

Artigo original

Oxigenação extracorpórea por membrana capilar por fístula artério-venosa femoral: estudo experimental.

Extracorporeal membrane oxygenation by femoral arteriovenous fistulae – experimental study in dogs.

Heloisa Feijó de Carvalho¹, Alan Tonassi Paschoal², Fernanda Antunes³, Maria do Carmo Valente de Castro⁴, Eduardo Sérgio Bastos⁵.

RESUMO

Introdução: A oxigenação extracorpórea por membrana (ECMO) é um suporte temporário cardiopulmonar. Consiste na substituição da função pulmonar por dispositivo artificial que realiza a oxigenação e eliminação de dióxido de carbono (CO₂) do sangue e da função cardíaca por bomba mecânica. Em muitos pacientes, a lesão pulmonar não está associada à lesão cardíaca como ocorre na destruição pulmonar por queimadura por líquidos ou fumaça, contusão pulmonar, hipertensão pulmonar primária, mucoviscidose, imaturidade pulmonar em prematuros e no pós-operatório de transplante de pulmão. O objetivo do presente estudo foi avaliar a derivação artério-venosa para oxigenação extracorpórea com oxigenador de membrana, sem propulsão mecânica do fluxo sanguíneo, sem ventilação pulmonar e pelo período de uma hora. **Metodologia:** Realizaram-se dez experimentos em cães. O peso corporal variou de 30 a 40kg. Oito ensaios preliminares determinaram o protocolo. Utilizou-se oxigenador de membrana capilar Dideco modelo Compactflo 703. Amostras de sangue retiradas de átrio direito (AD), artéria femoral comum direita (AFCD) e veia jugular interna esquerda (VJIE), a cada dez minutos, durante a interrupção por uma hora da ventilação pulmonar, destinaram-se à análise das gasometrias. Obteve-se o registro da pressão arterial sistêmica (PA) por método invasivo contínuo e da frequência cardíaca (FC) acompanhado do traçado eletrocardiográfico. **Resultados:** Oxigenação adequada e estabilidade circulatória em todos os experimentos. **Conclusões:** A análise das gasometrias e a recuperação clínica dos animais mostraram a eficiência deste modelo experimental de oxigenação.

Descritores: cirurgia torácica, cirurgia cardíaca, oxigenadores de membrana.

ABSTRACT

Introduction: The extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is a cardiopulmonary temporary support. It consists in the substitution of the pulmonary function by an artificial device that accomplishes the oxygenation and delivery of carbon dioxide from the blood. In many patients, the pulmonary lesion is not associated to the cardiac lesion, as occurs in the pulmonary destruction by burns, by liquids or smoke; pulmonary contusions; primary pulmonary hypertension; mucoviscidosis; immaturity of the lungs in the premature infants and in the postoperative period of lung transplantation. The aim of the present study was to evaluate the arteriovenous bypass for the extracorporeal oxygenation with a membrane oxygenator, without the aid of mechanical propulsion of the blood flow and without mechanical pulmonary ventilation and for one hour. **Methodology:** Ten experiments in dogs were accomplished; the body weight of the animals varied from 30 to 40kg. Eight preliminary essays determined the protocol. The procedures were accomplished with a capillary membrane oxygenator Dideco of the Compactflo 703 model. The blood samples, collected from the right atrium, right common femoral artery and left internal jugular vein, at ten minutes intervals for one hour period of interruption of the pulmonary ventilation, had the goal to study the gases. The arterial pressure was accompanied by a continuous invasive method, with the electrocardiographic trace and cardiac rate. **Results:** Appropriate oxygenation and circulatory stability in all experiments. **Conclusion:** The analysis of the results and the clinical recovery of the animals showed the efficiency of this experimental model of oxygenation.

Keywords: thoracic surgery, cardiac surgery, membrane oxygenators.

1. Cirurgião cardiovascular, Hospital Universitário Gaffrée e Guinle, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

2. Cirurgião cardiovascular, Hospital Clementino Fraga Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

3. Médica Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária de Valença.

4. Professor Adjunto, Disciplina de Cardiologia, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

5. Professor Associado, Disciplina de Cirurgia Cardíaca, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Trabalho realizado no Laboratório de Cirurgia Experimental da Faculdade de Medicina Veterinária de Valença, Rio de Janeiro, RJ. Não há conflito de interesse.

Endereço para correspondência: Heloisa Feijó de Carvalho. Hospital Universitário Gaffrée e Guinle – 3a Enfermaria, Rua Mariz e Barros, 775, CEP 20270-004, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: heloisafeijo@hotmail.com.

Recebido em 12/01/2009 e aceito em 20/02/2009, após revisão.

INTRODUÇÃO

A circulação extracorpórea (CEC) é usada em cirurgia cardíaca desde 1953.¹ Trata-se de uma derivação cardiopulmonar total. Na oxigenação extracorpórea por membrana (ECMO), há desvio de até 75% do débito cardíaco. Nos oxigenadores, a exposição do sangue circulante a um fluxo de gás com alta concentração de oxigênio (O_2) promove a saturação da hemoglobina com oxigênio e a remoção simultânea de dióxido de carbono (CO_2), convertendo sangue venoso em arterial (pulmões artificiais). As tentativas de suporte ventilatório exclusivo com oxigenadores artificiais de membrana começaram nos Estados Unidos, no final da década de 1960. Procurava-se um recurso que desempenhasse a função pulmonar de troca gasosa durante a recuperação dos pulmões acometidos por doença potencialmente reversível.

Desenvolveu-se o sistema de oxigenação extracorpórea por membrana em diferentes tipos de derivação: veno-arterial, veno-venosa e artério-venosa. Nas duas primeiras modalidades, a propulsão mecânica pelas bombas de CEC assegura o fluxo sanguíneo através do oxigenador e, após a oxigenação, o sangue retorna à circulação do paciente. Na terceira, o sangue atravessa o oxigenador impulsionado pela bomba cardíaca.

As indicações de ECMO ocorrem na falência cardíaca e na presença de lesão pulmonar aguda e insuficiência respiratória aguda grave, ambas potencialmente reversíveis, presentes em várias situações clínicas: membrana hialina do recém-nato²; síndrome de angústia respiratória do adulto (SARA)^{3,4}; pós-operatório de cirurgia cardíaca; transplantes pulmonar, cardiopulmonar e hepático; queimadura pulmonar; aspiração de gases tóxicos; aspiração de conteúdo gástrico; múltiplas transfusões sanguíneas; isquemia de reperfusão; contusão pulmonar; gradiente transpulmonar maior do que 30% quando a fração inspirada de O_2 (FiO_2) é maior ou igual a 0,6; pressão parcial de CO_2 no sangue arterial ($PaCO_2$) maior que 44mmHg apesar de ventilação mecânica e uso adequado de drogas; ausência de resposta de recrutamento alveolar com pressão positiva ao final da expiração acima de 15cmH₂O; e complacência pulmonar efetiva menor que 5ml/kg/cmH₂O com volume corrente de 10mL/kg. A ECMO também se aplica às cirurgias de traquéia com interrupção temporária da ventilação pulmonar.

Os critérios de doença pulmonar potencialmente reversível⁵ são: a) idade menor que 60 anos; b) ventilação mecânica por menos de seis dias; c) ausência de imunossupressão farmacológica.

Impõem-se como contra-indicações absolutas: doença terminal; disfunção neurológica grave; sangramento ativo; ventilação mecânica por mais de dez dias.

O presente trabalho consiste de um estudo experimental de suporte ventilatório extracorpóreo com oxigenador de membrana capilar e derivação artério-venosa, sem propulsão mecânica e durante uma hora.

METODOLOGIA

O protocolo do estudo experimental foi aprovado pelo Conselho de Ética em Experimentação Animal da Faculdade de Medicina Veterinária de Valença, RJ, conforme os princípios de cuidados de animais em laboratório.

Realizou-se o estudo em dez cães de raça não definida, adultos, machos, com peso corporal entre 30 e 40kg (36,5kg \pm 3,41), vacinados e submetidos à quarentena.

A ventilação pulmonar e a monitorização dos cães foram por:

1. Ventilador de volume modelo *Narcofolex III*.
2. Monitor multiparamétrico *Ivy Biomedical Systems*[®]: eletrocardiograma em três derivações, pressão invasiva, pressão não invasiva e temperatura.
3. Analisador de gases arteriais Radiometer modelo ABL5.

Os animais foram pré-medicados com midazolam na dose de 3mg por via endovenosa.

Colocou-se um cateter no átrio direito através de veia jugular interna direita e outro na veia jugular interna esquerda para coleta de sangue.

A anestesia dos animais constou de intubação orotraqueal, agente inalatório halotano, analgésico (fentanil, 5mcg/kg de peso corporal) e hipnótico (midazolam, 0,1mg/kg/h). Estabeleceu-se ventilação mecânica com frequência respiratória de 15 incursões respiratórias por minuto, FiO_2 de 1 e volume corrente de 4ml/kg de peso corporal.

O sistema de oxigenação extracorpórea consistiu de oxigenador Dideco modelo Compactflo 703 (Figura 1) com oclusão da via de re-circulação; fluxômetro graduado em mililitros para controle do fluxo de oxigênio; cânulas maleáveis de silicone de 1/16 pol. conectadas aos tubos de 1/4 pol. e estes, aos tubos de 3/8 pol. na entrada e na saída do oxigenador, e um conector com saída no tubo de 1/4 pol. para coleta de amostra sanguínea e medição de pressão na artéria femoral comum direita. O preenchimento do circuito foi com 350ml de soro fisiológico a 0,9%.

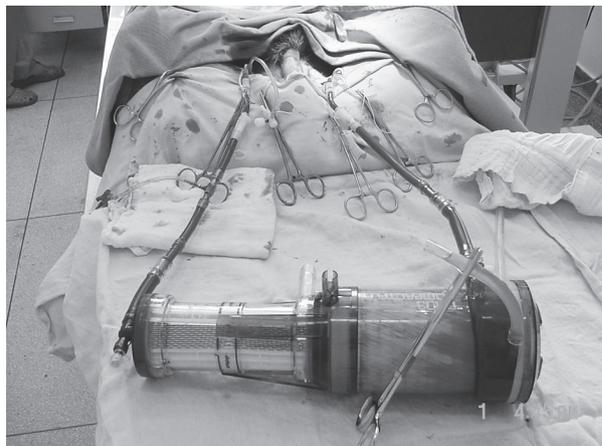


Figura 1 – Oxigenador Dideco modelo Compactflo 703, sem o reservatório venoso e com a re-circulação fechada; entrada do sangue pelo permutador de calor à esquerda.

Após anticoagulação com heparina na dose de 4mg/kg de peso corporal, criou-se uma fístula artério-venosa fêmoro-femoral através de uma cânula na artéria femoral comum direita conectada à entrada do oxigenador e outra, na veia femoral comum esquerda, conectada à saída do oxigenador.

Cessados os movimentos respiratórios espontâneos pela administração do relaxante muscular succinilcolina na dose de 0,8mg/kg de peso corporal, iniciou-se a oxigenação extracorpórea pela liberação do fluxo sanguíneo através do oxigenador.

Os animais permaneceram sob anestesia superficial e sem ventilação mecânica durante uma hora (Figura 2). O oxigênio foi fornecido com fluxo de oito litros/minuto. O tempo de coleta sanguínea para gasometria de artéria femoral comum direita, átrio direito e veia jugular interna esquerda foi imediatamente antes do início da oxigenação extracorpórea, denominado controle, e a cada dez minutos, t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , t_5 e t_6 , respectivamente, durante uma hora. Os parâmetros hemodinâmicos (PA, FC) também foram registrados a cada dez minutos.

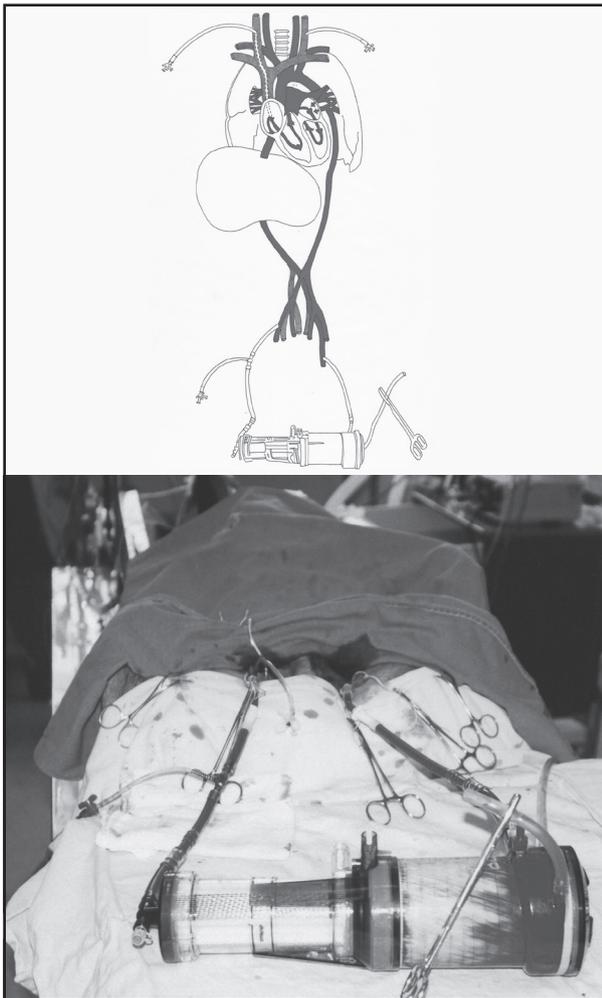


Figura 2 – Sistema artério-venoso em funcionamento. Uma cânula na artéria femoral comum direita direciona o sangue, por gradiente de pressão, para o dispositivo de oxigenação. O sangue atravessa o permutador de calor, é oxigenado na câmara de membrana e segue para a veia femoral comum esquerda, veia cava inferior e átrio direito.

Ao término de uma hora, cessou-se a oxigenação extracorpórea pela interrupção do fluxo através das cânulas e reiniciou-se a ventilação mecânica. Finalizou-se o procedimento cirúrgico com a retirada das cânulas e reparo da arteriotomia e venotomia com fio de poli-propileno 6-0.

Os animais receberam ampicilina na dose de 1g no transoperatório e na dose diária de 2g por via intramuscular até o 3º dia de pós-operatório.

Avaliação do modelo

Realizou-se o estudo da oxigenação extracorpórea por derivação artério-venosa pela análise de: pressão parcial de oxigênio (PO_2) e saturação de oxigênio (SO_2) em AFCD, AD, VJIE, antes e durante a ECMO, frequência cardíaca e pressão arterial sistêmica.

Método Estatístico

As variáveis quantitativas de PO_2 , SO_2 , dos dez experimentos e em cada tempo de coleta, foram expressas por médias \pm desvio padrão (dp). Para identificar as diferenças de PO_2 e SO_2 nos três locais (AFCD, AD, VJIE), aplicou-se o teste de análise da variância com nível de significância $p < 0,05$. Aplicou-se o teste de Bonferroni-teste t quando $p < 0,05$ para identificação do local e momento da diferença.

RESULTADOS

A ECMO artério-venosa permaneceu estável durante 60 minutos como suporte respiratório único. A abertura da fístula acarretou diminuição súbita da pressão arterial (Figura 3) e aumento da frequência cardíaca ($p < 0,05$).

O estudo estatístico pela análise da variância e teste de Bonferroni-teste t com nível de significância de $p < 0,05$ comparou a oxigenação nos três locais. Durante a ECMO, não houve diferença significativa de PO_2 e SO_2 entre a artéria femoral direita e átrio direito ($p > 0,05$) e houve diferença significativa entre a artéria femoral direita e a veia jugular esquerda, e entre átrio direito e veia jugular esquerda ($p < 0,05$) (Gráficos 1 e 2). Estes resultados indicaram a oxigenação do sangue da veia cava inferior antes de chegar aos pulmões e a ausência de interferência da ECMO no retorno venoso cerebral.

Não houve alteração do padrão de oxigenação. Com o estudo da média e do desvio padrão dos dez experimentos, observou-se a homogeneidade da oxigenação durante todo o período, seja em ventilação mecânica durante a indução anestésica, seja durante o período de ECMO em que o animal estava curarizado e sem suporte ventilatório pulmonar.

Após 60 minutos e interrupção da ECMO, todos os animais retornaram à ventilação pulmonar mecânica, sem suporte inotrópico e com estabilidade hemodinâmica. A heparinização não foi revertida por protamina e não houve distúrbio hemorrágico. Os animais, após a

finalização do procedimento cirúrgico, foram encaminhados à recuperação.



Figura 3 - Registro da diminuição da pressão arterial durante a ECMO.

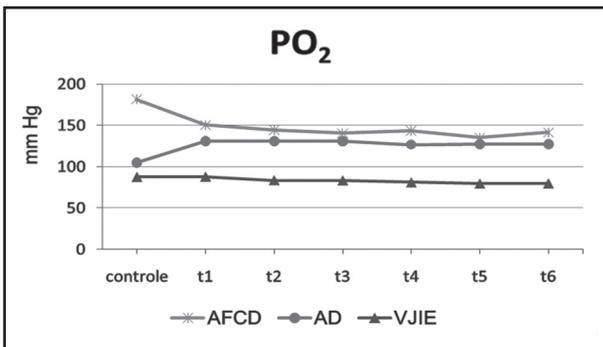


Gráfico 1 – Valores das médias de PO2 antes e durante a ECMO.

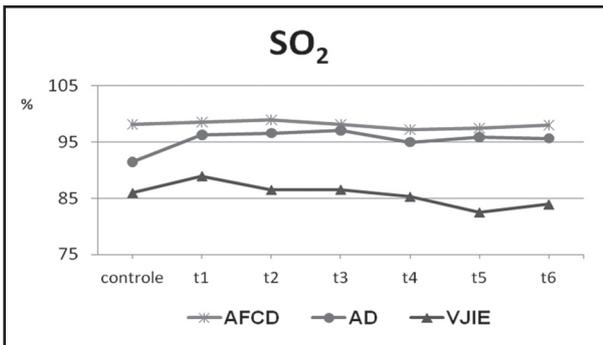


Gráfico 2 – Valores das médias de SO2 antes e durante a ECMO.

Os dados de gasometria, pH, PO₂, SO₂, PCO₂, bicarbonato e desvio de base, com suas respectivas médias e desvio padrão, considerando-se os dez experimentos, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias Gerais.

Artéria Femoral Direita						
Nº	pH	PO ₂	Sat O ₂	PCO ₂	HCO ₃	DB
Controle	7,33 ± 0,05	181,42 ± 59,72	98,16 ± 2,48	47,69 ± 6,94	24,88 ± 3,11	- 1,43 ± 3,03
A1	7,31 ± 0,05	150,05 ± 24,04	98,53 ± 1,62	52,90 ± 6,51	25,11 ± 3,06	- 1,45 ± 2,89
A2	7,31 ± 0,04	144,46 ± 13,12	98,97 ± 0,86	53,27 ± 7,75	25,21 ± 1,65	- 1,15 ± 1,64
A3	7,29 ± 0,04	140,28 ± 18,16	98,15 ± 2,00	56,47 ± 9,29	25,12 ± 2,02	- 1,69 ± 2,08
A4	7,28 ± 0,05	143,24 ± 33,19	97,17 ± 4,70	55,65 ± 10,00	24,10 ± 2,14	- 2,66 ± 2,56
A5	7,29 ± 0,04	135,02 ± 15,57	97,48 ± 3,75	55,48 ± 10,56	24,11 ± 2,23	- 2,68 ± 2,72
A6	7,28 ± 0,04	141,21 ± 24,41	98,03 ± 2,52	56,66 ± 11,57	24,08 ± 1,61	- 2,41 ± 1,44

Átrio Direito						
Nº	pH	PO ₂	Sat O ₂	PCO ₂	HCO ₃	DB
Controle	7,28 ± 0,04	104,94 ± 31,88	91,39 ± 7,38	59,08 ± 10,72	26,50 ± 5,60	- 0,61 ± 4,21
A1	7,29 ± 0,03	131,03 ± 32,87	96,23 ± 6,73	56,76 ± 6,28	25,26 ± 1,73	- 1,64 ± 1,73
A2	7,28 ± 0,04	130,91 ± 29,81	96,55 ± 6,81	56,69 ± 6,03	25,51 ± 3,56	- 2,35 ± 1,54
A3	7,27 ± 0,04	130,70 ± 26,60	97,02 ± 4,59	58,53 ± 7,94	24,72 ± 2,07	- 2,54 ± 2,11
A4	7,27 ± 0,04	126,85 ± 29,69	94,91 ± 9,79	58,40 ± 8,81	23,56 ± 2,33	- 2,60 ± 2,81
A5	7,27 ± 0,03	127,33 ± 31,20	95,80 ± 7,20	59,40 ± 9,63	24,71 ± 3,88	- 2,44 ± 2,61
A6	7,25 ± 0,03	127,41 ± 31,14	95,60 ± 7,31	60,59 ± 10,51	23,89 ± 2,92	- 2,95 ± 2,50

Veia Jugular Esquerda						
Nº	pH	PO ₂	Sat O ₂	PCO ₂	HCO ₃	DB
Controle	7,23 ± 0,04	87,63 ± 21,13	85,93 ± 9,71	60,90 ± 7,70	25,04 ± 3,19	- 2,67 ± 2,86
A1	7,22 ± 0,04	88,02 ± 13,81	88,95 ± 4,47	61,57 ± 6,25	24,33 ± 2,42	- 3,91 ± 3,17
A2	7,22 ± 0,04	83,67 ± 12,62	86,49 ± 6,01	60,44 ± 5,62	23,86 ± 2,53	- 4,32 ± 3,67
A3	7,21 ± 0,05	83,40 ± 11,17	86,54 ± 5,15	61,57 ± 7,26	24,07 ± 2,57	- 4,35 ± 4,19
A4	7,20 ± 0,05	81,01 ± 14,59	85,27 ± 7,65	61,18 ± 8,91	22,72 ± 1,49	- 5,20 ± 4,33
A5	7,21 ± 0,06	79,59 ± 14,73	82,49 ± 10,28	61,72 ± 8,75	23,78 ± 2,34	- 4,25 ± 4,97
A6	7,21 ± 0,06	79,78 ± 15,31	83,92 ± 9,46	62,18 ± 10,00	23,72 ± 2,77	- 4,88 ± 4,70

DISCUSSÃO

A eficiência da ECMO por FAV e sem propulsão mecânica, como suporte respiratório exclusivo, foi apurada pela comparação da PO₂ e SO₂ em AFCD, AD e VJIE. O sangue no átrio D, com PO₂ e saturação de O₂ elevadas, resultou da mistura de sangue venoso e

arterial pós FAV. A veia jugular interna esquerda representou circulação venosa não alterada pela ECMO. A função pulmonar normal, entre as cavidades direitas e esquerdas do coração, transferiu-se para o oxigenador entre artéria femoral e veia femoral. O oxigenador recebeu sangue da circulação arterial que retornou ao átrio direito pela circulação venosa. A oxigenação de todos os órgãos ocorreu normalmente. Alterou-se a fisiologia: o átrio direito e os pulmões receberam sangue oxigenado proveniente da veia cava inferior. A diferença de pressão entre o lado arterial e venoso manteve o fluxo; a câmara de oxigenação, suprida por fluxo contínuo de oxigênio, não representou resistência ao fluxo sanguíneo (Figura 2).⁶ Não se mediu nem o débito cardíaco nem a velocidade de fluxo sanguíneo através da fístula. A impulsão do sangue pelo coração evitou as complicações decorrentes da propulsão mecânica. A hipercapnia pré ECMO foi proposital para simular insuficiência respiratória aguda. A PCO_2 alta facilitou a anestesia pela narcose do CO_2 , sem prejuízo para a hemodinâmica.⁷ Não houve alteração significativa da PCO_2 durante a ECMO ($p > 0,05$).

O sistema baseado em fístula artério-venosa com interposição de dispositivo de oxigenação extracorpórea com propulsão sanguínea pela bomba cardíaca apresenta como principal vantagem dispensar as bombas mecânicas artificiais, como já havia sido proposto por Reng e cols.⁸ Estas, por mais aperfeiçoadas que sejam, promovem algum grau de lesão dos elementos sanguíneos (hemólise, lesão de granulócitos e ativação de complemento). Alguns autores⁹⁻¹² indicam a propulsão sanguínea mecânica como a maior causa de hemólise (uma das complicações mais comuns nas crianças submetidas à ECMO). O relato de 2003 da Organização de Suporte Extracorpóreo da Vida apresenta uma incidência de hemólise (indicada pela elevação da hemoglobina livre no plasma $> 0,5$ g/dL) da ordem de 9,3% em todos os pacientes com suporte circulatório.¹³ Estudo experimental de Bennett e cols.¹⁴ confirmou a superioridade das bombas centrífugas sobre as bombas de roletes. Horton e Butt¹⁵ demonstraram, em 1992, o mesmo. McDonald e cols.¹⁶, em 1997, demonstraram a redução dos níveis de hemoglobina livre no plasma somente com a troca da cabeça de propulsão da máquina *Biomedicus*[®] numa série de 48 pacientes sob ECMO por período médio de 91,1 horas. Na ausência dos dispositivos mecânicos, a lesão dos elementos figurados do sangue diminuiu. Na presente série de experimentos, a medida dos níveis plasmáticos de hemoglobina livre não fez parte do protocolo.

A ECMO é utilizada com derivação veno-venosa e veno-arterial. Nas duas modalidades, a utilização de máquina propulsora é imperiosa. O acesso vascular com derivação veno-venosa é realizado por punção percutânea com cânulas de duplo lúmen, semelhantes às utilizadas para hemodiálise, e que alcançam o átrio direito. Apresenta, entretanto, uma desvantagem: sua

oxigenação e eliminação de CO_2 são mais precárias do que na derivação veno-arterial, oxigenando com frequência, não mais do que 50% do retorno venoso. É, portanto, um suporte para pacientes que continuam com ventilação mecânica. A derivação veno-arterial, por sua vez, permite oxigenação de maior percentual do débito cardíaco. Sua grande desvantagem se encontra na abordagem para canulação: geralmente é instalada no pós-operatório de cirurgia cardíaca em que os pacientes não suportam a interrupção da CEC. As cânulas são colocadas diretamente no átrio direito e na raiz da aorta, fechando-se posteriormente o tórax. Neste caso, o suporte é tanto pulmonar como cardíaco. A derivação artério-venosa proposta neste modelo difere por não necessitar de bomba propulsora, não sendo um suporte cardiorespiratório completo, mas tão somente pulmonar. O acesso vascular periférico permite punções percutâneas da artéria e veia femorais, sem necessidade de abertura do tórax.

A ECMO é amplamente aceita nos recém-natos e lactentes¹⁷⁻²⁴, ao contrário do que ocorre nas crianças maiores e na população adulta.^{7,9-13,25,26} Recém-natos com insuficiência respiratória aguda apresentam taxas de sobrevivência de até 80%.²² O *UK Collaborative Randomized Trial of Neonatal ECMO*²³ revelou uma taxa de sobrevivência de 59%, mas a exclusão dos casos de hérnia diafragmática congênita (grupo com evolução notoriamente ruim) aumentou a taxa geral para 80%.

Nos adultos, a experimentação clínica com ECMO se difunde gradualmente. Sol²⁷ recomendou em seu estudo o uso da ECMO em adultos apenas em situações extremas. Os pacientes mais graves com SARA apresentam maiores taxas de mortalidade. Diversos relatos^{20,28-30} falharam em demonstrar benefício em adultos, entre eles o estudo de Zapol e cols.³⁰ No entanto, este estudo data de 1979, com tecnologia e conhecimento defasados. Um estudo europeu de 1996, numa série de 14 pacientes adultos com SARA não responsivos à ventilação convencional, resultou em sobrevivência de 9 pacientes (64%). Voeckel e cols.³¹ relataram dois casos de traumatismo torácico fechado com insuficiência respiratória aguda na qual a ECMO foi usada com sucesso. No primeiro, um homem de 29 anos, vítima de acidente automobilístico, apresentou contusão pulmonar bilateral grave e hemopneumotórax. Em poucas horas a oxigenação se deteriorou ($PaO_2 = 21$ mmHg, $FiO_2 = 1$). No segundo caso, um menino de 12 anos, vítima de queda de árvore, apresentou contusão pulmonar bilateral e pneumotórax. Instituiu-se a ECMO e realizou-se reparo cirúrgico traqueobrônquico.

No Brasil, as limitações econômicas, o relativo desconhecimento do método e o despreparo de pessoal, dificultam a utilização deste recurso.

Concluimos que, na amostra estudada, a derivação artério-venosa em vasos femorais para utilização da ECMO foi capaz de substituir a função pulmonar de troca gasosa pelo período de 60 minutos.

REFERÊNCIAS

1. Gibbon JH Jr. Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med* 1954;37:171-85.
2. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Toomasian JM et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in neonatal respiratory failure: 100 cases. *Ann Surg* 1986;236-45.
3. Kolla S, Awad SS, Rich PB, Schriener RJ, Hirschl RB, Bartlett RH. Extracorporeal life support for 100 adult patients with severe respiratory failure. *Ann Surg* 1997;226:544-66.
4. ECLS Registry Report International Summary. Ann Arbor, MI: Extracorporeal Life Support Organization (ELSO), 2003.
5. Zapol WM, Snider MT, Hill JD et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure: a prospective randomized study. *JAMA* 1979;242:2193-6.
6. Paschoal AT. Oxigenador de membrana capilar com fluxo extraluminal de sangue e drenagem gravitacional. Estudo experimental em cães. UFRJ (Tese - Doutorado), 2001.
7. Gattinoni L, Pesenti A, Mascheroni D et al. Low-frequency positive-pressure ventilation with extracorporeal CO2 removal in severe acute respiratory failure. *JAMA* 1986;256:881-6.
8. Reng M, Philipp A, Kaiser M, Pfeifer M, Gruene S, Schoelmerich J. Pumpless extracorporeal assist and adult respiratory distress syndrome. *Lancet* 2000;356:219-20.
9. Plotkin JS, Shah JB, Lofland GK, DeWolf AM. Extracorporeal membrane oxygenation in the successful treatment of traumatic adult respiratory distress syndrome: case report and review. *J Trauma* 1994;37:127-30.
10. German P, Ullrich R, Donner A et al. Extracorporeal lung assist (ELA) in adults: indications and application. *Acta Anaesthesiol Scand* 1997;111:132-5.
11. Lisagor P, Cohen D, McDonnell B, Lawlor D, Moore C. Irreversible shock revisited: mechanical support of the cardiovascular system: a case report and review. *J Trauma* 1997;42:1182-6.
12. Willms DC, Wachtel TL, Daleiden AI, Dembitsky WP, Schibanoff JM, Gibbons JA. Venovenous extracorporeal life support in traumatic bronchial disruption and adult respiratory distress syndrome using surface-heparinized equipment: case report. *J Trauma* 1994;36:252-4.
13. Andersson HL III, Shapiro MB, Delius RE, Steimle CN, Chapman RA, Bartlett RH. Extracorporeal life support for respiratory failure after multiple trauma. *J Trauma* 1994;37:266-74.
14. Bennett M, Horton S, Thuys C, Augustin S, Rosenberg M, Brizard C. Pump-induced haemolysis: a comparison of short-term ventricular assist devices. *Perfusion* 2004;19:107-11.
15. Magovern GJ Jr, Simpson KA. Extracorporeal membrane oxygenation for adult cardiac support: the Allegheny experience. *Ann Thorac Surg* 1999;68:655-61.
16. McDonald JV, Green TP, Steinhorn RH. The role of the centrifugal pump is haemolysis during neonatal extracorporeal support. *ASAIO J* 1997;43:35-8.
17. Clark RH, Hardin WD Jr, Hirschl RB et al. Current surgical management of congenital diaphragmatic hernia: a report from the congenital diaphragmatic hernia study group. *J Pediatr Surg* 1998;33:1004-9.
18. Wilson JM, Bower LK, Thomson JE et al. ECMO in evolution: the impact of changing patient demographics and alternative therapies on ECMO. *J Pediatr Surg* 1996;31:1116-23.
19. UK Collaborative ECMO Trial Group. UK collaborative randomized trial of neonatal extracorporeal membrane oxygenation. *Lancet* 1996;348:75-82.
20. Dorson W Jr, Baker E, Cohen ML et al. A perfusion system for infants. *ASAIO Trans* 1969;15:155-60.
21. Bartlett RH, Gazzaniga AB et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) cardiopulmonary support in infancy. *ASAIO Trans* 1976;22:80-8.
22. UK Collaborative ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) Trial Group. UK Collaborative randomized trial of neonatal extracorporeal membrane oxygenation. *Lancet* 1996;348:75-82.
23. UK Collaborative ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) Trial Group. UK Collaborative randomized trial of neonatal extracorporeal membrane oxygenation: follow-up to one year of age. *Paediatrics* 1998;101:1-10.
24. Green TP, Timmons OD, Fackler JC et al. The impact of extracorporeal membrane oxygenation on survival in pediatric patients with acute respiratory failure. *Pediatric Critical Care Study. Crit Care Med* 1996;24:323-9.
25. Morris AH, Wallace CJ, Menlove RL et al. Randomized clinical trial of pressure-controlled inverse ratio ventilation and extracorporeal CO2 removal for adult respiratory distress syndrome. *Am J Resp Crit Care Med* 1994;149:295-305.
26. Lennartz H. Extracorporeal lung assist in ARDS: history and state of the art. *Acta Anesthesiol Scand* 1996;109(Suppl):114-6.
27. Sol RF. Neonatal extracorporeal membrane oxygenation – a bridging technique. *Lancet* 1996;348:70-1.
28. Gattinoni L, Pesenti A, Mascheroni D et al. Low frequency positive pressure ventilation with extracorporeal CO2 removal in severe acute respiratory failure. *JAMA* 1986;256:881-5.
29. Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ et al. extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome): use of the Bramson Membrane Lung. *N Engl J Med* 1972;286:629-34.
30. Zapol WM, Snider MT, Hill JD et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe respiratory failure. *JAMA* 1979;242:2193-6.
31. Voeckel W, Wenzel V, Rieger M, Antretter H, Padosch S, Schobersberger W. Temporary extracorporeal membrane oxygenation in the treatment of acute traumatic lung injury. *Can J Anaesth* 1998;45:1097-102.