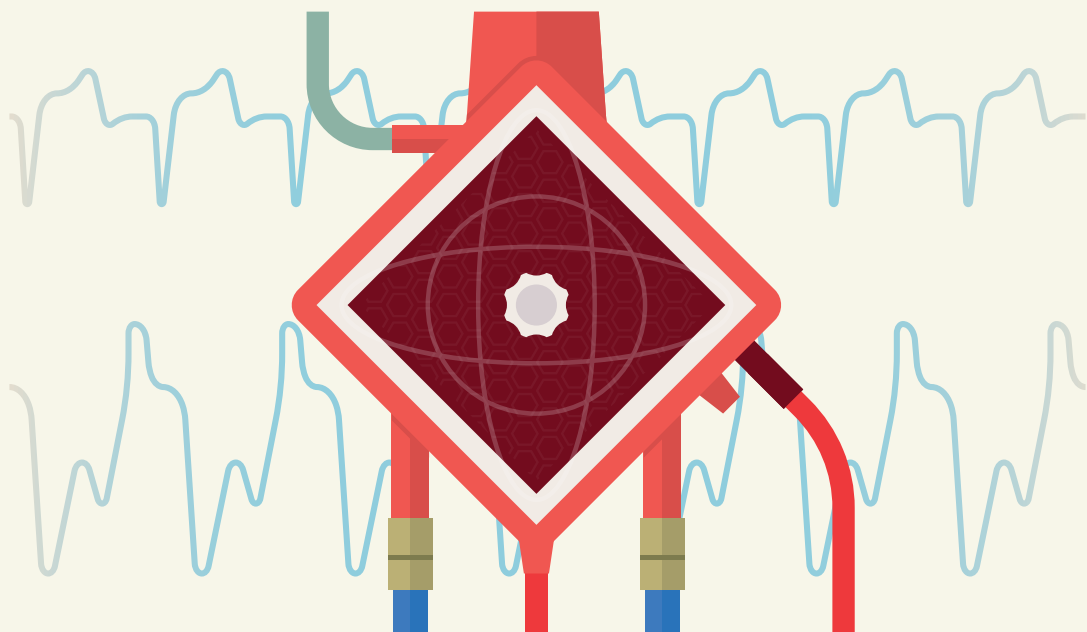


MANUAL^{DE} ECMO

coordenação:
FERNANDO ALVES



ÍNDICE

Autores	VII
Prefácio	IX
<i>Patrícia Cardoso</i>	
Siglas e acrónimos	XI
1 DEFINIÇÃO	1
Evolução histórica	1
Definição	3
2 FISILOGIA	5
Princípios fisiológicos das trocas gasosas	5
Princípios fisiológicos da ECMO	9
3 MODALIDADES	15
3.1 Modalidade venovenosa	16
Indicações/Contraindicações	16
Fisiologia	18
Hemodinâmica	19
Canulação	20
Recirculação	23
Gestão de suporte	25
3.2 Modalidade venoarterial	29
Indicações/Contraindicações	29
Fisiologia	30
Hemodinâmica	30
Canulação	31
Reperusão arterial	33
Síndrome norte-sul	36
Sobrecarga ventricular esquerda	38
Gestão do suporte	39
4 COMPONENTES	43
Cânulas	43
Circuitos	45
Bombas de sangue	45
Membrana permutadora de gases	48
Unidade permutadora de calor	49
Fontes de O ₂ /ar comprimido	50
Sensores de fluxo: pressão/ar	51
5 PROCEDIMENTO	53
Princípios gerais	53
<i>Priming</i> do circuito	53
Início da técnica de suporte	63

VI • Manual de ECMO

Estabilização e monitorização	63
Farmacocinética no doente em ECMO.....	69
Desmame	70
<i>Trial off</i>	71
Descanulação	73
Referenciação do doente dependente de ECMO	74
6 COMPLICAÇÕES/RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	79
Complicações mecânicas/do equipamento	79
Complicações clínicas	85
Complicações relacionadas com o doente	88
7 INTERVENÇÕES DE ENFERMAGEM AO DOENTE EM ECMO	93
Intervenções de enfermagem antes da inserção das cânulas.....	93
Monitorização do doente em ECMO	94
Procedimentos de emergência	111
Descanulação	112
8 ECMO NA COVID-19	115
Síndrome de desconforto respiratório agudo (ARDS).....	115
ARDS e ECMO.....	120
Perspetiva da utilização da ECMO na COVID-19.....	121
Índice remissivo	129

AUTORES

COORDENADOR/AUTOR

Fernando Alves

Doutorando em Ciências de Enfermagem no Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar. Mestre em Ciências de Enfermagem pelo Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar. Curso de Pós-Licenciatura de Especialização em Enfermagem Médico-Cirúrgica pelo Instituto Politécnico de Saúde do Norte. Título de Especialista na Área Científica de Enfermagem pelo Instituto Politécnico de Saúde do Norte. Enfermeiro Gestor no Serviço de Medicina Intensiva Polivalente do Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE. Enfermeiro com a categoria de Especialista em Enfermagem Médico-Cirúrgica nos serviços de Unidade de Cuidados Intensivos de Cirurgia Cardiorotáca e de Cardiologia do Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE. Professor Assistente na Escola Superior de Saúde Jean Piaget/Vila Nova de Gaia. Professor Convidado na Escola Superior de Saúde Santa Maria.

AUTORES

Andreia Manso

Enfermeira Especialista em Enfermagem Médico-Cirúrgica. Enfermeira Pós-Graduada em Enfermagem no Perioperatório. Enfermeira no Serviço de Medicina Intensiva Polivalente do Centro Hospitalar Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE.

Carla Sampaio

Enfermeira Gestora no Centro Hospitalar Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE.

Daniel Caeiro

Cardiologista e Intensivista. Responsável pela Unidade de Cuidados Intensivos de Cardiologia.

Filipe Lourenço

Perfusionista do Serviço de Cirurgia Cardiorotáca no Centro Hospitalar Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE.

Igor Milet

Mestre em Urgência Emergência pela Universidade Autónoma de Barcelona. Retor do Serviço Medicina Intensiva Polivalente do Centro Hospitalar Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE. Assistente Hospitalar de Medicina Intensiva.

Marta Monteiro

Enfermeira de Cuidados Intensivos Polivalentes no Centro Hospitalar Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE.

José António Pinho

Enfermeiro Gestor da Unidade de Cuidados Intensivos do Centro Hospitalar Universitário de Santo António. Professor Doutor na Escola Superior de Saúde do Politécnico do Porto.

Nelson Paulo

Assistente Hospitalar Graduado de Cirurgia Cardiotorácica no Centro Hospitalar De Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE.

Raquel Coelho

Enfermeira Especialista no Serviço de Medicina Intensiva Polivalente do Centro Hospitalar Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE.

PREFÁCIO

A oxigenação e promoção da circulação externamente são possibilidades científicas fantásticas. Se dúvidas houvesse, a ciência prova-nos que, mais uma vez, corre veloz em prol da nossa longevidade.

O profissional de saúde atento, rigoroso e perito toca no ecrã, aciona dispositivos, calibra sensores, clampa e conecta um corpo humano, maioritariamente despidido de ação, a um complexo circuito de engenharia.

A ciência médica, a bioquímica e a engenharia mecânica resolveram unir as suas sinergias e pôr em prática a técnica de oxigenação por membrana extracorporeal (ECMO, do inglês *extracorporeal membrane oxygenation*), num processo de melhoria crescente, desde o século XVII. A possibilidade de vida aumentou e a ECMO encontra-se aqui explanada em forma de livro, dirigido aos peritos que a ela se dedicam.

A leitura deste livro eleva o profissional para a dimensão do “fazer a diferença” em número de vidas. É o “fazer bem” aliado ao “fazer bem feito”. Os que já usufruíram da técnica de ECMO testemunham uma existência inatacável em valor de vida.

Não se descreve neste livro apenas como fazer, indo-se mais além. Permite-se que a ciência acompanhe a prática da canulação e possibilita-se a partilha do *know-how* e a capacitação de muitos que se dedicam à área.

A ECMO é uma técnica que suporta as funções de órgãos vitais quando estes já não estão capazes. A falência cardiovascular ou pulmonar pode ocorrer de forma abrupta ou previsível e, outrora, facilmente significaria a morte, mas encontra nesta técnica uma possibilidade de reversão. O circuito de ECMO permite ao ser humano que os pulmões se mantenham a funcionar, por ação externa, e possibilita que o coração mantenha a sua contractilidade.

Se a ciência e a indústria não tivessem acompanhado esta possibilidade, o crescimento desta técnica não se tinha convertido em sorrisos de vidas humanas. Fazê-lo com segurança, domínio técnico, *expertise* e qualidade não é para todos.

Ao folhear todas estas páginas, imagens e sistematização do como fazer, o leitor é transportado/guiado para a curiosidade da prática em contexto assistencial, e, como sabemos, quando o conhecimento se encontra com a prática, a competência cresce e acontece. Bem-haja aos autores.

Patrícia Cardoso

Enfermeira Diretora no Centro Hospitalar Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE

1 DEFINIÇÃO

EVOLUÇÃO HISTÓRICA

No século XIX, o interesse dos fisiologistas na circulação do sangue voltou-se para o estudo de órgãos isolados. Muitos dos estudos realizados nessa época lançaram as bases para o futuro desenvolvimento da circulação extracorporeal (CEC) (Passaroni et al., 2015). Neste capítulo, será feita uma resenha histórica, com os factos datados mais importantes no desenvolvimento da técnica de oxigenação por membrana extracorporeal (ECMO, do inglês *extracorporeal membrane oxygenation*).

1813: Le Gallois formulou o primeiro conceito daquilo que constituiria uma circulação artificial do sangue (Passaroni et al., 2015).

1828: Kay demonstrou que a contratilidade do músculo poderia ser restaurada através da perfusão com sangue (Passaroni et al., 2015).

1848-1858: Brown-Séguard obteve sangue “oxigenado” agitando-o com ar, destacando a importância do sangue na solução de perfusão para obter a atividade neurológica nas cabeças de mamíferos (Passaroni et al., 2015).

1868: Ludwig e Schmidt construíram um dispositivo que poderia infundir sangue sob pressão, permitindo, assim, melhorar a perfusão de órgãos isolados para estudos (Passaroni et al., 2015).

1882: Von Schroeder desenvolveu e construiu o primeiro protótipo de uma bolha primitiva, designada de “oxigenador”, que consistia numa câmara que continha o sangue venoso; borbulhava-se ar para a câmara e convertia-se o sangue venoso em sangue arterial (Passaroni et al., 2015).

1885: Von Frey e Gruber desenvolveram um sistema coração/pulmão, em que a solução de perfusão poderia ser oxigenada sem interromper o fluxo de sangue, uma conquista que não tinha sido tentada pelo seu antecessor, von Schroeder (Passaroni et al., 2015).

1916: Howell e McLean descobriram a heparina enquanto estudavam extratos de fígado de animais. Esta descoberta foi importante em estudos, tanto *in vivo* como *in vitro*, que foram realizados com sucesso, sobre a inibição da coagulação (Passaroni et al., 2015).

1931: John Gibbon idealizou o conceito de *bypass* cardiopulmonar no tratamento do embolismo pulmonar (Brogan et al., 2017).

1934-1946: John e Mary Gibbon desenvolveram e aperfeiçoaram o primeiro equipamento coração/pulmão (Sinard & Bartlett, 1990).

1953: John Gibbon (como cirurgião principal) e **Mary Gibbon** (como perfusionista) realizaram, com sucesso, a primeira cirurgia cardíaca com CEC (Brogan et al., 2017).

1957: Crafoord, Norberg e Senning desenvolveram um novo oxigenador, consistindo em múltiplos rolos giratórios, cuja rotação facilitava a exposição do sangue ao oxigénio (Passaroni et al., 2015).

1971: Donald Hill foi responsável pelo primeiro caso de sucesso de ECLS (*extracorporeal life support*) em humanos por ARDS (*acute respiratory distress syndrome*) (venovenoso), usando um oxigenador Bramson em Santa Bárbara (Sangalli et al., 2014).

1972: Robert Bartlett foi responsável pelo primeiro caso de sobrevivência com suporte ECMO aplicado na falência cardíaca em criança de dois anos de idade (venoarterial) (Kapoor, 2014; Brogan et al., 2017).

A troca de O_2 e CO_2 é, então, acionada por gradientes de difusão, causada pela diferença de pressões parciais de gases entre ambientes. O gás move-se de uma área com maior pressão para uma área com menor pressão. No ar inspirado, as pressões parciais do gás oxigénio (PO_2) e dióxido de carbono (PCO_2) no ar atmosférico são, respetivamente, na ordem dos 160 mmHg e 0,23 mmHg, como se pode verificar na **Tabela 2.1**.

Tabela 2.1 • Concentração O_2/CO_2 .

Gás	Concentração no ar	Fração × pressão atmosférica	Pressão parcial
O_2	21%	$0,21 \times 760$ mmHg	= 160 mmHg
CO_2	0,03%	$0,003 \times 760$ mmHg	= 0,23 mmHg

À nível alveolar, na **Figura 2.1** também é possível verificar as diferenças de pressão fisiológica em que ocorrem as trocas gasosas.

É importante ainda, para a compreensão das trocas gasosas e do transporte do O_2 , abordarmos quatro conceitos, nomeadamente:

1. Conteúdo arterial de O_2 (CaO_2): é a quantidade total de O_2 existente no sangue arterial (Brogan et al., 2017a). É um parâmetro relevante na gestão do suporte de oxigenação do doente em ECMO (**Quadro 2.1**).

- Pressão parcial arterial de oxigénio (PaO_2): volume de O_2 dissolvido fisicamente no plasma;
- Saturação de oxigénio ($SatO_2$): percentagem de O_2 que poderia ser transportada, se toda a hemoglobina (Hgb) transportasse a quantidade máxima possível de O_2 ;
- Teor de O_2 : é o conjunto dos dois parâmetros (PaO_2 e $SatO_2$), representando o total de O_2 disponível para ser utilizado pelos tecidos. Está sempre dependente da PaO_2 , da $SatO_2$ e da Hgb (Brogan et al., 2017a).

Quadro 2.1 • Fórmulas de cálculo de teor de O_2 .

• Teor de O_2 arterial – CaO_2 (cc/dl) = $Hgb \times 1,34 \times Sat.Ar.O_2 + (Pa.Ar.O_2 \times 0,003)$
• Teor de O_2 venoso – CvO_2 (cc/dl) = $Hgb \times 1,34 \times Sat.Ven.O_2 + (PaVen.O_2 \times 0,003)$
• Relação O_2 arterial/venoso (quantidade de O_2 utilizado) – $Ca-CvO_2$ (cc/dl) = $Hgb \times 1,34 \times (SatO_2 art - ven) + [(PaO_2 art - ven) \times 0,003]$

2. Entrega de O_2 (DO_2): é a quantidade de O_2 entregue aos tecidos a cada minuto, sendo efetuada através do plasma (2%) e da Hgb (98%) (Brogan et al., 2017a). Para aumentar a DO_2 : ↑ fluxo sanguíneo e ↑ Hgb. A oxigenação dos tecidos depende do balanço entre a distribuição e o consumo de O_2 (**Quadro 2.2**).

Quadro 2.2 • Descrição de DO_2 .

• Descrição de DO_2 – DO_2 (cc/min) = $Hb \times 1,34 \times SatO_2 art + (PaO_2 art \times 0,003) \times DC$ ou fluxo (dl)
• Simplificada – DO_2 (cc/min) = Teor de O_2 art $\times DC$ ou fluxo (dl)

DC: débito cardíaco

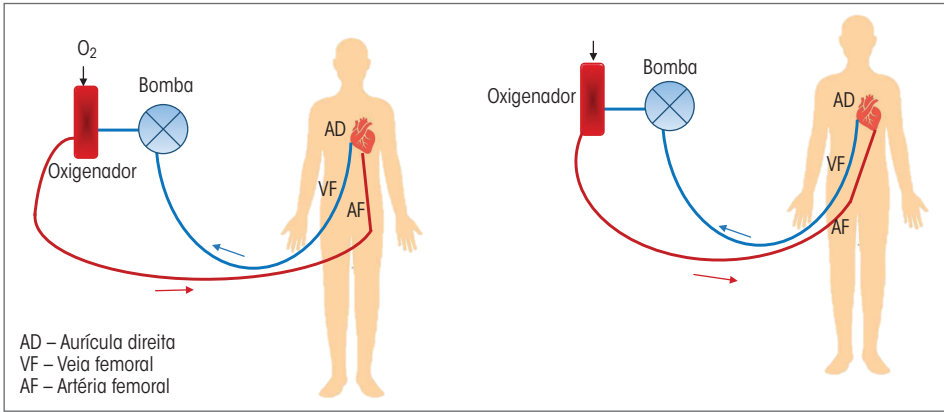


Figura 3.2.4 • Canulação periférica. Adaptado de Ostadal et al., 2018.

No **Quadro 3.2.2** são apresentadas as principais vantagens e desvantagens da canulação periférica.

Quadro 3.2.2 • Vantagens e desvantagens da canulação periférica.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Grande calibre • Menor risco de acidente vascular cerebral (AVC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Isquemia do membro • Síndrome norte-sul • Risco de laceração arterial e ou venosa • Pseudoaneurismas (Sangalli et al., 2014)

Se a drenagem for inadequada através da via femoral, outra cânula pode ser introduzida, por exemplo, através da veia jugular, e conectada por um conector em Y à secção de entrada do circuito de ECMO, como é demonstrado na **Figura 3.2.5** (Ostadal et al., 2018).

REPERFUSÃO ARTERIAL

A canulação periférica está associada a uma maior taxa de complicações vasculares. São vários os mecanismos subjacentes ao desenvolvimento destas complicações, incluindo perfusão arterial subótima e instabilidade hemodinâmica devido à doença subjacente, doença vascular periférica e inserção de cânulas que ocluem quase a totalidade do vaso. Na **Figura 3.2.6** são apresentados sumariamente os mecanismos multifatoriais que determinam o desenvolvimento de isquemia do membro na modalidade VA periférica (Bonicolini et al., 2019).

O efeito da lesão da artéria femoral e/ou redução significativa da perfusão do membro pode ser devastador, uma vez que a isquemia do membro pode conduzir à síndrome compartimental, por vezes com necessidade de fasciotomia e, ocasionalmente, até amputação do membro. A literatura sobre este assunto é altamente fragmentada e não existem recomendações claras. Assim, as estratégias adotadas para gerir esta complicação variam muito, desde a colocação preventiva de cânulas de perfusão distal anterógrada, como é exemplificado na **Figura 3.2.7**, até intervenções de resgate e cirurgia vascular após a manifestação da complicação (Bonicolini et al., 2019).

À medida que a função cardíaca vai recuperando, são perceptíveis alterações nas curvas de pressão arterial (sistólica e diastólica), e as pressões de enchimento começam a demonstrar tolerância a fluxos menores (ECMO) (Mossadegh & Combes, 2017). Na presença de uma função pulmonar recuperada ou em recuperação (oxigenação e depuração de CO₂ aceitáveis), o desmame deve começar a ser considerado (Ostadal et al., 2018).

Na **Figura 3.2.13** é apresentado o algoritmo de gestão dos doentes alvo de ECMO na configuração VA.

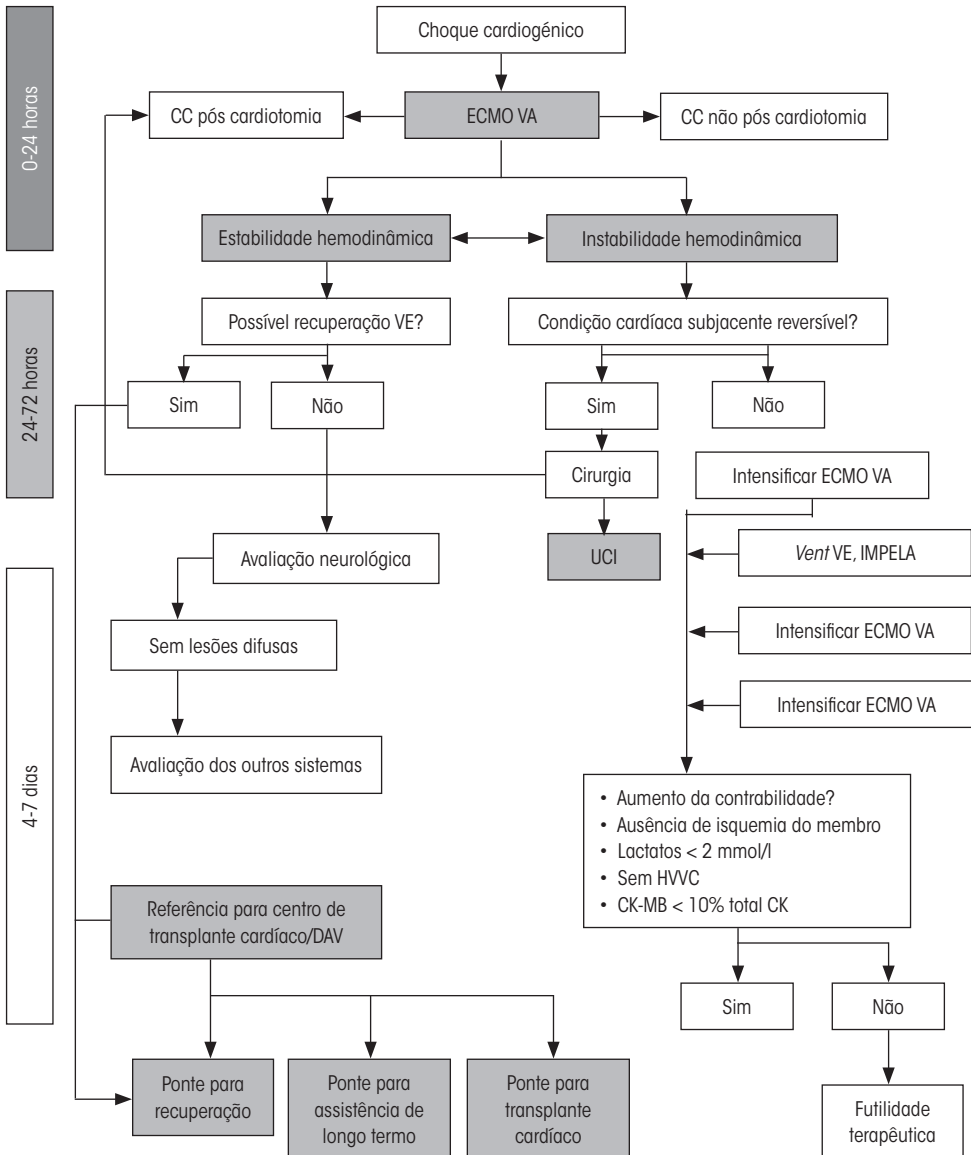


Figura 3.2.13 • Algoritmo de gestão do doente em ECMO VA. CC: choque cardiogénico; VE: ventrículo esquerdo; VD: ventrículo direito; DAV: dispositivo de assistência ventricular; HVVC: hemodíalise venovenosa contínua.

Adaptado de Kowalewski et al. (2021).

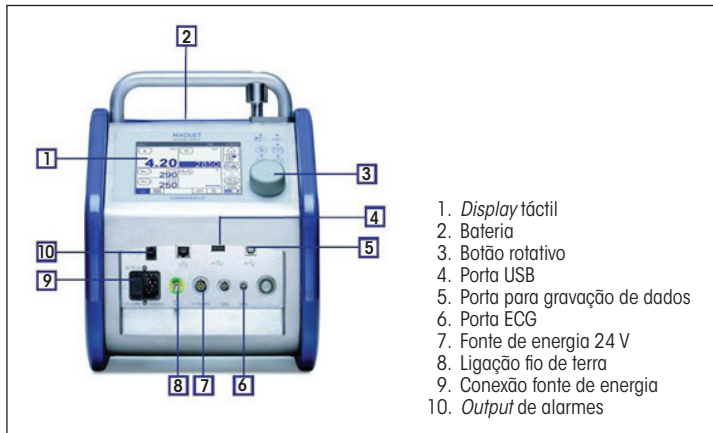


Figura 4.6 • Visão frontal do dispositivo de Cardiohelp legendada. Fonte: MAQUET Getinge Group, 2015. ECG: electrocardiograma.

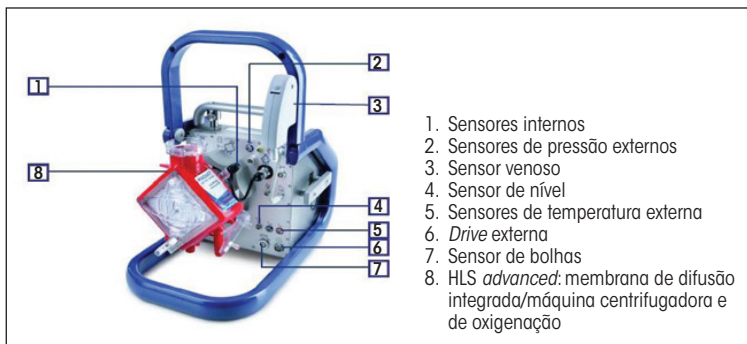


Figura 4.7 • Visão posterior do dispositivo de CardioHelp legendada. Fonte: MAQUET Getinge Group, 2015. HLS: *heart lung support*.

90 minutos (quando totalmente carregada) e uma unidade de emergência. Além disso, o Cardiohelp pode ser executado em modo de emergência especial. Tem também a opção de bloqueio de *display* automático, que evita operações acidentais e alterações de configuração (MAQUET, 2021).

É de salientar também a *drive* de emergência, que consiste numa bomba manual conectada ao sistema, sendo essencial aquando do início de ECMO. Este componente extra, mas não menos importante, é fundamental para a continuação de suporte em situações inesperadas, como falta de energia ou falha do equipamento, entre outros. Quando houver necessidade de bombeamento manual do sangue, a *drive* de emergência será usada, substituindo a bomba centrifugadora convencional. Na sua porção lateral, quando a operar em modo manual, é ativado um painel LED, que indica a número de rotações por minuto (RPM) a que está sujeita no momento da utilização; esta deve ser igual à do último controlo horário, sendo assim importante estar atento a este valor. Na **Figura 4.8**, é possível observar esses pontos assinalados na figura como painel LED, com as RPM na parte lateral da *drive* de emergência.

5 PROCEDIMENTO

PRINCÍPIOS GERAIS

A escolha do tamanho da cânula deve ser realizada com base na área de superfície corporal do doente e no fluxo sanguíneo esperado (Sangalli et al., 2014). Para tal, é comum ser selecionada uma cânula de drenagem venosa com o menor comprimento e maior diâmetro interno, para que a resistência ao fluxo sanguíneo seja reduzida (Short & Williams, 2010). As cânulas devem permitir fluxos mínimos de:

- 120 ml/kg/min: recém-nascidos;
- 90 ml/kg/min: crianças;
- 60 ml/kg/min: adultos (Short & Williams, 2010).

O número e local/locais de canulação são ponderados em função da especificidade de cada doente, como é apresentado no **Quadro 5.1**.

Quadro 5.1 • Local de canulação em função das características do doente.

- **Neonatal**
 - Venoarterial (VA): jugular interna (12-14 Fr) → artéria carótida (8-10 Fr) (Brogan et al., 2018)
 - Venovenoso (VV): cânula duplo lúmen (12-15 Fr) (Short & Williams, 2010)
 - **Pediátrico**
 - <10-15 Kg
 - VA: jugular interna → artéria carótida (Brogan et al., 2017)
 - VV: cânula duplo lúmen (Sangalli et al., 2014)
 - > 10-15 Kg
 - VA: veia jugular interna → artéria femoral (Brogan et al., 2017)
 - VV: veia femoral ↔ veia jugular interna
 - **Adultos**
 - VA: veia jugular interna → artéria femoral/veia femoral → artéria femoral
 - VV: veia femoral ↔ veia jugular interna (Manaker Scott, 2021)
- Importante:** administrar 50-100u/kg de heparina antes da canulação (± 5 min) (ELSO, 2017)

Fr: escala de French

PRIMING DO CIRCUITO

No caso específico do Cardiohelp, deverá ser utilizada uma solução salina e respeitadas as etapas descritas de seguida:

1. Conectar a membrana oxigenadora ao encaixe, como é exemplificado na **Figura 5.1**;
2. Conectar **cabo preto** aos **sensores integrados**, como é evidenciado na **Figura 5.2**;
3. Colocar, na saída arterial, um prolongador com torneira, conforme exemplificado na **Figura 5.3** (com o objetivo de colheita de sangue para realização de gasometrias), e torneira do lado venoso, conforme exemplificado na **Figura 5.4**;
4. Fechar o braço superior do Cardiohelp, conforme exemplificado na **Figura 5.5**;



Figura 5.27 • Imagem ilustrativa do *clamp* das linhas vermelha e azul na entrada e saída da membrana permutadora de gases.

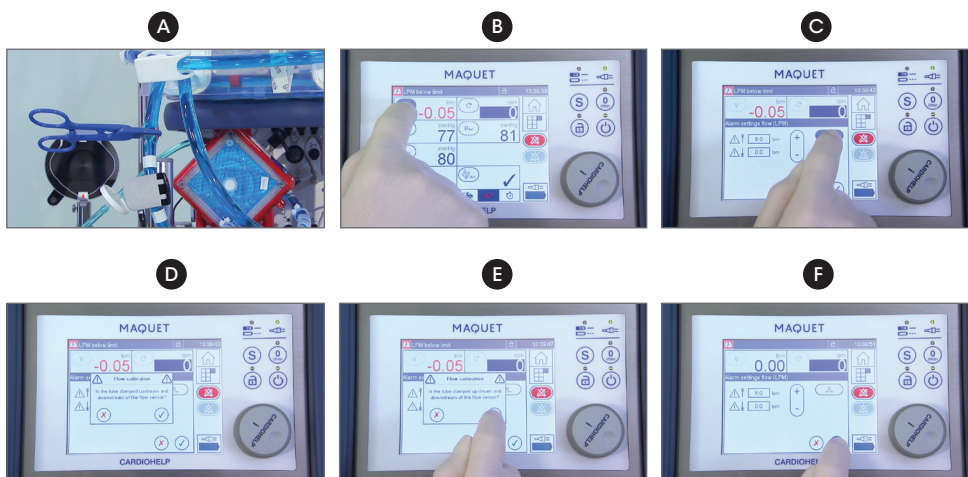


Figura 5.28 • Imagem ilustrativa da calibração do sensor de fluxo.

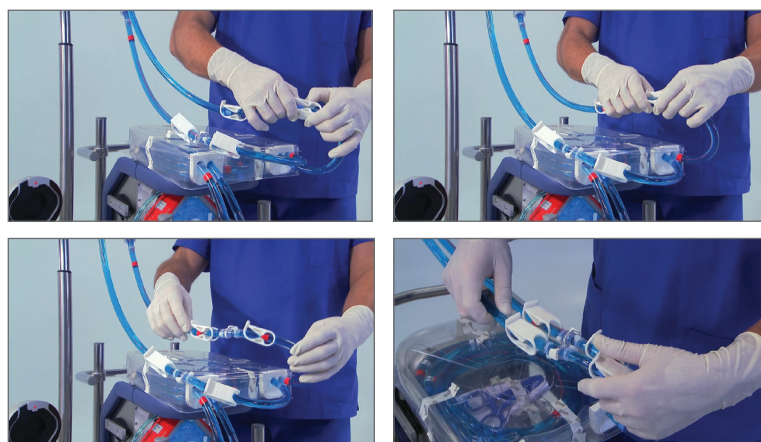
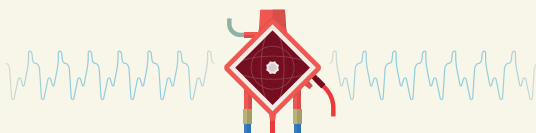


Figura 5.29 • Imagem ilustrativa do encerramento de todos os *clamps* da linha azul e vermelha.

MANUAL DE ECMO

A circulação extracorporeal é, desde há muito tempo, uma técnica usada no tratamento de doentes críticos, nomeadamente em situações de falência de órgãos essenciais para a vida. A membrana oxigenadora, não sendo uma inovação por si só, é usada há muito como suporte ou substituição do coração na cirurgia cardíaca. Hoje em dia, assume especial importância, devido à sua portabilidade e facilitação de implementação, enquanto técnica usada nos cuidados intensivos, ou mesmo em contexto extra-hospitalar.

O presente livro sistematiza toda a informação relativa a esta técnica, de forma a dar resposta a algumas dúvidas e preocupações das equipas multidisciplinares que cuidam de doentes com este tipo de suporte. Os autores do livro têm experiência que lhes confere um grau de conhecimento que permitiu a melhor seleção dos conteúdos, que estão apresentados de uma forma clara e objetiva, sendo, assim, um livro facilitador da aprendizagem e do saber, acessível a todos os profissionais de saúde das equipas que trabalham com estes equipamentos.



FERNANDO ALVES

Doutorando em Ciências de Enfermagem no Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar.

Enfermeiro Gestor no Serviço de Medicina Intensiva Polivalente do Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia/Espinho, EPE (CHVNGE). Enfermeiro com a categoria de Especialista em Enfermagem Médico-Cirúrgica nos serviços de Unidade de Cuidados Intensivos de Cirurgia Cardiorácica e de Cardiologia do CHVNGE.

Professor Assistente na Escola Superior de Saúde Jean Piaget/Vila Nova de Gaia. Professor Convidado na Escola Superior de Saúde Santa Maria.

