

Artigo Científico

Efeito Imediato da Hemodiluição Normovolêmica Aguda Pré-Operatória sobre o Hematócrito em Pacientes Adultos

Marcelo Vechi Macuco TSA¹, José Maurício Xavier Carrenho²,
José Francisco Zambonato³

Macuco MV, Carrenho JMX, Zambonato JF - Immediate Effect of Acute Preoperative Isovolemic Hemodilution on Adult Patients Hematocrit

Background and Objectives - Acute preoperative isovolemic hemodilution (APIH) is one of the autologous transfusion modalities with a marked increase in its use during the last 20 years. The aim of this study was to analyze the correlation between the actual final hematocrit (HT_f) immediately after the end of the APIH and the expected HT_f using 2 suggested formulas.

Methods - Fifty-three adult patients submitted to elective surgery and APIH were studied. Initial HT (HT_0) and actual HT_f were measured. During the APIH, lactated Ringer's solution was infused in a volume three times greater than that of removed blood. The two formulas used to estimate the expected HT_f were: 1) $Vr = \text{blood volume} \cdot ([HT_0 - HT_f] / HT_m)$; 2) $Vr = \text{blood volume} \cdot ([HT_0 - HT_f] / HT_0)$, where: Vr = blood volume removed; HT_0 = initial preoperative HT; HT_f = expected final HT; $HT_m = (HT_0 + HT_f) / 2$.

Results - There were significant differences in height and weight between female and male patients ($p \leq 0.05$). Mean removed blood volume was 598 ± 201 ml. The mean values of HT_0 and actual HT_f were $41 \pm 3\%$ and $36 \pm 3\%$ respectively. Correlations between actual and expected HT_f using formulas 1 and 2 were 0.64 and 0.60 respectively.

Conclusions - The use of both formulas to estimate expected HT_f after variable and relatively small volumes of blood removed during APIH in adult patients physical status ASA I and II resulted in a correlation of approximately 0.6 with actual HT_f , reinforcing the importance of controlling additional parameters (laboratorial and clinical) in guiding transfusion therapy. Additional variables such as volume of removed blood, duration of fasting, and the use of diuretics should also be standardized.

KEY WORDS - BLOOD: autologous, hemodilution; LABORATORY TESTS: hematocrit

Transfusão autóloga não é um conceito novo. Reinfusão de sangue perdido foi empregada já em 1818 e doação pré-operatória de sangue

autólogo foi defendida nos anos 30, quando surgiram os primeiros Bancos de Sangue. Entretanto, um aumento considerável no uso de transfusão autóloga tem ocorrido nos últimos 20 anos.

Existem três modalidades de transfusão autóloga: 1) doação pré-operatória e armazenamento; 2) hemodiluição normovolêmica aguda pré-operatória; 3) recuperação de sangue per ou pós-operatória¹⁻³. A hemodiluição normovolêmica (isovolêmica) aguda pré-operatória (HNAPO), campo de atuação do anestesiológico, significa a remoção de sangue do paciente cirúrgico imediatamente antes ou logo após a indução da anestesia e sua reposição com volumes apropriados de soluções cristalóides e/ou colóides com a finalidade de manter o enchimento isovolêmico nas câmaras cardíacas^{1,4,5}.

* Estudo realizado no Hospital Santa Isabel (Serviço de Anestesiologia Santa Isabel e Centro Hemoterápico Blumenau) e Serviço de Anestesiologia de Joinville, SC.

1. Médico Anestesiologista e Instrutor do CET/SBA de Joinville, SC
2. Médico Hemoterapeuta e Diretor do Centro Hemoterápico Blumenau
3. ME₁ do CET/SBA de Joinville, SC

Apresentado em 07 de maio de 1998
Aceito para publicação em 27 de julho de 1998

Correspondência para Dr. Marcelo Vechi Macuco
Serviço de Anestesiologia de Joinville
Rua Roberto Koch 72 - América
89201-720 Joinville, SC

© 1998, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

HNAPO limitada é o termo aplicado quando o hematócrito (Ht) é reduzido à aproximadamente 28%¹ ou moderada para Ht entre 25-35%⁵. HNAPO extrema designa uma redução do Ht à níveis inferiores à 20%^{1,4}. A retirada de sangue pode ser intencional, como durante a HNAPO, ou pode representar perda sangüínea per-operatória⁵.

Os Serviços de Anestesiologia (SA) e Hemoterapia (SH) do Hospital decidiram iniciar esta pesquisa no Centro Cirúrgico para adquirir experiência com a nova técnica e, simultaneamente, avaliar o grau de hemodiluição resultante de diferentes volumes de sangue retirados no pré-operatório imediato. O objetivo deste estudo foi avaliar a correlação entre o Ht final (Ht_f) real colhido imediatamente após a HNAPO e o Ht_f previsto por duas fórmulas existentes propostas para este fim^{1,3,4,6-9}.

MÉTODO

Após aprovação pela Comissão de Ética Médica do Hospital e consentimento dos pacientes, participaram do estudo 53 pacientes adultos (31 homens e 22 mulheres) com idades entre 20 e 65 anos, estado físico ASA I e II, submetidos à diferentes procedimentos cirúrgicos eletivos com potencial de sangramento maior ou igual à 1.000 ml e com jejum absoluto de no mínimo oito horas. Foram excluídos pacientes com Ht inicial pré-operatório (Ht₀) abaixo de 35%, pacientes com doenças hematológicas ou da coagulação, doença coronariana, acesso vascular inadequado, índice de massa corporal acima de 35, diminuição da função renal, doença pulmonar com comprometimento da oxigenação e doença de carótida comprometendo a perfusão cerebral. A medicação pré-anestésica utilizada foi diazepam 10 mg, por via oral, 60 minutos antes da indução anestésica. Na sala de cirurgia todos os pacientes foram continuamente monitorizados com eletrocardiografia, oximetria de pulso, pressão arterial pelo método auscultatório e cateterização vesical. Dependendo do tipo de

cirurgia ou condição clínica do paciente, monitorização adicional como capnografia, cateterização de artéria radial e pressão venosa central foram empregadas. Um cateter calibre 14G foi inserido em veia do membro superior após infiltração subcutânea com anestésico local e coletado amostra de sangue para determinação do Ht₀. Todo o procedimento de HNAPO, juntamente com as coletas de sangue para as determinações dos Ht (*in locu* no Centro Cirúrgico, pelo método de centrifugação com tubos de ensaio), foram realizados por pessoal técnico do Banco de Sangue, sob supervisão do SA e SH. Para o cálculo do volume de sangue previsto a ser retirado (Vp) foi utilizado a fórmula 1 (vide abaixo), onde o valor pré-estabelecido pelo SH para o Ht mínimo permissível (Ht_f) permaneceu fixo em 30%.

As fórmulas sugeridas para o cálculo da perda sangüínea permissível pré-transfusão no per-operatório ou para a realização da HNAPO são as seguintes^{1,3,4,6-9}:

Fórmula 1:

$$V = \text{volemia} \cdot \frac{Ht_0 - Ht_f}{\frac{Ht_0 + Ht_f}{2}}$$

Fórmula 2 :

$$V = \text{volemia} \cdot \frac{Ht_0 - Ht_f}{Ht_0}$$

onde:

V (ml): volume de sangue a ser retirado. Vp: V previsto pela fórmula #1 (Ht_f = 30)

Vr : V real

volemia (ml): homem: $(0,0236 \times A^{0,725} \times P^{0,425} - 1,229) \times 1000$
mulher: $(0,0248 \times A^{0,725} \times P^{0,425} - 1,954) \times 1000$

A: altura (cm)

P: peso (kg)

Ht₀: Ht inicial do paciente no pré-operatório imediato antes de iniciada a HNAPO

Ht_f: 1º cálculo: Ht mínimo permissível para o paciente. Cálculo inicial realizado pelo SH antes da HNAPO, para determinar o Vp pela fórmula 1 (Ht_f = 30).

2º cálculo: Ht_f previsto após conhecido o Vr e Ht₀. Cálculo final realizado pelo SA para avaliar a correlação entre Ht_f real e Ht_f previsto pelas duas fórmulas modificadas.

Por ser um procedimento novo com o qual a experiência era pequena no Hospital, o volume de sangue real retirado (V_r) sempre foi inferior ao V previsto pela fórmula 1 (V_p) com a finalidade inicial de se manter uma margem de segurança (hemodiluição menor e H_{t_f} maior). Os V_r variaram entre 350 à 900 ml, sendo uma decisão baseada no peso, idade, H_{t_0} , condição clínica do paciente e tempo disponível no pré-operatório imediato para a coleta da(s) bolsa(s). Durante a retirada do V_r com o paciente em decúbito dorsal horizontal, realizava-se infusão venosa de solução de Ringer com lactato no membro superior contra-lateral com volume de três vezes o V_r , objetivando manter a volemia. Uma segunda coleta de sangue era realizada imediatamente após terminado todo o procedimento na veia de onde o V_r havia sido retirado, para a determinação do H_{t_f} real. Somente após encerrada a HNAPO era iniciada a técnica anestésica que variou dependendo do procedimento cirúrgico e do paciente (Tabela II).

Para avaliar a correlação entre o H_{t_f} real e os valores estimados (H_{t_f} previsto) pelas duas fórmulas em questão, decidimos utilizá-las de forma modificada, onde a incógnita foi o H_{t_f} previsto, já que conhecíamos o V_r e H_{t_0} . Transformando o H_{t_f} em incógnita, temos:

Fórmula 1 modificada:

$$H_{t_f \text{ previsto}} = \frac{H_{t_0} \cdot (2 \cdot \text{volemia} - V_r)}{2 \cdot \text{volemia} + V_r}$$

Fórmula 2 modificada:

$$H_{t_f \text{ previsto}} = \frac{\text{volemia} \cdot H_{t_0} - H_{t_0} \cdot V_r}{\text{volemia}}$$

As bolsas de sangue foram pesadas, identificadas, numeradas seqüencialmente e mantidas na sala de cirurgia à temperatura ambiente. Foi feita estimativa de perda sangüínea e dosagens de Ht seriados no per-operatório para orientar a terapia transfusional no per e pós-operatório, sendo considerado indicação para transfusão Ht abaixo de 28%-30%. As bol-

sas eram reinfundidas de acordo com a necessidade na ordem inversa da coleta. A primeira bolsa coletada, rica em plaquetas, fatores de coagulação e eritrócitos era administrada por último^{1,10}. Caso não fosse necessário o uso de uma bolsa dentro de um período máximo de 8 horas, esta seria descartada. A decisão de transfundir sangue autólogo naqueles pacientes com Ht acima de 28% foi baseada nas necessidades clínicas de cada paciente e não simplesmente na disponibilidade do sangue autólogo. Em muitos pacientes o SH realizou também recuperação per-operatória de sangue, quando possível, como técnica adicional para reduzir a possibilidade de transfusão homóloga. Utilizou-se o teste *t* de Student para comparação entre as médias obtidas para peso, altura, idade e índice de massa corporal entre os grupos masculino e feminino, com nível de significância: $p < 0,05$. A análise de correlação foi utilizada para avaliar se existe correlação entre o H_{t_f} real e o H_{t_f} previsto pelas fórmulas modificadas 1 e 2 e se há correlação entre o percentual de decréscimo do Ht e o percentual de volume eritrocitário retirado em relação ao volume eritrocitário inicial. Os dados estão expressos como média \pm DP (amplitude).

RESULTADOS

As características da população em estudo e os procedimentos cirúrgicos, juntamente com as técnicas anestésicas empregadas, estão apresentados nas tabelas I e II, respectivamente. Houve diferença estatisticamente significativa para as variáveis peso e altura entre os dois grupos masculino e feminino. O volume médio previsto pelo SH a ser retirado (V_p) foi de $1446,95 \pm 450,35$ ml ($757,70 - 2841,85$ ml) e o volume médio real retirado (V_r) na HNAPO foi de $598,49 \pm 201,55$ ml ($350 - 900$ ml), correspondendo em média à $42,90 \pm 12,11\%$ ($17,59-64,45\%$) do V_p . As médias de H_{t_0} e H_{t_f} reais foram respectivamente $41,42 \pm 3,14\%$ ($37 - 52\%$) e $35,64 \pm 3,11\%$ ($28 - 45\%$). As correlações entre H_{t_f} real e H_{t_f} previsto através das fórmulas 1 e 2 foram

respectivamente 0,6368 e 0,6039 (Figuras 1 e 2). O percentual de decréscimo entre H_{t0} e H_{tr} real foi de $13,88 \pm 5,07\%$ (4,76 - 26,32%) e o percentual de volume eritrocitário retirado em relação ao volume eritrocitário inicial foi de 13,30 ($4,05\% \pm 6,62$ - 20,83%). A correlação entre estas duas últimas variáveis foi de 0,0292 (Figura 3). Não ocorreram intercorrências cardiocirculatórias que exigissem tratamento específico durante a HNAPO e não foram evidenciadas, pelas equipes cirúrgicas e clínicas, complicações atribuíveis ao método. O retorno de sangue autólogo foi de 100% durante o per e/ou pós-operatório.

Tabela I -Características Gerais da População (média±DP)

	Masculino	Feminino
n	31	22
idade (anos)	47,03 ± 15,44 (20 - 65)	46,05 ± 8,31 (31 - 60)
peso (kg) *	72,19 ± 11,79 (55 - 105)	68,82 ± 13,98 (40 - 90)
altura (cm) *	173,06 ± 5,92 (160 - 188)	163,23 ± 5,78 (152 - 178)
ASA I/II	21/10	18/4
Índice de massa corporal	24,07 ± 3,41 (19,59 - 31,02)	25,76 ± 4,87 (16,65 - 33,46)

* significativo entre os 2 grupos (teste t Student - p < 0,05)

Tabela II - Procedimentos Cirúrgicos e Técnicas Anestésicas

Cirurgia	n	Técnica anestésica
Histerectomia	11	Geral ou Peridural + Geral
Osteossíntese de fêmur	9	Regional (Peridural ou Raquianestesia)
Prostatectomia	7	Geral ou Peridural + Geral
Artrodese de coluna	5	Geral
Laringectomia	5	Geral
Neurocirurgia	5	Geral
Mastectomia radical	4	Geral
Prótese de quadril	4	Regional (Peridural ou Raquianestesia)
Laparotomia	2	Geral
Nefrectomia	1	Peridural + Geral

DISCUSSÃO

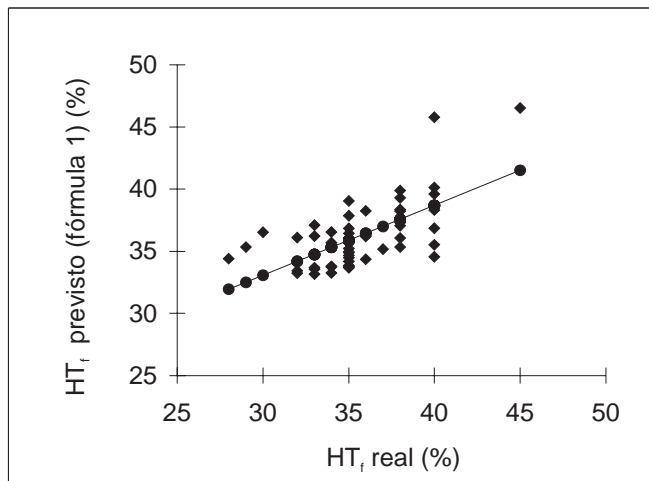


Figura 1 - Correlação entre HTf real e HTf previsto (fórmula 1)

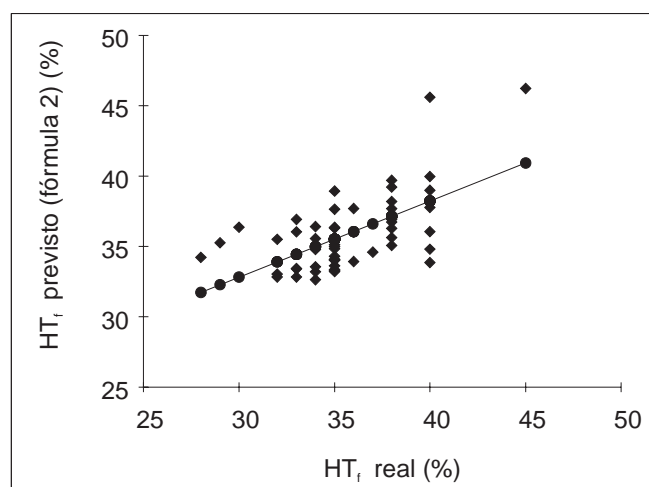


Figura 2 - Correlação entre HTf real e HTf previsto (fórmula 2)

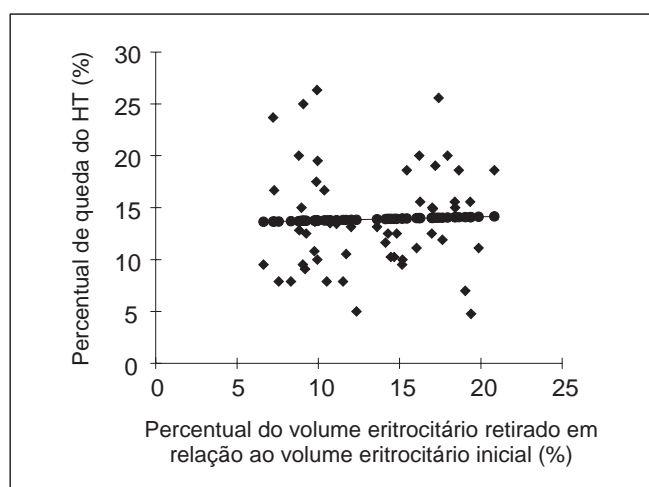


Figura 3 - Correlação entre o percentual de decréscimo H_{t0} e H_{tr} real e o percentual de volume eritrocitário retirado em relação ao volume eritrocitário inicial

Nos EUA, os anestesiológicos administram mais de 50% de todos os derivados sangüíneos aos pacientes, sendo portanto a manobra terapêutica mais comum da anestesiologia não relacionada ao alívio da dor^{2,10}. O estímulo principal para o crescimento de programas de transfusão autóloga tem sido o medo das doenças possivelmente transmissíveis (HCV, HBV, HIV, HtLV I e II, Citomegalovírus, Mononucleose, Sífilis, Toxoplasmose, Doença de Chagas, Malária, Babesiose)^{1,10}.

Existem evidências de que a transfusão homóloga (alógênica) exerce efeitos imunossuppressivos, aumentando as taxas de recorrência de neoplasias e podendo elevar o risco de infecção pós-operatória em até cinco vezes^{1,5}. A transfusão autóloga reduz a incidência de efeitos colaterais potencialmente fatais da transfusão homóloga⁵ e elimina o risco de aloimunizações aos antígenos HLA (human leucocyte antigen)^{1,10}, reações do tipo enxerto x hospedeiro¹⁰, reações alérgicas, febris e hemolíticas agudas ou tardias, lesão pulmonar aguda associada à transfusão (*TRALI*)¹⁰ e possibilita que pacientes contendo fenótipos sangüíneos raros possam se submeter à transfusão¹ como também pode aumentar a auto-estima e a confiança dos pacientes¹⁰.

Alguns autores sugerem que a HNAPO, como método único para conservação de sangue, possui um papel ainda não totalmente definido ou apresenta apenas uma modesta contribuição na conservação de sangue, com limitada eficácia^{10,12}. A HNAPO é mais eficaz quando se aumenta o volume retirado na hemodiluição^{10,12} (reduzindo o Ht_f para o mínimo permissível)¹² ou quando se aumenta a perda sangüínea cirúrgica¹⁰. Entretanto, sua eficiência diminui em pacientes previamente anêmicos^{10,12}. Um modelo matemático recente indicou que a economia teórica no volume eritrocitário perdido em um paciente isovolêmico sangrando, associada à necessidade de se iniciar transfusão baseada em algum Ht mínimo, resulta em pequeno benefício para o paciente¹⁰.

Enquanto alguns autores recomendam que duas ou três bolsas de sangue sejam removidas, outros sugerem um número maior, dependendo do Ht₀, Ht mínimo permissível e da perda sangüínea cirúrgica estimada, para aumentar a eficiência da HNAPO¹². Alguns autores propõem que as soluções cristalóides adicionais associadas à HNAPO podem falsamente diluir a concentração de hemoglobina intravascular no período inicial do pós-operatório, tornando mais provável a ocorrência de anemia e transfusão homóloga, podendo ser difícil prever em quais pacientes esta técnica seria útil¹³. Diferenças entre os resultados existentes quanto à eficiência da HNAPO em reduzir a necessidade de transfusão homóloga pode ser conseqüente ao fato de que estudos realmente controlados e randomizados não existem. Muitos estudos não documentam a necessidade de transfusão no pós-operatório, possuem variações nos critérios usados para transfusão e não utilizam grupos controle¹². Para se avaliar a eficiência da HNAPO na conservação de sangue, os estudos devem padronizar o tipo de cirurgia, técnica anestésica, mesmo cirurgião, pacientes similares e estabelecer critérios uniformes para hemotransfusão^{7,12}. Alguns autores sugerem que a HNAPO é eficiente em evitar transfusão homóloga quando as perdas sangüíneas per-operatórias permanecerem entre 1.000 e 2.000 ml¹³, enquanto outros consideram indicação para HNAPO qualquer procedimento eletivo que apresente um potencial de sangramento cirúrgico maior que 1.000 ml¹ ou maior do que 20% da volemia⁴.

Além da autotransfusão, outras medidas para diminuir a necessidade de sangue alógênico compreendem hemostasia cirúrgica metuculosa, aceitação de Ht mais baixos e emprego de agentes farmacológicos para reduzir a perda sangüínea^{1,3,5}.

Com o decorrer do estudo, além da preocupação de se retirar um volume de sangue menor do que o Vp para limitar a hemodiluição, outra situação também contribuiu para que o Vr fosse menor que o Vp. A HNAPO leva tempo (7 a 10 min por bolsa retirada)¹⁰, além do tempo

necessário para o preparo pelo pessoal técnico. Com o intuito de não retardar mais a indução anestésica para não comprometer a escala de cirurgias, freqüentemente retirava-se apenas uma bolsa de sangue (350 à 450 ml) ao invés de duas.

Existe extensa literatura demonstrando que o uso da transfusão autóloga pode reduzir a necessidade de sangue homólogo^{1,5,7,9,10,12} em até 90% em vários procedimentos cirúrgicos^{1,7,12} e a HNAPO permanece como um método de conservação de sangue sub-utilizado⁷. É preocupante saber que até 25% de todo sangue transfundido é usado de forma inapropriada, sugerindo alguns autores que este fato pode ser resultado direto do limitado conhecimento com relação à segurança e critérios da HNAPO⁵.

Embora alguns autores sugiram que a eficiência da pré-doação ou da recuperação per-operatória de sangue seja possivelmente maior do que a HNAPO na conservação de sangue¹², esta é a única fonte de sangue total fresco autólogo para transfusão, pois diferentemente da doação pré-operatória, não sofre as alterações bioquímicas associadas à *lesão por estocagem*^{1,9}, como diminuição do pH, _{2,3}DPG, plaquetas, fatores de coagulação e aumento na concentração de potássio e CO₂¹⁴. Como o sangue da HNAPO é mantido à temperatura ambiente, a função plaquetária é preservada e evita-se a hipotermia e suas conseqüências associadas à transfusão de sangue refrigerado. A perda de hemácias resultante do sangramento per-operatório é reduzida devido à hemodiluição. Outra vantagem da HNAPO é a potencial melhora na perfusão tecidual associada à menor viscosidade e possível redução nos fenômenos tromboembólicos^{1,4,9,12}. Existem várias vantagens logísticas da HNAPO em relação à outras modalidades de autotransfusão. Em procedimentos de urgência ou nos pacientes com doenças sistêmicas, a única opção é a HNAPO, a qual também é mais simples, mais rápida, de menor custo e exige menos planejamento quando comparada à doação pré-operatória^{1,3,7,9}. A doação de sangue autólogo pré-ope-

ratória pode contribuir na morbidade cardiovascular de pacientes idosos⁷. Quando existe o potencial para bacteremia (catéter vesical ou osteomielite crônica) a pré-doação pode ser contra-indicada, mas não a HNAPO. A presença de malignidades ou infecção na ferida operatória pode inviabilizar a recuperação per-operatória de sangue, mas não a HNAPO. Pacientes Testemunha de Jeová concordam com a HNAPO se o sangue for mantido em circuito fechado com sistema de fluxo contínuo¹. A hemodiluição tem sido investigada como componente alternativo no tratamento de algumas doenças, como acidente vascular isquêmico no Sistema Nervoso Central, doença oclusiva arterial periférica, trombose da veia central da retina e pancreatite biliar aguda⁵.

A cateterização vesical é quase que essencial, pois o débito urinário serve como guia para avaliar o volume intravascular. Seu uso é essencialmente importante quando cristalóides são utilizados (como neste estudo) porque grandes volumes de fluidos são administrados e excretados¹.

Consentimento informado específico para procedimentos de transfusão autóloga realizados em Centro Cirúrgico não é considerado necessário. Atualmente este item está incluído no consentimento cirúrgico genérico. Entretanto, os pacientes devem ser totalmente informados sobre o tratamento proposto⁴.

Atualmente recomenda-se que mesmo uma bolsa de sangue autólogo não seja transfundida a um paciente se este não precisar da transfusão. Esta recomendação se baseia no fato de que a causa mais provável de uma reação transfusional hemolítica fatal seja devido à erro humano na documentação do material pelos funcionários (*clerkal error*), o qual pode ocorrer tanto na transfusão homóloga quanto autóloga³. A decisão de se transfundir sangue autólogo deve ser baseada nas necessidades de cada paciente e não simplesmente na disponibilidade do sangue autólogo⁴. Outros fatores que devem ser considerados são o aumento na viscosidade sangüínea e a redução

na eficiência da oferta de oxigênio aos tecidos (DO_2) com Ht mais elevados^{3,9}.

Apesar do decréscimo no conteúdo arterial de O_2 (CaO_2) durante a HNAPO, a oferta de oxigênio aos tecidos (DO_2) permanece inalterada^{1,5}, de acordo com as seguintes fórmulas^{3,14}:

$$a) CaO_2 = Hb \cdot SaO_2 \cdot 1,34 + 0,003 \cdot PaO_2;$$

$$b) DO_2 = DC \cdot CaO_2.$$

Vários mecanismos estão envolvidos nesta compensação fisiológica em resposta à uma redução aguda na concentração de hemoglobina. O mais importante é o aumento do débito cardíaco (DC), o qual ocorre por três mecanismos: 1) alterações na reologia (estudo das alterações na forma e fluxo de substâncias, compreendendo plasticidade, elasticidade e viscosidade)¹⁵ sangüínea como a diminuição da viscosidade que reduz a resistência vascular sistêmica e pós-carga; 2) aumento do volume sistólico devido ao aumento do retorno venoso; 3) aumento da estimulação simpática no coração (o sangue diluído estimularia os quimiorreceptores no arco aórtico, resultando em estimulação de receptores α -adrenérgicos e aumentando o volume sistólico), embora tal contribuição seja limitada. A pressão arterial média normalmente se mantém em hemodiluições com Ht de até 15% e a FC, em adultos, geralmente não sofre elevação^{1,5}. Somente em estágios avançados de hemodiluição é que o DO_2 começa a diminuir, porém o consumo de oxigênio (VO_2) se mantém devido ao aumento adicional na extração de oxigênio. A figura 4 demonstra que durante a hemodiluição inicial, o aumento do DC é o mecanismo compensatório mais importante para manter o DO_2 no nível pré-hemodiluição. Em estágios mais avançados de hemodiluição, o aumento do DC não consegue mais compensar totalmente a redução na capacidade carreadora de O_2 arterial, iniciando então redução no DO_2 . O VO_2 é ainda mantido pela elevação da extração de oxigênio. Redistribuição do DC em favor do cérebro e do miocárdio é observada somente durante hemodiluição extrema⁵.

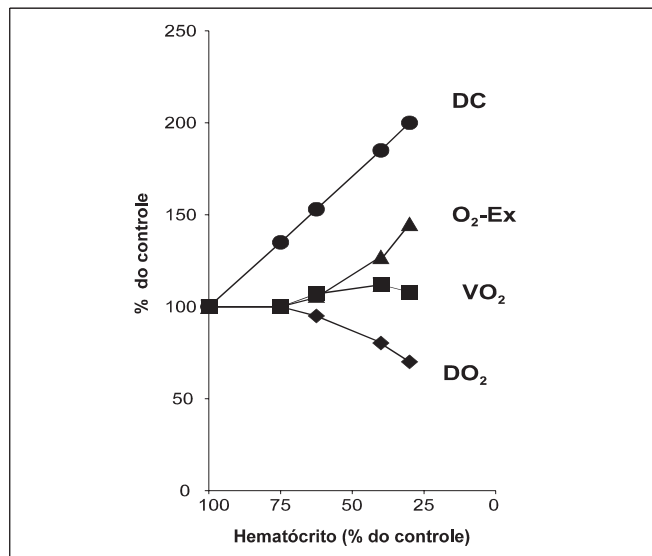


Figura 4 - Mudanças relativas no débito cardíaco durante hemodiluição progressiva em porcos. Débito cardíaco (DC), oferta de O_2 (DO_2), Consumo de O_2 (VO_2) e Extração de O_2 (O_2 -Ex).

Existem vários esquemas propostos para estimar a volemia. A fórmula escolhida neste estudo varia de acordo com o peso, sexo e altura dos pacientes^{16,17}. O volume sangüíneo circulante no adulto humano normal varia com as dimensões físicas, devendo portanto ter relação com estes parâmetros¹⁷. Em pessoas que possuem tecido adiposo mínimo, a volemia varia quase que em proporção direta com o peso corporal, em média $79 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ para ambos os sexos. Entretanto, quanto maior for a relação gordura/peso, menor será o volume de sangue/kg, porque o tecido adiposo possui um volume vascular pequeno. Além disso, no sexo feminino, o qual possui uma alta relação de tecido gorduroso/tecido magro, o volume de sangue/kg decresce muito mais do que no sexo masculino¹⁸.

Estudo realizado em 155 pacientes adultos normais (92 homens e 63 mulheres) registrou peso, altura, sexo, idade, volume sangüíneo e volume plasmático, utilizando técnica de diluição com albumina sérica humana com iodo radioativo. Utilizando fórmula computadorizada, foi demonstrado que existe diferença significativa entre o sexo masculino e feminino e que a significância do parâmetro altura excede a do

parâmetro peso (vide fórmula da volemia em Método), concluindo que o valor preditivo da fórmula derivada do computador é maior quando comparado com outras fórmulas¹⁷. Decidimos não separar o resultado dos grupos por sexo, mesmo sabendo das diferenças estatisticamente significativas encontradas para as variáveis peso e altura entre ambos os sexos, devido a esta correção já realizada para o cálculo da volemia.

Várias fórmulas têm sido demonstradas para estimar a perda sangüínea permissível pré-transfusão. Duas dessas fórmulas são a 1 e a 2^{1,3,4,6-9}. A fórmula *linear* 2 implica que o decréscimo fracional do Ht é igual à fração do volume sangüíneo total que se perdeu. Isto seria verdade se todo o sangue perdido tivesse o Ht inicial (Ht₀). Entretanto, o volume intravascular normalmente é mantido até a transfusão sangüínea pela administração de cristalóides. O Ht, então, deve se reduzir gradativamente. Cada mililitro de sangue perdido contém progressivamente menos hemoglobina, e o Ht resultante do volume de sangue total perdido deve ser um valor médio entre o Ht₀ e Ht_f. Visto que o denominador da fórmula 2 é Ht₀ (valor maior do que a média entre Ht₀ e Ht_f), a fórmula 2 reduz a perda sangüínea permissível (superestima a perda eritrocitária). A fórmula 1, cujo denominador é a média aritmética entre Ht₀ e Ht_f, é mais acurada, embora também apresente limitações, pois assume uma perda sangüínea lenta e constante com manutenção do volume intravascular com soluções sem sangue. Se a perda de sangue é aguda e não repostada simultaneamente, ocorrerá superestimativa da perda sangüínea permissível pela fórmula 1, tornando-se mais lógico neste caso o uso da fórmula 2⁶.

Decidimos comparar a correlação entre o Ht_f real e os valores estimados (Ht_f previsto) pelas duas fórmulas, pois a técnica de HNAPO se caracteriza por uma perda de sangue aguda (fórmula 2), embora se realize reposição simultânea de soluções assangüíneas, sendo a fórmula 1 proposta para definir o Vp quando da utilização desta técnica^{1,3,4,6-9}. A correlação

aproximada de 0,6 observada neste estudo para ambas as fórmulas demonstra que grandes valores de Ht_f real correspondem a grandes valores de Ht_f previsto e pequenos valores de Ht_f real correspondem a pequenos valores de Ht_f previsto (correlação positiva). A fórmula 1 proposta por Gross é a mais indicada, pois apresenta desvios mínimos da fórmula logarítmica (a qual requer cálculos integrados de difícil utilização prática) dentro dos limites aplicáveis em clínica^{6,9}. As correlações encontradas neste trabalho entre Ht_f real e Ht_f previsto por ambas as fórmulas (Figuras 1 e 2) e a correlação praticamente nula entre o percentual de decréscimo entre Ht₀ e Ht_f real e o percentual de volume eritrocitário retirado (em relação ao volume eritrocitário inicial) (Figura 3) certamente sofreram influência de outras variáveis:

- 1) Assume-se que o volume eritrocitário exista dentro de um compartimento único. Durante o sangramento com manutenção da euvolemia utilizando fluidos, pode ocorrer perda eritrocitária devido à hemólise ou ganho eritrocitário devido à liberação de células vermelhas na circulação pelo baço e/ou medula óssea. Não existe literatura documentando o impacto destes processos no volume eritrocitário durante a cirurgia, embora seja pouco provável que tenham um papel importante sobre o Ht em períodos de tempo relativamente curtos¹².
- 2) Embora Ht mínimos permissíveis existam para cada paciente, o valor real não pode ser determinado prospectivamente. Somente após os mecanismos compensatórios fisiológicos em resposta à anemia estiverem agindo plenamente é que o Ht final poderá ser identificado¹².
- 3) Torna-se muito difícil na prática clínica durante a HNAPO manter uma condição de equilíbrio dinâmico entre o volume de sangue que está sendo retirado e a solução cristalóide infundida numa relação exata 1:3 a cada momento, pois é impossível se determinar a velocidade de

drenagem do sangue que está sendo retirado. Somente após terminada a coleta da(s) bolsa(s) de sangue é que conhecíamos o Vr (através do peso) e, a partir daí, fazíamos a infusão do volume restante de solução de Ringer com lactato rapidamente para alcançar a relação sangue:cristalóide de 1:3.

- 4) A técnica de HNAPO envolve grandes mobilizações de fluidos^{10,13} e nosso estudo não padronizou fatores que potencialmente interferem, como tempo de jejum pré-operatório e uso de diuréticos¹⁹, que podem ter interferido em alguns pacientes ASA II com hipertensão arterial controlada.

Como conclusão, o uso de ambas as fórmulas para estimar o Ht_f previsto após volumes variáveis e relativamente pequenos de sangue retirado na HNAPO em pacientes adultos ASA I e II apresentou uma correlação de aproximadamente 0,6 com o Ht_f real, reforçando a importância do controle laboratorial seriado (Ht) juntamente com outros sinais e sintomas clínicos, como parâmetros hemodinâmicos no per-operatório para orientar a terapia transfusional. Esperamos que novos estudos prospectivos neste campo sejam realizados, utilizando padronização de variáveis adicionais, como volume de sangue retirado, tempo de jejum pré-operatório e uso de medicamentos que potencialmente interfiram no volume de água corporal.

Macuco MV, Carrenho JMX, Zambonato JF - Efeito Imediato da Hemodiluição Normovolêmica Aguda Pré-Operatória sobre o Hematócrito em Pacientes Adultos

Justificativa e Objetivos - A hemodiluição normovolêmica aguda pré-operatória (HNAPO) compreende uma das modalidades de transfusão autóloga, a qual vem tendo considerável crescimento nos últimos 20 anos. O presente estudo visa avaliar a correlação entre o hematócrito final real (Ht_f) após terminada a HNAPO e o Ht_f previsto por duas fórmulas pro-

postas para este fim.

Método - Participaram do estudo 53 pacientes adultos, submetidos a procedimentos eletivos e à HNAPO. Foram realizadas duas medidas de Ht (Ht₀ e Ht_f real). Durante a HNAPO foi realizada a infusão de solução de Ringer com lactato em volume três vezes superior ao volume de sangue retirado. As duas fórmulas utilizadas para estimar o Ht_f previsto foram: 1) Vr = volemia $([Ht_0 - Ht_f] / Ht_m)$; 2) Vr = volemia $([Ht_0 - Ht_f] / Ht_0)$, onde: Vr = volume de sangue retirado; Ht₀ = Ht inicial pré-operatório; Ht_f = Ht final previsto; Ht_m = média aritmética entre Ht₀ e Ht_f.

Resultados - Houve diferença significativa para as variáveis peso e altura entre os grupos masculino e feminino ($p \leq 0,05$). O volume de sangue médio retirado foi de 598 ± 201 ml. As médias de Ht₀ e Ht_f reais foram respectivamente $41 \pm 3\%$ e $36 \pm 3\%$. As correlações entre Ht_f real e Ht_f previsto pelas fórmulas 1 e 2 foram 0,64 e 0,60 respectivamente.

Conclusões - O uso de ambas as fórmulas para estimar o Ht_f previsto após volumes variáveis e relativamente pequenos de sangue retirado na HNAPO apresentou correlação aproximada de 0,6 com o Ht_f real neste estudo, reforçando a importância do controle de parâmetros adicionais (laboratoriais e clínicos) para orientar a terapia transfusional. Devem ser padronizadas variáveis adicionais como volume de sangue retirado, tempo de jejum e uso de diuréticos.

UNITERMOS - EXAMES COMPLEMENTARES:
hematócrito; SANGUE: autólogo, hemodiluição

Macuco MV, Carrenho JMX, Zambonato JF - Efecto Inmediato de la Hemodilución Normovolêmica Aguda Pré-operativa sobre el Hematócrito en PacientesAdultos

Justificativa y Objetivos - La hemodilución normovolêmica aguda pré-operativa (HNAPO) comprende una de las modalidades de transfusión autóloga, la cual viene teniendo un crecimiento considerable en los últimos 20 años. El estudio presente busca evaluar la correlación entre el hematócrito final (HT_f) real después de haber terminado la HNAPO y el HT_f previsto por

dos fórmulas propostas para esta finalidade.

Método - Participaram do estudo 53 pacientes adultos submetidos a los procedimientos electivos y al HNAPO. Dos medidas de HT (HT_0 y HT_f reales) fueron hechas. Durante la HNAPO fue realizada la infusión de solución de Ringer con lactato en volumen tres veces superior al volumen de sangre retirado. Las dos fórmulas utilizadas para estimar el HT_f previsto fueron: 1) $Vr = \text{volemia } ([HT_0 - HT_f] / HT_m)$; 2) $Vr = \text{volemia } ([HT_0 - HT_f] / HT_0)$, donde: $Vr = \text{volumen de sangre retirado}$; $HT_0 = \text{HT inicial pré-operatorio}$; $HT_f = \text{HT previsto final}$; $HT_m = \text{el promedio aritmético entre } HT_0 \text{ y } HT_f$.

Resultados - Hubo diferencia significativa para las variables peso y altura entre los grupos masculino y femenino ($p \leq 0,05$). El volumen de sangre medio retirado fue de 598 ± 201 ml. Las medias de HT_0 y HT_f reales fueron respectivamente $41 \pm 3\%$ y $36 \pm 3\%$. Las correlaciones entre HT_f real y HT_f previsto por las fórmulas 1 y 2 eran respectivamente 0,64 y 0,60.

Conclusiones - EL uso de ambas fórmulas para estimar el HT_f previsto después de volúmenes variables y relativamente pequeños de sangre retirado en la HNAPO presentó aproximada correlación de 0,6 con el HT_f real en este estudio, reforzando la importancia del mando de parámetros adicionales (laboratoriales y clínicos) para guiar la terapia transfusional. Deben regularizarse variables adicionales como el volumen de sangre retirado, tiempo de ayuno y uso de diuréticos.

REFERÊNCIAS

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à equipe técnica do Centro Hemoterápico Blumenau (senhoras Beatriz Garcia, Maria Telma Wolf e Maria Aparecida Manoel da Luz), que sempre estiveram à disposição no Centro Cirúrgico e não mediram esforços para tornar possível a realização deste trabalho, e ao Professor Enori Carelli, pela colaboração na obtenção e análise dos resultados estatísticos.

01. Stehling L - Autologous transfusion, em: Miller RD - Anesthesia 4th Ed, (Electronic Edition), New York, Churchill Livingstone, 1994; registros 20386-20661.
02. Ellison N - Hemostasis and Hemotherapy, em: Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK - Clinical Anesthesia. 2nd Ed, Philadelphia, JB Lippincott, 1992;251-264.
03. Tremper KK - Techniques and Solutions to Avoid Homologous Blood Transfusions, em: Barash PG - ASA Refresher Courses in Anesthesiology, 1994; 22:251-262.
04. Napier JAF, Bruce M, Chapman J et al - Guidelines for autologous transfusion. II. Perioperative haemodilution and cell salvage. British Committee for Standards in Haematology. Blood Transfusion Task Force. Br J Anaesth, 1997; 78:768-771.
05. Spahn DR, Leone BJ, Reves JG et al - Cardiovascular and coronary physiology of acute isovolemic hemodilution: a review of nonoxygen-carrying and oxygen-carrying solutions. Anesth Analg, 1994;78: 5:1000-1021.
06. Gross JB - Estimating allowable blood loss: corrected for dilution. Anesthesiology, 1983; 58:277-280.
07. Goodnough LT, Grishaber JE, Monk TG et al - Acute preoperative hemodilution in patients undergoing radical prostatectomy: a case study analysis of efficacy. Anesth Analg, 1994;78:5:932-937.
08. Beer Jr A, Rocha JPS, Rocha Filho JA - Sangue e derivados, em: Manica, JT - Anestesiologia: Princípios e técnicas. 2^a Ed, Porto Alegre, Artes Médicas, 1997;226-232.
09. Pereira JB, François LMG, Pereira EMC - Hemodiluição Normovolêmica: Uso em Cirurgia Cardíaca. Rev Bras Anesthesiol, 1986; 36:1:33-36.
10. Irving GA - Perioperative blood and blood component therapy. Can J Anaesth, 1992;39:10:1105-1115.
11. Potério GMB - Reposição e Transfusão, em: Orteni AV, Tardelli MA - Anestesiologia - SAESP, 4^a Ed, São Paulo, Atheneu, 1996;224-240.
12. Feldman JM, Roth JV, Bjoraker DG - Maximum blood savings by acute normovolemic hemodilution. Anesth Analg, 1995;80:108-113.
13. Faust RJ, Stanhope CR - Ineffectiveness of acute normovolemic hemodilution. Anesth Analg, 1995; 81:3:660.
14. Miller RD, Stoelting RK - Sinopse de Anestesia. Terapia hídrica e administração de sangue. 2^a Ed, Rio de Janeiro, Revinter, 1993;239-252.
15. Neufeldt V, Guralnik DB - Webster's New World Dictionary. Third College Edition, New York, Simon & Schuster, 1988;1151.
16. Beer Jr A, Rocha JPS, Castro e Silva Jr O - Uso racional de sangue e derivados, em: Auler Jr JOC, Vane LA - Atualização em Anestesiologia I SAESP, 1993/1994, São Paulo, Atheneu, 1994;5:1-5-7.
17. Hidalgo JU, Nadler SB, Bloch T - The use of the electronic digital computer to determine best fit of blood volume formulas. J Nuclear Med, 1962;3:94-99.
18. Guyton AC - Textbook of Medical Physiology - Partition of the body fluids: osmotic equilibria between extracellular and intracellular fluids. 7th Ed, Philadelphia, Igaku-Shoin / Saunders, 1986; 382-392.
19. Harris PHP, Goodnough LT, Monk TG - Is hemodilution effective? Anesth Analg, 1995;80:3:645.