

AULA 11

ASSISTÊNCIA VENTILATÓRIA E CIRCULATÓRIA PROLONGADAS - ECMO / ECLS/ DIFERENÇAS DA CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA CONVENCIONAL.

As observações iniciais e a idéia de John Gibbon, quando ainda era residente de cirurgia, estavam relacionadas à oxigenação extracorpórea do sangue, para que uma equipe cirúrgica pudesse remover os êmbolos que obstruíam os ramos da artéria pulmonar e impediam a circulação do sangue venoso através dos capilares pulmonares, para a realização das trocas gasosas. Apesar disso, o próprio Gibbon, após longos anos de pesquisas e desenvolvimento, usou a circulação extracorpórea para a correção de lesões localizadas no interior do coração. Esse foi o primeiro e mais significativo exemplo do emprego de uma maquinária capaz de substituir simultaneamente as funções do coração e dos pulmões, durante um período de tempo suficiente para que as equipes cirúrgicas possam localizar e corrigir com precisão as lesões intracardíacas existentes. O progresso dessa tecnologia permitiu que lesões das artérias coronárias e lesões localizadas na aorta ascendente e no arco aórtico também pudessem ser corrigidas com o mesmo equipamento.

A aplicação prática da circulação extracorpórea teve início a partir de 1953. Pouco depois surgiram as primeiras tentativas de usar a circulação extracorpórea

para a assistência ventilatória prolongada, em pacientes portadores de lesões pulmonares extensas, porém passíveis de serem revertidas. A circulação extracorpórea praticada na época, após poucas horas de uso, era, por si mesma, causa de complicações hemorrágicas, renais e respiratórias, que impediam o seu uso por mais de algumas horas. Foi necessário aguardar o progresso dos oxigenadores, para que esses aparelhos pudessem ser utilizados por períodos prolongados sem perda de eficiência, promovendo as trocas de gases entre uma mistura gasosa rica em oxigênio e o sangue, fora do organismo ou, em outras palavras, independente das funções do pulmão natural.

Várias tentativas foram feitas, quase sempre em situações desesperadoras, para preservar a vida de pacientes com insuficiência respiratória aguda e severa, com o emprego da circulação extracorpórea.

Paralelamente ao uso da circulação extracorpórea na sala de cirurgia cardíaca, um grupo de pesquisadores examinava as alternativas para a aplicação dessa tecnologia aos pacientes com dificuldades respiratórias de grande magnitude.

Apenas em 1972, Hill e colaboradores conseguiram aplicar o suporte extracorpóreo prolongado com sucesso. O paciente era uma vítima de um acidente com motocicleta que sofreu uma rotura da aorta torácica. Esse paciente foi sustentado pela circulação extracorpórea veno-arterial por um período de três dias. Outros casos esporádicos de sucesso foram registrados nos anos subsequentes.

Em 1976 foi registrado o primeiro sucesso com o emprego da ECMO em recém-natos. Coube a Robert Bartlett, após várias tentativas, obter a primeira sobrevivida ao suporte prolongado com oxigenação extracorpórea. A criança fora abandonada no hospital e, por sua origem latina, foi batizada como "Esperanza" pela equipe de

enfermagem. Esperanza apresentava um quadro severo de doença respiratória do recém nascido e parecia uma candidata lógica ao tratamento com a ECMO porque não respondera aos tratamentos convencionais e não tinha outras patologias associadas, capazes de complicar a sua evolução. Seu quadro pulmonar era perfeitamente reversível e a única grande preocupação foi a necessidade de anticoagulação, pelos riscos de hemorragias.

Pouco antes do relato de Bartlett, descrevendo o emprego da ECMO em recém natos com insuficiência respiratória, Baffes, um cirurgião de Chicago, em 1970, publicou o uso da ECMO em crianças submetidas à cirurgia cardíaca e que não tinham condições hemodinâmicas satisfatórias imediatamente após a correção cirúrgica. A principal indicação do prolongamento da circulação extracorpórea nesses casos eram o baixo débito cardíaco devido à falência ventricular ou crises de hipertensão pulmonar após a correção de cardiopatias congênicas complexas.

ASSISTÊNCIA VENTILATÓRIA

Uma formidável conquista da ciência pode ser observada logo após a segunda guerra mundial (1939-1945) por ocasião da grande epidemia de poliomielite (paralisia infantil). Os pacientes vitimados tinham paralisias de vários tipos e, em muitos casos, a paralisia da musculatura torácica era secundária a danos nos neurônios da medula espinhal. Quando os músculos associados ao sistema respiratório e o centro neuronal medular que controla diretamente a respiração deixam de funcionar, ocorre a morte por asfixia. A paralisia respiratória deve-se ao comprometimento bulbar pela poliomielite e a taxa de mortalidade, nessas condições, podia ultrapassar os 75% dos casos. Drinker e outros autores construíram câmaras em que o paciente era colocado até a altura do pescoço. Essas câmaras produziam pressão negativa que expandia o tórax dos pacientes e, em seguida, as câma-

ras produziam pressão positiva que fazia com que os pulmões eliminassem o ar do seu interior para ser substituído no ciclo seguinte do aparelho. Essas câmaras eram conhecidas como "pulmão de aço" e constituem o grande exemplo de respiração assistida por pressão negativa (Figura 11.1).



Figura 11.1. Ilustra uma enfermaria com grande quantidade de pacientes submetidos à respiração com os "pulmões de aço", durante a grande epide-

O suporte ventilatório em pacientes com insuficiência respiratória passou a ser ministrado através dos respiradores mecânicos que usam a ventilação com pressão positiva, ao contrário dos pulmões de aço. A ventilação com pressão positiva já era um complemento frequente da anestesia geral e o aperfeiçoamento dos respiradores mecânicos permitiu o emprego da ventilação com pressão positiva nas vias aéreas nas unidades de terapia intensiva. Os primeiros respiradores mecânicos eram ciclados por pressão, ou seja, sempre que a pressão nas vias aéreas alcançava um valor pré-estabelecido, terminava a fase de inspiração; a expiração ocorria passivamente. Alguns tipos de respiradores ciclavam conforme o volume

de ar instilado nos pulmões durante a inspiração, enquanto outros eram ciclados eletronicamente. Nesses últimos, um determinado tempo era estabelecido para cada fase do ciclo respiratório.

Apesar da disponibilidade dos respiradores mecânicos, nem sempre esses aparelhos constituem a melhor indicação para os pacientes, adultos ou crianças de qualquer idade, com patologias pulmonares severas. Essas patologias costumam obliterar uma grande quantidade de alvéolos. Em outros casos, as membranas alvéolo-capilares tornam-se espessadas e perdem a permeabilidade. Nessas condições torna-se inútil oferecer oxigênio aos alvéolos porque não há trocas gasosas com o sangue. Esses pacientes mantêm baixa saturação de oxigênio no sangue arterial, insuficiente para a manutenção dos processos vitais, mesmo quando os respiradores mecânicos são maximamente regulados. Até mesmo as modernas técnicas de ventilação de alta frequência são incapazes de prover trocas gasosas eficazes, quando o comprometimento do parênquima pulmonar é extenso. Essas tentativas de elevar o nível de trocas gasosas pelo aumento dos fluxos de gases ou das pressões de enchimento pulmonar além de ineficazes acrescentam injúria aos pulmões, pelo barotrauma que as acompanham.

O termo barotrauma é o mais comumente usado para descrever a injúria pulmonar resultante do uso dos respiradores mecânicos. O barotrauma habitualmente se refere à ocorrência de síndromes de escape aéreo (pneumotórax, pneumomediastino), cuja incidência aumenta à medida que a pressão máxima nas vias aéreas se eleva (Figura 11.2). É necessário um outro termo para definir melhor o que até agora conhecemos como barotrauma porque, na realidade, esse termo também se refere ao estágio final da injúria epitelial e endotelial que levam ao edema pulmonar e escape de proteínas induzidos pela ventilação mecânica com elevados níveis de oxigênio no ar inspirado.

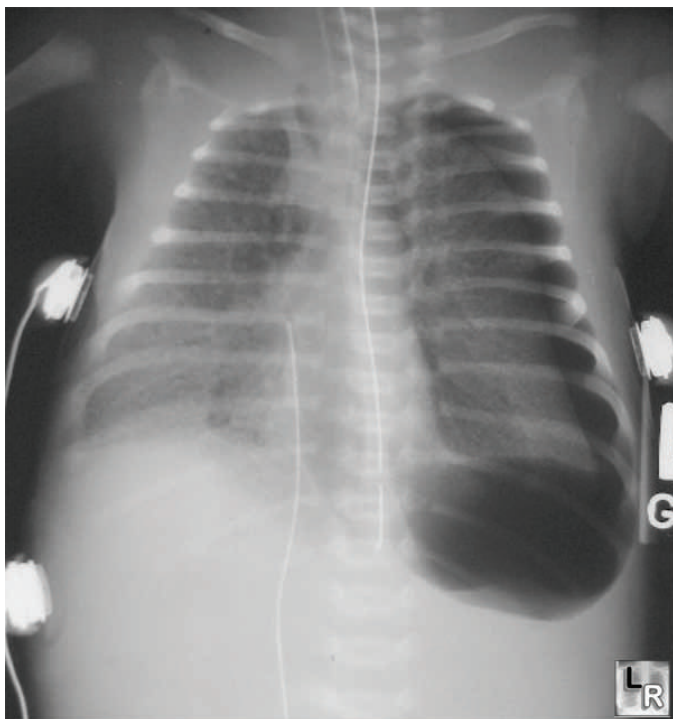


Figura 11.2. A radiografia de tórax mostra a presença de pneumotórax hipertensivo que desvia o coração e o mediastino para a direita. Injúria produzida em paciente intubado e submetido a longo período de ventilação com pressão positiva.

Animais de laboratório ventilados por um determinado tempo com pressão inspiratória máxima elevada sucumbem em hipóxia, após apresentarem edema alveolar difuso e edema perivascular. Animais de grupos controles, ventilados com pressões mais baixas so-

brevivem ao procedimento e não apresentam as alterações alveolares e capilares. A associação de pressão positiva ao final da fase de expiração não modifica substancialmente a ocorrência das lesões descritas sob o termo genérico de barotrauma. Algumas iniciativas em que se empregaram baixas pressões inspiratórias e permitiu-se a manutenção de hipercarbia parecem ter contribuído para retardar o desenvolvimento do barotrauma.

A ocorrência de barotrauma em associação com a doença pulmonar primária agrava substancialmente o quadro clínico. É necessário um balanço entre o tempo de emprego dos respiradores mecânicos, a resposta clínica proporcionada e a possibilidade do desenvolvimento de barotrauma para indicar o tratamento com a ECMO, antes que as lesões do tecido pulmonar se tornem irreversíveis.

Apesar de nos referirmos essencialmente ao emprego dos respiradores mecânicos, não devemos ignorar que essa terapia mecânica é habitualmente associada

ao manuseio global da função ventilatória, como a elevação do tórax, administração de vasodilatadores pulmonares, administração de surfactante e inalação de óxido nítrico, dentre outras medidas disponíveis.

ASSISTÊNCIA CARDIOPULMONAR EXTRACORPÓREA PROLONGADA (ECMO / ECLS)

Apesar de já termos discutido a nomenclatura desse grupo de técnicas, é oportuno lembrar que elas diferem muito mais nos objetivos que perseguem do que na técnica empregada propriamente dita. ECMO e ECLS não são sinônimos, mas referem-se a tecnologias semelhantes. A denominação ECMO é mais antiga e popular; é a sigla para a designação originada do inglês Extracorporeal Membrane Oxygenation, que significa o suporte ventilatório prolongado com oxigenadores de membranas. Como a mesma técnica também pode ser usada para prover suporte a pacientes com insuficiência cardíaca (suporte circulatório) preferiu-se usar a sigla ECLS, mais abrangente, porque quer dizer suporte vital extracorpóreo, como derivado da designação em inglês para Extracorporeal Life Support. O ECLS representa o conjunto de técnicas de circulação extracorpórea utilizadas para a assistência a pacientes que apresentam insuficiência respiratória e/ou insuficiência cardíaca severas, isoladas ou em associação. Portanto, o termo mais moderno, ECLS, é preferido pelos pesquisadores do tema. Entretanto, o termo ECMO desfruta de maior popularidade.

As técnicas de suporte mecânico das funções cardiorrespiratórias costumam receber, como vimos, várias denominações. O uso da máquina coração-pulmão na sala de operações, no modo veno-arterial, para prover suporte cardiopulmonar total para a cirurgia cardiovascular corresponde ao bypass ou desvio cardiopulmonar ou, como é conhecido mais popularmente, circulação extracorpórea. Quando

usada com canulação extra-torácica para propiciar suporte ventilatório prolongado a técnica é denominada ECMO. O suporte ventilatório extracorpóreo é ocasionalmente conhecido como ECLA que deriva do inglês Extracorporeal Lung Assist que quer dizer, simplesmente, assistência pulmonar extracorpórea. Se a técnica é utilizada com a finalidade precípua de remover CO₂ do sangue, a denominação mais usada é ECCO₂R, derivada do inglês Extracorporeal CO₂ Removal que significa simplesmente a remoção extracorpórea de CO₂.

DIFERENÇAS ENTRE A ECMO E A CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA CONVENCIONAL

Apesar das técnicas de Assistência Cardiopulmonar Extracorpórea Prolongada (ECMO e ECLS) terem sua origem nas técnicas da circulação extracorpórea convencional, há uma série de diferenças entre as duas que devem ser consideradas para um melhor entendimento da ECLS em todas as suas variedades.

Os principais aspectos da fisiologia da circulação extracorpórea convencional são bastante conhecidos. Usando a CEC para comparação, as diferenças da ECMO e/ou da ECLS saltam à mente e são facilmente identificadas.

1. Ambiente de utilização.

A. A circulação extracorpórea convencional é usada no centro cirúrgico para a realização de determinados procedimentos de cirurgia cardiovascular ou de outras especialidades cirúrgicas.

B. A ECMO é usada nas unidades de terapia intensiva ou em unidades especializadas destinadas a essa finalidade.

2. Finalidade e duração.

A. A circulação extracorpórea convencional tem a finalidade de oferecer suporte cardiopulmonar total de curta duração, para permitir o acesso cirúrgico ao coração e/ou grandes vasos torácicos para a correção de moléstias cardiovasculares.

B. A ECMO tem a finalidade de oferecer suporte cardiopulmonar parcial de longa duração para suprir as funções respiratórias (ventilatórias) ou circulatórias em estados de falência aguda, porém, potencialmente reversíveis.

3. Canulação venosa.

O sangue venoso dos pacientes é coletado através de uma linha venosa para ser bombeado através do oxigenador de membranas, onde se processarão as trocas gasosas - eliminação de CO₂ e captação de oxigênio.

A. Na CEC convencional, para a cirurgia do coração, o tórax é aberto pela equipe cirúrgica na sala de operações. Uma única cânula calibrosa é inserida no átrio direito para coletar todo o sangue que retorna ao coração pelas veias cavas superior e inferior e pelo seio coronário (retorno venoso da circulação do próprio coração). Alternativamente, através da parede livre do átrio direito (auriculeta e parede lateral), podem ser inseridas duas cânulas separadas, que são direcionadas ao interior de ambas as veias cavas, superior e inferior. A união dessas duas cânulas constitui a linha venosa, cujo sangue (o sangue venoso) traz o CO₂ produzido no organismo para eliminação no oxigenador. O sangue venoso é drenado para um grande reservatório que, por seu turno, também recebe o sangue aspirado do campo operatório, para manter a volemia constante, sem perdas apreciáveis.

B. Na ECMO, o procedimento visa realizar as trocas gasosas fora dos pulmões naturais que estão temporariamente incapacitados para essa função. Não há necessidade de abertura cirúrgica do tórax. O sangue venoso é coletado por uma cânula de calibre adequado para cada paciente, inserida através de uma veia periférica. Nos recém natos, que vamos tomar como exemplo nessa comparação, a veia jugular interna direita é a preferida para a canulação venosa. Uma cânula de calibre adequado é introduzida pela veia jugular interna e progride até que a sua extremidade alcance o interior do átrio direito. A cânula é conectada à linha venosa que recolhe o sangue venoso para as trocas gasosas. Na ECMO, o sangue venoso passa por um pequeno reservatório de muito baixa capacidade, denominado bolsa venosa (bexiga), que tem a finalidade de contribuir para um mecanismo de servo-regulação que mantém o sistema funcionando permanentemente. A bolsa venosa é de pequena capacidade (figura) e não tem a função de reservatório; quando cheia, a bolsa indica que o retorno venoso está adequado e a bomba arterial impulsiona o sangue venoso continuamente, de acordo com o fluxo estabelecido, através do oxigenador. Se o retorno venoso diminui e a bolsa colapsa parcialmente, ela perde o contato com as paredes da caixa que a contém. Nesse instante, a interrupção de um circuito eletrônico reduz a velocidade do rolete da bomba e permite que a bolsa fique cheia novamente. Ao tocar as paredes da caixa o sistema retorna ao funcionamento habitual.

4. Canulação arterial.

Após as trocas gasosas no oxigenador o sangue é retornado ao aparelho circulatório do paciente para distribuição pelo sistema capilar de todos os tecidos, onde cede o oxigênio e capta o dióxido de carbono.

A. Na circulação extracorpórea convencional o sangue é retornado ao sistema

arterial dos pacientes através de uma cânula inserida na aorta ascendente. Quando a aorta ascendente não possui condições anatômicas adequadas para uma canulação segura, uma das artérias femorais é canulada para o retorno do sangue oxigenado ao paciente. Alternativamente, uma artéria axilar pode ser usada. Outras opções são mais raramente empregadas.

B. Na ECMO neonatal, o retorno do sangue arterial é feito pela canulação da artéria carótida comum direita. Uma incisão feita no pescoço, ao nível da borda anterior do músculo esternocleidomastoideo permite a exposição dos vasos cervicais direitos. A porção distal da artéria carótida comum é ligada e a porção proximal é canulada para o retorno arterial. Muitas equipes preferem canular os vasos ao nível do pescoço utilizando uma pequena incisão transversal. É importante que a extremidade da cânula seja posicionada na origem aórtica do tronco braquicefálico, sem penetrar muito na aorta ascendente.

5. Função do coração.

A. Na circulação extracorpórea convencional o coração, dependendo da operação proposta, é parado mediante a administração de uma solução cardioplégica injetada na raiz da aorta ou diretamente nos óstios coronarianos, para promover a parada instantânea da atividade eletromecânica do coração e proteger o miocárdio contra injúria eventualmente produzida por períodos de isquemia miocárdica.

B. Na ECMO o coração é mantido funcionando e, em geral, continua responsável pelo bombeamento de uma fração do débito cardíaco, enquanto a outra parte do débito é injetada mediante propulsão pela bomba extracorpórea. Na modalidade veno-venosa do ECMO todo o volume de sangue oxigenado é impulsionado pelo coração natural.

6. Reservatórios venoso e de cardioplegia.

A. Na circulação extracorpórea convencional o reservatório de cardioplegia é fundamental, para coletar e filtrar o sangue aspirado do campo operatório, além de servir como um componente capaz de armazenar volume de reserva, para os casos em que volume adicional seja necessário ao paciente. O reservatório de cardioplegia armazena a solução que mantém o coração sob parada eletromecânica pelo tempo necessário para a realização da operação.

B. Na ECMO os dois reservatórios são desnecessários e nunca fazem parte do circuito básico.

7. Presença de ar no circuito.

A. Na circulação extracorpórea convencional há aspiração de ar continuamente, junto com a aspiração do sangue do campo operatório. Ocasionalmente, ar pode ser produzido no interior do oxigenador, devido à velocidade das trocas térmicas e aos gradientes de temperatura.

B. Na ECMO nunca há aspiração de ar ou sangue.

8. Fluxos da perfusão.

A. Na circulação extracorpórea convencional os fluxos da bomba arterial são baixos. Apenas o necessário para suprir as necessidades do indivíduo em repouso, sob anestesia geral e, muitas vezes, em hipotermia.

B. Na ECMO os fluxos utilizados para a perfusão dos tecidos são elevados. De-

vem ser suficientes para suprir todas as necessidades metabólicas do indivíduo acordado, levemente sedado ou sob relaxamento farmacológico e em repouso à temperatura normal.

9. Anticoagulação.

A. Devido à complexidade do circuito, à realização de cirurgias e grande liberação de tromboplastina dos tecidos, há necessidade de anticoagulação mais intensa para evitar a formação de coágulos no circuito extracorpóreo. O tempo de coagulação ativada (TCA) deve ser mantido acima de 460-480 segundos. Algumas equipes preferem manter o TCA acima de 600 segundos, especialmente se associam substâncias antifibrinolíticas, como a aprotinina (Trasylo).

B. Na ECMO, de um modo geral, são utilizadas doses menores de heparina. O tempo de coagulação ativada pelo celite deve ser mantido entre 120 e 180 segundos, em condições "ideais". Um TCA máximo de 240 segundos é preconizado pela maioria dos serviços de ECMO. É preciso ter em mente que há sempre um risco de hemorragias nesses pacientes. A heparina, especialmente em doses elevadas, pode produzir ou potencializar as hemorragias, particularmente as hemorragias cerebrais em pacientes recém natos.

10. Temperatura dos pacientes.

A. Na circulação extracorpórea convencional, muitas vezes, a equipe cirúrgica precisa socorrer-se da hipotermia para reduzir as necessidades metabólicas e/ou proteger os tecidos nobres contra eventuais injúrias produzidas por períodos de isquemia ou hipóxia intencionalmente produzidos.

B. Na ECMO os procedimentos são sempre realizados à temperatura normal do organismo.

11. Uso de aspiradores e reinfusão do aspirado ao paciente.

A. Na circulação extracorpórea convencional a aspiração do sangue do interior das cavidades cardíacas e do sangue extravasado no campo operatório pode ser intensa, especialmente nas cardiopatias congênitas cianóticas. Essa aspiração é uma importante causa de traumatismo ao sangue e conseqüente hemólise e hemoglobinúria.

B. Na ECMO não há montagem de aspiradores no circuito; a aspiração é inexistente.

12. Hematócrito e transporte de oxigênio.

A. Na circulação extracorpórea convencional o hematócrito é intencionalmente baixo, como resultado da hemodiluição. O transporte de oxigênio pode ser reduzido e essa redução compensada pela indução de hipotermia que reduz as necessidades de oxigênio dos tecidos resfriados.

B. Na ECMO o hematócrito é mantido na faixa normal. As transfusões de sangue ou de seus subprodutos são criteriosamente avaliadas e ministradas sempre que necessário, para manter o transporte de oxigênio aos tecidos em níveis adequados.

13. Outros parâmetros de comparação.

A. Na circulação extracorpórea convencional, determinadas condutas são absolutamente indispensáveis ou, pelo menos, podem ser utilizadas quando necessário, como por exemplo, a hipotermia, a parada circulatória hipotérmica, a parada eletromecânica do coração por meio das soluções cardioplégicas e variações agudas da volemia.

B. Na ECMO, a hipotermia, a parada circulatória hipotérmica e a parada eletromecânica do coração constituem eventos capazes de requerer intervenção imediata e são, frequentemente, fatais.

CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS DA ECMO

Podemos, agora, enumerar um conjunto de características que tornam a ECMO um procedimento bastante diferenciado da circulação extracorpórea convencional. Os procedimentos de assistência cardiopulmonar extracorpórea (ECMO / ECLS) utilizam o bypass parcial, instalado mediante canulação extra-torácica, com fluxo sanguíneo, temperatura e hematócrito normais, para suprir todas as necessidades metabólicas dos pacientes. A anticoagulação é de baixa intensidade e criteriosamente titulada para evitar a formação de coágulos ou o desenvolvimento de hemorragias. O circuito da ECMO não possui um reservatório venoso e um reservatório de cardiectomia. Os pacientes são mantidos despertos ou levemente sedados embora, ocasionalmente recebam drogas curarizantes. Além da ventilação, a nutrição, as funções cardiovasculares e renais e a profilaxia de infecções são rotineiramente cuidados. A resposta inflamatória sistêmica do organismo sobrepõe-se à doença pulmonar e, muito frequentemente, contribui para compor um quadro polimorfo que requer cuidados especiais. Além disso, há a expectativa de dias ou

semanas de duração. A necessidade de inotrópicos é variável e o desmame é lento e progressivo, podendo durar muitas horas ou alguns dias.

Apesar de constituir um recurso de grande importância no cenário das unidades que tratam de doenças agudas, como as unidades de terapia intensiva e as unidades de emergência, a importância das técnicas de assistência cardiorpulmonar extracorpórea prolongada ainda não foi objeto de uma avaliação completa. A cada dia surgem novas e críticas publicações e relatos de novas situações em que a ECMO ou a ECLS foram essenciais à sobrevivência de pacientes que, de outra forma, não teriam condições de superar suas doenças.

Nos dias atuais, emerge um fato até certo ponto previsível: a gravidade dos pacientes apresentados às equipes de ECMO para tratamento aumenta consideravelmente, à medida que novos recursos terapêuticos vão surgindo e sendo incorporados ao arsenal das unidades de terapia intensiva.

A manutenção da vida com o auxílio da ECMO tem sido proposta, inclusive, como "ponte" para transplantes, em unidades onde essa modalidade terapêutica está disponível. Todos esses fatos indicam a necessidade, cada vez mais acentuada, da presença de especialistas em ECMO / ECLS nos hospitais modernos. O emprego das diversas modalidades de ECMO representa o próximo passo no desenvolvimento tecnológico das unidades de terapia intensiva.