois oxigenadores em paralelo nos pacientes com mais de 70 kg de peso, em nossa experiência e na experiência de diversos outros autores esta conduta não é necessária. Recomendamos iniciar sempre com apenas um oxigenador no circuito e, se a saturação de oxigênio obtida for insuficiente para as necessidades do paciente, um outro oxigenador pode ser acrescentado em paralelo ao primeiro.



## ECMO VENO-VENOSA

A ECMO veno-venosa constitui uma simplificação da modalidade anterior. O sangue é removido do sistema venoso, bombeado através do oxigenador e reintroduzido no sistema venoso. Essa descrição ilustra o fato de que se trata de um sistema paralelo à circulação normal. Tem aplicação em casos de insuficiência respiratória pura, não complicada com insuficiência cardíaca. Uma das grandes vantagens da ECMO veno-venosa é a preservação da artéria carótida.

Para que os fluxos de sangue sejam suficientes para elevar a oferta de oxigênio aos tecidos a ECMO veno-venosa requer algumas variações na escolha dos vasos a serem canulados. Os neonatos e os lactentes podem ser tratados através do uso de cânulas modernas, de paredes finas, com um lúmen duplo (dupla luz), confor-

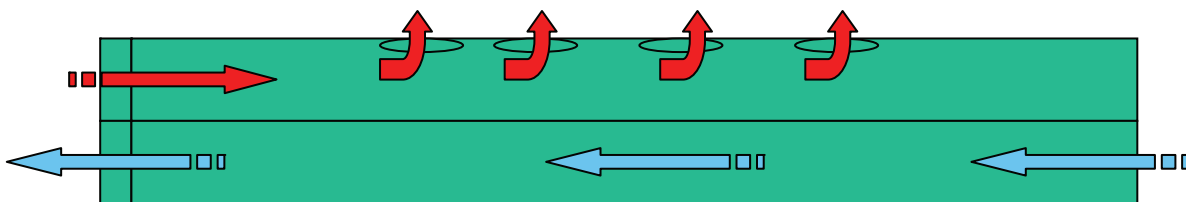


Figura 14.3. Ilustra o duplo lúmen das cânulas venosas modernas. As setas azuis representam o lúmen de aspiração do sangue. O lúmen com vários orifícios atravessados pelas setas curvas vermelhas representa a porção da cânula que retorna o sangue oxigenado ao átrio direito.

me ilustra a figura 14.3. Através de um dos canais o sangue é aspirado do interior do átrio direito. Após a oxigenação extracorpórea o sangue é retornado ao átrio direito pelo outro canal. Os orifícios de entrada e de saída do sangue são distantes um do outro, com o objetivo de minimizar a recirculação do sangue. A mistura final de sangue, após a oxigenação, tem saturação de oxigênio mais baixa, porém suficiente para atender às necessidades metabólicas dos pacientes.

Lactentes, adolescentes e adultos podem necessitar variações da canulação para que um fluxo ótimo seja alcançado. Nesses pacientes o sangue pode ser removido através da canulação de uma veia jugular interna e devolvido ao sistema venoso através da canulação de uma veia femoral. Alternativamente, as duas veias femorais podem ser canuladas para o procedimento. O fluxo de sangue bombeado pelo sistema da ECMO varia em cada paciente e é melhor determinado pela análise do equilíbrio ácido-base e pelos parâmetros que indicam a adequada oxigenação tissular. Pequenas reduções da temperatura corporal podem constituir um adjunto importante ao reduzir as necessidades de oxigênio dos tecidos.

Quando uma ou ambas as veias femorais são canuladas para a drenagem ou para o retorno do sangue, precisamos ter o cuidado de não inserir cânulas obstrutivas que impedem o retorno venoso dos membros inferiores, causam edema e, possivelmente trombozes, devido à estase do sangue. A cânula pode ser inserida através da junção da veia safena interna com a veia femoral. Desse modo é mais fácil poupar a veia femoral, após a remoção da cânula.

Recentemente a indústria colocou no mercado cânulas para adolescentes e adultos com duplo lúmen que permitem empregar a ECMO com a mesma simplicidade com que isso ocorre nos neonatos. A canulação através da veia jugular interna direita, nessas circunstâncias, se mantém como a preferida das equipes.

A figura 14.4 ilustra uma das variações da canulação veno-venosa empregada para os tratamentos com a ECMO.

Nas duas modalidades de ECMO, os circuitos, os oxigenadores e as bombas uti-

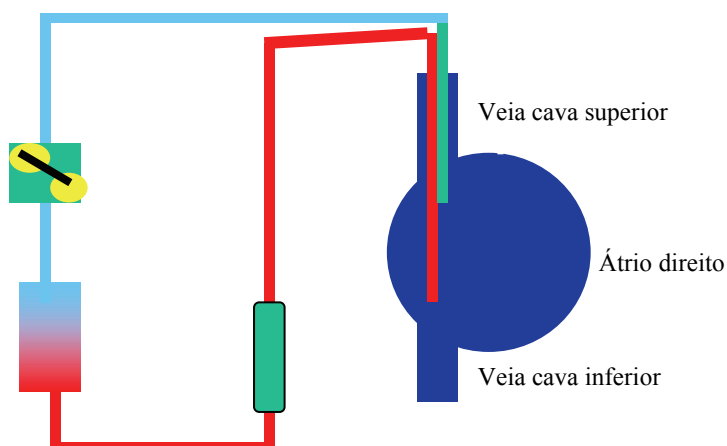


Figura 14.4. Ilustra a canulação da veia cava superior através da veia jugular interna com uma cânula de duplo lúmen (esquemático). A linha venosa vai até a bomba que impulsiona o sangue através do oxigenador e do permutador de calor, para retorno ao átrio direito pelo segundo lúmen da mesma cânula.

lizadas são essencialmente os mesmos. Do mesmo modo, a monitorização, os cuidados gerais e o tratamento dos pacientes não sofrem alterações.

Há, na atualidade, uma forte tendência ao emprego da ECMO veno-venosa sempre que o estado clínico do paciente e, em particular, o estágio de evolução da patologia pulmonar permitam. Essa conduta é especialmente observada dentre as equipes que se dedicam ao emprego da ECMO em neonatos. Se necessário, a ECMO veno-venosa pode ser transformada em ECMO veno-arterial para oferecer suporte cardiopulmonar total.

Há, na atualidade, uma forte tendência ao emprego da ECMO veno-venosa sempre que o estado clínico do paciente e, em particular, o estágio de evolução da patologia pulmonar permitam.