

Avec le soutien de

Fondation A. de Rothschild
De l'oeil au cerveau

Damage Control appliqué à la pédiatrie

Docteur Caroline DURACHER-GOUT
Fédération des réanimations chirurgicales
Réanimation et USC neurochirurgicale
Hôpital Universitaire Necker - Enfants Malades

Necker ENFANTS MALADES HÔPITAL UNIVERSITAIRE





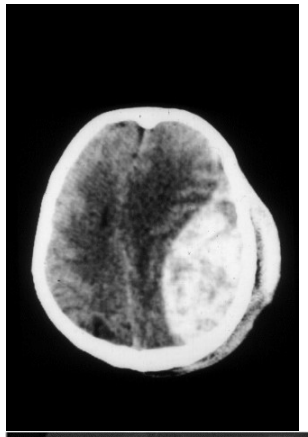
Avec le soutien de

Fondation A. de Rothschild
De l'oeil au cerveau

Déclaration de liens

Mon intervention ne présente aucun conflit d'intérêt





Traumatologie civile

Rare: 14 % de la traumatologie

1ère cause de morbi-mortalité > 1 an

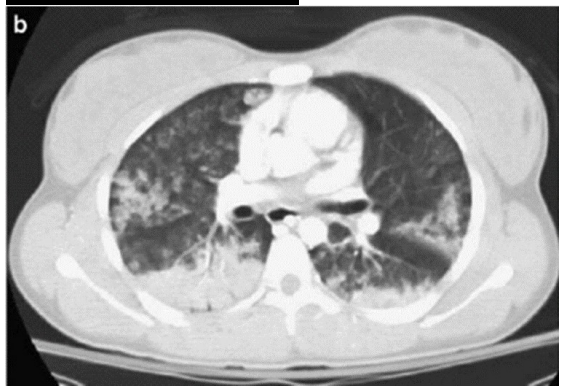
> 80 % de traumatismes fermés

80 % de traumatisme crânien

50 % des décès liés au TC



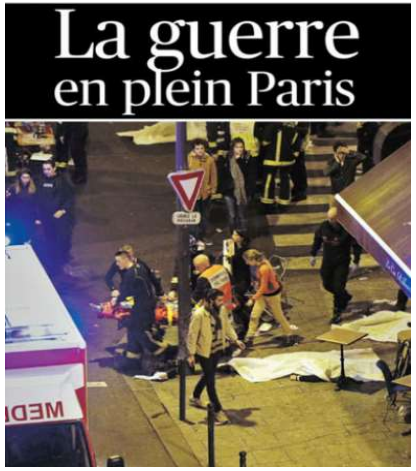






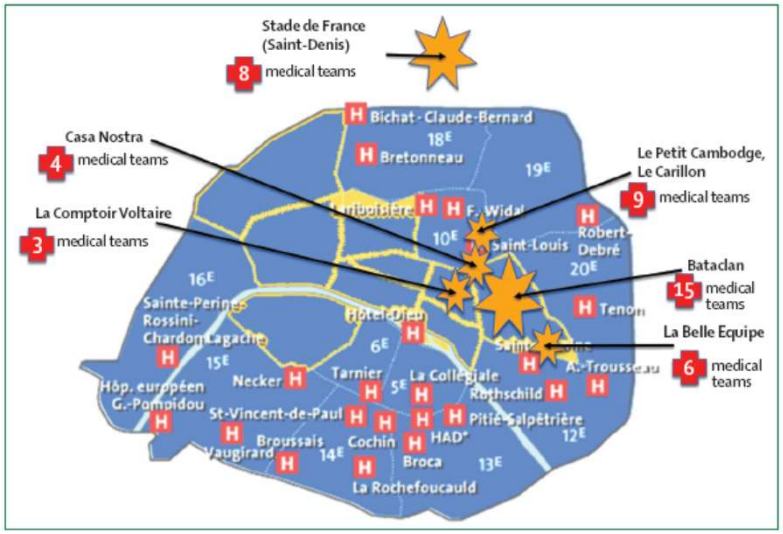






Situations d'exception

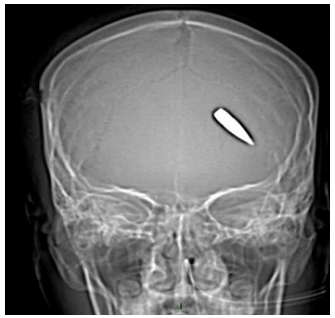


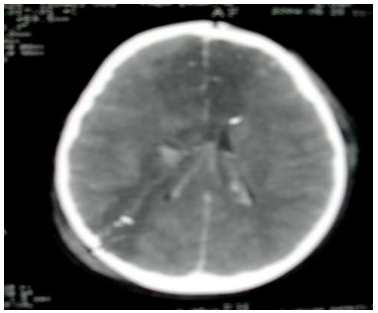


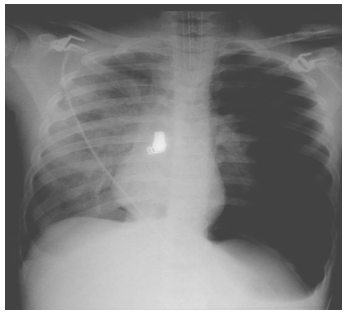
	Absolute emergencies	Relative emergencies	Total
Ambroise Paré	1	6	7
Antoine Béclère	0	1	1
Avicenne	0	8	8
Beaujon	5	0	5
Bicêtre	1	6	7
Bichat	2	17	19
Cochin	0	7	7
HEGP	11	30	41
Henri Mondor	10	15	25
Hotel Dieu	0	31	31
Jean Verdier	0	2	2
Lariboisière	8	21	29
Pitié-Salpêtrière	28	25	53
Saint Antoine	6	39	45
Saint Louis	11	15	26
Tenon	0	10	10
Total	76	226	302

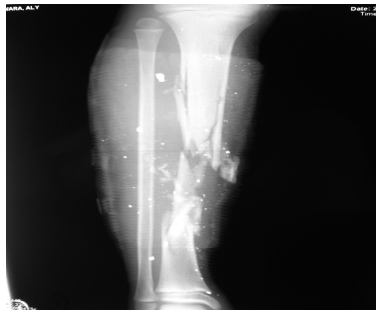
- 85 décés dont 10 enfants
- 434 blessés dont 52 UA
- 54 enfants hospitalisés





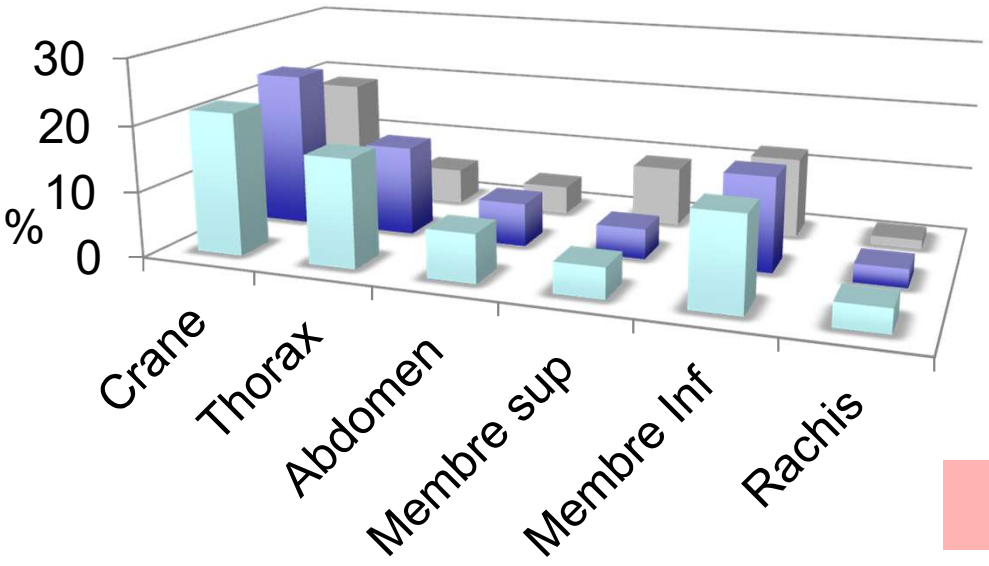




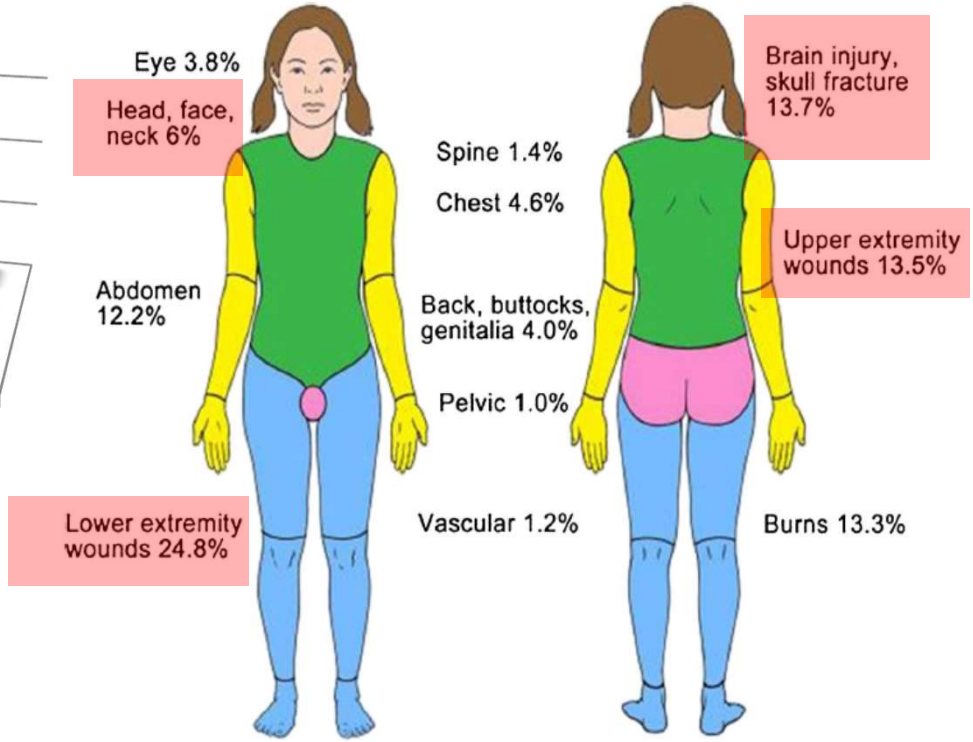




Comparaison des lésions

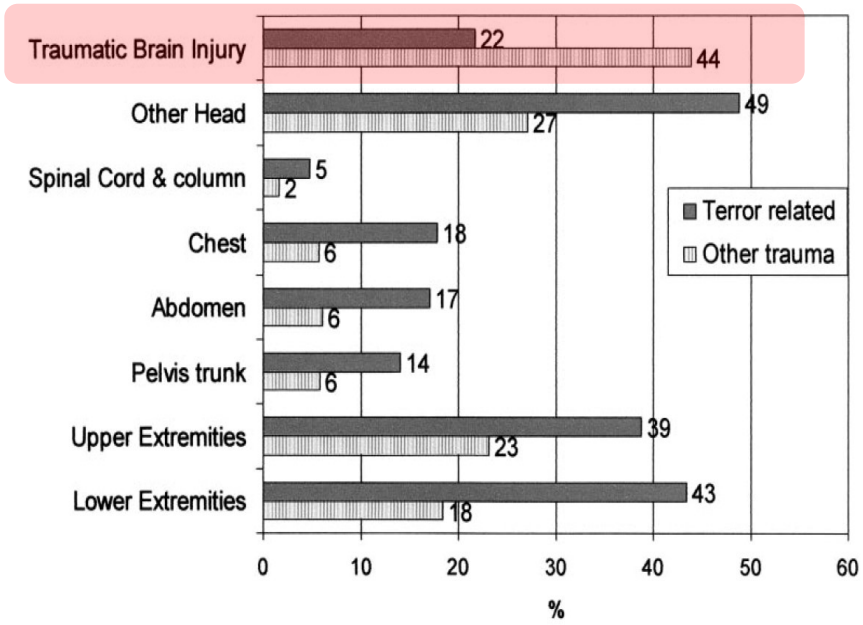


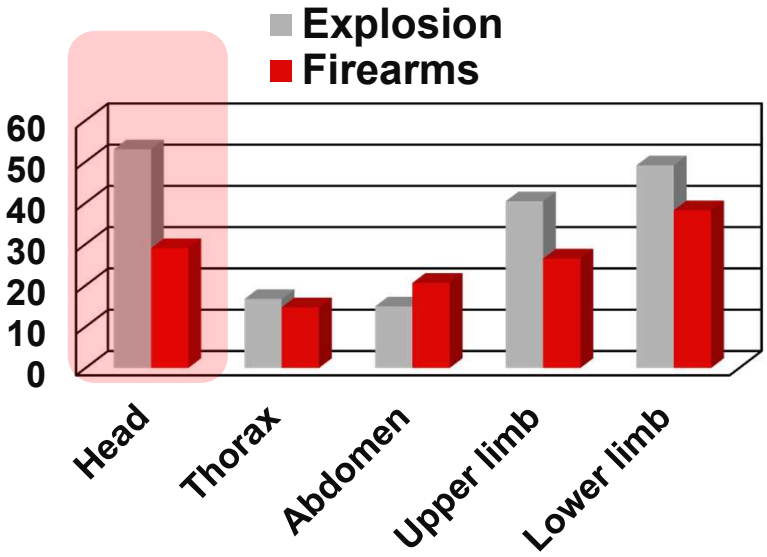
Chethan Sathya et coll, JAMA Surgery 2015



Biko David M et coll, Pediatric Radiol 2015

Epidemiologie de guerre





Vulnérabilité pédiatrique



Table 1 Pediatric specific vulnerabilities to terrorist attacks

Vulnerability	Blast Injury	Biological agents	Chemical agents
Proximity to ground Increased minute ventilation Provider unfamiliarity with pediatric dosing of medications		Agents settle to the ground Increased exposure to inhaled agents Dosing of antibiotics different	Agents tend to pool in lower areas Increased exposure to inhaled agents No prepackaged store of antidotes in pediatric doses
Lack of knowledge or inability to flee danger	Either unaware or unable to flee from explosion Potentially curious about ordinance	Unlikely to recognize signs/ symptoms of biologic agents	Would not know to flee from strange odor or seek medical help with symptoms
Lack of stockpile of pediatric dosed antidotes and vaccines		Prepackaged stockpiles of vaccines and antidotes not dosed for small children[32]	Lack of guidelines for dosing of antidotes in children
Less blood volume/ physiologic reserve	More rapidly develop life threatening blood loss	Prone to dehydration with illness. Lower functional residual capacity	More prone to respiratory distress/ failure with nerve agents, vesicants, and pulmonary agents Faster absorbtion of agents Prone to hypothermia with decontamination
Thinner skin Increased BSA to mass ratio	Prone to hypothermia during triage, evacuation and treatment		
Developmental immaturity	Unable to follow mental status exam/communicate other injuries early	Present later in the course of biologic agents	Unable to promptly communicate symptoms
Increased head size compared to body	Increased head AIS when compared to adults[2]		

World J Crit Care Med 2014

Vulnérabilité pédiatrique

Organisationnelle

Moindre ressource médicale
Nombre limité d'infrastructures
Difficultes d'identification
Type de lésions rencontrées
➔Traumatisme pénétrant
Faible expérience des équipes
Contexte psychotraumatisant

Increased Mortality Rates of Young Children With Traumatic Injuries at a US Army Combat Support Hospital in Baghdad, Iraq, 2004

Renée I. Matos, MD[a], John B. Holcomb, MD[b], Charles Callahan, DO[c], Philip C. Spinella, MD[b,d]

Pediatrics 2008;122: e959–e966

Mortality rate (%)

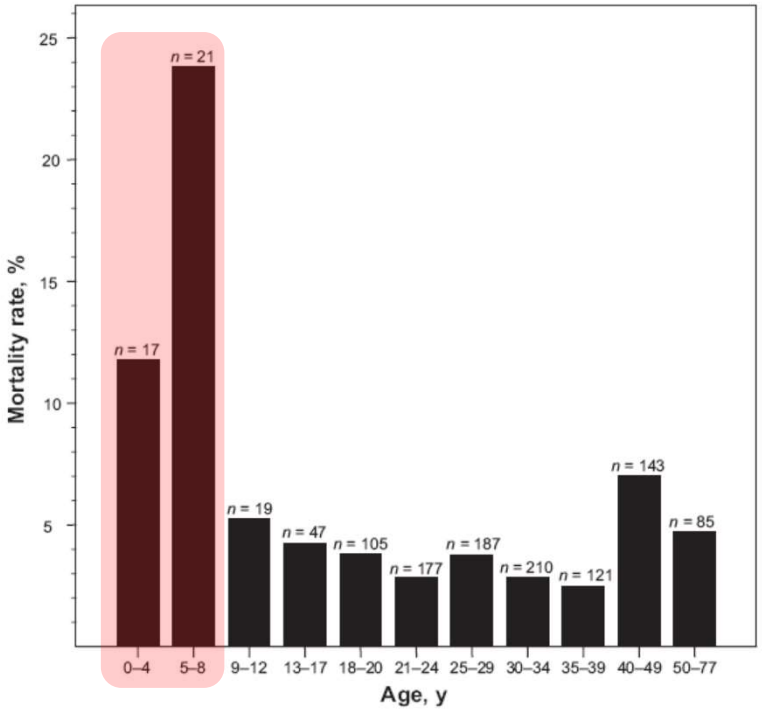


TABLE 1 Comparison of Variables Between Study Groups

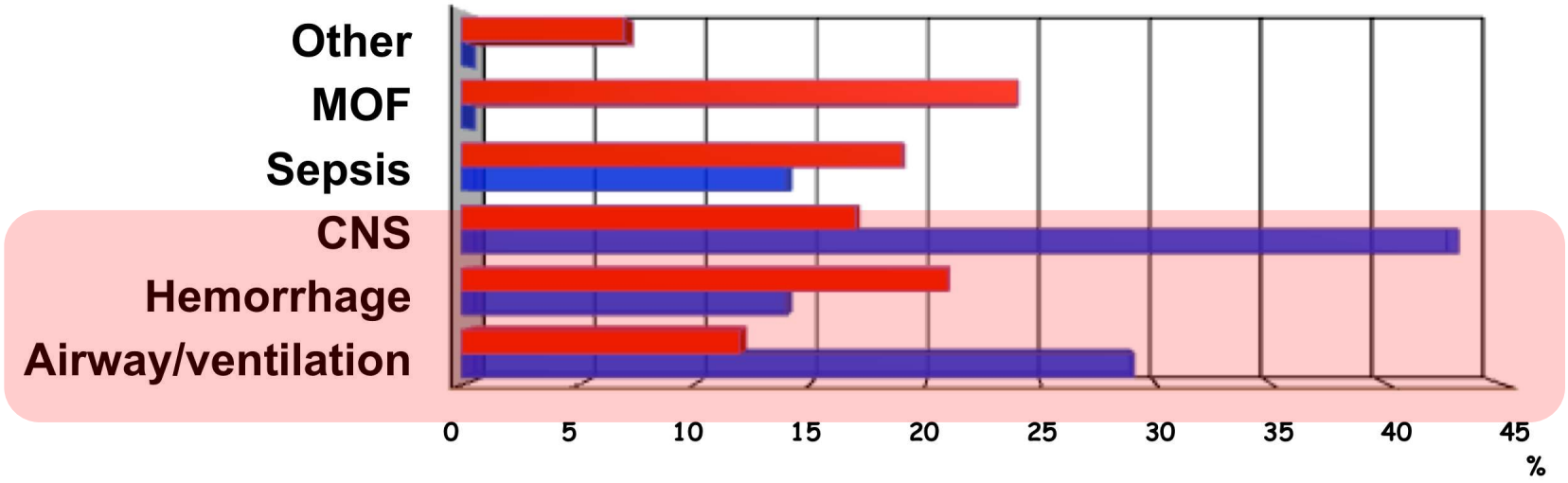
Variable	Young Children Aged ≤8 y (*N* = 38)	Older Children and Adults Aged >8 y (*N* = 1094)	*P*
Age, y			<.001
Median (IQR)	5 (4–6)	30 (23–37)	
Overall mortality, *n*/*N* (%)	7/38 (18)	42/1094 (4)	.001

Increased Mortality Rates of Young Children With Traumatic Injuries at a US Army Combat Support Hospital in Baghdad, Iraq, 2004

Renée I. Matos, MD[a], John B. Holcomb, MD[b], Charles Callahan, DO[c], Philip C. Spinella, MD[b,d]

Pediatrics 2008;122: e959–e966

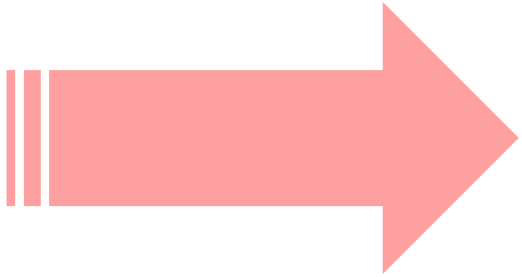
Causes physiologiques de décés (%)



Concept de Damage Control

Eviter tout épuisement physiologique du patient lié au dépassement de ses mécanismes compensateurs







Damage Control Ressuscitation

Stratégie globale

- Continuum
- Pluridisciplinaire
- Temps
- Approche intégrée
- Décés évitables

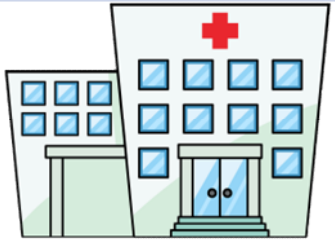


DC ground zero

DC Hemostatic

DC surgery







Indications



Individuelle

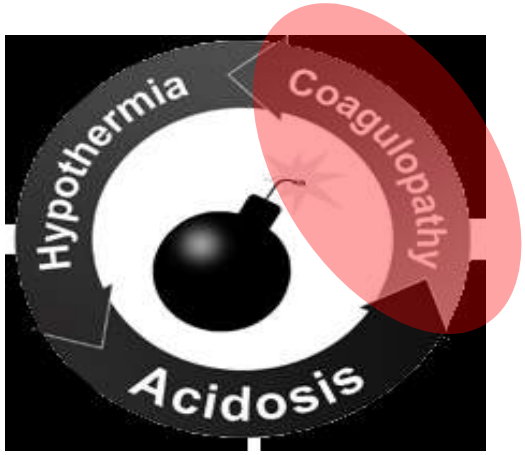
Choc hémorragique incontrôlable

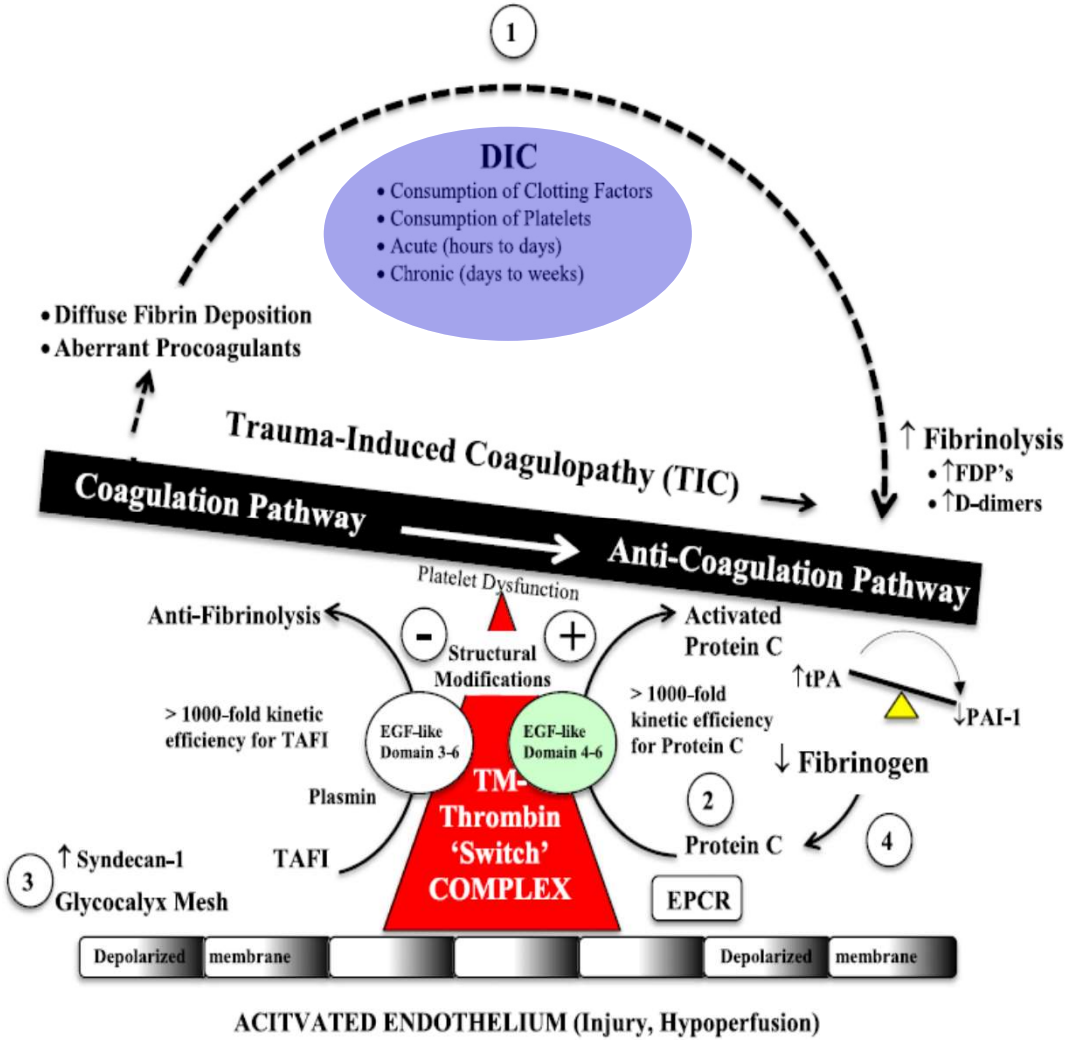


Collective

Afflux de victimes

Lutte contre la triade létale

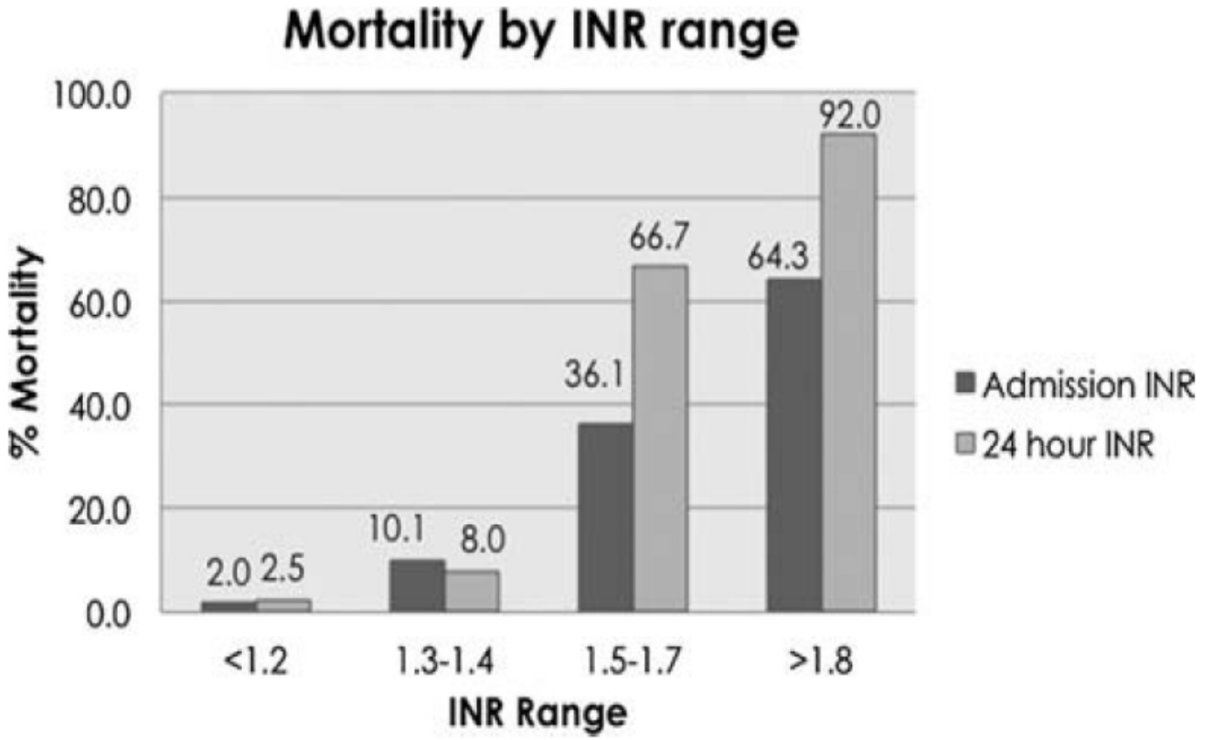




J Trauma Acute Care Surg. 2015;79: 301-309

Acute traumatic coagulopathy in a critically injured pediatric population: Definition, trend over time, and outcomes

Christine M. Leeper, MD, Matthew Kutcher, MD, Isam Nasr, MD, Christine McKenna, MSN, CRNP, Timothy Billiar, MD, Matthew Neal, MD, Jason Sperry, MD MPH, *and* **Barbara A. Gaines, MD**, *Pittsburgh, Pennsylvania*



J Trauma Acute Care Surg 2016; 81: 34-41

Changement acronyme



- **M** Massive bleeding Control
- **A** Airway
- **R** Respiration
- **C** Circulation
- **H** Head / Hypothermia
- **E** Evacuation

The concept of damage control: Extending the paradigm in the prehospital setting☆,☆☆

Le concept de damage control *: extension préhospitalière du paradigme*

J.-P. Tourtier [a,*], B. Palmier [b], K. Tazarourte [c], M. Raux [d], E. Meaudre [b], S. Ausset [e], A. Sailliol [e], B. Vivien [f], L. Domanski [b], P. Carli [f]





Damage control Ground zero

- **Contrôle des saignements extériorisés**
- **Prévention de l'hypothermie**
- **Réanimation à faible volume, vasopresseurs**
- **Hypotension permissive sauf si TC**
- **Acide tranexamique IV**
- Stratégie transfusionnelle

AFAR 2013
ANFAR 2016

Contrôle hémorragies extériorisées

- **Compression directe** manuelle ou par pansement compressif
- **Agents hémostatiques** (plaie résistante à une compression simple ou jonctionnelle, impossible à garroter)
- **Garrots dédiés** : modèle de garrot tactique de type tourniquet ou pneumatique
- **Sans oublier** : Immobilisation des fractures, Sutures (plaies du scalp+++)



Lutte contre hypothermie

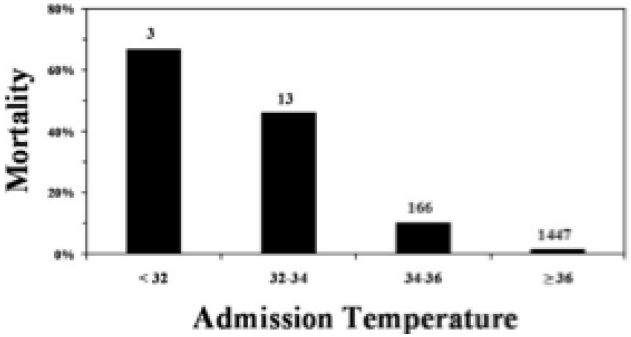
Origine multifactorielle

- Majoré par le remplissage
- Aggrave HDM et troubles de l'hemostase
- Rapide chez l'enfant
- Facteur de mortalité



Prevention +++

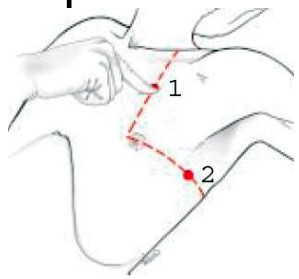
Couverture de survie, à air pulsé
Réchauffement véhicule,
Perfusions …



Waibel BH et al. PCCM 2010

Contrôle des détresses vitales

- **Sécurisation des VAS**
- **Oxygénation** : administration oxygène pour objectifs de SpO2 ≥95%



- **Exsufflation** à l'aiguille d'un PNO compressif
- **Intubation** si TCG en séquence d'induction rapide

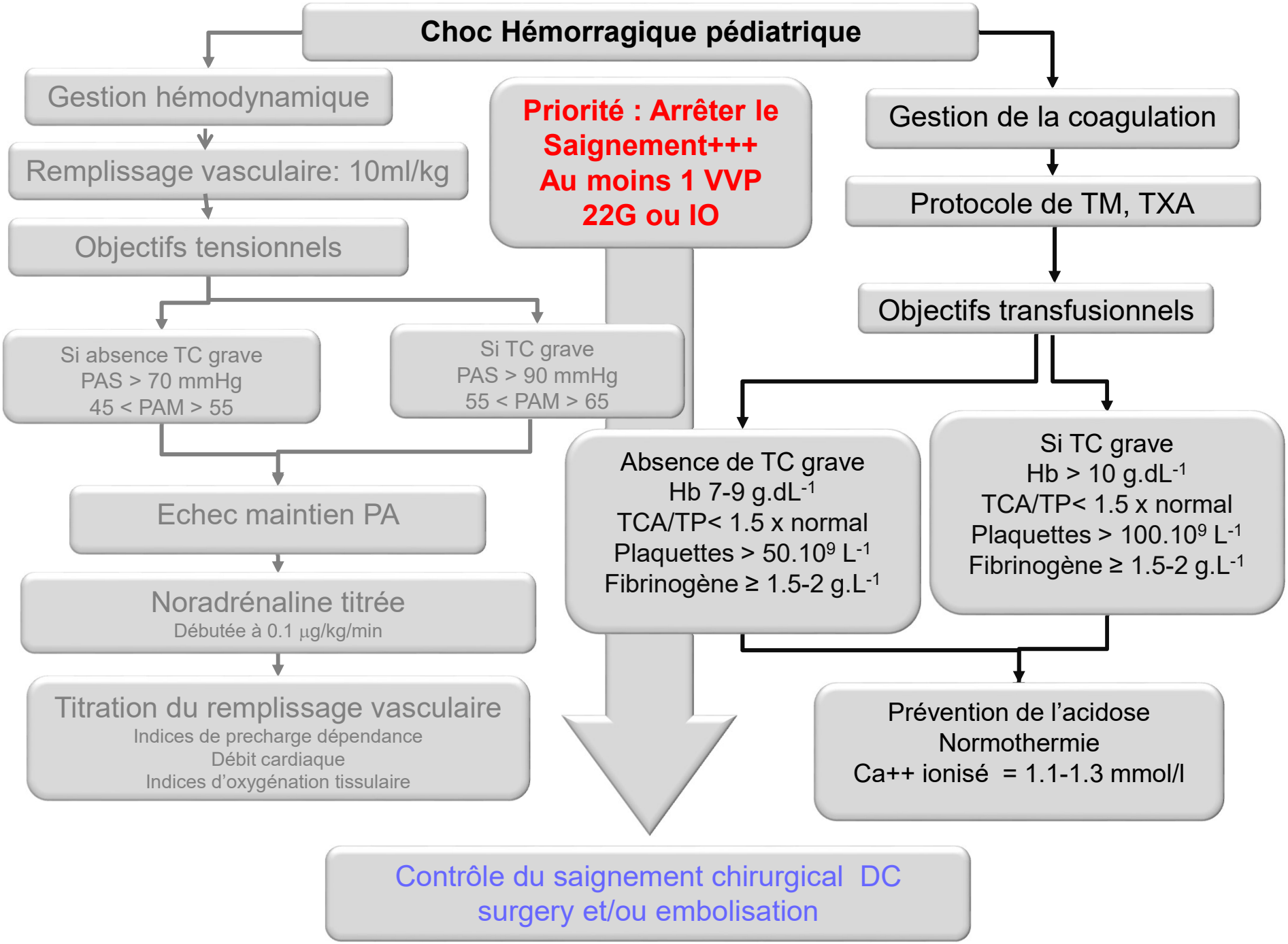
Ketamine 2 mg/kg IV + Suxamethonium 1-2 mg/kg IV si <2 ans

Adaptation / Titration des doses +++



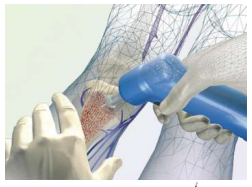
- **Ventilation mécanique**: limiter conséquences de la ventilation mécanique sur l'HDM: limitation pression, ZEEP

Objectifs: normoxie and normocapnie


Choc Hémorragique pédiatrique
Gestion hémodynamique
Remplissage vasculaire: 10ml/kg
Objectifs tensionnels
Si absence TC grave
PAS > 70 mmHg
45 < PAM > 55
Si TC grave
PAS > 90 mmHg
55 < PAM > 65
Echec maintien PA
Noradrénaline titrée
Débutée à 0.1 µg/kg/min
Titration du remplissage vasculaire
Indices de precharge dépendance
Débit cardiaque
Indices d'oxygénation tissulaire
Priorité : Arrêter le Saignement+++
Au moins 1 VVP 22G ou IO
Gestion de la coagulation
Protocole de TM, TXA
Objectifs transfusionnels
Absence de TC grave
Hb 7-9 g.dL-1
TCA/TP< 1.5 x normal
Plaquettes > 50.10⁹ L-1
Fibrinogène ≥ 1.5-2 g.L-1
Si TC grave
Hb > 10 g.dL-1
TCA/TP< 1.5 x normal
Plaquettes > 100.10⁹ L-1
Fibrinogène ≥ 1.5-2 g.L-1
Prévention de l'acidose
Normothermie
Ca++ ionisé = 1.1-1.3 mmol/l
Contrôle du saignement chirurgical DC surgery et/ou embolisation

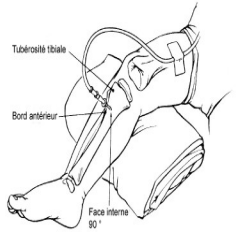
Stabilisation hémodynamique

- **Abord vasculaire** au moins 1 VVP 22G ou Voie IO si echec ou d'emblée (tubérosité tibiale sup)



- **Titrer le remplissage vasculaire** : 10 ml/kg

Cristalloides en 1ere intention



Et **Introduire précocement :** Noradrénaline à doses titrées en débutant à 0.1 µg/kg/min

Objectifs : limiter volumes perfusés, éviter l'hémodilution

- **Hypotension permissive**: assurer une pression de perfusion suffisante (durée limitée)

Quel niveau de pression

artérielle dans le DC pédiatrique?

Difficultés définition hypotension

Analysis of the evidence for the lower limit of systolic and mean arterial pressure in children

Table 1. Definition of hypotension in children by different sources

Age Group	Hypotension Guidelines, mm Hg		
	Pediatric Advanced Life Support	Brain Trauma Foundation[a]	International Pediatric Sepsis Consensus Conference[b]
0 days–1 wk	<60	<65	<59
1 week–1 mo	<60	<65	<79
1 mo–1 yr	<70	<65	<75
>1–5 yrs	70 + 2 × yrs	<70–75	<74
6–12 yrs	70 + 2 × yrs (up to 10 yrs) <90 (>10 yrs)	<80–90	<83
13–18 yrs	<90	<90	<90

[a]Brain Trauma Foundation last accessed October 14, 2005 (http://www2.braintrauma.org/guidelines/downloads/btf_guidelines_prehospital.pdf); [b] corrected values, letter to the editor, Goldstein et al. *Pediatr Crit Care Med* 2005; 6:500–501.

Pediatr Crit Care Med 2007

Difficultés détection hypotension

PEDIATRICS
OFFICIAL JOURNAL OF THE AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS

Early Resuscitation of Children With Moderate-to-Severe Traumatic Brain Injury

Michelle Zebrack, Christopher Dandoy, Kristine Hansen, Eric Scaife, N. Clay Mann and Susan L. Bratton

Pediatrics 2009;124;56-64
DOI: 10.1542/peds.2008-1006

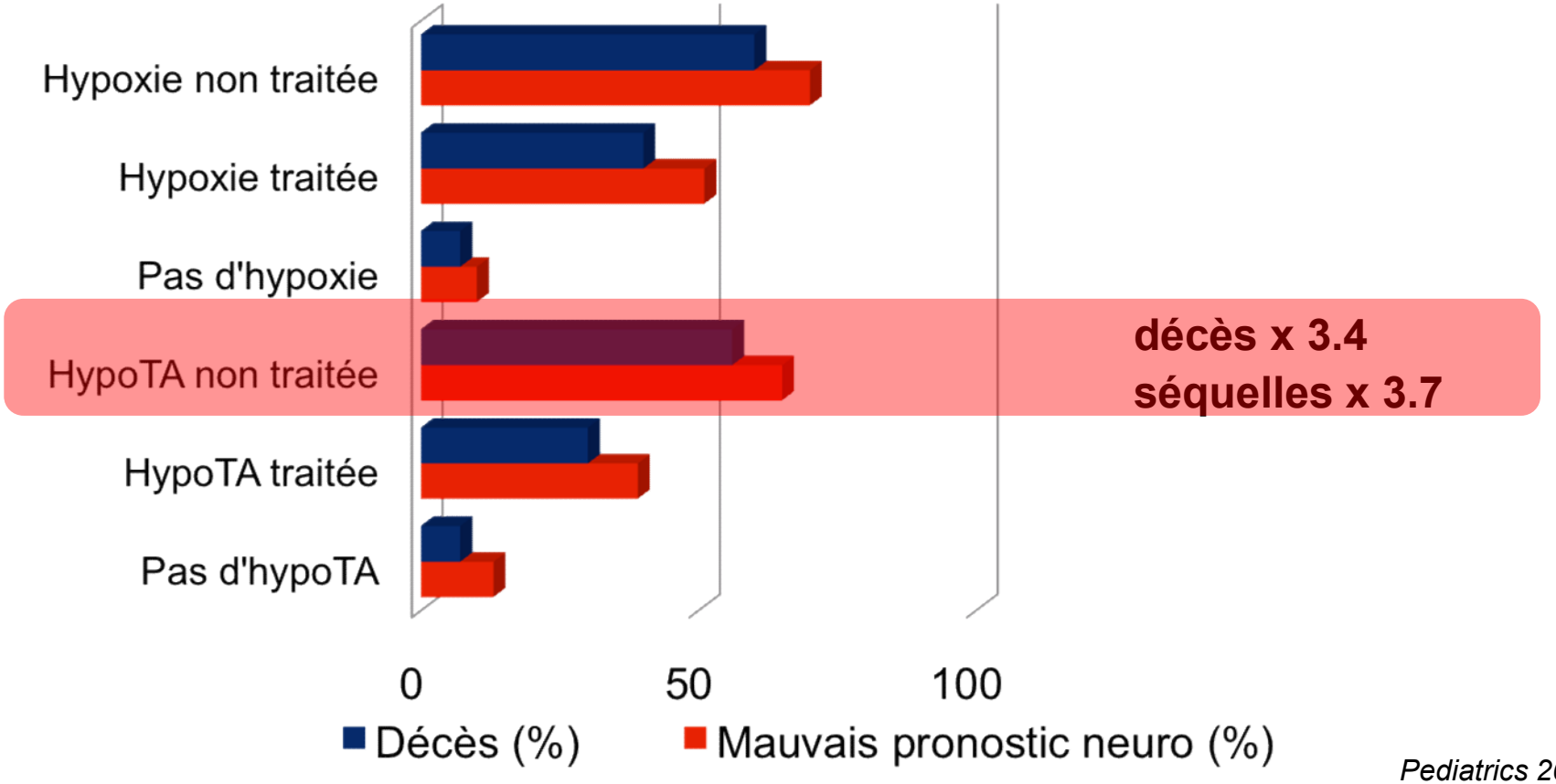
- Hypotension
  - Documentée chez 118 (39%)
  - Traitée chez 48%



Taille du brassard= 2/3 de la longueur du bras

Hypotension permissible non applicable

Chez le TC Grave ou modéré



Pediatrics 2009

Quels seuils tensionnels?

	≤ 2 ans	> 2 ans (10ans)
Si Neurotrauma	**PAM ≥ 55 mmHg**	**PAM ≥ 65 mmHg**
Si absence de Neurotrauma	**PAM ≥ 45 mmHg**	**PAM ≥ 55 mmHg**

Seuil dans le cadre d'un afflux de victimes:
Enfant conscient avec un pouls palpable

Gestion hémostatique

Effects of tranexamic acid on death, vascula… events, and blood transfusion in traum…ch significant haemorrhage (CRASH-2…sed, placebo-controlled trial

CRASH-2 trial collaborators*

Lancet 2010; 376: 23–32

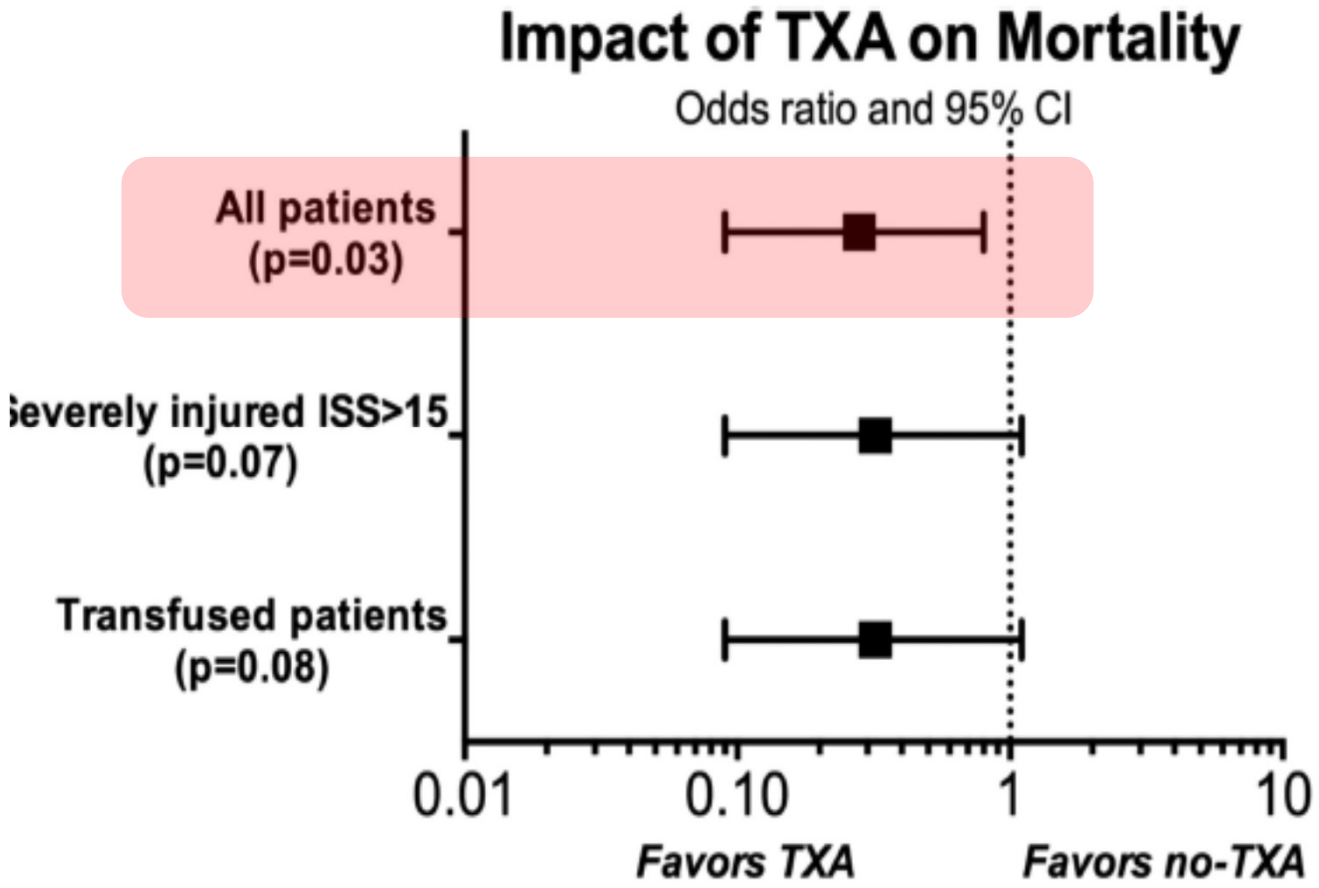
(loading dose 1 g over …ıfusion of 1 g over 8 h)

Et en pédiatrie ?

TXA: Agent hémostatique incontournable chez l'adulte

Tranexamic acid administration to pediatric trauma patients in a combat setting: The pediatric trauma and tranexamic acid study (PED-TRAX)

Matthew J. Eckert, MD, Thomas M. Wertin, MD, Stuart D. Tyner, PhD, Daniel W. Nelson, DO, Seth Izenberg, MD, *and* Matthew J. Martin, MD, *Tacoma, Washington*



J Trauma Acute Care Surg 2014

Tranexamic acid in pediatric trauma: why not?

Suzanne Beno[1*], Alun D Ackery[2], Jeannie Callum[3] and Sandro Rizoli[2]

Beno *et al. Critical Care* 2014, 18:313
http://ccforum.com/content/18/4/313



ICAL CARE

Mais à quelle dose?

Table 1 Criteria for the us[illegible]ic acid in pediatric trauma

Immediate need for [illegible] any one of the following indicating sever[illegible]
• Syst[illegible] low (<80 mmHg <5 years and <90 mmHg
[illegible] pressure response to crystalloid 20–40 ml/kg
[illegible]ous significant bleeding

[illegible]ospital for Sick Children Massive Hemorrhage Protocol for the use of [illegible]anexamic acid in pediatric trauma. April 2014.

Protocole proposé

A débuter dans les 3 heures suivant le traumatisme

< 30kg : 10 mg/kg en bolus en 10 min puis 10 mg/kg/h

> 30kg :1g en bolus puis 1g sur 8 heures

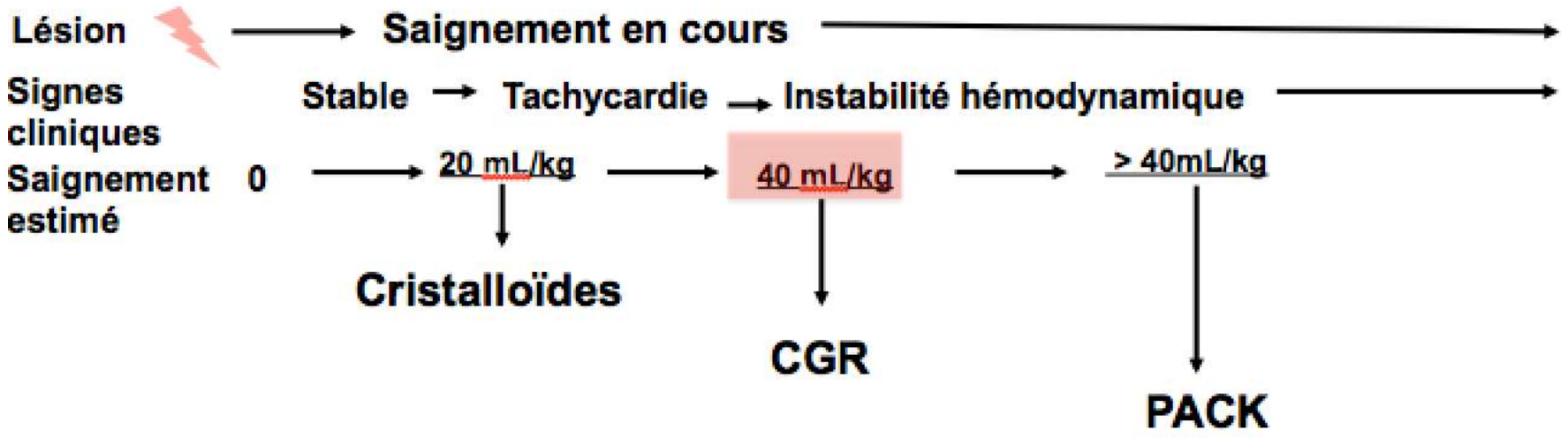
Stratégie transfusionnelle



- **Activation d'un protocole de transfusion massive**

Si perte sanguine > 50 % du VST ou coagulopathie débutante ou enfant exsangue

- **Précocité PSL et Ratios** CGR/PFC/Plaquettes



Protocole de transfusion massive

Composition pack transfusionnel proposé

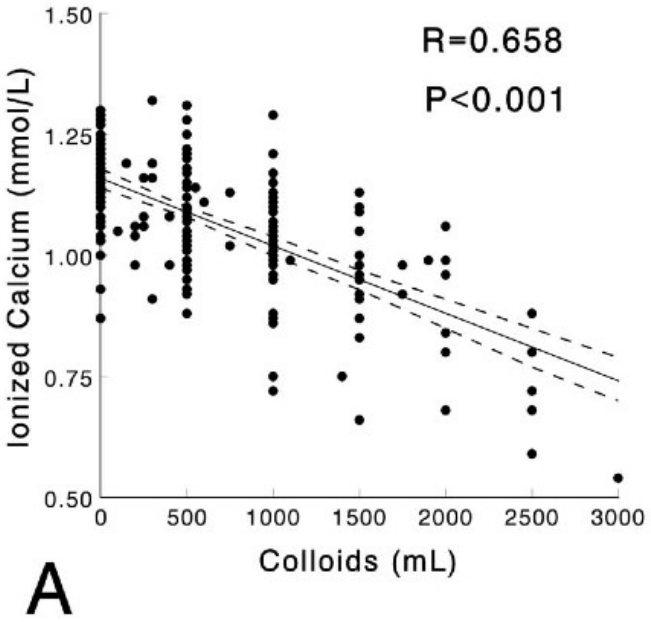
Ratio 1 CGR (30ml/kg)/1 PFC (20ml/kg)/ Plaquettes 2u pour 10kg

- ☐ Enfant de moins de 10 kg : 1 Pack
- ☐ Enfant 10-30 kg : 2 Packs
- ☐ Enfant de plus de 30 kg : 3 Packs

Autres : Acide tranexamique, Fibrinogène 4ml/kg(> 1,5g/l), CaCL2 20 mg/kg (> 0,9 mmol/l),

Lutte contre l'hypocalcémie

CaCl2 : 20 mg/kg (Ca ionisé > 0.9 mmol/l)



Monitorage du calcium ionisé ++

Hypocalcémie : une vasoplégie (↑ des besoins en vasopresseurs) et des troubles hémostatiques

Vivien B. Crit Care Med 2005

Objectifs transfusionnels



Absence de TC grave

Hb 7-9 $g.dL^{-1}$

TCA/TP< 1.5 x normal

Plaquettes > 50.10^9 L^{-1}

Fibrinogène ≥ 1.5-2 $g.L^{-1}$

Si TC grave

Hb > 10 $g.dL^{-1}$

TCA/TP< 1.5 x normal

Plaquettes > 100.10^9 L^{-1}

Fibrinogène ≥ 1.5-2 $g.L^{-1}$



Damage control Ground zero

- **Contrôle des saignements extériorisés**
- **Hypotension permissive sauf si TC**
- **Lutte contre l'hypothermie (rechauffement solutés, externe, environnement)**
- Mise en condition: abords vasculaires,,airways, oxygénothérapie
- Acide tranexamique IV
- Titration sedation/analgésie

Damage control ressuscitation

- Oxygénothérapie => ISR puis ventilation avec petit VT, ZEEP, FiO2 100%
- Renforcer la lutte contre l'hypothermie +++
- Contrôle de l'hémorragie puis hémostase interventionnelle
- Abord vasculaires: intra-osseux, veineux et artériel fémoraux, ou cave supérieur si clampage cave inférieur
- Perfusion de base et remplissage vasculaire: NaCl0,9%
- Groupe/RAI (sans attendre pour transfuser en O-)
- **Limiter les volumes perfusés avec hypotension permissive**
  - **PAM ≥45 mmHg jusqu'à 2 ans et ≥55 mmHg jusqu'à 10 ans en l'absence de neurotrauma**
  - **PAM ≥55 mmHg jusqu'à 2 ans et ≥65 mmHg jusqu'à 10 ans en cas de neurotrauma**
- **Introduction precoce Noradrénalineà dose titrée (0.1 à 5 mcg/kg/min)**
- **Activer le protocole de transfusion massive**
- Hemostatiques: acide tranexamique, calcémie, fibrinogène

Damage control surgery

Damage control surgery



- **Traitement chirurgical ne visant pas un rétablissement anatomique mais un rétablissement physiologique**
- **De durée limitée (<1H)**
- Décliné en 3 temps:
  - Chirurgie de contrôle lésionnel: hémorragie/contamination/fermeture écourtée
  - Stabilisation physiologique
  - Chirurgie de réparation définitive (H6-H48)

Stone HH. Ann Surg 1983

Conclusion



Inspiré de l'approche intégrée du Damage Control adulte

Spécificités anatomo-physiologiques

A débuter devant tout choc hémorragique sans perte de temps

Sans modifier la PEC de la traumatologie civile dominée par le TC



DAMAGE CONTROL PEDIATRIQUE

Remplissage vasculaire:
☐ 10 mL/kg répété 1 à 2 fois (cristalloïde ou colloïde)
☐ Si inefficace => Noradrénaline (débuter à 0.1 µg/kg/min)

Objectif hémodynamique:
☐ TC: PAS> 90 +[2x âge (ans)] mmHg
☐ Pas de TC: maintien conscience + perception pouls radial

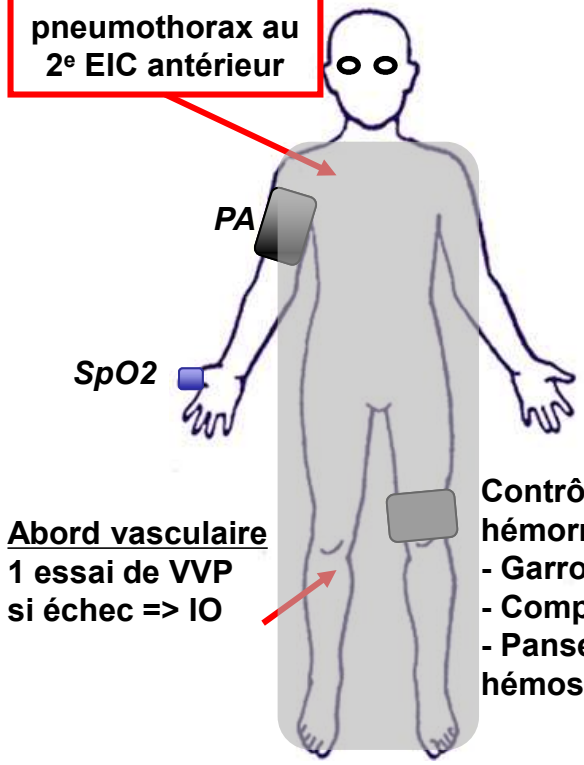
Acide tranéxamique
☐ <30 kg: 10 mg/kg puis 10mg/kg/h
☐ ≥30 kg: 1 g puis 1 g en 8 heures

Mise en condition:
☐ Garrot, pansement compressif
☐ 1 VVP
☐ Intra-osseuse si 1 échec de VVP
☐ Exsufflation d'un pneumothorax
☐ Prévention hypothermie
☐ HemoCue®
☐ Augmentin 50 mg/kg



Perfusion de base: NaCl 0.9%
règle des 4-2-1
= 4 mL/kg/h pour les 10 premiers Kg
+ 2 mL/kg/h pour les 10 Kg suivants
+ 1 mL/kg/h pour chaque Kg en plus
ex: 15 kg => (4x10)+(2x5)= 50 mL/h

Exsufflation d'un pneumothorax au 2e EIC antérieur



Abord vasculaire
1 essai de VVP
si échec => IO

Contrôle des hémorragies:
- Garrot
- Compression
- Pansement hémostatique

Objectif T° >36°C
Recouvrir
Réchauffer

☐ **Réévaluation clinique régulière**

O2 au MHC <12 L/min
Intubation SB*:
si TC avec GCS ≤8
☐ Voie orale
☐ Taille: *(Poids/10) + 3*
ou [Age (ans)/4] + 3.5
☐ Repère: *Taille sonde x 3*

Ventilation mécanique:
☐ VT: 6-7 mL/kg
☐ FR selon EtCO2
Objectifs:
☐ SpO2 >90 %
☐ 35<EtCO2<38 mmHg

Induction Séquence Rapide:
☐ **<2 ans:**
Kétamine: 3–4 mg/kg
Célocurine: 2 mg/kg
☐ **>2 ans:**
Etomidate: 0.2–0.4 mg/kg
Célocurine: 1 mg/kg

☐ **Sédation: titration +++**
Sufentanil: 0.2 µg/kg/h ±
Midazolam: 0.1 mg/kg/h

☐ **Analgésie en VS: titration**
Kétamine: 0,5 mg/kg ou
Morphine: 0,05 mg /kg

SB*: sonde à ballonnet avec Pression <20 cmH20

Principes du "Damage Control" pédiatrique

1. Examen clinique rapide
2. Contrôle des hémorragies externes (4)
3. Oxygénothérapie au MHC (7)
4. Abord vasculaire (4)
5. Perfusion Nacl 0,9% (5)
6. Maintien de la PAM (2, 3)
7. Exsuflation d'un pneumothorax (4)
8. Maintien T° >36 ° C (6)
9. Analgésie-sédation (8, 9)
10. Evaluation clinique régulière (10)

Kg	<10	10-20	20-30	>30
FR /min	30	25	20	15
FC bpm	120	100	90	70
PAM	≥[1.5 x âge (années) + 40] mmHg			

Age	Bradycardie	Tachycardie
<1 an	<80 bpm	>180 bpm
≥1 an	<60 bpm	>160 bpm

Abord vasculaire

- 20-22 G si <10 Kg
- 18-20 G si 10-30 Kg
- 16-18 G si >30 Kg

Exsufflation d'un pneumothorax

si <30 Kg: 18 G ou drain CH18
si ≥30 Kg: 16 G ou drain CH22

Dilutions des médicaments

Noradrénaline (1 mg dans 50 mL)
⇒ Débit en mL/h = poids/3 = 0.1 µg/Kg/min
Morphine (1 mL = 10 mg)
0,2 ml (2 mg) + 19,8 ml d'EPPI => 1 mL = 0,1 mg
Kétamine (5 mL = 50 mg)
⇒Diluer 4 mL dans 16 mL d'EPPI => 1 mL = 2 mg
Atropine (1 mL = 0,5 mg)
⇒ Atropine : 20 microgramme/Kg IVD

Analgésie en VS = titration+++

- Morphine IV: 1er bolus 0.05 mg/Kg puis titration 0.02 mg/Kg/5 min
-Morphine SC/IM = (dose IV x 1.5)
-Kétamine IV = 0.5 à 1 mg/Kg

Analgésie-sédation du patient ventilé

- Sufentanil: 0.1-0.2 µg/Kg/h
- ± midazolam: 0.1 mg/Kg/h

Transfusion massive: saignement >40 mL/Kg

- Poids <10 Kg = 1 Pack ;
- 10< poids <30 Kg = 2 Packs
- Poids >30 Kg = 3 Packs

1 pack = CGR 30 mL/Kg; PFC 20 mL/Kg; 1 CUP/5 Kg
- CaCl2: 20 mg/Kg
- Fibrinogène (Clottafact): 2-4 mL/Kg



Merci pour votre attention



T. Baugnon
S. Blanot
H. Cuttaree
C. Duracher
P. Meyer
J. Montmayeur
AC. Perie
G. Orliaguet
E. Terzi
A. Vecchione
E. Vergnaud

