

## Fórmula de cálculo do volume de ultrafiltrado extraído pela ultrafiltração modificada, em indivíduos adultos

Ana Sofia Gonçalves<sup>1</sup>, Maria Inês Figueira<sup>1</sup>, Paulo Jorge Franco<sup>1</sup>, Susana Martins Raposo<sup>1\*</sup>

1. Área Científica da Cardiopneumologia, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. susana.mraposo@gmail.com.

**RESUMO:** O principal objectivo do estudo é determinar uma fórmula de cálculo para o volume de ultrafiltrado a retirar, pela Ultrafiltração Modificada (UFM), a doentes adultos submetidos a cirurgia cardíaca. A população-alvo é constituída por 489 casos relativos às cirurgias cardíacas realizadas entre Janeiro de 2003 e Dezembro de 2005, que cumprem os critérios de inclusão e exclusão definidos. Trata-se de um estudo retrospectivo, do tipo correlacional quantitativo com abordagem dedutiva, em que as variáveis estudadas foram obtidas através da consulta dos relatórios de perfusão cardiovascular do Serviço de Cirurgia Cardiorádica do Hospital de Santa Marta, EPE. A relação entre as variáveis em estudo foi analisada através da correlação e modelos de regressão linear. O modelo obtido para definir a fórmula de cálculo desejada tem por base a correlação existente entre o volume a retirar por UFM e a superfície corporal do doente, sendo este o único dos três modelos estudados que demonstra uma dependência, ainda que fraca, entre as variáveis, e exprimindo-se através da fórmula  $Y=545,4.X_3$ , em que Y é o volume a retirar por UFM e X é o valor da superfície corporal de cada doente, e sendo representativo apenas para 4% da população em estudo." O aumento médio de hemoglobina pós-UFM é de  $1,9\pm 1,09\text{g/dl}$ , o que traduz eficácia da técnica na obtenção de hemoconcentração.

*Palavras-chave: ultrafiltração modificada, circulação extracorporal, volume de ultrafiltrado, superfície corporal.*

## Formula for calculation of the volume of ultrafiltrate extracted by ultrafiltration in adults

**ABSTRACT:** The main purpose of this study is to determine a formula for calculation of the volume of ultrafiltrate to be extracted by Modified Ultrafiltration (MUF) from adult patients undergoing heart surgery. The target population includes 489 cases corresponding to the heart surgeries performed from January 2003 to December 2005 meeting the inclusion and exclusion criteria that have been established. It is a retrospective, correlational and quantitative study that takes a deductive approach, with the studied variables having been collected from the cardiovascular perfusion reports of the Cardiothoracic Surgery Unit of Hospital de Santa Marta, EPE. The relation between the variables being studied was studied by means of correlation and linear regression models. The model obtained to define the formula of calculation wanted takes the existent correlation as a base between the volume to take out for MUF and the body surface of the patient, when there is this the only one of three studied models that demonstrates a dependence, still weak that, between the variables, and being expressed through the formula:  $Y=545,4.X_3$ , in that Y is the volume take out for MUF and X is the value of the body surface of each patient, and being representative only for 4% of the population in study. The average increase of hemoglobin value after MUF is  $1,9\pm 1,09\text{g/dl}$ , which evidences the efficacy of this technique in obtaining hemoconcentration.

*Keywords: modified ultrafiltration, heart surgery, extracorporeal circulation, volume of ultrafiltrate, body surface area.*

\* Actualmente em exercício na Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias, Instituto Politécnico de Castelo Branco.

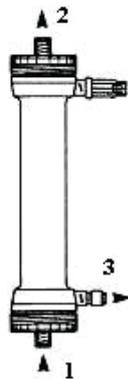


Figura 1: Hemofiltro. 1 – Entrada de sangue; 2 – Saída de sangue; 3 – Saída de ultrafiltrado.

## Introdução

A ultrafiltração é uma técnica que possibilita uma extração selectiva e controlada do líquido plasmático e dos componentes nele dissolvidos, durante ou após a circulação extracorporeal (CEC). Esta filtração é realizada com recurso a uma membrana porosa, que constitui o hemofiltro (Figura 1), sendo a taxa de fluxo condicionada por factores como o coeficiente de ultrafiltração, a membrana (superfície e permeabilidade), a pressão transmembranar e a composição do sangue (viscosidade)<sup>1</sup>. Assim, a ultrafiltração permite uma hemoconcentração com rápido aumento do hematócrito e da pressão oncótica<sup>2</sup>. A Ultrafiltração Modificada (UFM) (Figura 2) realiza-se durante um período compreendido entre 10 e 15 minutos, depois de terminada a CEC e antes de revertida a anticoagulação<sup>3</sup>.

Estudo<sup>4</sup> refere que esta técnica está associada a uma baixa morbidade, assim como a reduzidas necessidades transfusionais. A redução do edema, o aumento do índice cardíaco, a melhoria da função pulmonar com diminuição das resistências, bem como o aumento do débito cardíaco, débito urinário e diminuição da pressão venosa central (PVC) são alguns dos benefícios apontados noutro estudo<sup>5</sup> decorrentes da aplicação desta técnica.

O recurso à UFM tem vindo a ser cada vez mais frequente em adultos, tendo em conta os largos benefícios já observado<sup>5</sup> em populações pediátricas; no entanto, escasseiam estudos que demonstrem os resultados conseguidos.

A exploração da aplicação desta técnica torna-se pertinente, uma vez que é importante perceber qual o volume de líquidos ideal a extrair a cada doente, evitando quer a extração excessiva quer a insuficiente, podendo esta ser optimizada. Por outro lado, importa esclarecer se esta técnica desempenha um papel importante na redução dos riscos transfusionais, reduzindo as necessidades de hemoderivados, pela sua capacidade de hemoconcentração.

O objectivo geral deste estudo é determinar uma fórmula de cálculo do volume de ultrafiltrado a retirar, pela UFM, a doentes adultos submetidos a cirurgia cardíaca.

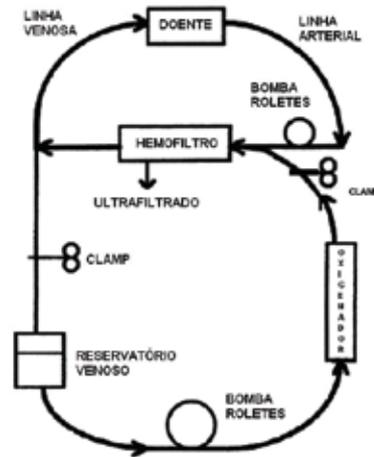


Figura 2: Circuito de Ultrafiltração Modificada do Hospital de Santa Marta, EPE.

Os objectivos específicos são: estabelecer a relação entre o volume de ultrafiltrado retirado pela UFM e o volume previamente retirado por Ultrafiltração Convencional (UFC) e diurese; estabelecer a relação entre o volume de ultrafiltrado a retirar pela UFM e o grau de hemodiluição induzida durante a CEC; estabelecer a relação entre o volume de ultrafiltrado a retirar pela UFM e a Superfície Corporal (SC) e calcular o valor de hemoconcentração.

As hipóteses em estudo são: H<sub>1</sub> - o volume de ultrafiltrado a retirar ao doente pela UFM é tanto maior quanto maior for o grau de hemodiluição induzida pela CEC; H<sub>2</sub> - o volume de ultrafiltrado a retirar ao doente pela UFM é tanto maior quanto menor for o volume de líquido já retirado durante a CEC (pela UFC e/ou diurese); e H<sub>3</sub> - o volume de ultrafiltrado a retirar ao doente pela UFM varia em função da sua SC.

## Metodologia

O presente estudo retrospectivo é do tipo correlacional, baseado no método de investigação quantitativo com abordagem dedutiva.

Após aprovação do director do Serviço de Cirurgia Cardioráquia (CCT) do Hospital de Santa Marta, EPE (HSMarta), foram consultados 2146 relatórios de perfusão cardiovascular, relativos às cirurgias cardíacas realizadas entre Janeiro de 2003 e Dezembro de 2005. Os dados recolhidos serão utilizados única e exclusivamente neste trabalho, sendo salvaguardada a identidade dos indivíduos que fazem parte da amostra, garantindo o seu anonimato e a confidencialidade dos dados.

Com base nos critérios de inclusão definidos para o estudo, a população-alvo é formada por 489 casos, correspondentes aos indivíduos com idade  $\geq 21$  anos submetidos a cirurgia cardíaca com recurso a CEC, por patologia coronária e/ou valvular, com utilização de cardioplegia e *priming* cristalóides, e recurso à técnica de UFM. O único critério de exclusão é o preenchimento incompleto dos relatórios de perfusão nos campos de interesse para o estudo.

Caracterização da população-alvo				
Sexo		F/M	Qualitativa	Nominal
Idade		anos	Quantitativa, contínua	Intervalo
Peso		kg	Quantitativa, contínua	Intervalo
Altura		cm	Quantitativa, contínua	Intervalo
Superfície corporal	$SC = \sqrt{\frac{\text{peso} \times \text{altura}}{3600}}$	m <sup>2</sup>	Quantitativa, contínua	Intervalo
Patologia cardíaca	Indicação clínica para cirurgia cardíaca	Coronária/ valvular	Qualitativa	Nominal
Variáveis em estudo				
Hemoglobina basal	Valor de hemoglobina do doente à entrada do CEC	g/dl	Quantitativa, contínua	Razão
Hemoglobina fim-CEC	Valor de hemoglobina do doente à saída do CEC	g/dl	Quantitativa, contínua	Razão
Hemoglobina pós-UFM	Valor de hemoglobina do doente após realização da técnica de UFM	g/dl	Quantitativa, contínua	Razão
Volume de diurese	Volume de líquido eliminado de forma biológica pelo rim do doente durante a CEC	ml	Quantitativa, contínua	Razão
Volume de UFC	Volume retirado ao doente pela técnica de UFC, realizado durante a CEC	ml	Quantitativa, contínua	Razão
Volume de UFM	Volume de líquido retirado ao doente através da técnica de UFM, pós-CEC	ml	Quantitativa, contínua	Razão
Grau de hemodiluição induzida	Hemoglobina fim-CEC – Hemoglobina basal	g/dl	Quantitativa, contínua	Razão
Volume de líquidos retirado pré-UFM	Volume de diurese + Volume de UFC	ml	Quantitativa, contínua	Razão

Tabela 1: Caracterização das variáveis

Para efeitos de caracterização da população-alvo foram recolhidas as seguintes variáveis: sexo, idade, peso, altura e patologia cardíaca. Recolheram-se para o estudo as seguintes variáveis: hemoglobina basal (Hb basal), hemoglobina fim-CEC (Hb fim-CEC), hemoglobina pós-UFM (Hb pós-UFM), volume de diurese (vol. diurese), volume de UFC (vol. UFC) e volume de UFM (vol. UFM); com base nas variáveis recolhidas foram ainda calculadas as seguintes: grau de hemodiluição induzida, volume de líquidos retirado pré-UFM (vol. pré-UFM) e SC. A eficácia da referida técnica (aumento de Hb em g/dl) é traduzida pela média da subtração do valor de Hb fim-CEC ao valor de Hb pós-UFM (grau de hemoconcentração). A caracterização

das variáveis encontra-se na Tabela 1.

Caracterizámos a relação entre as variáveis em estudo, procurando a verificação das hipóteses de investigação criadas, através da correlação e de modelos de regressão linear aplicados às mesmas. Para determinar a recta, bem como a estimação dos coeficientes do modelo de regressão, foi utilizado o método dos mínimos quadrados.

## Resultados

A população-alvo é constituída por 60,3% dos indivíduos do sexo feminino e os restantes 39,7% do sexo masculino, em que  $\bar{X}$ idade=65,3 ± 12,17anos,  $\bar{X}$ peso=72,85 ± 13,98kg,

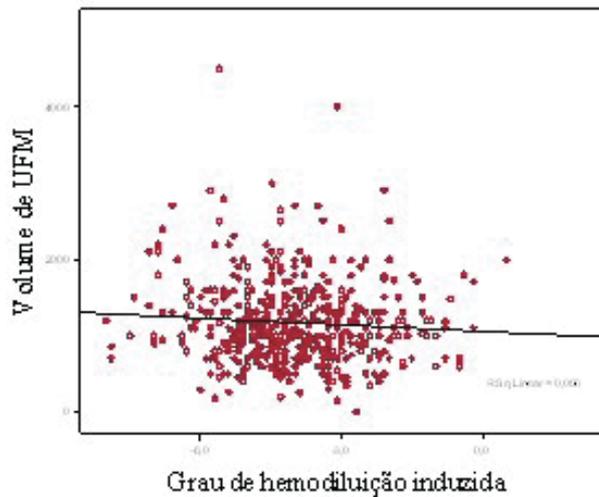


Figura 3: Dispersão de dados da relação entre o volume de UFM e o grau de hemodiluição induzida.

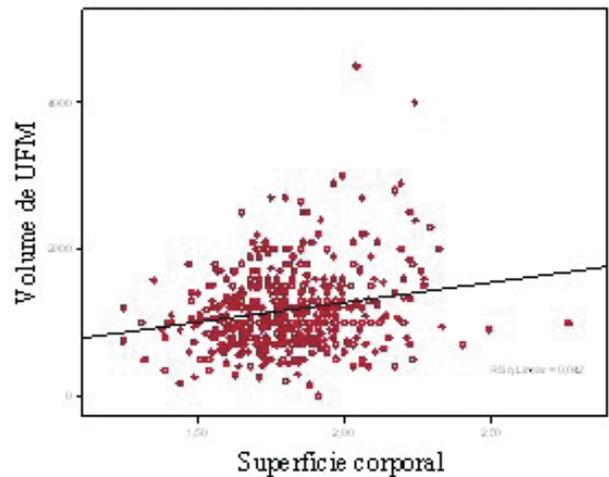


Figura 5: Dispersão de dados da relação entre o volume de UFM e a Superfície Corporal.

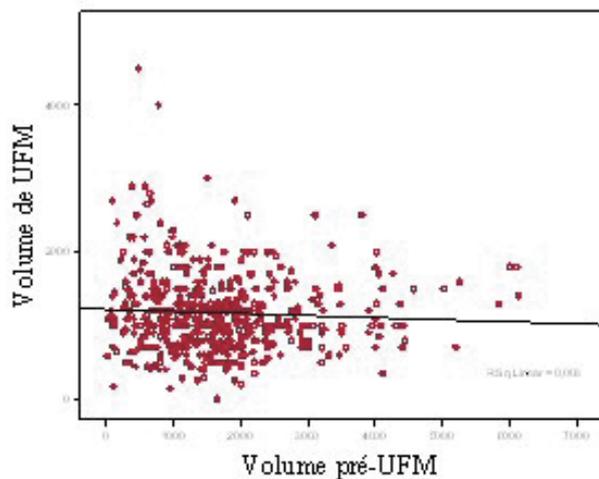


Figura 4: Gráfico de dispersão de dados da relação entre o volume de UFM e o volume pré-UFM.

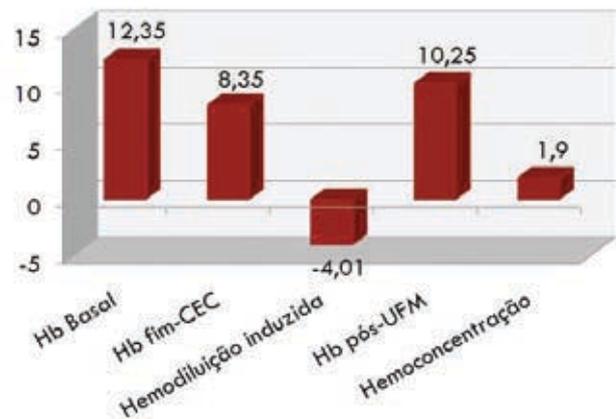


Figura 6: Valores de hemoglobina (g/dl).

$\bar{X}$ altura=162,94±9,10cm,  $\bar{X}$ SC=1,81±0,20m<sup>2</sup>. Como indicação clínica para cirurgia cardíaca, 47,6% dos indivíduos apresentava patologia valvular, 44,2% patologia coronária e 8,2% patologia coronária e valvular.

O *r* de Pearson calculado para a relação entre o vol. UFM e o grau de hemodiluição induzida é de -0,077 (p=0,045); entre o vol. UFM e o vol. de líquidos retirado pré-UFM é de -0,056 (p=0,109); e entre o vol. UFM e a SC é de 0,205 (p=0,000).

A correlação entre o vol. UFM e o grau de hemodiluição induzida é estatisticamente significativa a  $\alpha=0,05$ ; entre o vol. UFM e o vol. líquidos retirado pré-UFM  $\alpha=NS$ ; e, entre o vol. UFM e SC a correlação é estatisticamente significativa a  $\alpha=0,01$ .

Através do estudo da regressão linear para as variáveis volume de UFM, grau de hemodiluição induzido, volume pré-UFM e SC, foram obtidos os seguintes coeficientes e gráficos de dispersão, respectivamente:

1. Relação entre o vol. UFM (Y) e o grau de hemodiluição

induzida (X<sub>1</sub>): grau de hemodiluição induzido=-29,121 (p=0,091); constante=1055,937 (p=0,000); R<sup>2</sup>=0,006 (Figura 3).

2. Relação entre o vol. UFM (Y) e o vol. pré-UFM (X<sub>2</sub>): vol. pré-UFM=-0,028 (p=0,217); constante=1220,133 (p=0,000); R<sup>2</sup>=0,003 (Figura 4).

3. Relação entre o vol. UFM (Y) e a SC (X<sub>3</sub>): SC=545,400 (p=0,000); constante=185,686 (p=0,388); R<sup>2</sup>=0,042 (Figura 5).

Pela verificação da aplicabilidade dos coeficientes aos respectivos modelos, obteve-se que o Modelo 1 é Y=1055,937, o Modelo 2 é Y=1220,133 e o Modelo 3 é Y=545,400.X<sub>3</sub>.

Com a aplicação da técnica, verificou-se ainda um aumento  $\bar{X}$ Hb=1,9±1,09g/dl (Figura 6).

## Discussão de resultados

A relação entre o grau de hemodiluição induzida e o vol. UFM é muito fraca, uma vez que o valor de *r* de Pearson

calculado é muito baixo ( $< 0,3$ ). O facto de este coeficiente apresentar um valor negativo, indica-nos que a relação entre estas duas variáveis é inversa, o que leva a afirmar que  $H_1$  não se verifica. Considerando que o grau de hemodiluição é a variável que expressa indirectamente o grau de viscosidade do sangue, pode-se afirmar que, contrariamente ao que é referido por Tschant<sup>1</sup>, não se verifica na população-alvo estudada que o grau de hemodiluição induzido durante a CEC esteja directa e fortemente relacionado com a quantidade de líquidos extraída pela UFM.

Na tentativa de relacionar o vol. de líquidos extraídos previamente à UFM (vol. de líquidos extraído pela UFC e pela diurese) com o vol. UFM, o estudo de  $H_2$  revela que não existe relação estatisticamente significativa entre as variáveis. Não se comprovou que quanto maior a quantidade de líquidos extraída ao doente antes da UFM, menor a quantidade a retirar pela referida técnica, ou vice-versa.

Pela observação dos gráficos de dispersão dos dados, verifica-se a existência de um padrão em nuvem, o que justifica igualmente o facto de não se terem encontrado modelos com significância estatística, expressivos da relação entre as variáveis. Tal é reforçado pela tradução de ambos os modelos numa recta tendencialmente horizontal, nos respectivos gráficos.

Das hipóteses em estudo,  $H_3$  é a que apresenta maior valor de *r de Pearson*, ou seja, a que exprime melhor a existência de relação entre as duas variáveis, ainda que muito fraca. Esta relação é traduzida por uma recta de regressão onde  $Y=545,4X_3$ . Contudo, apenas uma fracção de 0,04 da variação dos dados é traduzida pelo modelo encontrado para a relação entre as duas variáveis.

Apesar de não terem sido encontrados, na revisão bibliográfica efectuada, modelos ou teorias que apontem para a existência de uma relação directa entre o vol. UFM e a SC, ainda que com fraca significância estatística, os resultados conseguidos aludem para uma relação entre ambas.

A  $\bar{X}$ Hb conseguida através da aplicação da UFM traduz uma eficácia desta técnica, na medida em que evidencia uma hemoconcentração do doente. Deste modo, no conjunto de dados em estudo, é possível afirmar a presença de uma das grandes vantagens do recurso à referida técnica apontadas por Gravlee<sup>2</sup>.

### Considerações finais

Embora o estudo desta população-alvo não tenha demonstrado com evidências estatísticas que se verifica haver uma relação traduzida por uma expressão de cálculo entre o vol. UFM e a SC, verificou-se que esta é a relação entre variáveis com melhor expressão das hipóteses em estudo. Deste modo, e de acordo com o objectivo deste trabalho, pode-se afirmar que embora tenha sido possível definir uma fórmula de cálculo para o vol. UFM a retirar aos doentes adultos submetidos a CEC em cirurgia cardíaca, com fraca significância estatística, pelo facto de este modelo apenas traduzir uma fracção de 0,04 da variação

dos dados, que não foi possível concretizar o objectivo proposto. Por este motivo, considera-se que esta equação não deve ser assumida como a ideal para expressar o vol. de ultrafiltrado retirado pela técnica de UFM, na população-alvo em estudo.

Em relação ao ganho médio de 1,9g/dl de Hb, este valor obtido reforça os benefícios directos e indirectos conseguidos com a utilização desta técnica, traduzindo, neste caso, uma hemoconcentração expressiva dos doentes.

Crê-se a possibilidade de a observação de uma dispersão dos dados em nuvem se dever ao facto de a aplicação desta técnica à população adulta ser executada à semelhança do que está estipulado no serviço de CCT para a população pediátrica, onde o vol. a extrair é estimado de acordo com a expressão vol. de UFM=700SC. Assim, considera-se que a grande limitação dos resultados obtidos reside no modo como a técnica é aplicada. A UFM é realizada num *timing* cirúrgico específico e a um débito recomendado, limitando-se ainda ao volume residual do reservatório. Todas estas condicionantes concorrem para que o volume de ultrafiltrado seja muito idêntico de doente para doente, não variando, como esperado, em função dos factores que se procuraram correlacionar.

Deste modo, sugere-se que a aplicação da técnica deverá ser aperfeiçoada, no sentido de a direccionar mais para o doente, com as suas características antropométricas e/ou necessidades cirúrgicas. As variáveis a correlacionar poderão basear-se em características antropométricas (nomeadamente a percentagem de massa gorda, massa magra e peso), melhorando, assim, a adequabilidade pessoal da fórmula encontrada a cada um dos doentes.

Para tal, sugere-se também a realização de outros estudos que cursem sobre uma população que não seja submetida a UFM sob influência da equação actualmente aplicada no serviço (vol. UFM=700SC).

### Referências bibliográficas

1. Tschaut, R. Circulacion Extracorporea en Teoria y Pratica. 1ª Ed. Pabst. Lengerich. 2003.
2. Gravlee, G., Davis, R., Kurusz, M. & Utlej, J. Cardiopulmonary Bypass – principles and practise. 2ª Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2000.
3. Gomar, C., Pomar, J. & Mata, M. Fisiopatología y Técnicas de Circulación Extracorpórea 1ª Ed. Barcelona: Asociación Española de Perfusionistas. 2003.
4. Luciani, G.B., Menon, T., Vecchi, B., Auriemma, S. & Mazzucco, A. Modified Ultrafiltration Reduces Morbidity After Adult Cardiac Operations. *Circulation*, 104: I-253 – I-259. 2001.
5. Skaryak, L. A. et al. Modified Ultrafiltration Improves Cerebral Metabolic Recovery after Circulatory Arrest. *J Thoracic Cardiovasc Surg*, 109: 744–752. 1995.

Artigo recebido em 04.10.2007. Artigo aprovado em 01.02.2008.