

Hemodiluição Normovolêmica Aguda em Crianças Submetidas a Artrodese de Coluna Vertebral pela Via Posterior *

Acute Normovolemic Hemodilution in Children Submitted to Posterior Spinal Fusion

Gizelda S de Oliveira¹; Sérgio Bernardo Tenório, TSA²; Débora O Cumino, TSA³; Daniela B Garcia Gomes, TSA³; Edson N Namba⁴; José Luis A Maidana⁴; Luiz Eduardo Munhoz da Rocha⁵

RESUMO

Oliveira GS, Tenório SB, Cumino DO, Gomes DBG, Namba EN, Maidana JLA, Rocha LEM - Hemodiluição Normovolêmica Aguda em Crianças Submetidas a Artrodese de Coluna Vertebral pela Via Posterior

JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS: A hemodiluição normovolêmica aguda (HNA) é um método de transfusão autóloga simples e de baixo custo. O objetivo deste estudo foi verificar se a HNA pode reduzir a necessidade de sangue homólogo em crianças submetidas à artrodese da coluna vertebral pela via posterior e avaliar as complicações decorrentes da hemodiluição nesse tipo de paciente.

MÉTODO: Participaram do estudo 25 crianças, estado físico ASA I e II, submetidas a artrodese de coluna pela via posterior, e que receberam HNA (grupo H). Foram registrados os valores do hematócrito no início e fim da cirurgia, na alta da terapia intensiva e do hospital, o percentual de crianças que recebeu transfusão homóloga durante e após a cirurgia e as complicações ocorridas no intra e no pós-operatório. Os dados do grupo H foram comparados com outro grupo de crianças submetidas ao mesmo tipo de cirurgia, mesma técnica anestésica, porém sem HNA (grupo S).

RESULTADOS: As medianas de idade e peso dos dois grupos H e S foram respectivamente 13 e 12 anos e 41,5 e 34 kg. Foram retirados 523 ml de sangue do grupo H, no início da cirurgia, equivalente a 17,1% da volemia, e reinfundida simultaneamente solução de Ringer com lactato, reduzindo o hematócrito para $28,8\% \pm 3,72\%$. No final da cirurgia, após a reinfusão do sangue autólogo, hematócrito atingiu o valor médio de 27% no grupo H e 30,4% no grupo S ($p = 0,01$). Na alta da unidade de terapia intensiva e na alta do hospital, as diferenças entre os hematócritos não eram estatisticamente significativas. Transfusão de sangue homólogo foi utilizada em 28% das crianças do grupo H e 79% do grupo S ($p = 0,001$). Hipotensão arterial ocorreu em 28% dos

pacientes do grupo H e 37,5% do grupo S ($p = 0,9$). No grupo S, 4 pacientes tiveram complicações infecciosas importantes no pós-operatório. A duração da internação hospitalar nos grupos H e S foram, respectivamente, $7,56 \pm 3,203$ dias e $9,75 \pm 4,245$ dias ($p = 0,009$). O grupo H recebeu 3.948 ± 1.334 ml de Ringer com lactato e o grupo controle 2.234 ± 953 ml ($p < 0,0001$).

CONCLUSÕES: A hemodiluição normovolêmica aguda é um método seguro e capaz de reduzir a necessidade por sangue homólogo em crianças submetidas à artrodese de coluna. Não houve complicações decorrentes da anemia.

Unitermos: ANESTESIA, Pediátrica; CIRURGIA, Ortopédica; SANGUE: hemodiluição normovolêmica

SUMMARY

Oliveira GS, Tenório SB, Cumino DO, Gomes DBG, Namba EN, Maidana JLA, Rocha LEM - Acute Normovolemic Hemodilution in Children Submitted to Posterior Spinal Fusion

BACKGROUND AND OBJECTIVES: Acute Normovolemic Hemodilution (ANH) is a simple and low-cost autologous transfusion method. This study aimed at evaluating whether ANH is able to decrease homologous transfusions in children undergoing posterior spinal fusion and at verifying hemodilution-induced complications in those patients.

METHODS: Participated in this study 25 children, physical status ASA I and II, submitted to posterior spinal fusion and receiving ANH (group H). Hematocrit values were recorded at surgery beginning and completion, at PACU and hospital discharge. The number of children receiving homologous transfusions during and after surgery, as well as intra and postoperative complications were also recorded. Group H data were compared to other group of children submitted to the same surgical technique, however without ANH (group S).

RESULTS: Median age and weight for both groups were, respectively 13 and 12 years and 41.5 and 34 kg. Immediately after anesthetic induction, 523 ml (mean) of blood were collected from group H, or the equivalent to 17.1% of volemia. Simultaneously, lactated Ringer's solution was started to decrease hematocrit to $28.8\% \pm 3.72\%$. At surgery completion and after autologous blood infusion, hematocrit has reached mean values of 27% in group H and 30.4% in Group S ($p = 0.01$). At PACU and hospital discharge, differences between hematocrits were not statistically significant. Homologous blood was transfused in 28% of Group H children and 79% of Group S children ($p = 0.001$). There has been arterial hypotension in 28% of Group H patients and 37.5% of Group S patients ($p = 0.9$). Four Group S patients had severe postoperative infectious complications. Hospital stay for Groups H and S was, respectively 7.56 ± 3.203 days for group H, and 9.75 ± 4.245 days for group S ($p = 0.009$). Group H has received 3.948 ± 1.334 ml lactated Ringer's and group S has received 2.234 ± 953 ($p = 0.0001$).

CONCLUSIONS: Normovolemic hemodilution is a safe method to decrease homologous blood needs in children submitted to posterior spinal fusion. There have been no anemia-related complications.

Key Words: ANESTHESIA, Pediatric; BLOOD: normovolemic hemodilution; SURGERY, Orthopedic

* Recebido do (Received from) Departamento de Cirurgia da Universidade Federal do Paraná

Trabalho realizado no Hospital Infantil Pequeno Príncipe, Curitiba, PR
1. Responsável pelo Serviço de Anestesiologia do Hospital Infantil Pequeno Príncipe e Anestesiologista do Hospital de Clínicas da UFPR

2. Professor Adjunto da Disciplina de Anestesiologia da UFPR e Anestesiologista do Hospital Infantil Pequeno Príncipe

3. Membro do Serviço de Anestesiologia Pediátrica do Hospital Infantil Pequeno Príncipe

4. Membro do Serviço de Anestesiologia do Lucile's Children Hospital, Universidade de Stanford

5. Ortopedista do Hospital Infantil Pequeno Príncipe e do Hospital de Clínicas da UFPR

Apresentado (Submitted) em 17 de fevereiro de 2003

Aceito (Accepted) para publicação em 16 de maio de 2003

Endereço para correspondência (Correspondence to)

Dr. Sérgio Bernardo Tenório

Rua Dr. Aluizio França, 141

80710-410 Curitiba, PR

E-mail: tenorio@bbs2.sul.com.br

© Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2004

INTRODUÇÃO

A transfusão de sangue é reconhecidamente uma terapia com riscos¹. Entre eles estão a transmissão de doenças infecciosas, a redução da defesa imunológica, o edema pulmonar de causa não cardiogênica e as reações anafiláticas²⁻⁶. Somam-se a estes os riscos de erro humano no processo de coleta, tipagem, armazenamento e infusão do sangue⁷.

Atualmente não há, em uso clínico, substitutos para algumas das funções mais importantes do sangue como a coagulação e o transporte de oxigênio, por isto transfusões de sangue continuam sendo praticadas em larga escala principalmente em cirurgias de grande porte⁸.

Transfusão autóloga é a técnica de transfusão que utiliza o sangue do próprio paciente. Sua principal vantagem é a redução dos riscos associados à transfusão homóloga. Os três métodos de transfusão autóloga são a pré-doação, a reinfusão do sangue coletado no campo cirúrgico e a hemodiluição normovolêmica aguda (HNA). Este último método tem, em relação aos demais, as vantagens de ser tecnicamente mais simples, não exigir equipamentos sofisticados e ter menor custo^{2,9}. Apesar destas vantagens, a HNA ainda é pouco utilizada^{10,11}.

A HNA consiste na retirada, imediatamente após a indução da anestesia, de um pré-determinado volume de sangue, que é reinfundido durante o curso da cirurgia ou, preferencialmente, no seu final. A volemia é mantida pela reposição simultânea de solução cristalóide, colóide ou uma associação de ambas^{12,13}.

O objetivo deste estudo foi verificar se a HNA pode reduzir a necessidade de sangue homólogo em crianças submetidas à artrodese da coluna vertebral pela via posterior e avaliar as complicações decorrentes da hemodiluição neste tipo de paciente.

MÉTODO

Após aprovação pela Comissão de Ética do Hospital e consentimento informado da família, participaram deste estudo 25 crianças, com idades entre 7 e 17 anos, estado físico ASA I e II, programadas para artrodese de coluna pela via posterior e hemodiluição normovolêmica aguda. Foram excluídas crianças com menos de 7 anos de idade e hematócritos inferiores a 30%.

A medicação pré-anestésica foi feita com midazolam por via oral na dose de 0,5 mg.kg⁻¹ nas crianças que demonstrassem ansiedade excessiva. A indução da anestesia foi feita com propofol ou sevoflurano e N₂O e a manutenção com isoflurano, N₂O, fentanil e atracúrio. Os pacientes foram monitorizados com medida da diurese, eletrocardiografia, oximetria de pulso, capnografia, analisador de gases anestésicos, pressão arterial invasiva e não invasiva e temperatura. As crianças foram ventiladas no modo volume-controlado com volume corrente que variou de 7 a 10 ml.kg⁻¹ com aparelho de anestesia modelo *Shogun Evolution*[®]. Todos os pacientes fo-

ram despertados durante o ato operatório após a artrodese das vértebras com o objetivo de identificar possível compressão da medula espinhal (*wake-up test*).

O sangue autólogo era retirado da artéria radial após a indução da anestesia. A mensuração do volume de sangue retirado era feita por pesagem: a bolsa que recebia o sangue era mantida sobre uma balança de precisão durante a coleta; considerou-se cada grama representando 1 ml de sangue. O volume de anticoagulante era proporcional ao volume teórico de sangue a ser retirado. Simultaneamente, infundia-se por veia periférica solução de Ringer com lactato em volume equivalente a três vezes o volume de sangue retirado. Terminada a coleta do sangue, o paciente era posicionado em decúbito ventral sobre coxins sob os ombros e pelve.

A reinfusão do sangue autólogo era feita no final da cirurgia, após a estabilização das perdas sangüíneas cirúrgicas ou durante a cirurgia, se ocorressem importantes alterações hemodinâmicas como hipotensão arterial, taquicardia, hipoxemia ou hematócrito inferior a 20%. Ao término da cirurgia, todos os pacientes recebiam diurético e eram encaminhados para a Unidade de Terapia Intensiva sob ventilação mecânica.

O volume de sangue autólogo obtido foi calculado utilizando-se a fórmula seguinte¹⁴:

$$\text{Padm} = V \times \frac{\text{Hct i} - \text{Hct f}}{\text{Hct i} + \text{Hct f}/2}$$

Onde:

Padm: Perda de sangue admissível;

V: Volemia, calculada com base na fórmula: peso x 70;

Hct i: Hematócrito inicial;

Hct f: Hematócrito final.

Para efeito deste estudo, definiu-se hipotensão arterial como a diminuição de mais que 30% na pressão arterial basal. O volume de sangue era calculado para atingir-se um hematócrito de 30%. Foi verificado o hematócrito no pré-operatório, ao final da cirurgia, na alta da UTI e no dia da alta hospitalar.

Os dados foram comparados com um grupo de crianças, com idades entre 7 e 16 anos, estado físico ASA I e II, que, há dois anos haviam se submetido ao mesmo tipo de cirurgia, mesma conduta anestésica, e mesmos critérios de transfusão, somente diferindo quanto à hemodiluição, que não foi realizada. O grupo de criança submetido à hemodiluição foi chamado de grupo H e o outro grupo que não recebeu hemodiluição de grupo S.

Os dados paramétricos foram resumidos pela média ou mediana quando a dispersão, medida pelo desvio padrão, era elevada. Análise de Proporção foi utilizada para comparar os dados binomiais. Os dados quantitativos foram analisados pelo teste *t* de Student ou teste de Mann-Whitney, quando o desvio padrão da amostra era superior a 30% da média. Considerou-se como significância estatística valores de $p < 0,05$.

RESULTADOS

O grupo H tinha entre 7 e 17 anos de idade (mediana de 13) e pesava entre 19 e 62 kg (mediana de 41,5); o grupo S tinha entre 7 e 16 anos de idade (mediana de 12), e pesava entre 12 e 70 kg (mediana de 34). No grupo H foram retirados 523 ml de sangue no início da cirurgia, equivalente a 17,1% da volemia. Com a infusão de solução de Ringer com lactato, o hematócrito diminuiu para $28,8\% \pm 3,72\%$. As diferenças entre as médias dos hematócritos nos dois grupos foi estatisticamente significativa apenas no final da cirurgia. Transfusão de sangue homólogo foi necessária em 28% dos pacientes no grupo H e em 79% no grupo S ($p = 0,001$). O hematócrito do final da cirurgia no grupo H variou de 18% a 33% e no grupo S de 18% a 40%. Hipotensão arterial ocorreu em 28% dos pacientes do grupo H e em 37,5% do grupo S ($p = 0,99$). No grupo controle, 4 pacientes tiveram complicações infecciosas importantes no pós-operatório. Duas dessas crianças permaneceram internadas por 11 e 21 dias respectivamente. Os tempos de internação hospitalar dos grupos H e S foram, respectivamente, $7,56 \pm 3,203$ dias e $9,75 \pm 4,245$ dias ($p = 0,009$). O grupo H recebeu $3,948 \pm 1334$ ml de solução Ringer com lactato e o grupo S 2.234 ± 953 ml ($p < 0,0001$). A tabela I apresenta os dados demográficos, resultados dos hematócritos do início, final, alta da UTI, e alta hospitalar e tempo de internação hospitalar.

Tabela I - Idade, Peso, Hematócritos, Tempo de Internação e Número de Pacientes Transfundidos dos Grupos H e S

Parâmetros		Grupo H	Grupo S
Idade	Mediana	13 anos	12 anos
Peso	Mediana	41,5 kg	34 kg
Hct inicial	Média	$37,40\% \pm 3,35\%$	$36,40\% \pm 4,53\%$
Hct CC *		$27\% \pm 4,18\%$	$30,40\% \pm 4,83\%$
Hct UTI		$28,10\% \pm 3,46\%$	$30,50\% \pm 5,96\%$
Hct alta		$27,30\% \pm 5,47\%$	$29,40\% \pm 4,58\%$
Transfusão homóloga *		28%	79%
Duração da internação *		$7,56 \pm 3,203$ dias	$9,75 \pm 4,245$ dias

Hct = Hematócrito; CC = Centro Cirúrgico; UTI = Unidade de Terapia Intensiva
* Significativo para $p < 0,05$

DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa demonstram que a HNA pode reduzir a necessidade de sangue homólogo em crianças operadas de artrodese de coluna pela via posterior. A redução no percentual de transfusão de sangue observada (28% x 79%) tem importância clínica, porque cirurgias sobre a coluna vertebral necessitam, com frequência, de transfusões de sangue. Um estudo com 30 adolescentes submetidos à artrodese da coluna pela via posterior estimou as perdas sanguíneas cirúrgicas em 76 ml.kg^{-1} , equivalente a mais de

uma volemia¹⁵. A eficácia da HNA em reduzir a necessidade de sangue homólogo em cirurgias está documentada em outras pesquisas. Um grupo com 27 adolescentes operados para artrodese da coluna por escoliose idiopática, que recebeu HNA (redução média de 8,2% no hematócrito), precisou de menos transfusões homólogas na cirurgia que o grupo controle¹⁶. Transfusão homóloga foi utilizada em apenas 6 de 25 crianças com idades entre 25 dias e 10 anos, submetidas a cirurgias oncológicas de grande porte e hemodiluídas até o hematócrito médio de 14,3%¹⁷. De uma criança com 8 meses de idade com volemia estimada de 800 ml foram retirados 160 ml de sangue, produzindo um hematócrito de 17%. Embora se tratasse de uma extensa cirurgia abdominal, não foi usado sangue homólogo¹⁸.

O papel da hemodiluição na redução das transfusões de sangue deriva do fato de que as perdas de hemácias estão reduzidas durante a cirurgia devido à redução do hematócrito¹⁹. Assim, perdem-se menos hemácias, porque há menos hemácias no sangue circulante para serem perdidas. Embora esta teoria seja contestada por pelo menos um modelo matemático²⁰, ela continua a ser aceita por muitos pesquisadores.

Nenhuma complicação séria pode ser imputada à anemia apesar dos baixos hematócritos observados na maioria das crianças hemodiluídas e em algumas do grupo sem hemodiluição. Deve-se lembrar que o hematócrito médio no final da cirurgia no grupo H era de 27%, o que significa dizer que metade das crianças deste grupo tinham hematócritos com valores inferiores a 27%. Como a hemoglobina é responsável pelo transporte de praticamente todo o oxigênio consumido pelos tecidos, é certo que mecanismos de compensação tenham sido utilizados pelo organismo. De fato, a anemia aguda está associada a aumento do débito cardíaco, a elevação da extração do O_2 pelos tecidos e ao desvio para direita da curva de dissociação da hemoglobina²¹. Associação entre hemodiluição e aumento do débito cardíaco foi demonstrada em estudos experimentais e clínicos. Cães submetidos à redução do hematócrito de 42,2% para 10,6% tiveram aumento no débito cardíaco de 4 para $5,2 \text{ L.min}^{-1}.\text{m}^2$. Contudo, os animais apresentaram importante diminuição da pressão arterial e isquemia do miocárdio quando o hematócrito atingiu, respectivamente, valores de 20% e 11,4%²². Estes achados foram comprovados por estudos em seres humanos²³.

A redução da viscosidade do sangue é outro fator que pode atenuar os efeitos da anemia em pacientes hemodiluídos. Sabe-se que a resistência vascular nos vasos de pequeno calibre é inversamente proporcional à velocidade do fluxo quando o hematócrito tem valores próximos do normal. A implicação prática deste fenômeno é a elevação da resistência vascular na circulação capilar. A diluição do sangue aproxima-o de um fluido Newtoniano, definido como aquele no qual a relação entre velocidade e resistência são lineares. A hemodiluição pode ser, portanto, vantajosa ao reduzir a resistência vascular na microcirculação, local onde o sangue circula normalmente de modo mais lento²⁴.

As crianças têm resposta hemodinâmica semelhante ao adulto quando são hemodiluídas. De um grupo de 6 crianças

com idade média de 8,6 anos e peso médio de 27,7 kg, todas portadoras de tumores malignos e filhas de pais adeptos da religião Testemunhas de Jeová, foram retirados, em média, 618 ml de sangue autólogo no início da cirurgia, equivalente a aproximadamente 22,3% da volemia. O hematócrito reduziu-se de 38% para 25%. Simultaneamente, o índice cardíaco elevou-se 24,3% e a resistência vascular sistêmica diminuiu 21,5%. Perdas adicionais de sangue ocorridas durante a cirurgia provocaram redução do hematócrito médio para 16%, do que resultou aumento adicional do índice cardíaco, sugerindo haver relação causa-efeito entre estas duas variáveis²⁵.

As crianças que receberam hemodiluição permaneceram menos tempo internadas que as do grupo sem hemodiluição (7,56 x 9,75 dias). Não há elementos nesse estudo que permitam associar esta diferença à hemodiluição. Há, no entanto, um fator que elevou o tempo médio de internação no grupo S: a ocorrência, neste grupo, de 4 casos de infecção no período pós-operatório. Pelo menos 2 das crianças infectadas permaneceram internadas por tempo superior à média dos demais pacientes desta série (11 e 21 dias); isto contribuiu para que a diferença entre os grupos atingisse significância estatística. Todos os 4 pacientes que apresentaram infecção tinham recebido sangue homólogo. Como dito, não é possível concluir com estes dados que estas infecções foram causadas pelo uso do sangue; porém, farta literatura demonstra que o sangue homólogo é um imunossupressor^{3,4,26-29}.

Uma limitação deste estudo, e de outros publicados na literatura, foi a comparação com um grupo controle histórico. Outros estudos, de preferência prospectivos e aleatórios, sobre os efeitos e as repercussões da hemodiluição na criança poderão corroborar os presentes achados e trazerem mais informações sobre o tema.

Nas condições deste estudo, demonstrou-se que a hemodiluição normovolêmica aguda é um método de transfusão autóloga simples e seguro, capaz de reduzir a necessidade de sangue homólogo nas cirurgias de artrodese de coluna pela via posterior, não sendo observadas complicações decorrentes da anemia.

Acute Normovolemic Hemodilution in Children Submitted to Posterior Spinal Fusion

Gizelda S de Oliveira, M.D.; Sérgio Bernardo Tenório, TSA, M.D.; Débora O Cumino, TSA, M.D.; Daniela B Garcia Gomes, TSA, M.D.; Edson N Namba, M.D.; José Luis A Maidana, M.D.; Luiz Eduardo Munhoz da Rocha, M.D.

INTRODUCTION

Blood transfusion is knowingly a risky therapy¹. Major risks are infectious diseases transmission, immune defenses decrease, non-cardiogenic pulmonary edema and anaphylactic reactions²⁻⁶, in addition to human error in the process of blood collection, typing, storage and infusion⁷. There are currently no substitutes for some of the most important blood functions, such as coagulation and oxygen transportation, so blood transfusions continue to be widely used, especially in major surgical procedures⁸.

Autologous transfusion is the technique that uses blood from patients themselves. Its major advantage is to decrease risks associated to homologous transfusion. Three autologous transfusion methods are: pre-donation, collected blood reinfusion in the surgical field, and acute normovolemic hemodilution (ANH). As compared to the others, the latter has the advantages of being technically simpler, not requiring sophisticated equipment and having a lower cost^{2,9}. In spite of all advantages, ANH is still seldom used^{10,11}.

ANH is the removal, soon after anesthetic induction, of a predetermined volume of blood, which is reinfused during surgery or, preferably, at its completion. Volume is maintained by the simultaneous replacement of crystalloids, colloids, or the association of both^{12,13}.

This study aimed at evaluating whether ANH could decrease homologous blood needs in children submitted to posterior spinal fusion and at evaluating hemodilution-related complications in those patients.

METHODS

After the Hospital Ethics Committee approval and families' informed consent, participated in this study 25 children aged 7 to 17 years, physical status ASA I and II, scheduled for posterior spinal fusion and acute normovolemic hemodilution. Exclusion criteria were children below 7 years of age and hematocrit below 30%.

Excessively anxious patients were premedicated with 0.5 mg.kg⁻¹ midazolam. Anesthesia was induced with propofol or sevoflurane and N₂O and was maintained with isoflurane, N₂O, fentanyl and atracurium. Patients were monitored by diuresis, electrocardiography, pulse oximetry, capnography, anesthetic gases analyzer, invasive and noninvasive blood pressure and temperature. Children were volume-controlled ventilated with tidal volume varying 7 to 10 ml.kg⁻¹, with the *Shogun Evolution*[®] anesthesia machine. All patients were

awaken during surgery after vertebral fusion to check possible spinal cord compression (wake-up test).

Autologous blood was collected from the radial artery after anesthetic induction. Blood volume was measured by weight; blood bag was maintained on a precision scale during collection; each gram was considered as representing 1 ml blood. Anticoagulant volume was a function of the theoretical volume of blood to be collected. Simultaneously, lactated Ringer's solution was infused through a peripheral vein in a volume equivalent to 3 times the volume of collected blood. After blood collection, patients were placed in the prone position with pads under shoulders and pelvis.

Autologous blood was reinfused at surgery completion, after stabilization of surgical blood losses, or during surgery, if there were major hemodynamic changes, such as arterial hypotension, tachycardia, hypoxemia or hematocrit below 20%. At surgery completion, all patients received diuretics and were referred to intensive care unit under mechanical ventilation.

Autologous blood volume obtained was calculated by the following formula¹⁴:

$$L_{adm} = V \times \frac{Hct\ i - Hct\ f}{Hct\ i + Hct\ f/2}$$

Where:

L_{adm}: admissible blood loss;

V: volemia, calculated based on the formula weight x 70;

Hct i: initial hematocrit;

Hct f: final hematocrit.

For the purpose of this study, arterial hypotension was defined as more than 30% decrease in baseline pressure. Blood volume was calculated to reach 30% hematocrit. Hematocrit was evaluated in the preoperative period, at surgery completion, at intensive care unit discharge and at hospital discharge.

Data were compared to a group of children aged 7 to 16 years, physical status ASA I and II who, two years ago had been submitted to the same surgical procedure, same anesthetic approach and same transfusion criteria, only differing in hemodilution, which was not performed. The group of children submitted to hemodilution was called Group H and the other group was called Group S.

Parametric data were summarized by mean or median when dispersion measured by standard deviation was high. Proportion Analsys was used to compared binominal data. Student's *t* test was used to analyze quantitative data or Mann-Whitney test was used when sample standard deviation was higher than 30% of mean, considering statistically significant $p < 0.05$.

RESULTS

Group H aged 7 to 17 years (median 13) and weighed 19 to 62 kg (mean 41.5). Group S aged 7 to 16 years (median 12) and weighed 12 to 70 kg (median 34). In the beginning of surgery,

523 ml blood was collected from group H, equivalent to 17.1% volemia. With lactated Ringer's infusion, hematocrit has decreased to $28.8\% \pm 3.72\%$. Hematocrit means were only statistically significant between groups at surgery completion. Homologous blood transfusion was needed in 28% of Group H patients and 79% of Group S patients ($p = 0.001$). At surgery completion, Group H hematocrit has varied 18% to 33% and Group S hematocrit has varied 18% to 40%. There has been arterial hypotension in 28% of Group H and 37.5% of Group S patients ($p = 0.99$). In the control group, 4 patients had major postoperative infectious complications. Two of these children have remained admitted for 11 and 21 days, respectively. Hospital stay for Groups H and S were, respectively, 7.56 ± 3.203 days and 9.75 ± 4.245 days ($p = 0.009$). Group H has received 3.948 ± 1.334 lactated Ringer's and Group S 2.234 ± 953 ml ($p < 0.0001$). Demographics data, hematocrit results at surgery beginning and completion, PACU and hospital discharge are shown in table I.

Table I - Age, Weight, Hematocrit, Hospitalization Time and Number Tranfused Patients in Groups H and S

Parameters		Group H	Group S
Age	Median	13 years	12 years
Weight	Median	41.5 kg	34 kg
Initial Hct	Mean	$37.40\% \pm 3.35\%$	$36.40\% \pm 4.53\%$
Hct CC *		$27\% \pm 4.18\%$	$30.40\% \pm 4.83\%$
Hct ITU		$28.10\% \pm 3.46\%$	$30.50\% \pm 5.96\%$
Hct discharge		$27.30\% \pm 5.47\%$	$29.40\% \pm 4.58\%$
Homologous transfusion *		28%	79%
Hospitalization time *		7.56 ± 3.203 days	9.75 ± 4.245 days

Hct = Hematocrit; CC = Surgical Center; ITU = Intensive Therapy Unit

* Significant for $p < 0.05$

DISCUSSION

Our results have shown that ANH may decrease the need for homologous blood in children undergoing posterior spinal fusion. The observed decrease in blood transfusion (28% x 79%) is clinically important because spinal surgeries often need blood transfusions. A study with 30 adolescents submitted to posterior spinal fusion has estimated surgical blood losses in $76\text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ equivalent to more than one volemia¹⁵. ANH effectiveness in decreasing homologous blood needs during surgeries is documented in other studies. A group of 27 adolescents submitted to spinal fusion due to idiopathic scoliosis, who received ANH (mean 8.2% hematocrit decrease), needed less homologous transfusions during surgery as compared to the control group¹⁶. Homologous transfusion was only used in 6 out of 25 children aged 25 days to 10 years, submitted to major oncologic surgeries and hemodiluted until mean 14.3% hematocrit¹⁷. From an 8-month old child with estimated 800 ml volemia, 160 ml

blood were collected and produced 17% hematocrit. Although being a major abdominal surgery, homologous blood was not used¹⁸.

Hemodilution role in decreasing blood transfusion needs derives from the fact that red cell losses are decreased during surgery due to hematocrit decrease¹⁹. So, less red cells are lost because there are less red cells in circulating blood to be lost. Although this theory is questioned by at least one mathematical model²⁰, it is still accepted by many investigators. No serious complication may be charged to anemia, in spite of low hematocrit observed in most hemodiluted children and in some without hemodilution.

It is worth reminding that mean hematocrit at surgery completion in Group H was 27%, which means half the children had hematocrits below 27%. Since hemoglobin is responsible for transporting almost all oxygen consumed by tissues, it is true that compensation mechanisms have been used by the body. In fact, acute anemia is associated to increased cardiac output, increased oxygen extraction by tissues and to the right shift of hemoglobin dissociation curve²¹.

Association between hemoglobin and increased cardiac output has been shown in experimental and clinical studies. Dogs submitted to hematocrit decrease from 42.2% to 10.6% had their cardiac output increased from 4 to 5.2 L.min⁻¹.m². However, animals presented major blood pressure decrease and myocardial ischemia when hematocrit has reached 20% and 11.4%, respectively²². These findings were proven by human studies²³.

Blood viscosity decrease is another factor attenuating anemia in hemodiluted patients. It is known that vascular resistance in small veins is inversely proportional to flow rate when hematocrit value is close to normal. In practice, this means increased vascular resistance in capillary circulation. Blood dilution puts it close to a Newtonian fluid, which is defined as a fluid with linear ratio between rate and resistance. Hemodilution, then, might be advantageous in decreasing microcirculation vascular resistance, where blood circulation is, in general, slower²⁴.

Children have hemodynamic response similar to adults when hemodiluted. From a group of 6 children with mean age of 8.6 years and mean weight of 27.7 kg, all with malignant tumors and children of Jehovah's Witnesses parents, mean 618 ml autologous blood were collected at surgery beginning, equivalent to approximately 22.3% volemia. Hematocrit was decreased from 38% to 25%. Simultaneously, cardiac index has increased 24.3% and systemic vascular resistance has decreased 21.5%. Additional blood losses during surgery have caused mean hematocrit decrease to 16%, resulting in additional cardiac index increase and suggesting a cause-effect relationship between these two variables²⁵.

Hemodiluted children remained less time in the hospital as compared to non-hemodiluted children (7.56 x 9.75 days). There are no elements in our study to associate this difference to hemodilution. There is, however, a factor increasing mean hospitalization time in Group S, which is the presence of 4 postoperative infections. At least two children had to remain admitted for a longer time as compared to mean hospitalization time of remaining children (11 and 21 days).

This has contributed for a statistically significant difference between groups. All four patients with infection had received homologous blood. As already said, it is impossible to conclude from our data that those infections were caused by the blood, however, there are several studies in the literature proving that homologous blood is immunosuppressant^{3,4,26-29}.

One limitation of this study and of others published in the literature was the comparison with a historical control group. Other studies, preferably prospective and randomized, about effects and repercussions of hemodilution in children could confirm our findings and bring more information about the subject.

In the conditions of our study, it has been shown that acute normovolemic hemodilution is a simple and safe autologous transfusion method able to decrease homologous blood needs in posterior spinal fusion surgeries, without anemia-related complications.

REFERÊNCIAS - REFERENCES

01. Dodd RY - The risk of transfusion-transmitted Infection. *N Engl J Med*, 1992;327:419-420.
02. Spahn D, Casutt M - Eliminating blood transfusions. *Anesthesiology*, 2000;93:242-255.
03. Triulzi DJ, Vanek K, Ryan DH et al - A clinical and immunologic study of blood transfusion and postoperative bacterial infection in spinal surgery. *Transfusion*, 1992;32:517-524.
04. Avall A, Hyllner M, Bengtson JP et al - A postoperative inflammatory response after autologous and allogenic blood transfusion. *Anesthesiology*, 1997;87:511-516.
05. Crosby ET - Perioperative haemotherapy: II. Risks and complications of blood transfusion. *Can J Anaesth*, 1992;39:822-837.
06. Wolf CFW, Canale VC - Fatal pulmonary hypersensitivity reaction to HL-A incompatible blood. *Transfusion: report of a case and review of the literature*. *Transfusion*, 1976;135-140.
07. Myhre BA - Fatalities from blood transfusions. *JAMA*, 1980;244:1333-1335.
08. Spiess BD, Counts RB, Gould AS - A History of Transfusion em: Perioperative Transfusion Medicine. Williams & Wilkins, Baltimore 1998;9-10.
09. Goodnough LT, Brecher ME, Kanter MH et al - Transfusion Medicine, Part I. *N Engl J Med*, 1999;340:438-444.
10. Bryson GL, Laupacis A, Wellls GA - Does acute normovolemic hemodilution reduce perioperative allogeneic transfusion? A meta-analysis. *Anesth Analg*, 1998;86:9-15.
11. Loubser PG, De Juan R - Survey of acute normovolemic hemodilution utilization by Anesthesiology programs. *Anesthesiology*, 1998;A-1193.
12. Erath MH, Oliver Jr W, Santrach PJ - Intraoperative Techniques to Conserve Autologous Blood: Red-Cell Salvage, Platelet-Rich Plasma, and Acute Normovolemic Hemodilution, em: Spiess BD, Counts RB, Gould Steven A et al - Perioperative Transfusion Medicine, Baltimore, Williams & Wilkins, 1998;336-342.
13. Gillon J, Thomas MJG, Desmond MJ - Acute normovolaemic haemodilution. *Transfusion*, 1996;36:640-643.
14. Stehling L, Zauder HL - Controversies in transfusion Medicine - Perioperative hemodilution: Pro. *Transfusion*, 1998;34:265-268.
15. Guay J, Haig M, Lortie L et al - Predicting blood loss in surgery for idiopathic scoliosis. *Can J Anaesth*, 1994;41:775-781.

16. Du Toit, Relton JES, Gillespie R - Acute hemodilutional autotransfusion in the surgical management of scoliosis. *J Bone Joint Surg*, 1978;60:178-180.
17. Schaller RT, Schaller J, Morgan A et al - Hemodilution anesthesia: a valuable aid to major cancer surgery in children. *Am J Surg*, 1983;146:79-84.
18. Kraft M, Dedrick D, Goudsouzian N - Hemodilution in an eight-month infant. *Anaesthesia*, 1981;36:402-404.
19. Goodnough LT, Brecher ME, Kanter MH et al - Transfusion Medicine, Part II. *N Engl J Med*, 1999;340:525-533.
20. Feldman JM, Roth JV, Bjoraker DG - Maximum blood saving by acute normovolemic hemodilution. *Anesth Analg*, 1995;80:108-113.
21. Robertie PG, Gravlee TP - Safe limits of isovolemic hemodilution and recommendations for erythrocyte transfusion. *Intern Anesth Clin*, 1990;28:197-204.
22. Tambara EM - Avaliação da Hemodiluição Normovolêmica - Estudo Experimental em Cães. Tese Apresentada no Curso de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, 1996.
23. Laks H, Pilon RN, Klovekorn Anderson W et al - Acute hemodilution: its effect on hemodynamics and oxygen transport in anesthetized man. *Ann Surg*, 1974;180:103-109.
24. Bruder N, Cohen B, Pellissier D et al - The effect of hemodilution on cerebral blood flow velocity in anesthetized patients. *Anesth Analg*, 1998;86:320-324.
25. Iterson MV, Waart FJMV, Erdmann W et al - Systemic haemodynamics and oxygenation during haemodilution in children. *Lancet*, 1995;346:1127-1129.
26. Ford CD, Van Moorleghem G, Menlove R - Blood transfusions and postoperative wound infection. *Surgery*, 1993;113:603-607.
27. Agarwal N, Murph JG, Cayten CG - Blood transfusion increases the risk of infection after trauma. *Arch Surg*, 1993;128:171-176.
28. Mezrow CK, Bergstein I, Tartter PI - Postoperative infections following autologous and homologous blood transfusions. *Transfusion*, 1992;32:27-30.
29. Landers DF, Hill GE, Wong KC et al - Blood transfusion-induced immunomodulation. *Anesth Analg*, 1996;82:187-204.

RESUMEN

Oliveira GS, Tenório SB, Cumino DO, Gomes DBG, Namba EN, Maidana JLA, Rocha LEM - Hemodilución Normovolémica Aguda en Niños Sometidos a Artrodesis de Columna Vertebral por la Vía Posterior

JUSTIFICATIVA Y OBJETIVOS: La hemodilución normovolémica aguda (HNA) es un método de transfusión autóloga simple y de bajo costo. El objetivo de este estudio fue verificar si la HNA puede reducir la necesidad de sangre homólogo en niños sometidos a artrodesis de la columna vertebral por vía posterior y evaluar las complicaciones resultantes de la hemodilución en ese tipo de paciente.

MÉTODO: Participaron del estudio 25 niños, estado físico ASA 1 y 2, sometidos a artrodesis de columna por la vía posterior, y que recibieron HNA (grupo H). Fueron registrados los valores del hematócrito en el inicio y fin de la cirugía, en el alta de la terapia intensiva y del hospital, el percentual de niños que recibieron transfusión homóloga durante y después de la cirugía y las complicaciones ocurridas en el intra y pos-operatorio. Los datos del grupo H fueron comparados con otro grupo de niños sometidos al mismo tipo de cirugía, igual técnica anestésica, sin embargo sin HNA (grupo S).

RESULTADOS: Las medias de edad y peso de los dos grupos H y S fueron respectivamente 13 y 12 años y 41,5 y 34 kg. Fueron retirados 523 ml de sangre del grupo H, en el inicio de la cirugía, equivalente a 17,1% de la volemia, y reinfundida simultáneamente en solución de Ringer con lactato, reduciendo el hematócrito para $28,8\% \pm 3,72\%$. En el final de la cirugía, después de la reinfusión de la sangre autóloga, el hematócrito llegó al valor medio de 27% en el grupo H y 30,4% en el grupo S ($p = 0,01$). En el alta de la unidad de terapia intensiva y en el alta del hospital, las diferencias entre los hematocritos no eran estadísticamente significativas. Transfusión de sangre homóloga fue utilizada en 28% de los niños del grupo H y 79% del grupo S ($p = 0,001$). Hipotensión arterial ocurrió en 28% de los pacientes del grupo H y 37,5% del grupo S ($p = 0,9$). En el grupo S, 4 pacientes tuvieron complicaciones infecciosas importantes en el pos-operatorio. La duración del internamiento hospitalario en los grupos H y S fueron, respectivamente, $7,56 \pm 3,203$ días y $9,75 \pm 4,245$ días ($p = 0,009$). El grupo H recibió 3.948 ± 1.334 ml de Ringer con lactato y el grupo control 2.234 ± 953 ml ($p < 0,0001$).

CONCLUSIONES: La HNA es un método seguro y capaz de reducir la necesidad por sangre homólogo en niños sometidos a artrodesis de columna. No hubo complicaciones decurrentes de la anemia.