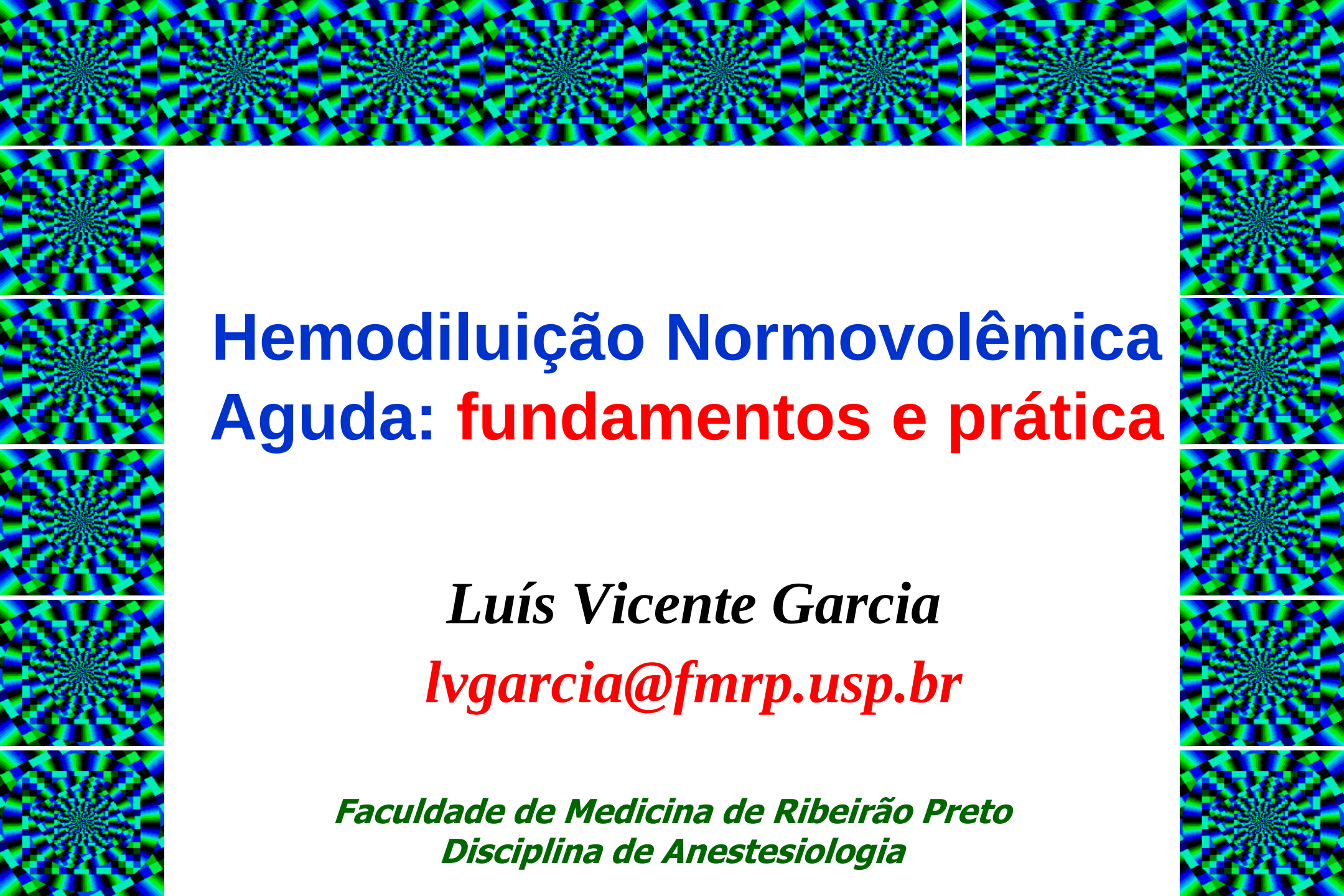




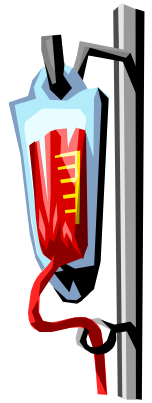
Hemodiluição Normovolêmica

Aguda: **fundamentos e prática**

Luís Vicente Garcia
lvgarcia@fmrp.usp.br

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
Disciplina de Anestesiologia





Hb= 13,9

22/abr **Htc= 39,9**

plaq= 225

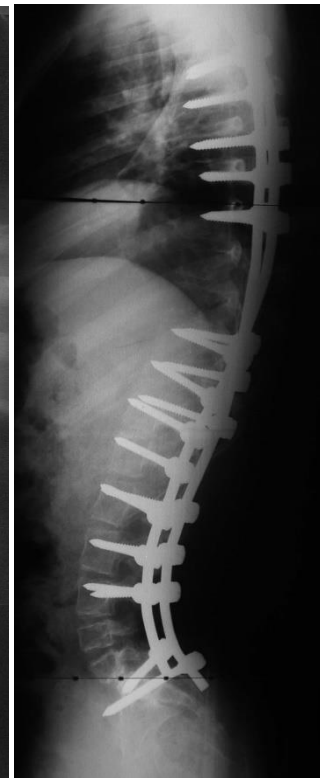
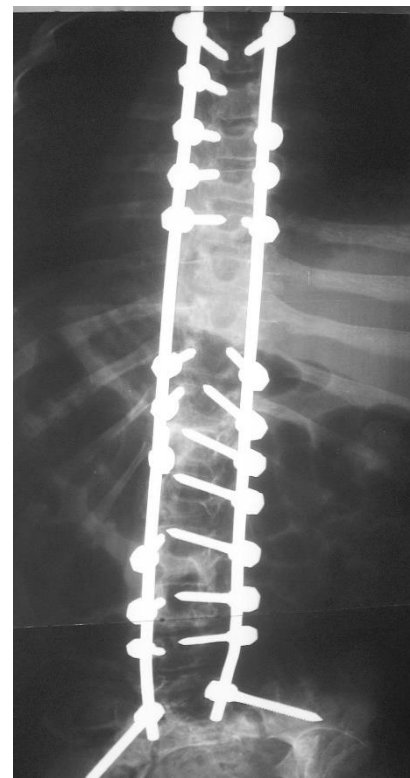
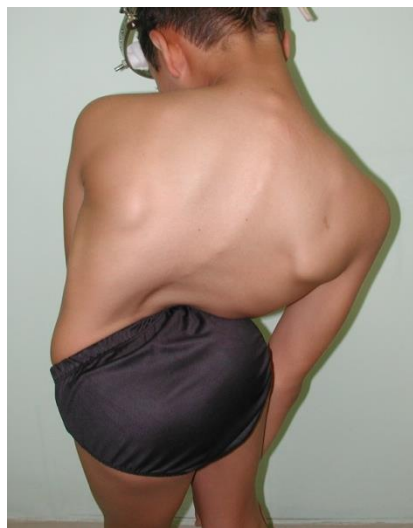
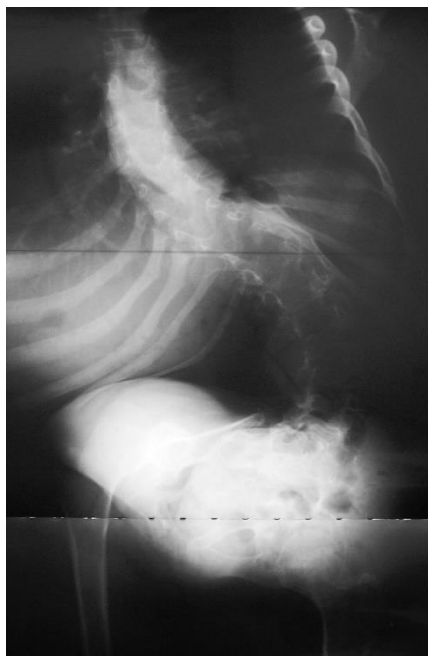
05/07/09/11/13 de maio

EPO 2000 UI

peso = 45 Kg

Hb= 14,9

Htc= 43,3



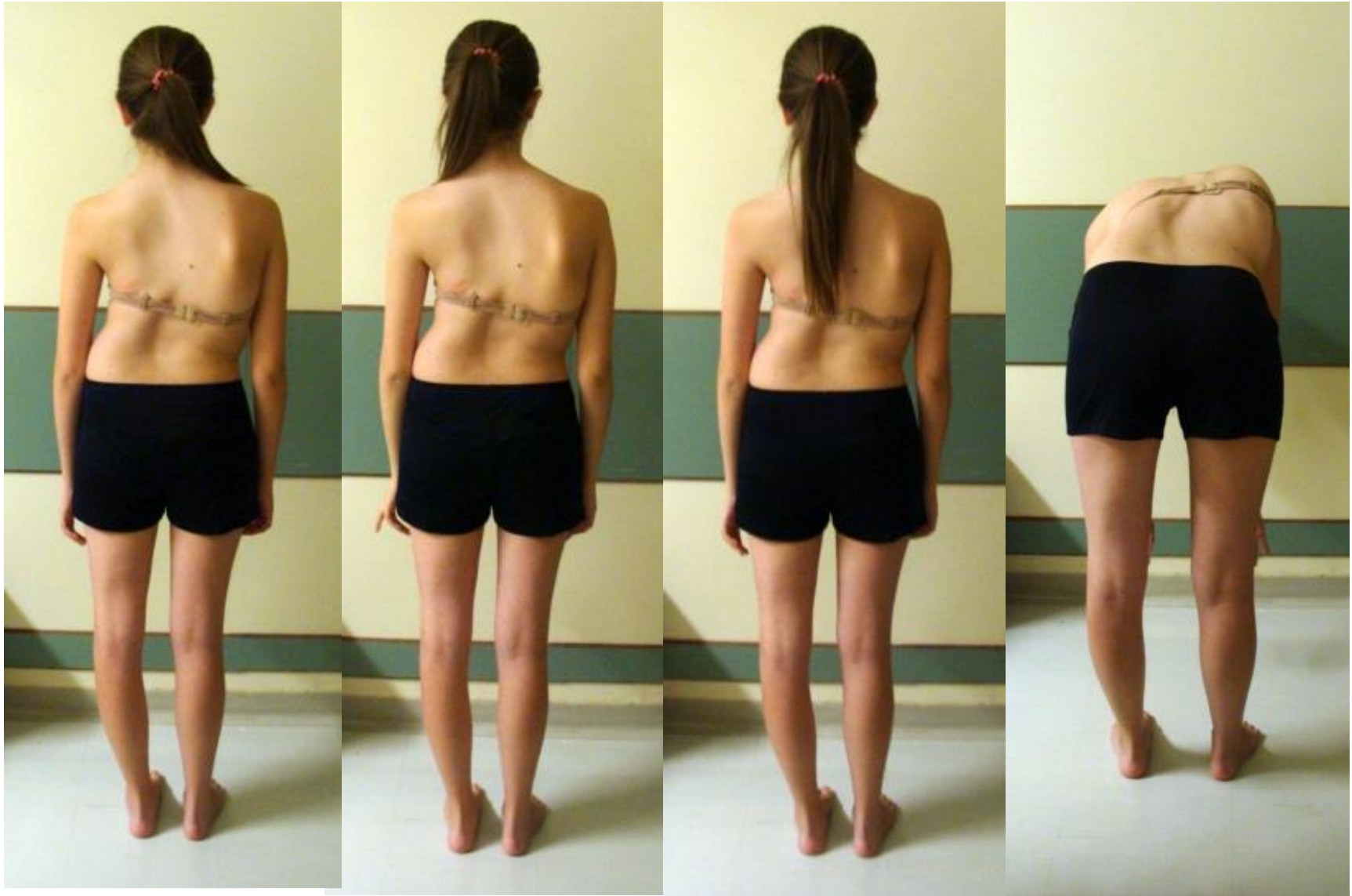
13 anos – Neuromuscular pós-irradiação tumor

vários anos depois

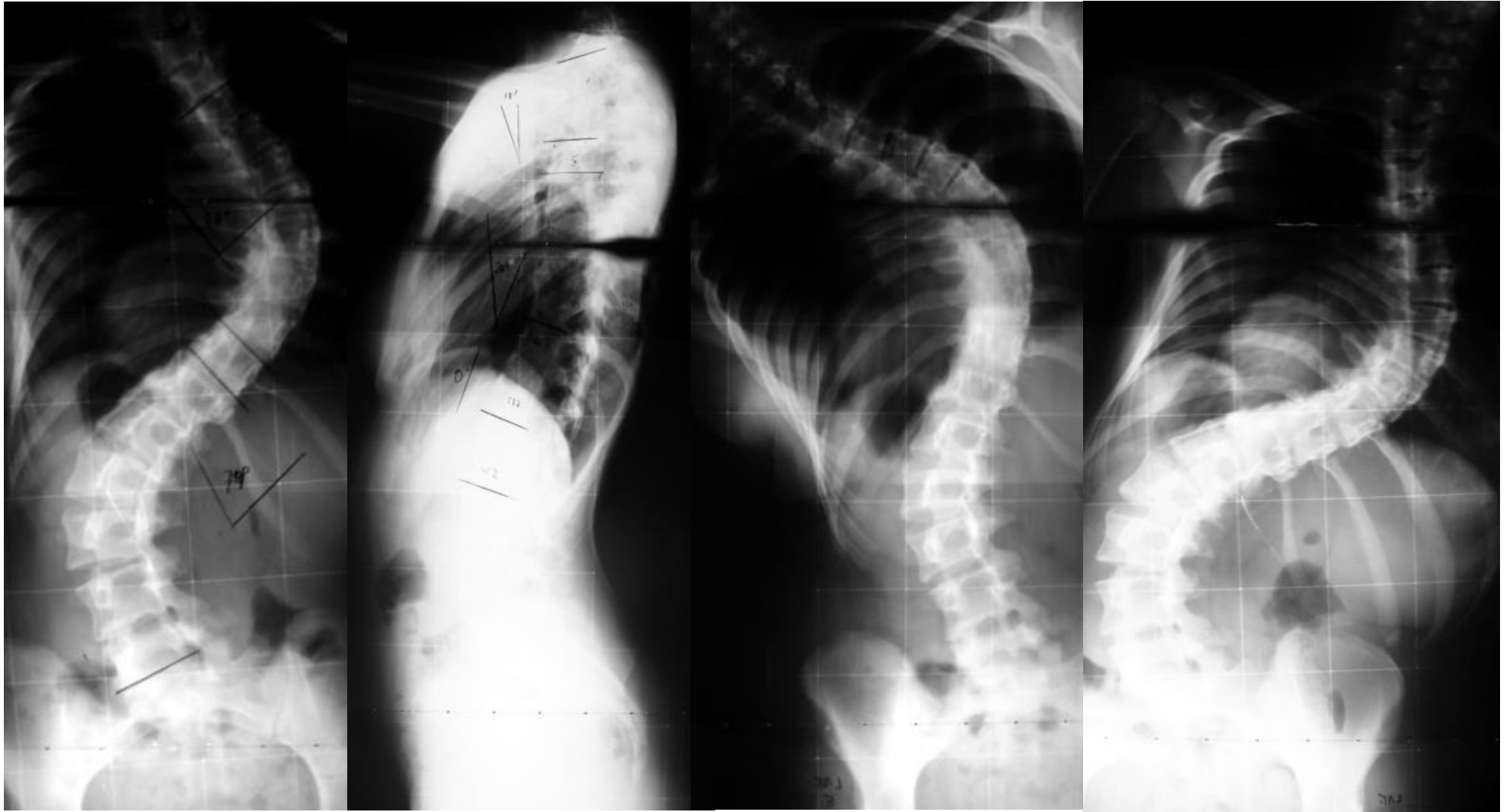


vários anos depois





pré-operatório



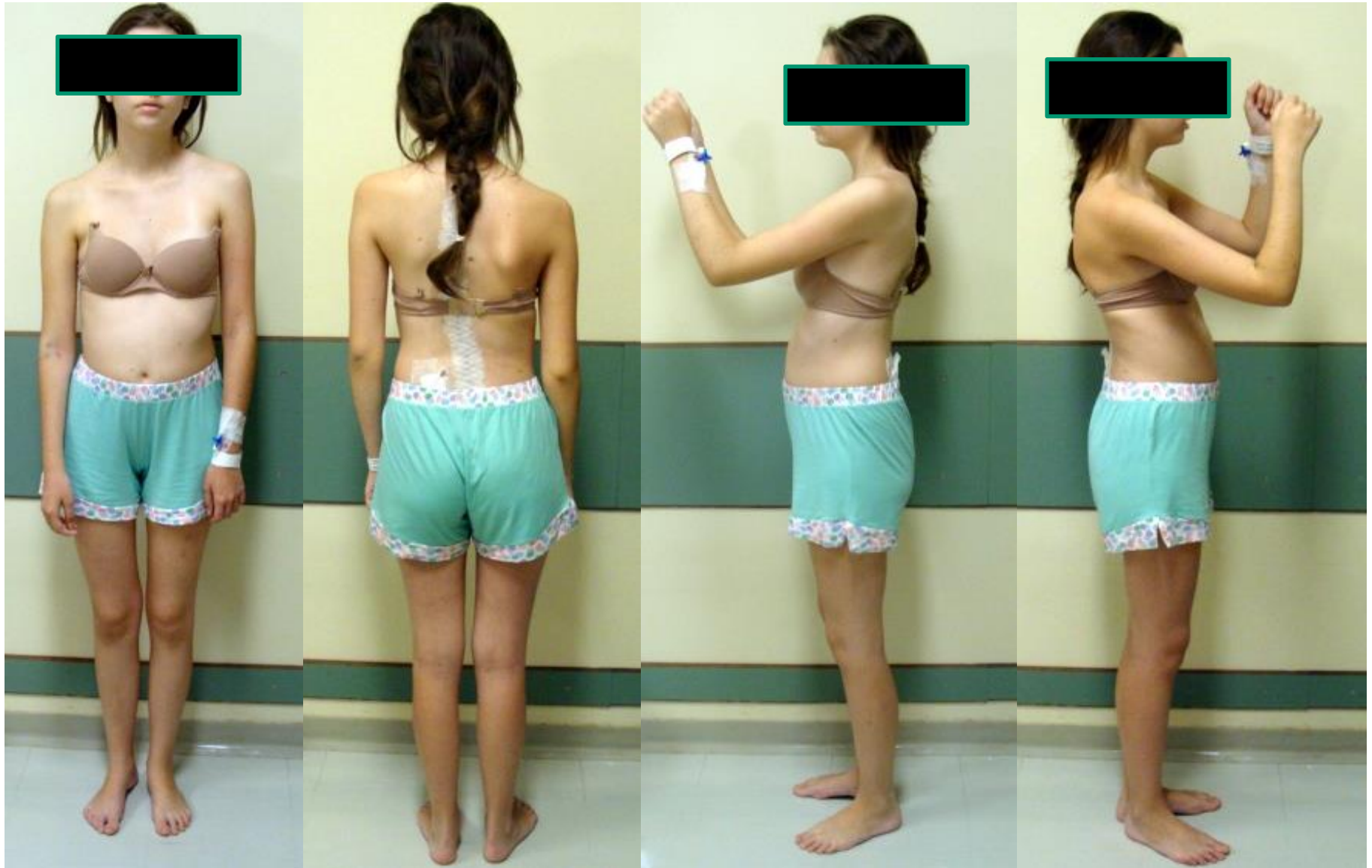
PÓS OP IMEDIATO



pós operatório 12 meses



pós-operatório



Estratégias

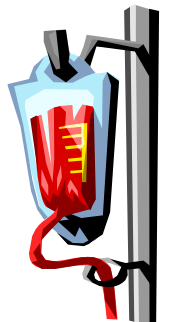
- hemodiluição
- pré-doação
- recuperação intra-operatória
- hipotensão controlada
- garrotes
- drogas hemostáticas
- bisturis eficientes
- eritropoetina

Estratégias para evitar ou reduzir transfusões

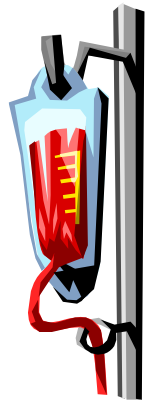
- 1. Aumentar a massa eritrocitária**
- 2. Reduzir perdas**
- 3. Tolerar a anemia (modificar o gatilho)**

Estratégias

- ⌌ aumentar o valor do htc pré-operatório
- ⌌ guardar o próprio sangue
- ⌌ perder menos sangue durante a cirurgia
- ⌌ tolerar a anemia

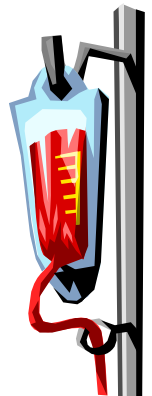
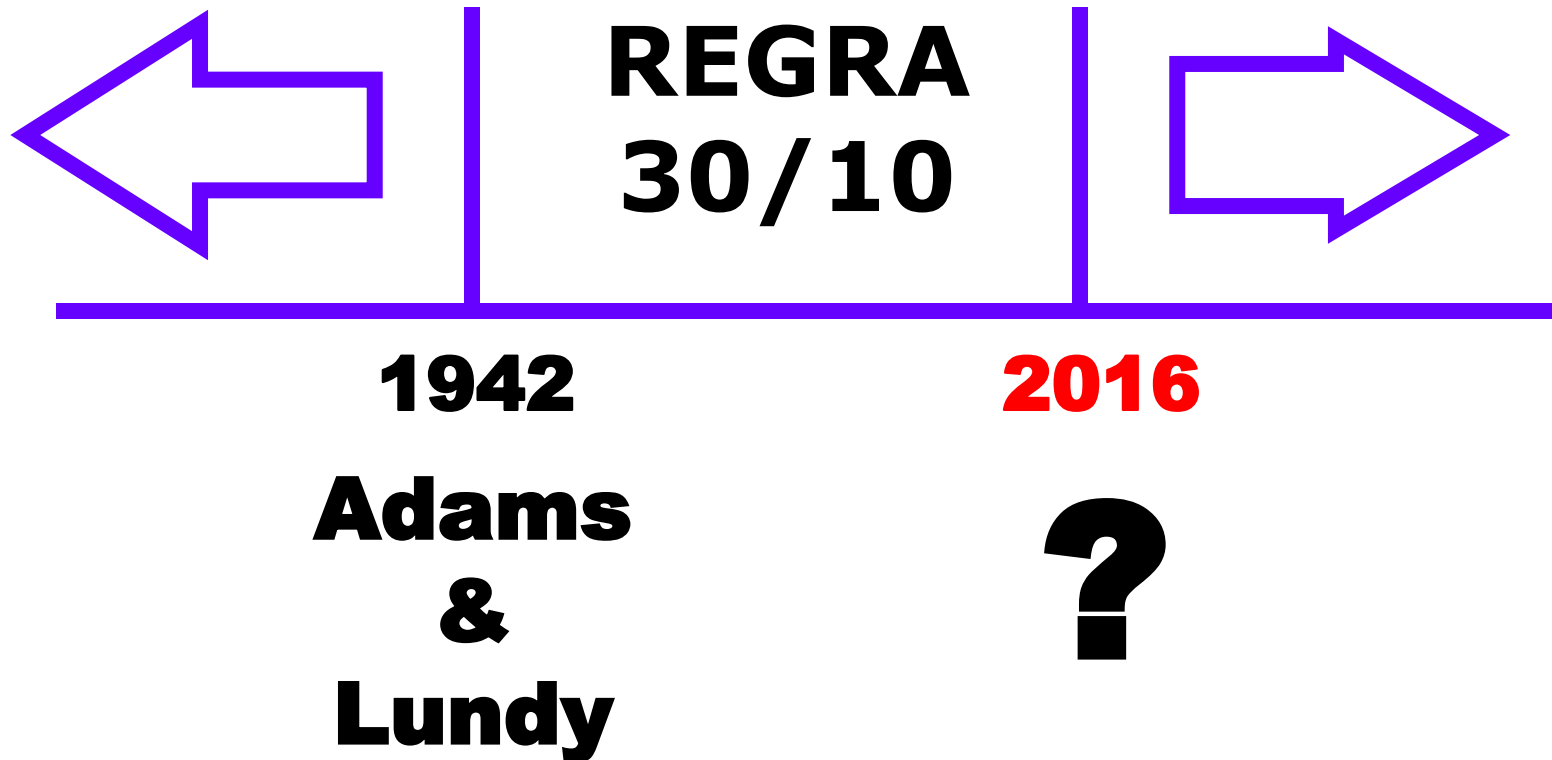


O QUE DEVE DESENCADear UMA TRANSFUSÃO SANGUÍNEA ?

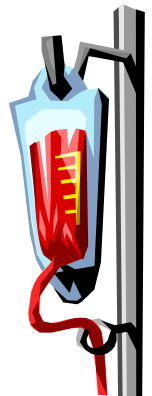
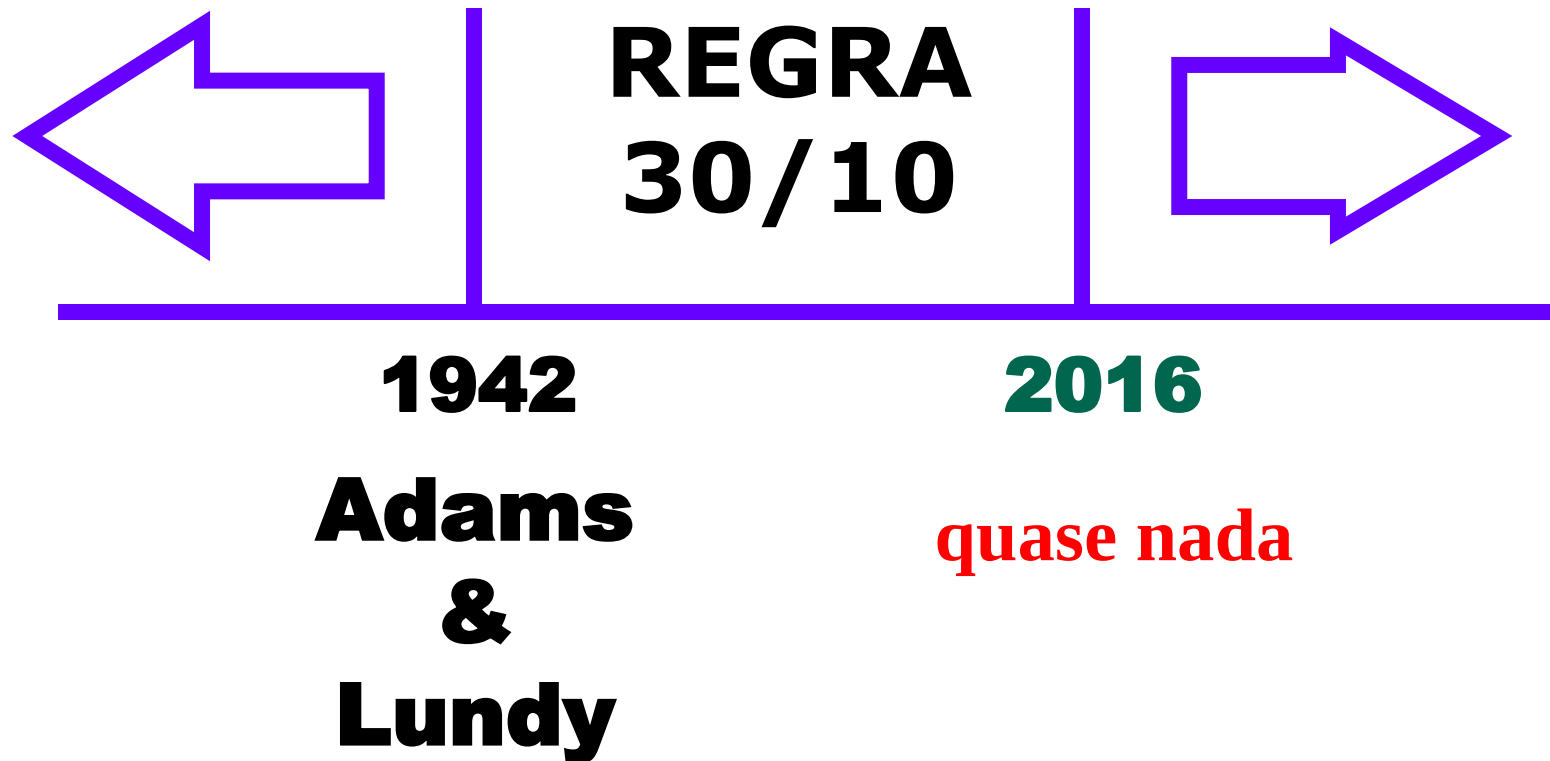


- **nível Hb - Ht**
- **sintomas**
- **lactato**
- **saturação venosa**

regra

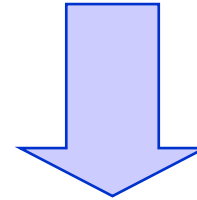


o que mudou?



hemodiluição

sangue total é removido do paciente
volume é mantido com **líquidos acelulares**



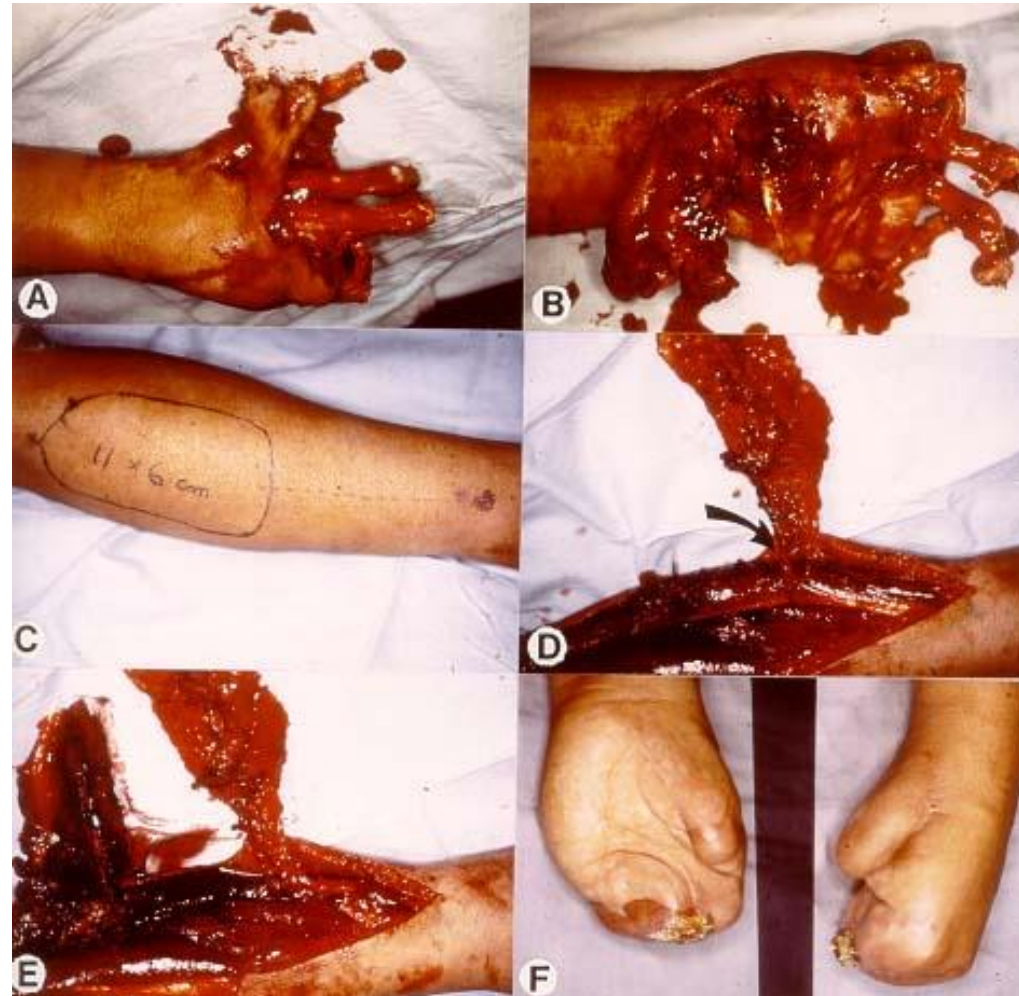
Cristaloides
Coloides

hemodiluição

indicações

- **potencial grande sangramento**
 - **reimplantes**
 - **pacientes aloimunizados**
-

implantes/enxertos



implantes/enxertos



hemodiluição

COMPARATIVE STUDY OF ISOVOLEMIC HEMODILUTION WITH 3% ALBUMIN, DEXTRAN-40, AND PROPHYLACTIC ENOXAPARIN (LMWH) ON THROMBUS FORMATION AT VENOUS MICROANASTOMOSIS IN RATS

JAYME A. FARINA, Jr., M.D., Ph.D.,¹ CARLOS E. PICCINATO, M.D., Ph.D.,^{2*} ANTONIO D. CAMPOS, Ph.D.,³
and MARCOS A. ROSSI, M.D., Ph.D.⁴

The objective of the present investigation was to compare the effect of isovolemic hemodilution with 3% albumin, dextran-40, and enoxaparin on the prevention of thrombosis in femoral vein microanastomosis using an experimental model in rats. Forty male Wistar rats were allocated into four groups: group 1, control, thrombogenic model without previous treatment; group 2, hemodiluted, thrombogenic model with previous hemodilution; group 3, dextran-40, thrombogenic model with dextran infusion (10 ml/kg), and group 4, enoxaparin, thrombogenic model with administration of enoxaparin (0.5 mg/kg/day). Hemostatic parameters, hematologic examinations, patency of anastomosis, and histopathological examination were evaluated. The hemostatic parameters were similar in the four groups studied. Group hemodiluted, dextran-40, and enoxaparin showed significantly reduced number of red blood cells and platelets as compared with the control group. The hemodilution significantly increased the patency rates of the vein at 20 min and 48 h. Dextran-40 and enoxaparin improved the patency of the vein only at 20 min, but failed to show a significant increase in the final patency at 48 h. After 48 h, the rate of venous thrombosis, as evaluated microscopically, was significantly decreased in hemodiluted animals (1/8) as compared with controls (10/10); in rats treated with dextran-40 (7/10) and enoxaparin (5/10) the rate of venous thrombosis was significantly higher as compared with rats of the group hemodiluted. Based on these observations, it can be concluded that hemodilution with albumin 3% was a safe and more adequate procedure than the use of the schemes of administration of dextran-40 and enoxaparin used in this study to prevent thrombus formation at femoral vein microanastomosis in rats. Since hemodilution promotes reduction in blood viscosity and in erythrocyte and platelet aggregation as well as dilution of the coagulation factors themselves, its use could provide better microcirculatory blood perfusion, decreasing the risk of thrombosis, and making possible safer microsurgical procedures. © 2006 Wiley-Liss, Inc. *Microsurgery* 26:456–464, 2006.

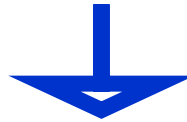
hemodiluição

EFEITOS

- menor perda de hemácias
- reserva de sangue fresco
- diminuição da viscosidade

hemodiluição

paciente de 70 kg



**perda intra-operatória
2000 ml**

Htc = 40

800 ml de GV

Htc = 30

600 ml de GV

efeitos



hemodiluição

Cálculo do Volume a ser extraído

EQUAÇÃO DE GROSS - 1983

$$V = VSE. \left(\frac{Htci - Htcf}{Htci + Htcf} \right)^2$$

V = VOLUME SANGRIA

VSE = 70 ml/kg







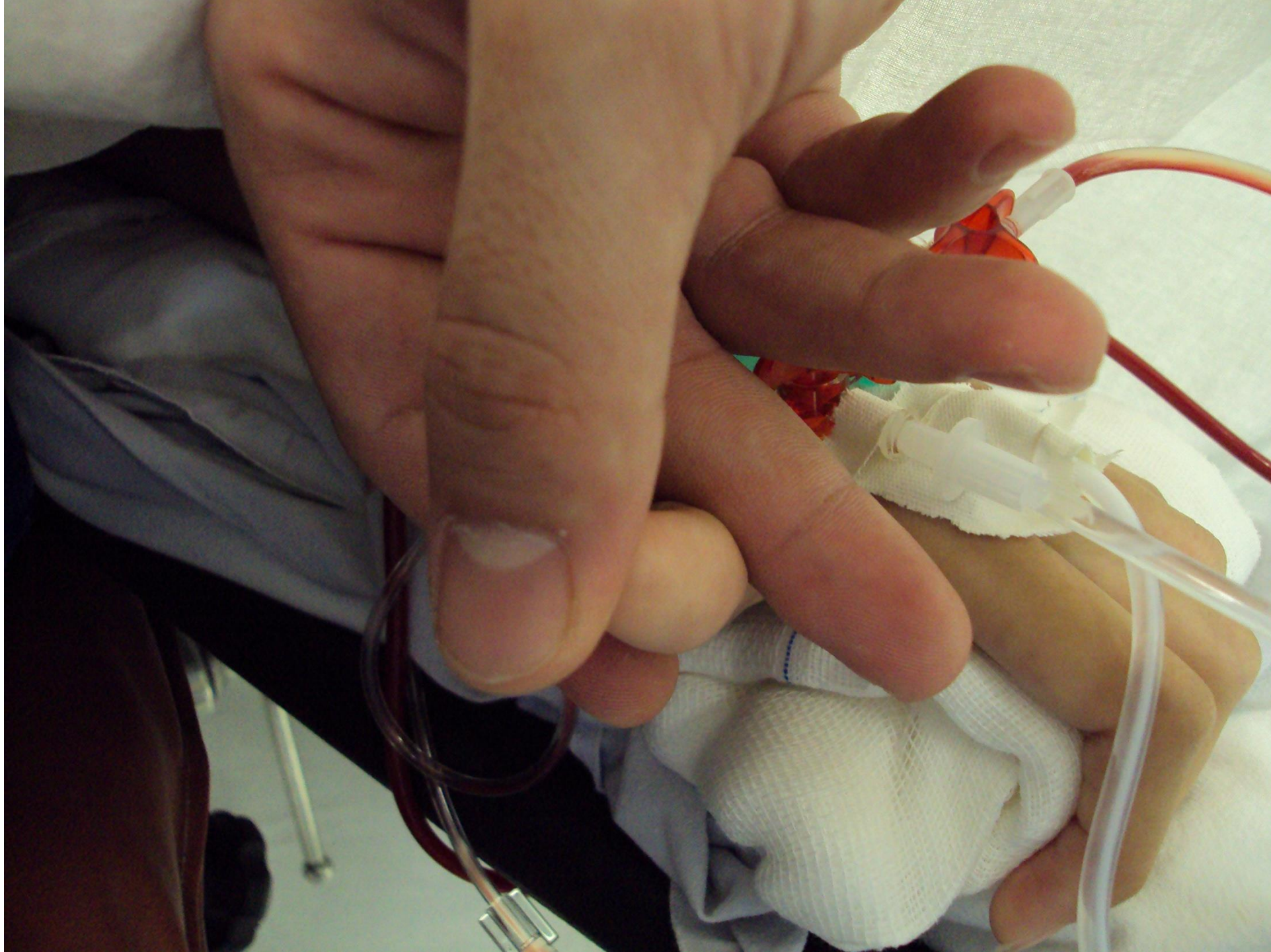
















Consulta de Exame Laboratorial

Registro

Nome do Paciente

Sexo Le

F

1

HB, HT E PLAQUETAS

ENTRADA: 05/12/2013 14:44 DISPONIBILIZADO: 05/12/2013 14:52

MATERIAL: SAM

RESULTADO A

METODO: IMPEDANCIA

ELEMENTO

RESULTADO REFERENCIA

UNIDADE

*HB - HEMOGLOBINA..... 2,3 VN: 12,0 - 18,0 G/DL

HT - HEMATOCRITO..... 6 VN: 35,0 - 55,0 %

PLQ - PLAQUETAS..... 44 VN: 150 - 450 10*3/MM*3

OBSERVACAO

REPETIDO. SOLICITAMOS NOVA AMOSTRA PARA CONFIRMAÇÃO.

LABORATORIO DE PLANTÃO









hemodiluição

**sangue total é removido do paciente
volume é mantido com líquidos acelulares**

reposição com cristaloídes

para cada 1 mL de sangue retirado
repor 3 a 4 mL de cristalóide

hemodiluição

**sangue total é removido do paciente
volume é mantido com líquidos acelulares**

reposição com coloides

para cada 1 mL de sangue retirado
repor 1 mL de coloide

hemodiluição

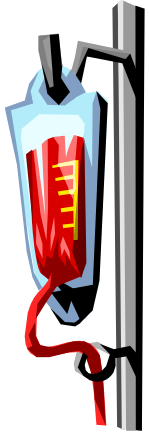
**sangue total é removido do paciente
volume é mantido com líquidos acelulares**

esquema misto

- primeiros 1.000 mL = coloide 1:1
- restante = cristalóide 2:1

CUS\$TO

	Cost per Unit (\$)		
	PAD	ANH	Allogeneic
Acquisition costs	115.00	19.00	75.50
Laboratory costs	23.00	0	23.00
Administration	13.00	0	13.00
Overhead	75.00	9.00	55.50
Total blood cost	226.00	28.00	167.00



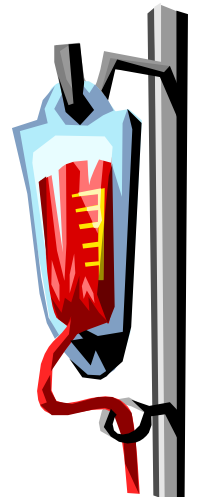
FUNÇÕES DO SANGUE

- "volume"
- oncótica
- respiratória
- imunológica
- hemostática

FUNÇÕES DO SANGUE

■ RESPIRATÓRIA

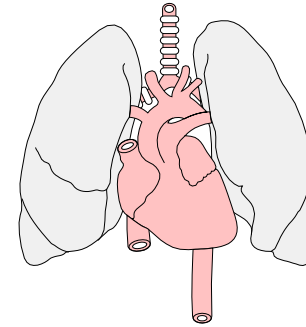
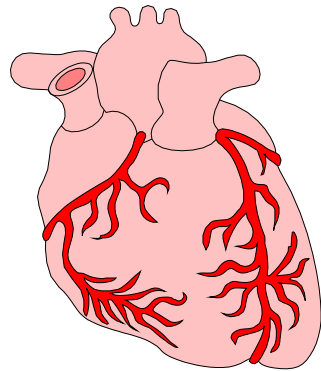
fornecer oxigênio para os tecidos



FUNÇÕES DO SANGUE

• RESPIRATÓRIA

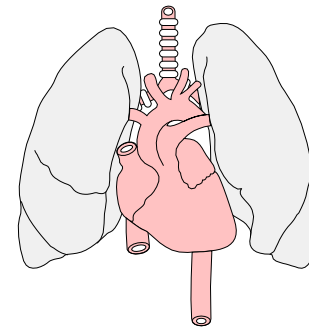
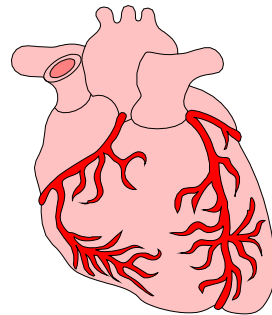
integração entre



função respiratória

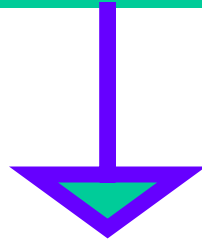
DO₂ = oferta
oxigênio
para tecidos

$$DO_2 = DC \cdot CaO_2$$



função respiratória

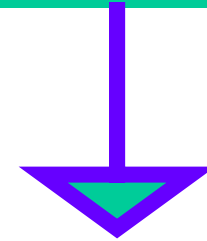
$$DO_2 = DC \cdot CaO_2$$



VS . FC

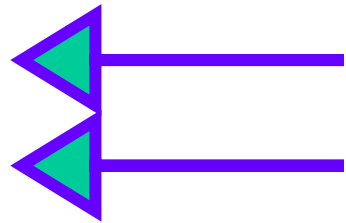
função respiratória

$$DO_2 = DC \cdot CaO_2$$



$0,003.PaO_2$

$Hb.1,34.SaO_2$



- ❖ dissolvido no plasma
- ❖ ligado à hemoglobina

função respiratória

$$DO_2 = DC \cdot CaO_2$$



$VS \cdot FC$



$Hb \cdot 1,34 \cdot SaO_2 + 0,003 \cdot PaO_2$

(por 100 mL)





função respiratória

$$DO_2 = DC \cdot CaO_2$$

70 . 70

15.1,34.100

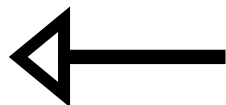
+

0,003.100

20,1

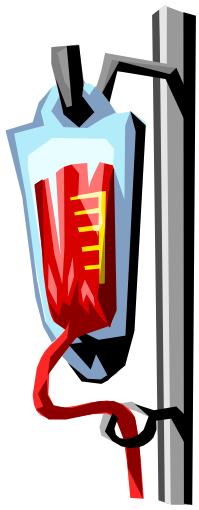
0,3

1000 ml



4,9 Litros

200,4 mL/L



função respiratória

Consumo O_2

$$\text{Consumo} = DC \cdot (CaO_2 - CvO_2)$$

250 ml



função respiratória

$$DO_2 = DC \cdot CaO_2$$

70 . 70

2.1,34.100

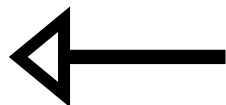
+

0,003.500

2,68

1,5

209 ml



4,9 Litros

41,8 mL/L

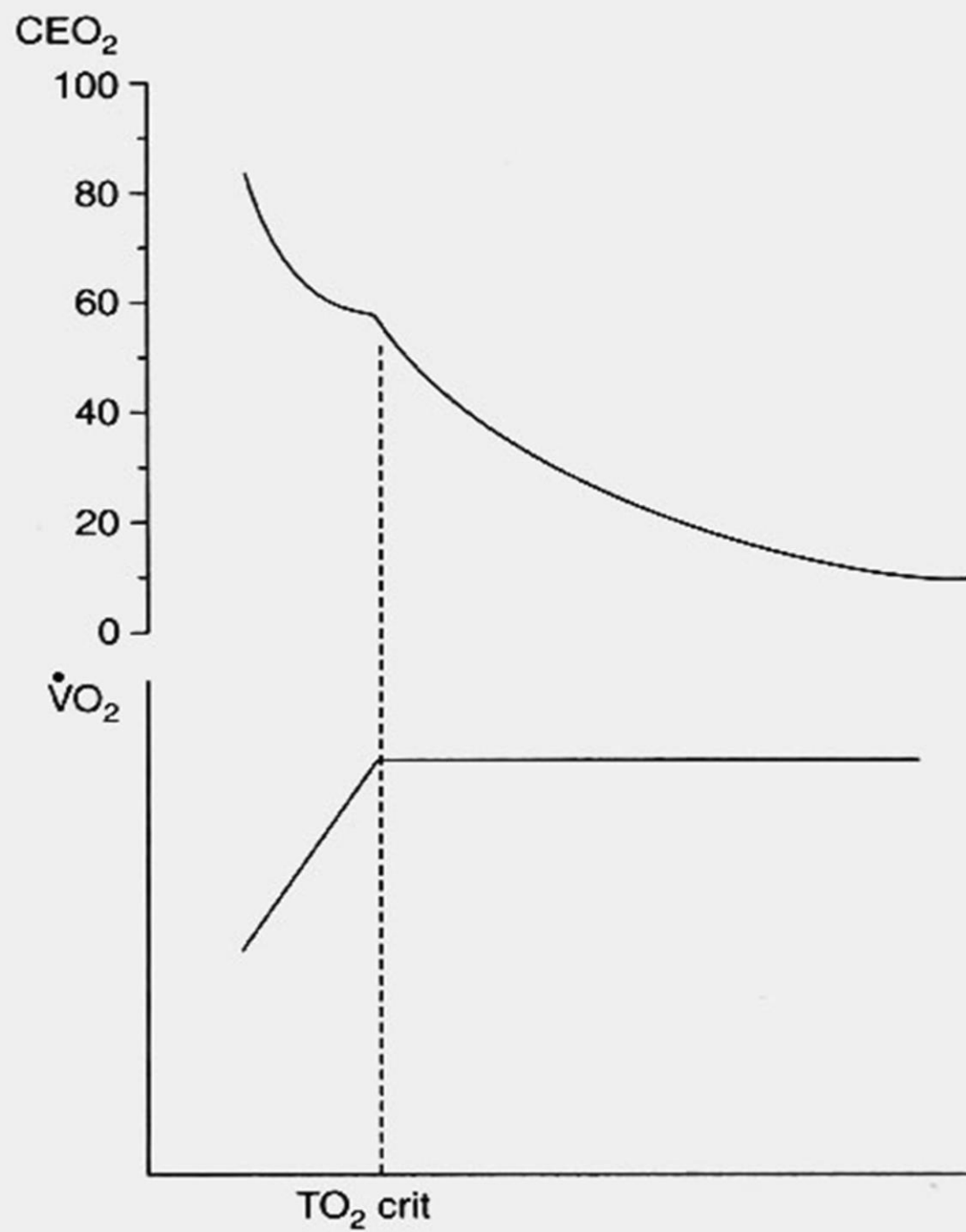


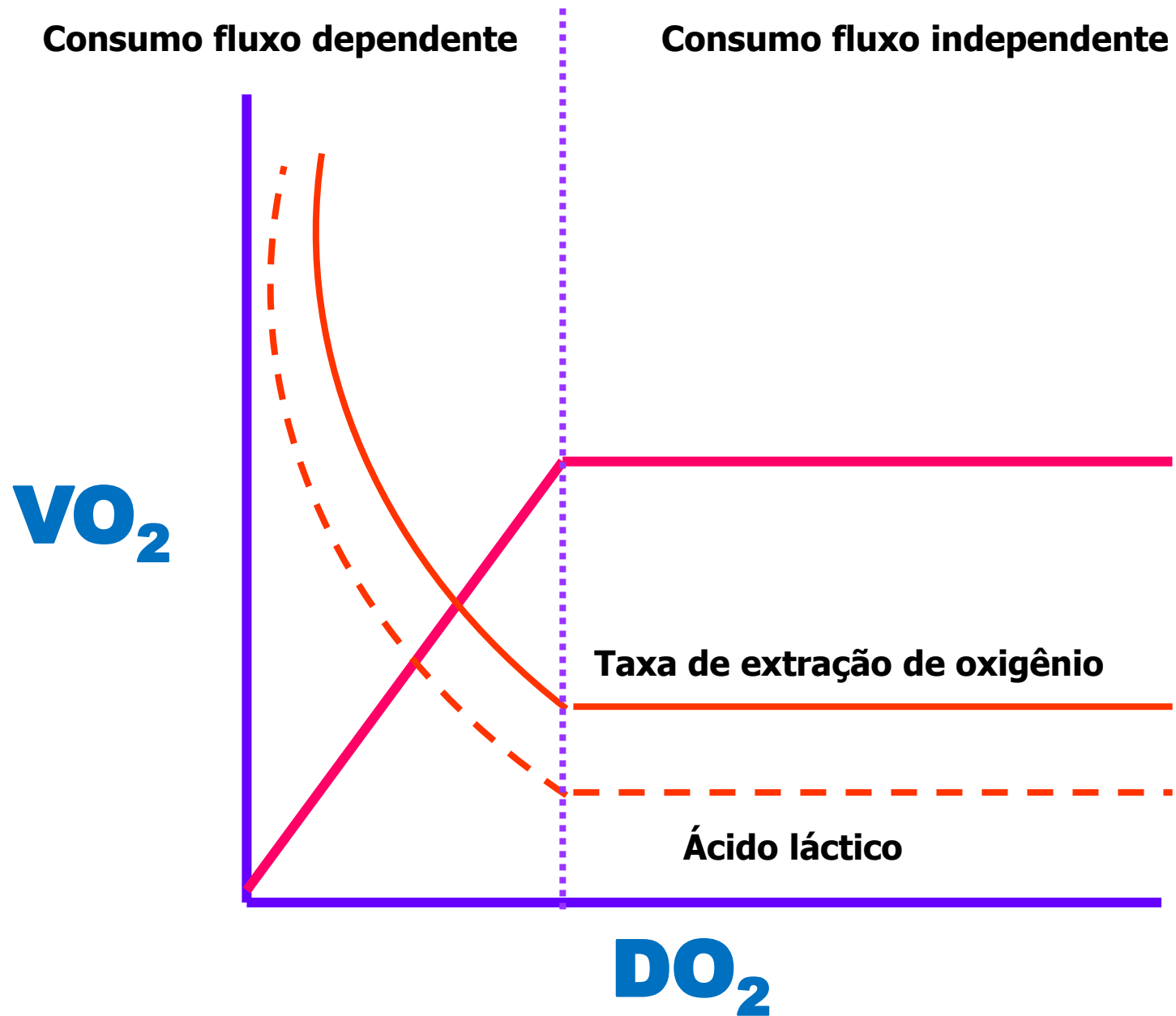
função respiratória

$$DO_2 = DC \cdot CaO_2$$

Para $DC = 5 \text{ L/min}$ e $PaO_2 = 100$

Hemoglobina (g/dL)	DO_2 (mL)
13	885
9	645
7	470
5	350
2	149





Adaptação **Geral** à hemodiluição

▶ **Depende do grau do hematócrito**

☐ **Até 27%**

☐ **Entre 27 e 10%**

☐ **Abaixo de 10%**

Adaptação Geral **à hemodiluição**

▶ **Depende do grau do hematócrito**

□ **Até 27%**

- ❖ **DC aumenta**
- ❖ **DO₂ se mantém**
- ❖ **Trabalho cardíaco se mantém**

Adaptação **Geral** à hemodiluição

▶ Depende do grau do hematócrito

□ **Entre 27% e 10%**

- ❖ DC aumenta
- ❖ DO₂ começa a diminuir
- ❖ Taxa de extração: aumenta
- ❖ Trabalho cardíaco aumenta

Adaptação **Geral** à hemodiluição

▶ Depende do grau do hematócrito

□ **Abaixo de 10%**

- ❖ DC diminui
- ❖ Metabolismo anaeróbico
- ❖ Curva de dissociação desvia p/ direita (diminui afinidade)

Adaptação Geral **à hemodiluição** **Regional**

- ▶ **Circulação coronariana**
- ▶ **Circulação cerebral**
- ▶ **Circulação hepática**

Adaptação Geral à hemodiluição

Circulação coronariana

 **Coração sadio**

 **Coração doente**

Adaptação **Geral** à hemodiluição

▶ Circulação coronariana

▶ Coração sadio

▶ Coração doente

Adaptação **Geral** à hemodiluição

▶ Circulação coronariana

▶ **Coração sadio**

- **Dilatação até 6 vezes**
- **Produção de lactato: $ht < 10\%$**
- **Sinais de isquemia**

Adaptação **Geral** à hemodiluição

▶ Circulação coronariana

▶ **Coração Doente**

- **Depende da lesão**
- **Impossível prever**

Adaptação Geral **à hemodiluição** **Regional**

- ▶ **Circulação coronariana**
- ▶ **Circulação cerebral**
- ▶ **Circulação hepática**

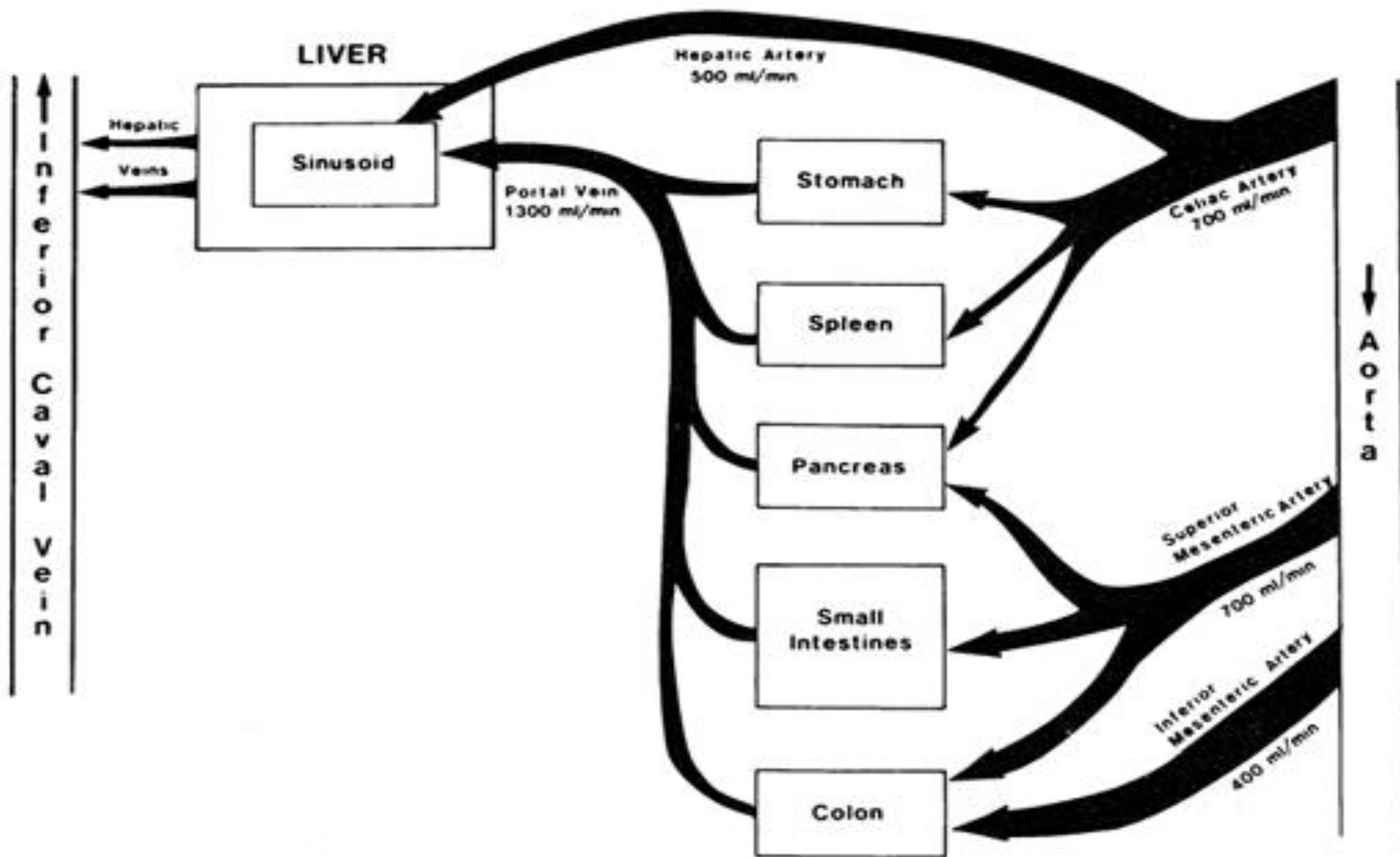
Adaptação **Geral** à hemodiluição

▶ Circulação cerebral

- **Aumento do fluxo (até 400%)**

Adaptação **Geral** à hemodiluição **Regional**

- ▶ **Circulação coronariana**
- ▶ **Circulação cerebral**
- ▶ **Circulação hepática**

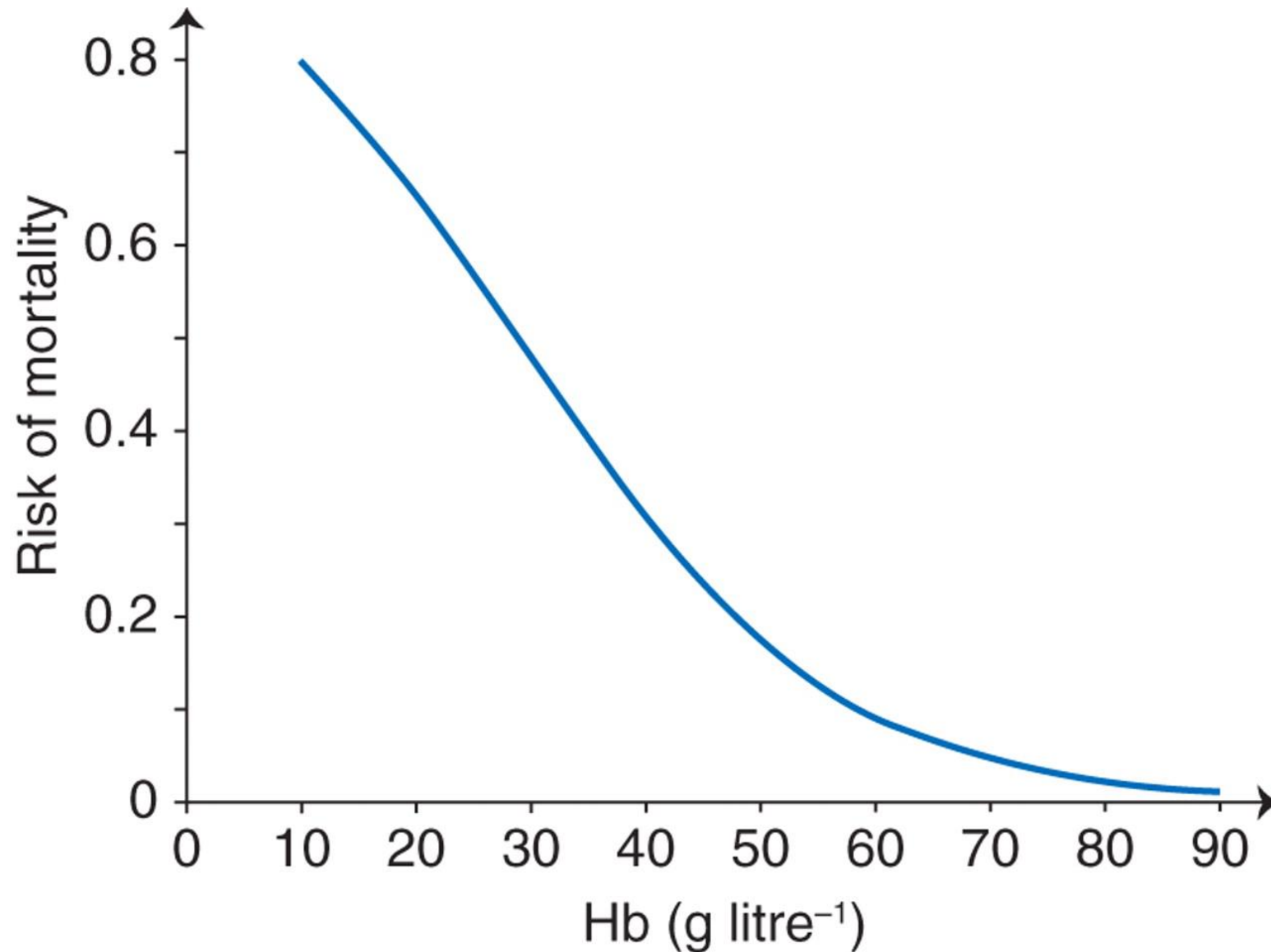


Adaptação Geral à hemodiluição

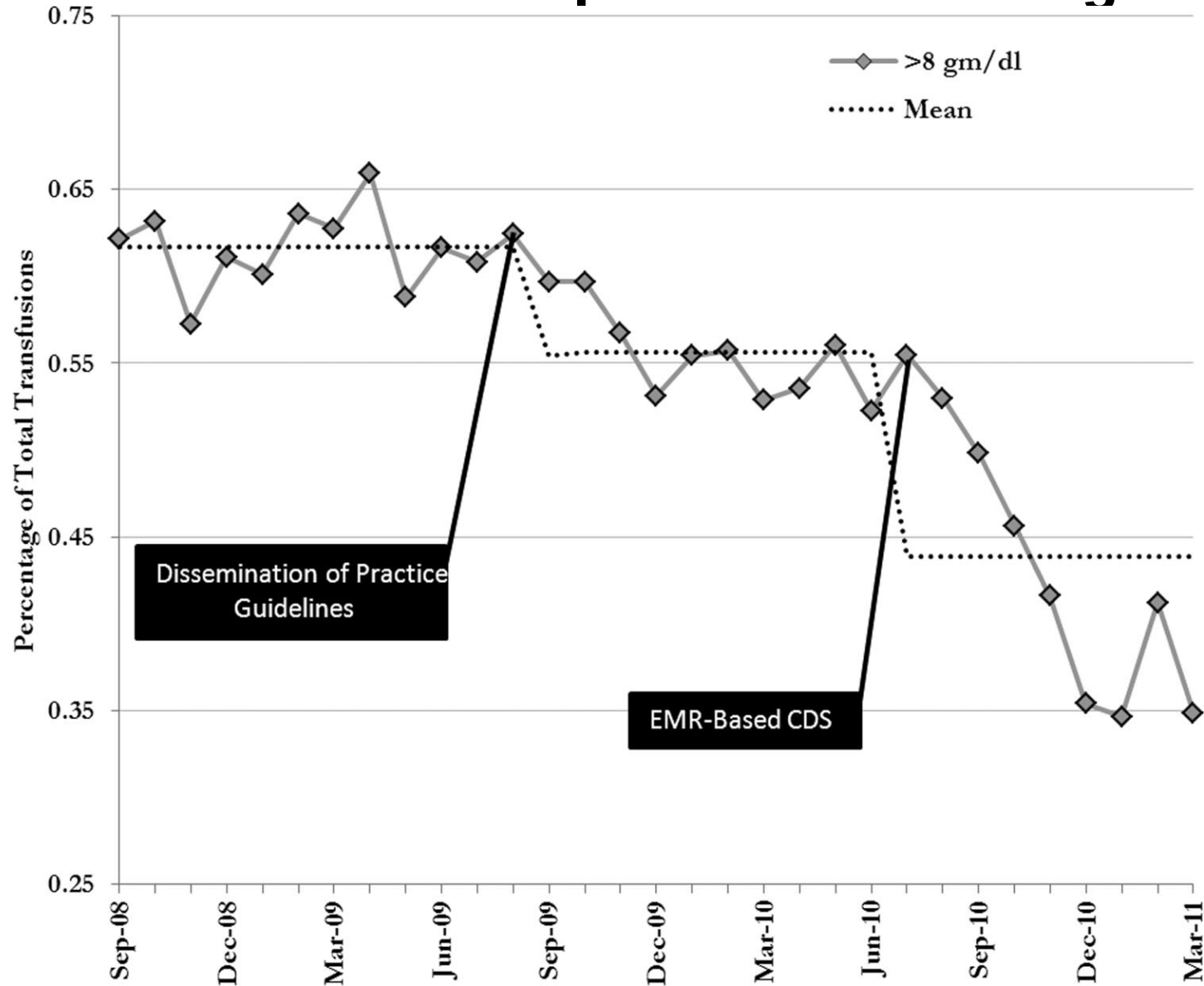
Situações Especiais

- ▶ **Hipovolemia**
- ▶ **Hipotensão arterial**
- ▶ **Hipotermia**
- ▶ **Idade Avançada**
- ▶ **Hemostasia**

Risco de morte *versus* valor da Hb

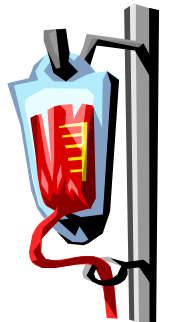


% de transfusão em pacientes Hb > 8 g/dL



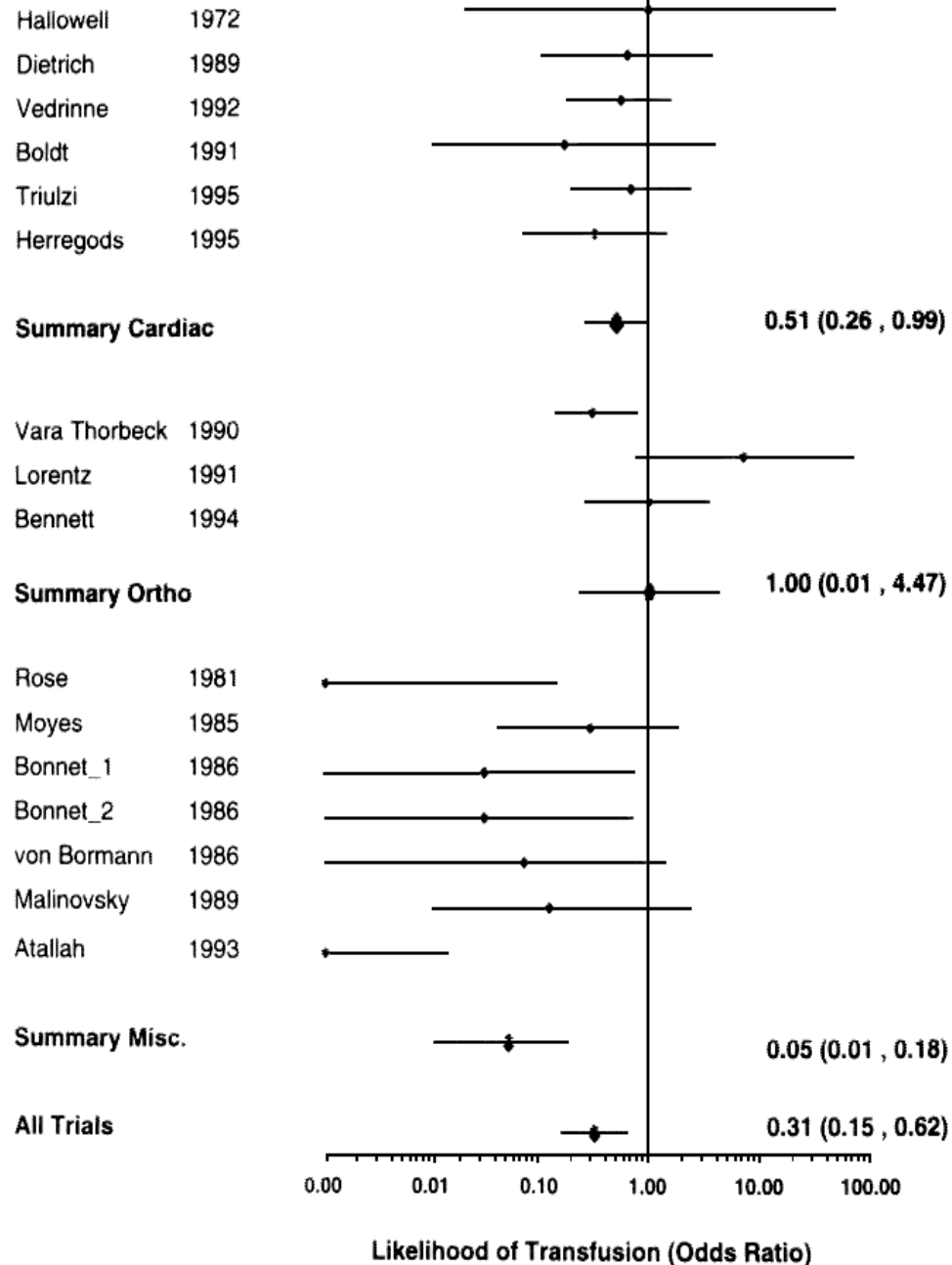
hemodiluição

ocorre salvamento de sangue ?



Author	Surgery	Sample size (ANH/control)	Blood removed ANH group (mL)	Blood loss ANH group (mL)	Blood loss control group (mL)	Jadad score	Transfusion protocol
Hallowell, 1972	Cardiac	25/25	1252	961	1110	1	No
Lawson et al., 1974	Cardiac	150/150	900	700	900	1	No
Kaplan et al., 1977	Cardiac	60/20	700	—	—	1	No
Lileaasen et al., 1977	Cardiac	15/15	855	812	1517	1	No
Dale et al., 1987	Cardiac	7/8	850	1350	2850	1	No
Dietrich et al., 1989	Cardiac	25/25	750	890	664	1	Yes
Boldt et al., 1991	Cardiac	15/15	890	1000	1080	1	Yes
Vedrinne et al., 1992	Cardiac	30/30	400	775	834	1	No
Herregods et al., 1995	Cardiac	15/15	785	—	—	1	No
Triluzi et al., 1995	Cardiac	18/28	924	475	735	2	Yes
Kochamba et al., 1996	Cardiac	49/50	866	696	916	2	Yes
Lorentz et al., 1991	Ortho	16/15	700	1753	1720	1	Yes
Vara Thorbeck et al., 1990	Ortho	52/51	1000	—	—	1	No
van der Linden et al., 1994	Ortho	10/10	880	1453	1170	2	No
Bennett, 1994	Ortho	20/20	900	1750	1750	1	Yes
Rose and Coutsoftides, 1981	GI	15/6	2700	—	—	1	No
Moyes et al., 1985	Thoracic	10/10	1500	2338	1277	2	No
von Bormann et al., 1986	Hepatic	22/22	—	1924	2094	2	Yes
Bonnet et al. 1, 1986	ENT	10/10	1015	535	801	1	No
Bonnet et al. 2, 1986	ENT	10/10	870	1100	1340	1	No
Malinovsky et al., 1989	Urology	15/15	740	—	—	1	Yes
Atallah et al., 1993	Urology	10/10	900	—	—	1	No
Catoire et al., 1992	Vascular	10/10	875	1560	910	1	No
Welch et al., 1993	Vascular	20/19	1500	1640	1340	1	Yes

Ortho = orthopedic, GI = gastrointestinal, ENT = ear, nose, throat.

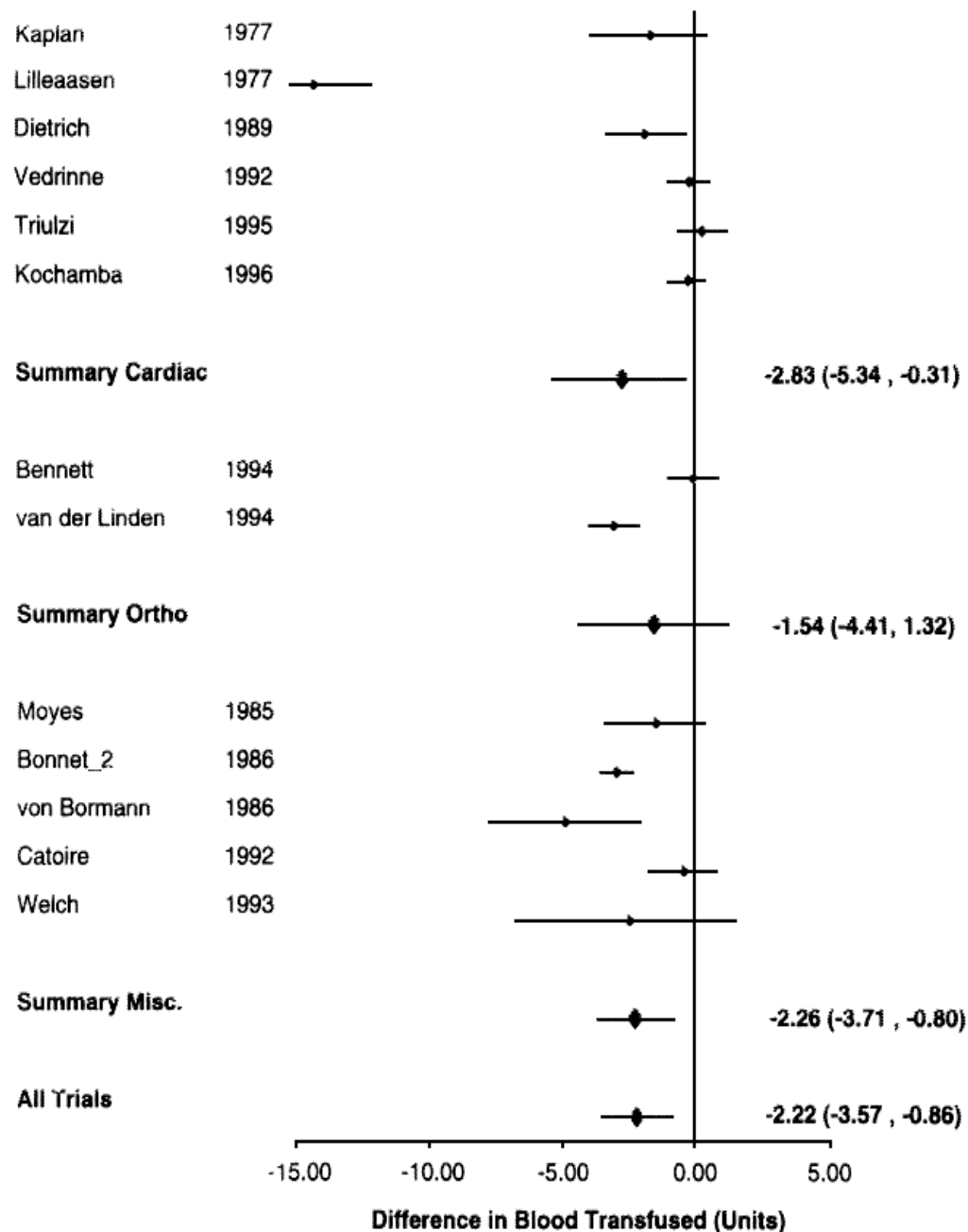


Probabilidade de Transfusão

odds ratio < 1

redução da probabilidade
de exposição a
sangue homólogo

Bryson, Anesth. Analg., 1998

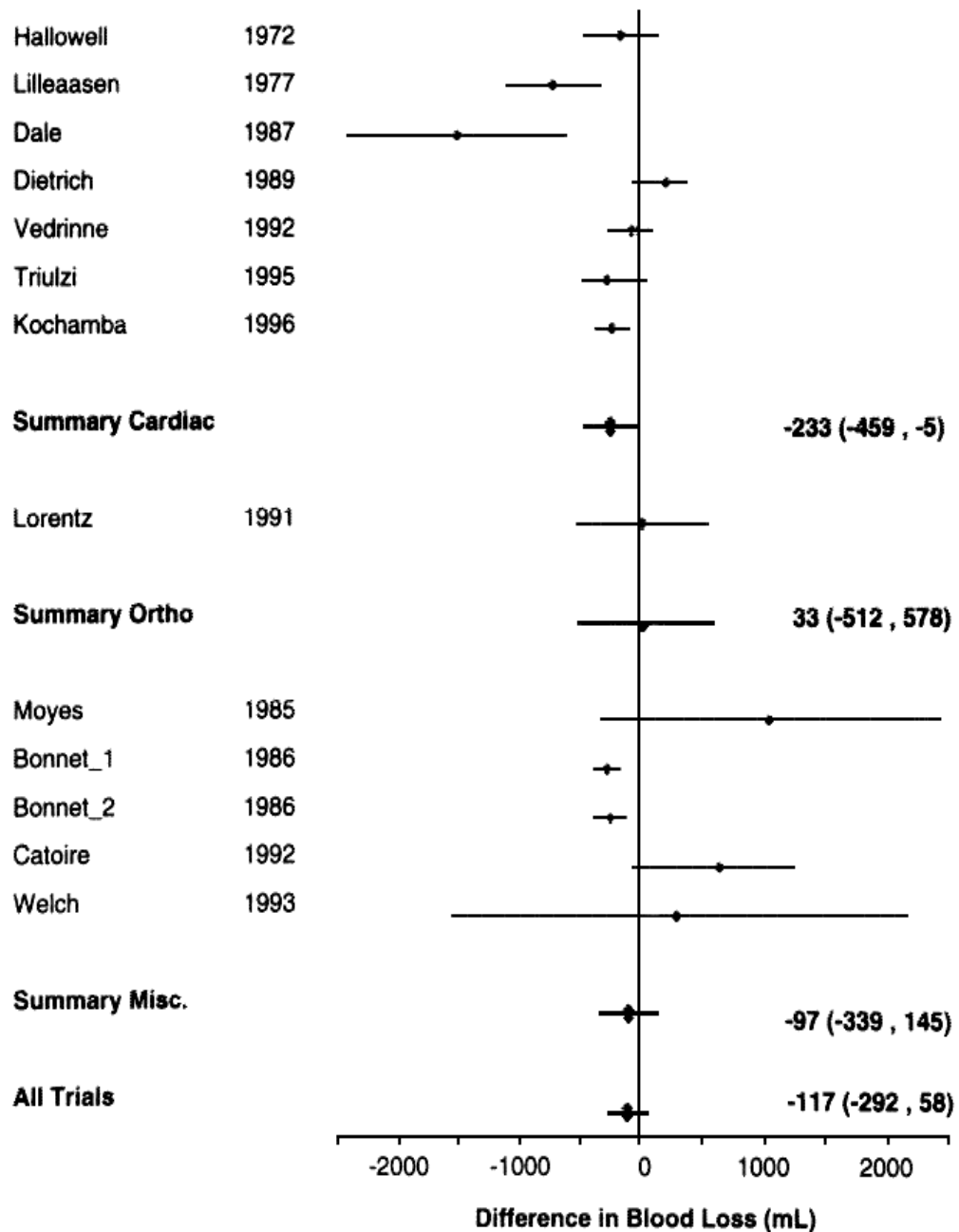


Unidades transfundidas

< zero

redução do número de
Unidades transfundidas

Bryson, Anesth. Analg., 1998



Sangue perdido (volume)

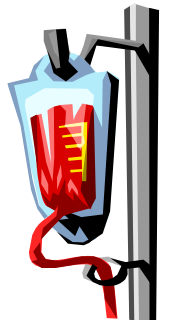
< zero

redução da perda
sanguínea perioperatória

Bryson, Anesth. Analg., 1998

hemodiluição

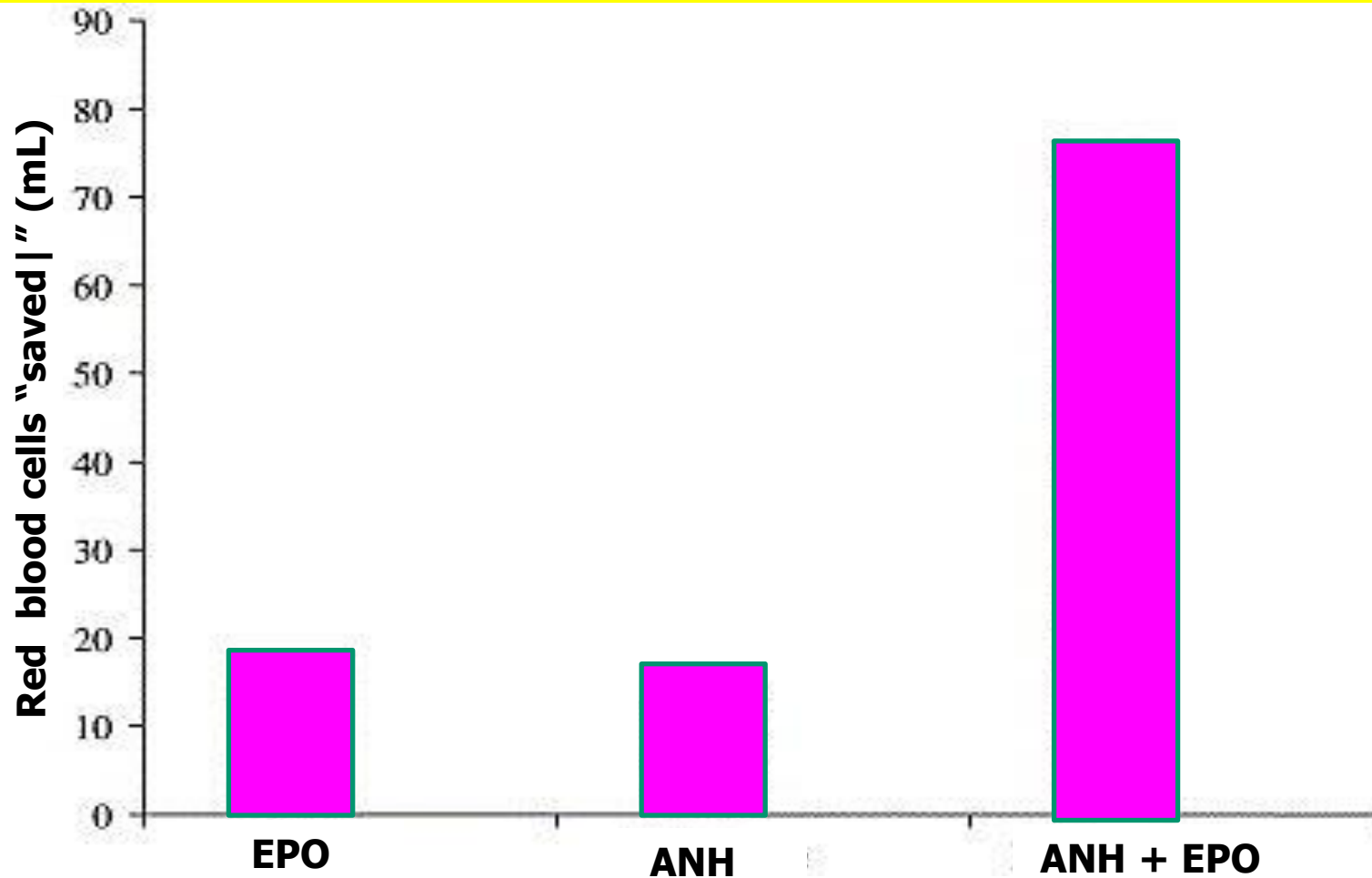
ocorre salvamento de sangue ?



como evitar transfusão

pré-operatório	intra-operatório	pós-operatório
eritropoietina + Fe evitar drogas que afetam coagulação reduzir coletas pré-doação autóloga (PAD) PAD + eritropoietina + Fe	doação autóloga intra-operatória hemodiluição normovolêmica auto-transfusão cell-saver + CEC Farmacoterapia hemostáticos antifibrinolíticos DDAVP técnica cirúrgica meticulosa bisturis eficientes tolerância à anemia	eritropoietina + Fe tolerância à anemia minimizar coletas auto-transfusão re-exploração cirúrgica

estratégias combinadas



B. Craig Weldon

Anesthesiology Clinics of North America Volume 23, Issue 2 2005 347 - 361

estratégias

- **não transfundir** (sob hipótese alguma)
- **restritiva** versus **liberal**

- **aspectos éticos**
- **aspetocs legais**

não transfundir

TRANSFUSION PRACTICE

Mortality and morbidity in patients with very low postoperative Hb levels who decline blood transfusion

Jeffrey L. Carson, Helaine Noveck, Jesse A. Berlin, and Steven A. Gould

ORIGINAL ARTICLE

An update on mortality and morbidity in patients with very low postoperative hemoglobin levels who decline blood transfusion

*Aryeh Shander, Mazyar Javidroozi, Sajjad Naqvi, Oshuare Aregbeyen, Mustafa Çaylan,
Selma Demir, and Anna Juhl*

não transfundir

TRANSFUSION PRACTICE

Mortality and morbidity in patients with very low postoperative Hb levels who decline blood transfusion

Jeffrey L. Carson, Helaine Noveck, Jesse A. Berlin, and Steven A. Gould

Transfusion 2002;42:812-8

- ✓ 300 pacientes
- ✓ 1981 - 1984
- ✓ idade > 18 anos
- ✓ Cirurgia não cardíaca
- ✓ Mortalidade intra-hospitalar até 30 dias

não transfundir

TRANSFUSION PRACTICE

Mortality and morbidity in patients with very low postoperative Hb levels who decline blood transfusion

Jeffrey L. Carson, Helaine Noveck, Jesse A. Berlin, and Steven A. Gould

Transfusion 2002;42:812-8

Hb g/dL	mortalidade
1,1 – 2,0	100%
2,1 – 3,0	54%
3,1 – 4,0	25%
4-1 – 5,0	34%
5,1 – 6,0	9%

não transfundir

ORIGINAL ARTICLE

An update on mortality and morbidity in patients with very low postoperative hemoglobin levels who decline blood transfusion

Aryeh Shander, Mazyar Javidroozi, Sajjad Naqvi, Oshuare Aregbeyen, Mustafa Çaylan, Selma Demir, and Anna Juhl

Transfusion 2014 – print ahead

- ✓ **292 pacientes**
- ✓ **2003 - 2012**
- ✓ **idade > 18 anos**
- ✓ **Cirurgia não cardíaca**
- ✓ **Mortalidade até 30 dias (não necessariamente no hospital)**

não transfundir

ORIGINAL ARTICLE

An update on mortality and morbidity in patients with very low postoperative hemoglobin levels who decline blood transfusion

Aryeh Shander, Mazyar Javidroozi, Sajjad Naqvi, Oshuare Aregbeyen, Mustafa Çaylan, Selma Demir, and Anna Juhl

Transfusion 2014 – print ahead

Hb g/dL	mortalidade
2,1 – 3,0	50%
3,1 – 4,0	18,8%
4,1 – 5,0	19,4%
5-1 – 6,0	14,3%
6,1 – 7,0	5,2%

não transfundir

ORIGINAL ARTICLE

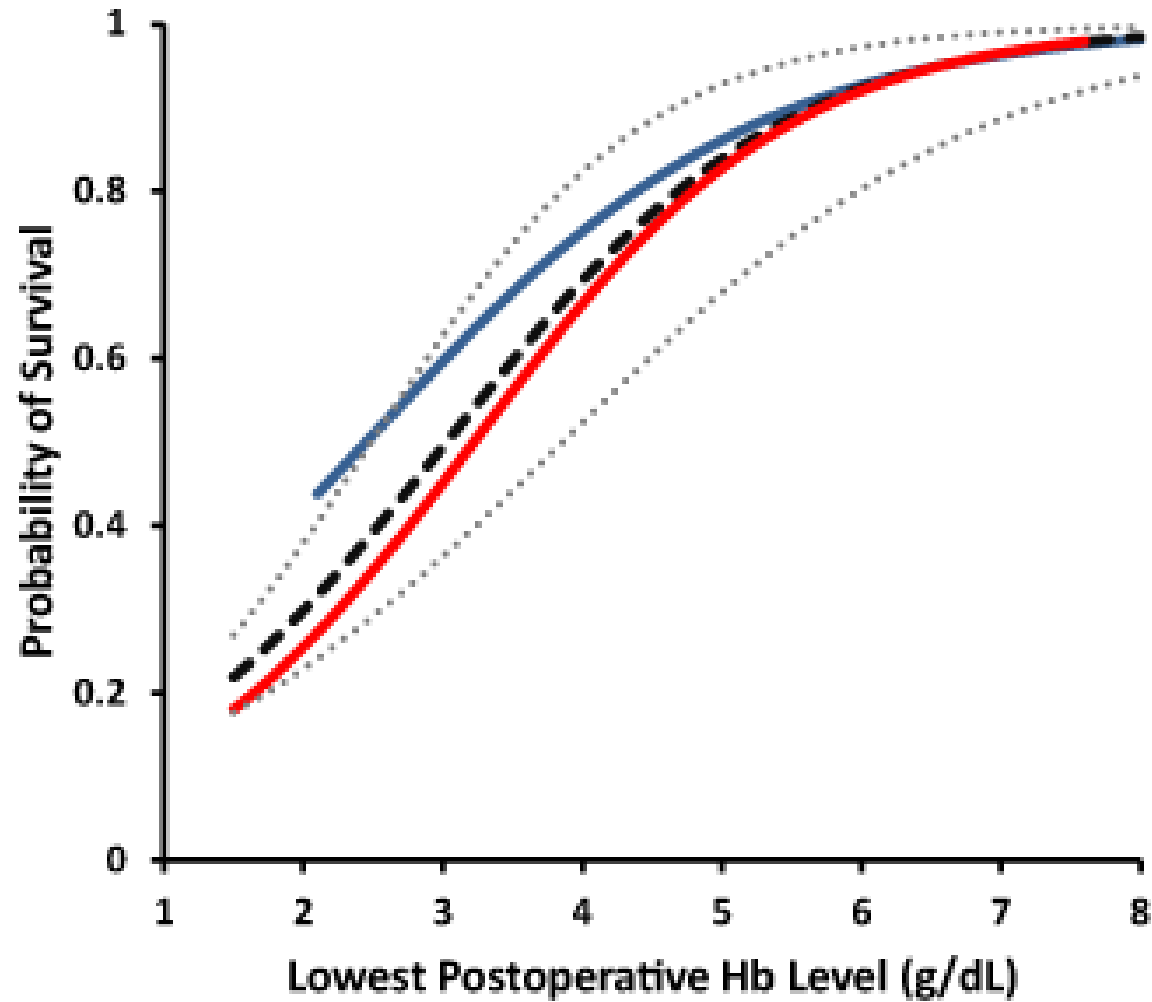
An update on mortality and morbidity in patients with very low postoperative hemoglobin levels who decline blood transfusion

Aryeh Shander, Mazyar Javidroozi, Sajjad Naqvi, Oshuare Aregbeyen, Mustafa Çaylan, Selma Demir, and Anna Juhl

Transfusion 2014 – print ahead

Hb g/dL	mortalidade
7,1 – 8,0	1,5%

An update on mortality and morbidity in patients with very low postoperative hemoglobin levels who decline blood transfusion



estratégias

- **não transfundir** (sob hipótese alguma)
 - **restritiva** versus **liberal**

- ☐ **aspectos éticos**
- ☐ **aspectos legais**

restritiva **versus** liberal

Estudo	pacientes	Idade	Doença cardíaca (%)	estratégia
TRACS (JAMA – 2010)	502	59	100	8 vs 10
So-Osman (Blood Transfus – 2013)	603	70	? (69)	risco
TRICC (N Engl J Med – 1999)	836	58	26	7 vs 10
Villanueva (N Engl J Med – 2013)	921	65	NA	7 vs 9
FOCUS (N Engl J Med – 2011)	2016	82	40	8 vs 10

restritiva versus liberal

Johnson RG et al. J Thorac Cardiovasc Surg 1992: 104, 307-14

	Restritiva	Liberal
Pacientes (n)	20	18
Htc m	< 25	> 32
Bolsas transfudidas	20 unidades	37 unidades
morbidade	=	=
Capacidade de exercício	=	=

* Não avaliou mortalidade

restritiva **versus** liberal

TRANSFUSION PRACTICE

Lowering the hemoglobin threshold for transfusion in coronary artery bypass procedures: effect on patient outcome

*A.W. Bracey, R. Radovancevic, S.A. Riggs, S. Houston, H. Cozart,
W.K. Vaughn, B. Radovancevic, H.A. McAllister, Jr., and D.A. Cooley*

Transfusion 1999;39:1070-7

	Restritiva Hb < 8	Liberal Hb < 9
Pacientes (n)	212	216
Taxa transfusão	=	=
mortalidade	=	=
morbidade	=	=

restritiva **versus** liberal

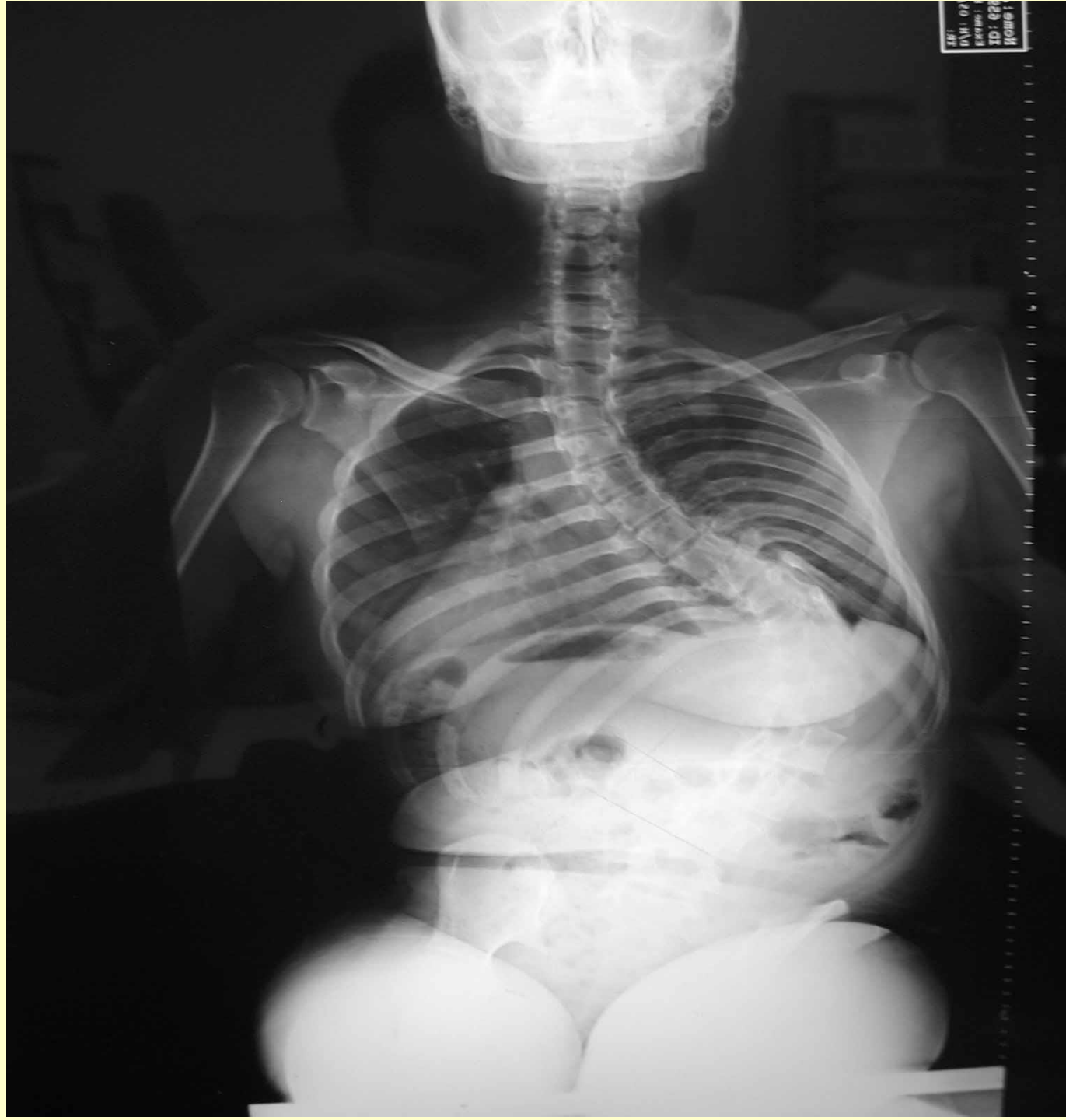
Estudo	pacientes	Idade	Doença cardíaca (%)	estratégia
TRACS (JAMA – 2010)	502	59	100	8 vs 10
So-Osman (Blood Transfus – 2013)	603	70	? (69)	risco
TRICC (N Engl J Med – 1999)	836	58	26	7 vs 10
Villanueva (N Engl J Med – 2013)	921	65	NA	7 vs 9
FOCUS (N Engl J Med – 2011)	2016	82	40	8 vs 10

restritiva **versus** liberal

Estudo	pacientes	mortalidade	restritiva	liberal
TRACS (JAMA – 2010)	502	30 d	6%	5%
So-Osman (Blood Transfus – 2013)	603	14 d	0%	1%
TRICC (N Engl J Med – 1999)	836	30 d	19%	23%
Villanueva (N Engl J Med – 2013)	921	45 d	5%	9%***
FOCUS (N Engl J Med – 2011)	2016	30 d	4%	5%

tolerância à anemia

- ✱ 27 anos
- ✱ 46 Kg
- ✱ Mielite transversa aos nove anos
- ✱ Escoliose toracolumbar
- ✱ Testemunha de Jeová
- ✱ ASA I
- ✱ Cirurgia em 2 tempos



tolerância à anemia

- **Colocação de parafusos**



tolerância à anemia

- Fixação de parafusos
- Colocação de hastes
- 50 dias após primeira cirurgia
- Eritropoietina
- Sulfato ferroso
- Hb 12,9 g/dL



tolerância à anemia

	Hb (g/dL)	Htc (%)	Plaquetas (dL)	Lactato	Glicemia (g/dL)
Pré-operatório	12,5	38	329.000	1,21	98
1ª hora	4,9	15	255.000	1,62	106
2ª hora	4,2	12	129.000	2,57	116
3ª hora	2,4	7	142.000	2,44	109
4ª hora	2,2	6	95.000	2,61	120
Antes devolução	2,7	8	122.000	3,28	221
Final da cirurgia	5,0	14	108.000	4,04	165

tolerância à anemia

	Hb (g/dL)	Htc (%)	Plaquetas (dL)
P.O imediato	5,0	14	108.000
12 horas depois	2,8	8,6	140.000
24 horas depois	1,4	5,0	158.000
3° P.O	2,1	6,0	155.000
5° P.O	2,6	8,2	364.000
10° P.O	4,7	15	680.000
22° P.O	9,1	30,3	461.000

*“Duvidar de tudo
ou acreditar em tudo
são duas soluções
igualmente convenientes;
ambas dispensam
a necessidade de reflexão.”*

(Henri Poincaré)