



41^{ème} congrès annuel de l'ADARPEF,
25 & 26 mai 2024

C'EST QUOI UNE HYPOTENSION ?

Pr Isabelle CONSTANT

Service d'Anesthésie Réanimation et Médecine Périopératoire

Hôpital Armand Trousseau, Paris

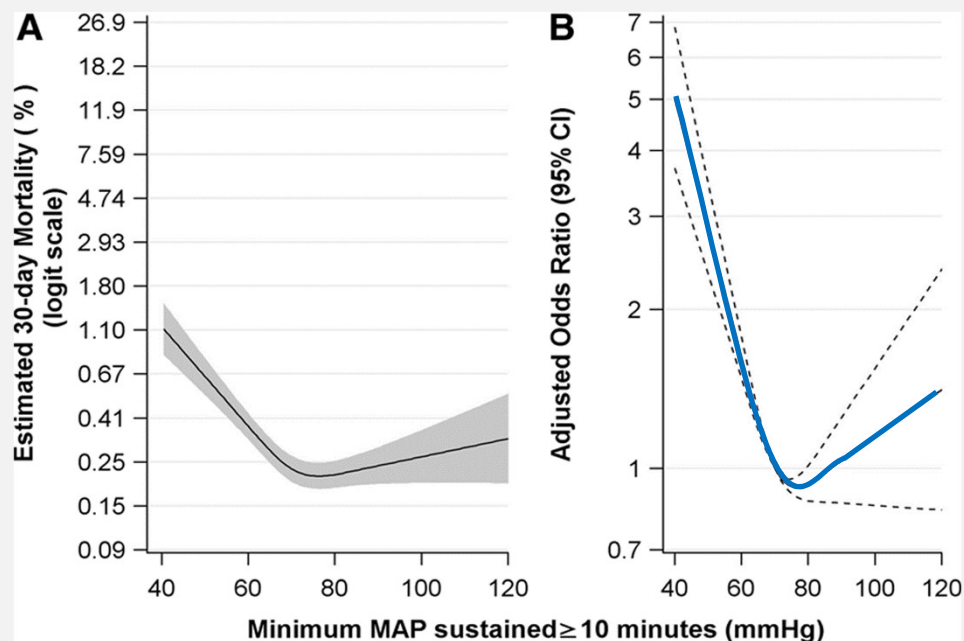
APHP, Sorbonne Université



HYPOTENSION PEROPÉRATOIRE CHEZ L'ADULTE : UN FACTEUR DE RISQUE DE MORBI-MORTALITÉ

Mascha et al. Anesthesiology 2015; 123:79–91

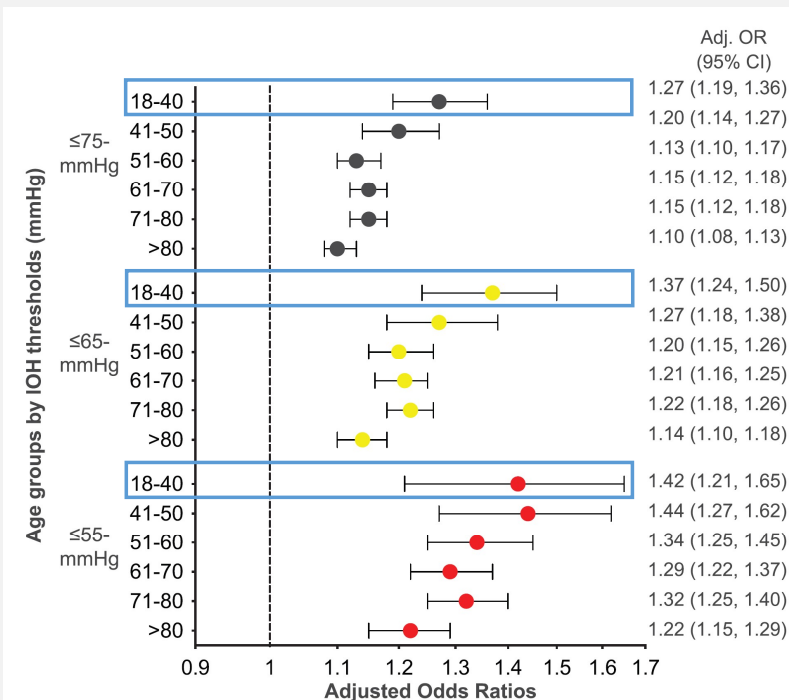
104,401 adults having noncardiac surgery > 60 min



Cumulative time of MAP less than 50, 55, 60, 70, or 80 mmHg was each associated with higher odds of 30-day mortality

Gregory et al. Anesth Analg. 2021 ;132:1654-1665.

368,222 adults having noncardiac surgical procedures



IOH matters in all patients, old or young, and, therefore, should not be ignored in any age group.

R1.1 – Il est probablement recommandé d'éviter un niveau de pression artérielle moyenne (PAM) peropératoire inférieure à 60-70 mmHg, chez le patient adulte non hypertendu chronique, afin de diminuer la morbi-mortalité postopératoire.

HYPOTENSION PEROPERATOIRE CHEZ LE JEUNE ENFANT = DANGER

- Risque d'hypoperfusion des organes vitaux
- En premier lieu, le cerveau chez le jeune enfant
- Préoccupation récente chez l'enfant

Infantile Postoperative Encephalopathy: Perioperative Factors as a Cause for Concern

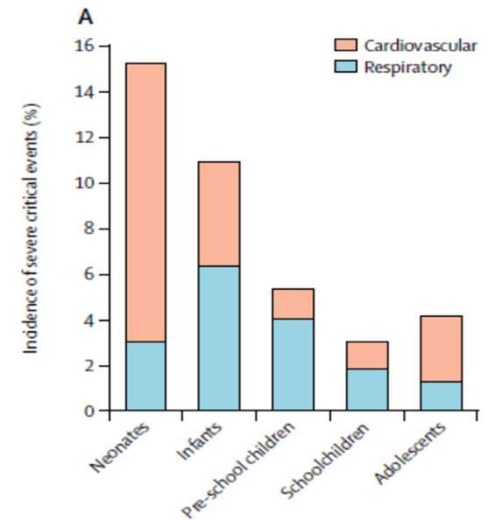
Mary Ellen McCann, A.N.J. Schouten, Nicole Dobija, Carlos Munoz, Lianne Stephenson, Tina Y. Poussaint, C.J. Kalkman, Paul R. Hickey, Linda S. de Vries and Robert C. Tasker

Pediatrics 2014;133:e751; originally published online February 10, 2014;
DOI: 10.1542/peds.2012-0973

- 6 enfants < 48 SA, chirurgie entre 2 et 3h
- Encéphalopathie postopératoire, évocatrice d'hypoperfusion cérébrale postopératoire
- PAS < 60 mmHg, la majeure partie du temps (limite de la PALS)
- Mais seulement 11% des mesures étaient < 45 mmHg (limite « classique » sous AG)
- Rôle des facteurs aggravants : hypocapnie, hypoglycémie, anémie

HYPOTENSION PEROPERATOIRE CHEZ LE JEUNE ENFANT = NON RARE

- **Etude Apricot** *Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia: a prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. Lancet 2017*
 - 30 874 enfants 0-15 ans, AG
 - 2% d'évènements hémodynamiques sévères
 - survenant dans 70% des cas lors de l'entretien de l'anesthésie,
 - représentés dans 60% des cas par une hypotension
 - Traités par vasopresseurs dans 32% des cas
- **Etude Nectarine** *(Morbidity and mortality after anaesthesia in early life: results of the Europea.. prospective multicentre observational study, neonate and children audit of anaesthesia practice in Europe. BJA 2021)*
 - 5609 enfants < 60 sem postconceptionel , AG
 - 2% de mortalité à 30j
 - 35% d'interventions correctrices dont 60% pour hypotension
 - **Seuils d'intervention très variables selon les praticiens**



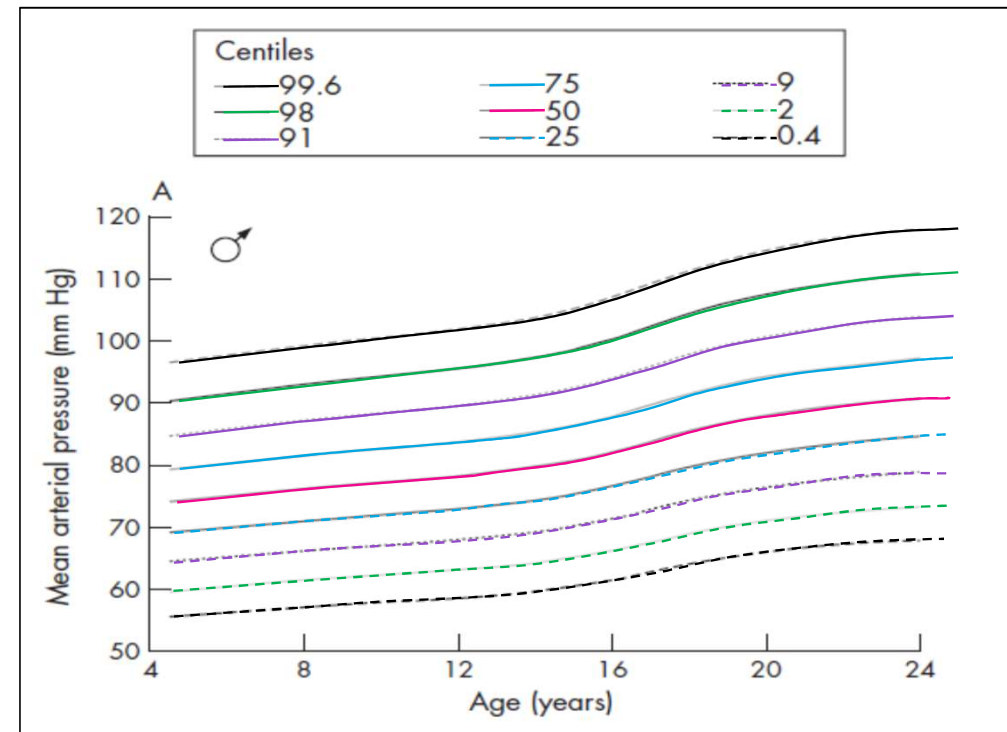
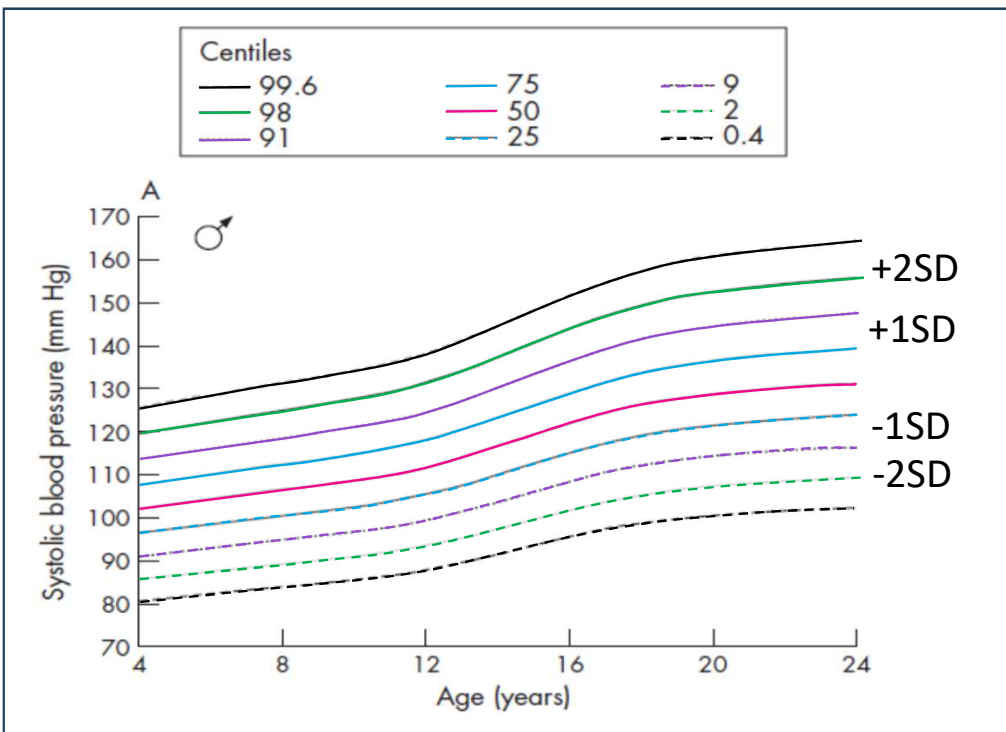
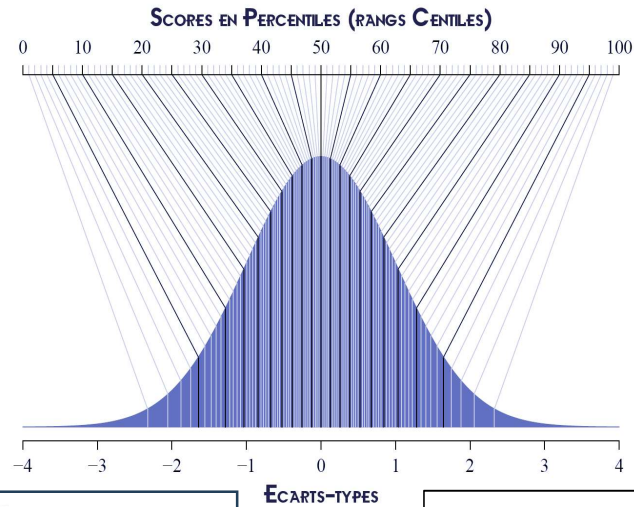
DÉFINITION DU SEUIL D'HYPOTENSION CHEZ L'ENFANT...

- Difficultés de détermination des valeurs normales de PA
- Détermination épidémiologique vs seuil de morbi-mortalité
- Littérature pédiatrique = Enfant sain vs enfant malade
- En percentiles en fonction de l'âge, de la taille et du sexe
- Enfant éveillé vs enfant anesthésié
- PAS vs PAM
- Valeurs relatives vs valeurs absolues

Blood Pressure centiles for Great Britain *Jackson et al. Ach Dis Child. 2007*

-1SD = 15^{ème} percentile
 +1SD = 85^{ème} percentile

-2SD = 2^{ème} percentile
 +2SD = 98^{ème} percentile



QUID DES VALEURS DE LIMITES INFÉRIEURES DE PA ?

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

Ikram U. Haque, MD, FAAP; Arno L. Zaritsky, MD, FAAP, FCCM (Pediatr Crit Care Med 2007; 8:138-144)

- Base de données de PA issues de plus de 60 000 enfants sains de plus de 1 an,
- Courbes du 5e au 95e percentiles en fonction de la taille,
- **Hypotension définie par < 5^{ème} percentile**
- Formules pour approximer les valeurs de PAS et PAM correspondant au 5^e et 50^e percentile dans différents groupes d'âge (50^{ème} percentile en taille)
- **PAS (5^{ème} percentile) = 1,5 x âge (années) + 65**
- **PAM (5^{ème} percentile) = 1,5 x âge (années) + 40**

Age, Yrs	Percentile for Blood Pressure	5th		25th		50th		75th		95th	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
1	5	30	35	33	37	34	37	36	39	37	40
	50	49	53	52	54	53	55	54	57	56	58
	95	69	71	70	72	72	73	73	74	74	76
2	5	35	39	38	41	39	42	40	42	41	44
	50	54	57	56	58	57	59	59	60	60	62
	95	73	75	75	76	76	77	77	78	79	80
3	5	39	42	41	44	42	44	44	46	45	47
	50	58	60	60	61	61	62	62	64	64	65
	95	77	78	78	79	80	80	81	81	82	83
4	5	42	45	43	46	46	47	47	47	48	49
	50	61	63	63	64	64	65	66	65	67	67
	95	79	80	82	82	83	83	84	84	86	85
5	5	45	46	47	48	49	49	49	50	51	52
	50	63	64	66	66	67	67	68	68	69	69
	95	82	82	84	83	85	85	87	86	88	87
6	5	47	49	49	50	50	51	52	52	53	54
	50	66	66	67	68	69	69	70	69	71	71
	95	84	84	86	85	87	86	88	87	90	89
7	5	51	50	50	51	52	52	53	53	54	55
	50	67	68	69	69	70	70	72	71	73	72
	95	83	85	88	87	89	88	90	89	92	90
8	5	50	52	53	52	54	54	55	55	56	56
	50	69	70	71	70	72	71	73	72	75	74
	95	87	87	89	88	91	89	92	90	93	91
9	5	51	53	53	54	55	55	56	56	58	57
	50	70	71	72	71	73	73	75	74	76	75
	95	88	89	91	89	92	90	93	91	94	93
10	5	52	54	55	55	56	56	56	57	59	59
	50	71	72	73	73	75	74	75	75	77	76
	95	90	90	92	90	93	92	94	93	96	94
11	5	54	55	56	56	57	57	58	59	59	60
	50	72	73	74	74	75	75	76	76	78	78
	95	91	91	92	92	94	93	95	94	96	95
12	5	54	57	57	58	58	58	60	60	61	61
	50	73	75	75	75	77	76	78	78	79	79
	95	92	92	94	93	95	94	96	95	98	97
13	5	56	58	57	59	59	60	60	61	61	62
	50	75	76	76	77	77	78	79	79	80	80
	95	93	94	95	94	96	95	97	97	99	98
14	5	59	60	59	60	61	61	62	62	63	64
	50	75	77	78	78	79	79	80	80	82	81
	95	91	95	96	96	97	97	99	98	100	99
15	5	58	61	61	61	62	62	63	63	64	64
	50	77	78	79	79	80	80	82	81	83	82
	95	96	96	98	97	99	98	100	99	102	100
16	5	60	61	62	62	63	63	65	63	66	66
	50	79	79	81	80	82	81	83	82	85	84
	95	98	96	99	98	101	99	102	100	104	101
17	5	63	61	63	62	65	63	67	65	69	66
	50	81	79	83	80	84	81	85	82	87	84
	95	100	96	102	98	103	99	104	100	106	101

HYPOTENSION : ENFANT SAIN VS ENFANT MALADE

Table 1. Definition of hypotension in children by different sources (PAS)

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	66,5 - 72,5
6–12 yrs	70 + 2 × yrs (up to 10 yrs) <90 (>10 yrs)	<80–90	<83	74 - 78
13–18 yrs	<90	<90	<90	84,5 - 92

Haques 2007

PAS (5^{ème} percentile)
= 1,5 x âge (années) + 65

^aBrain 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.

Seuils d'hypotension plus élevés chez l'enfant en réanimation

La PA chez l'enfant anesthésié

- Effet sympatho-inhibiteur des anesthésiques généraux,
- Chute de la pression artérielle, quasi dose dépendante.
- Baisse de la pression de perfusion périphérique,
- Risque d'hypoperfusion et donc de souffrance anoxo-ischémique notamment au niveau des organes vitaux tels que le cerveau, le cœur ou les reins.
- Mais baisse de l'activité métabolique et donc de la consommation d'oxygène également induite par les anesthésiques généraux.
- Extrapolation difficile des seuils d'hypotension définis chez l'enfant éveillé

Incidence and risk factors for preincision hypotension in a noncardiac pediatric surgical population

OLUBUKOLA O. NAFIU MD FRCA, SACHIN KHETERPAL MD MBA, MICHELLE MORRIS MS, PAUL I. REYNOLDS MD, SHOBHA MALVIYA MD AND KEVIN K. TREMPER MD PhD
Department of Anesthesiology, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

Base de données peropératoires,
22 263 enfants (1-17 ans), 80% ASA1 et 2
67% anesthésie au sevoflurane, 33 % propofol

Hypotension = PAS en mmHg < 70 + 2 fois l'âge (en années) (PALS)

Incidence of Pre Incision Hypotension (PIH) = 36%

Table 3
Independent predictors of preincision hypotension

	AOR	95% CI	P-value
Baseline hypotension	5.52	4.78–6.38	<0.001
ASA ≥ III	1.80	1.17–2.01	0.001
Preincision duration	1.50	1.52–1.60	0.001
Propofol co-induction	1.33	1.23–1.44	0.001
Age group	1.60	1.53–1.68	0.001

Table 2
Univariate analysis of factors associated with and proportion of patients with or without PIH

Risk factors	PIH present (%)	No PIH (%)	P-value
	n = 7979	n = 14 284	
Male/female	34.9/37.1	65.1/62.9	0.001
Age groups (years)			
1–5	27.0	73.0	<0.001
6–12	39.7	60.3	
>12	46.7	53.3	
ASA groups			
I–II	32.6	67.4	<0.001
III–V	42.2	57.2	
Urgency of surgery			
Emergency	37.3	62.7	0.028
Elective	34.0	66.0	
Induction technique			
Inhalational induction	30.87	69.2	<0.001
Intravenous induction	43.4	56.6	
Propofol co-induction	64.1	35.9	
Preinduction BP category			
Baseline hypotension	61.0	39.0	<0.001
Baseline normotension	33.0	67.0	

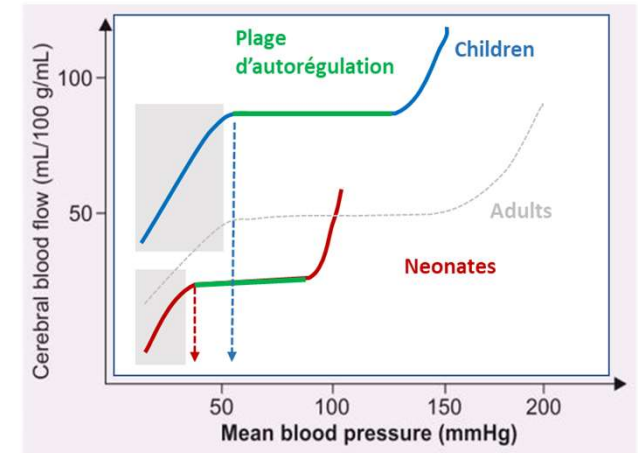
PIH, preincision hypotension.

All P values generated with Pearson's chi-squared test.

COMMENT OBJECTIVER UN SEUIL D'HYPOTENSION CHEZ LE JEUNE ENFANT ANESTHÉSIÉ ?

- Effet sympatho-inhibiteur des anesthésiques généraux, baisse de la PA
- Baisse // de l'activité métabolique liée aux anesthésiques généraux.
- Probabilité d'effet délétère de l'hypotension par hypoperfusion cérébrale
- Seuils de régulation du débit sanguin cérébral
- Zone de débit dépendance : le DSC baisse lorsque la PA baisse
= zone à risque

Régulation du débit sanguin cérébral en fonction de la PAM



Zone à risque d'hypo perfusion cérébrale

Sevoflurane anesthesia and brain perfusion. Rhondali et al, Ped Anesth, 2013

- Détermination de la diminution de PAM associée à la perte de l'autorégulation du DSC chez les enfants <2 ans (1 MAC sevo)

Baisse du DSC

- Si diminution de 20% de la PAM chez les <6 mois,
- Si diminution de 40% de la PAM chez les 6 mois-2 ans,

Impact of sevoflurane anesthesia on brain oxygenation in children < 2 years. Rhondali et al, Ped Anesth, 2014, 2015

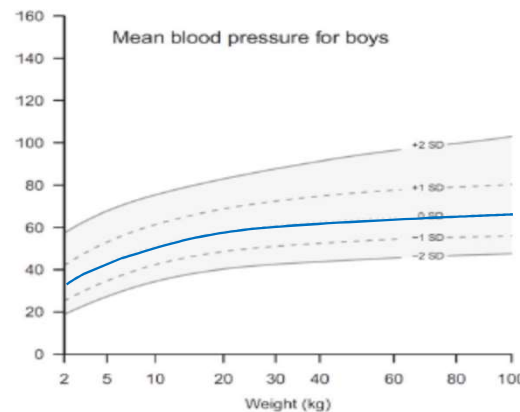
- Détermination du seuil de PAM associé à une absence d'augmentation (ou baisse) de la saturation cérébrale en oxygène (ScO₂) chez les enfants <2 ans (1 MAC sevo)
 - <6 mois, PAM = 35 mmHg,
 - 6 mois-2 ans, PAM = 43 mmHg
- = SEUILS DE VULNÉRABILITÉ, NOTAMMENT EN CAS D'HYPOCAPNIE, D'HYPOVOLÉMIE, D'HYPOGLYCÉMIE, D'ANÉMIE OU D'HYPERTHERMIE

QUID DANS LA VRAIE VIE, DE LA PA CHEZ L'ENFANT ANESTHÉSIÉ ?

Reference Values for Noninvasive Blood Pressure in Children during Anesthesia: A Multicentered Retrospective Observational Cohort Study. de Graaff et al. Anesthesiology. 2016

Etude rétrospective multicentrique,
➤ 116 362 anesthésies d'enfants
ASA I et II

➤ Courbes « de références » en fonction de l'âge, représentant les valeurs moyennes de PAS et de PAM sous anesthésie



➤ Chez l'enfant de moins de 2 ans, PAM très proches des valeurs seuil d'autorégulation cérébrale possiblement associées à une baisse de l'oxygénation cérébrale (Rhondali) ; les valeurs correspondant à -1ds et a fortiori -2ds, clairement en dessous de ces seuils.

➤ Chez l'enfant de plus de 2 ans, les valeurs correspondant à -1DS sont proches de celles calculées selon la formule de Haque

	2%	15%	50%	85%	98%
Table 2 Mean non-invasive blood pressure during preparation phase in relation to age					
Preparation Phase	Male				
Age	Mean non-invasive blood pressure (mm Hg)				
	-2SD	-1SD	0SD	+1SD	+2SD
0	17	24	35	33	46
1 month	23	31	35	40	52
2 months	26	33	35	42	54
3 months	28	35	35	44	55
4 months	29	37	35	45	56
5 months	30	38	35	46	57
6 months	31	39	35	47	58
9 months	33	41	43	49	60
1 year	34	42	43	50	61
2 years	37	45	43	53	63
3 years	38	46	44,5	55	65
4 years	39	47	46	56	66
5 years	40	48	47,5	57	68
6 years	40	48	49	58	69
8 years	41	50	52	60	72
10 years	42	51	55	61	74
12 years	43	52	58	62	75
14 years	45	53	61	63	76
16 years	46	55	64	65	78
18 years	47	56	67	66	81

(1,5 x âge) + 40

AU TOTAL, AFIN DE LIMITER LES RISQUES LIÉS À L'HYPOPERFUSION CÉRÉBRALE, ON PEUT SUGGÉRER CHEZ L'ENFANT ANESTHÉSIÉ :

- de moins de 6 mois, de maintenir une PAM peropératoire supérieure à 35 mmHg
- de 6 mois à 2 ans, de maintenir une PAM peropératoire supérieure à 43 mmHg
- de 2 à 10 ans, de maintenir une PAM peropératoire supérieure à la valeur calculée par la formule $[1,5 \times \text{âge (ans)} + 40]$



LA PA CHEZ LE NOUVEAU-NÉ

Podiatr Nephrol (2007) 22:249-257
DOI 10.1007/s00467-006-0311-3

ORIGINAL ARTICLE

Blood pressure in non-critically ill preterm and full-term neonates

Bijana Pejovic • Amira Peco-Antic •
Jelena Marinkovic-Eric

373 néo nés stables, dont 292 prématurés
Évolution de la PA, dans le premier mois de vie

- Chez le nouveau-né, les valeurs de PAS et PAM dépendent de l'âge post conceptionnel et du poids.
- Néanmoins indépendamment de l'âge gestationnel, la PA s'élève rapidement dans la première semaine de vie
- La PAS chez le nouveau-né à terme sain, passe de J0 à J7 de 63 à 71 mmHg, et la PAM de 48 à 54 mmHg.

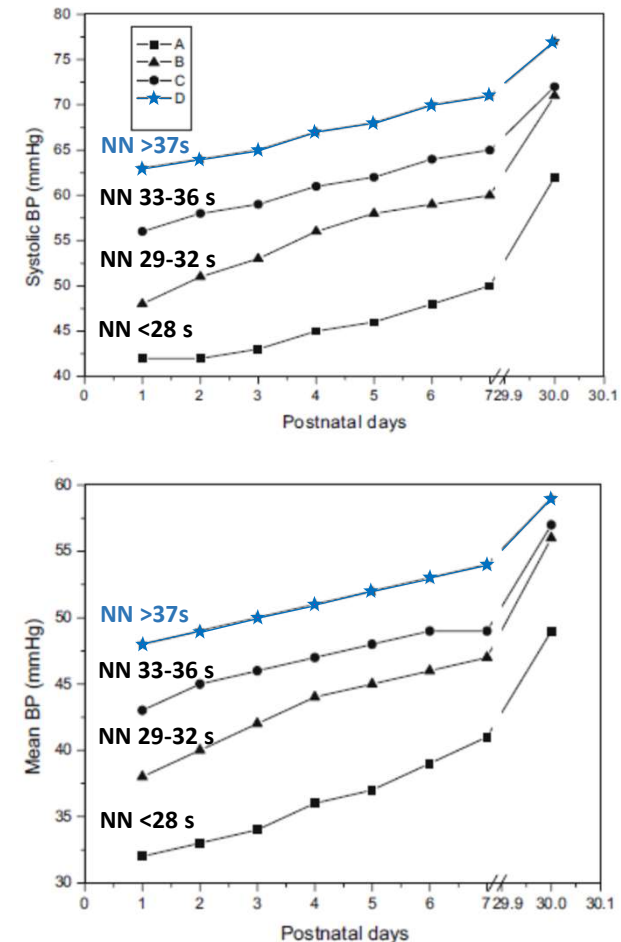
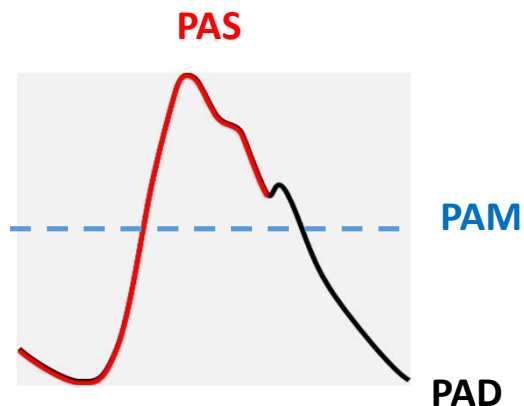


Fig. 1 Increase in a systolic, b diastolic, and c mean blood pressure during the first month of life in groups of infants classified by estimated gestational age: A (≤ 28 weeks), B (29–32 weeks), C (33–36 weeks), and D (≥ 37 weeks)

PAS VERSUS PAM

- **Les déterminants de la PAS :**

- la compliance artérielle,
- le VES
- l'inotropisme,
- la FC



- **Les déterminants de la PAM sont**

- le débit cardiaque
- les résistances vasculaires périphériques

- **$PAM = PAD + \frac{1}{3} (PAS - PAD)$**

- **Relativement constante de l'aorte vers les artères périphériques**

- **Pression motrice de la perfusion d'organe**

EN CONCLUSION ...

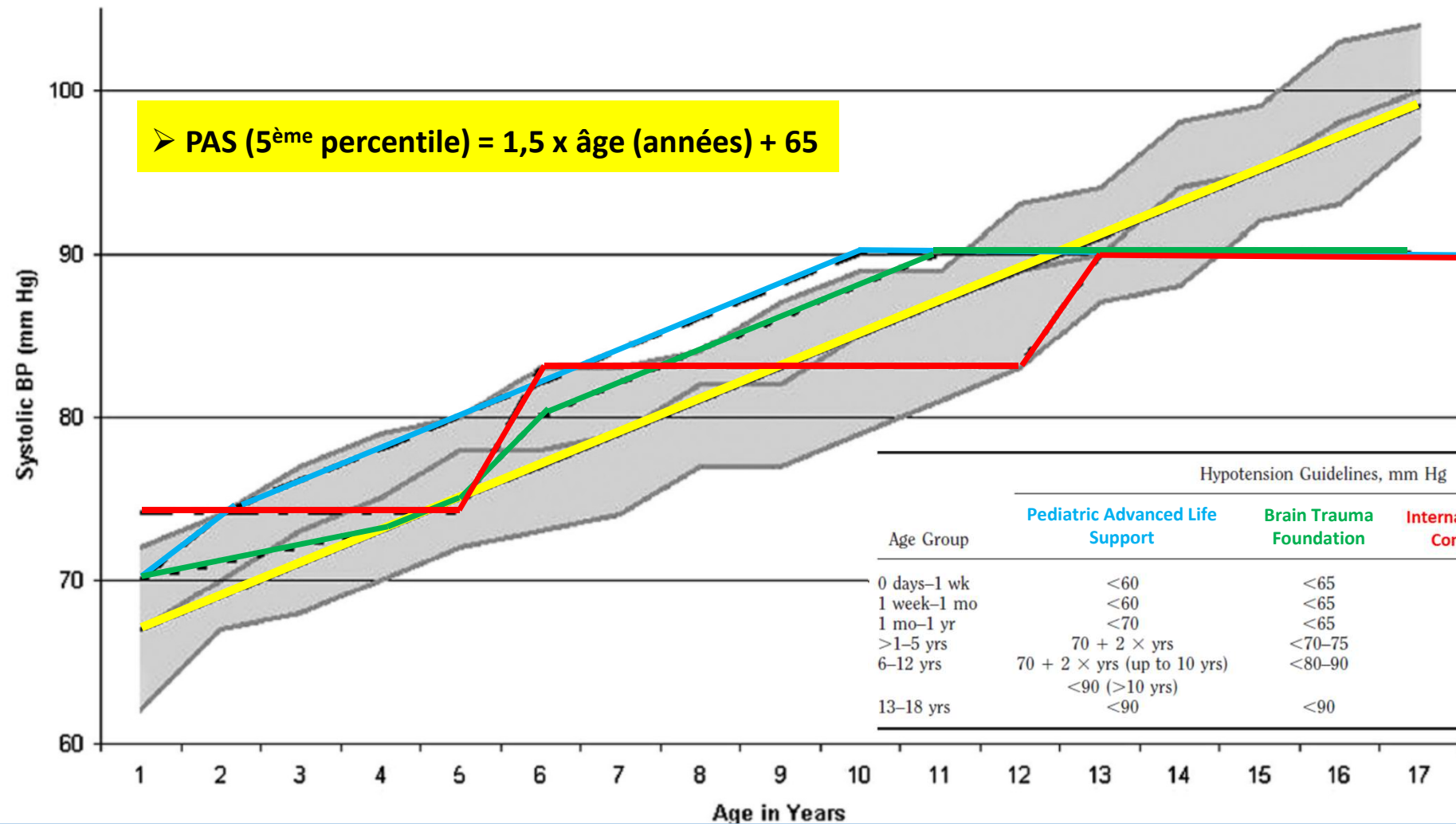


- **PAM plutôt que PAS**
- **Des seuils repères de PAM faciles à mémoriser :**
35 (<6 mois), 43 (6 mois-2 ans), $\text{âge} \times 1,5 + 40$ (2-18 ans)
- **Valeurs absolues plutôt que valeurs relatives**
- **Notion de durée de l'hypotension, corrélée aux complications postopératoires**
- **La pression c'est bien, mais l'important, c'est l'oxygénation cellulaire, donc le transport de l'oxygène, donc le débit et l'hémoglobine**

Fifth Percentile BP for Age-Boys

— 5% HT — 50% HT — 95% HT — PALS BP — Brain Trauma — Int Ped Sepsis — New Estimate

Haque, 2007



How do pediatric anesthesiologists define intraoperative hypotension?

OLUBUKOLA O. NAFIU MD FRCA, TERRI VOEPPEL-LEWIS MSN RN, MICHELLE MORRIS MS, WILSON T. CHIMBIRA MD FRCA, SHOBHA MALVIYA MD, PAUL I. REYNOLDS MD AND KEVIN K. TREMPER MD PHD
Department of Anesthesiology, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

Enquête SPA et APA

Taux de réponse 483/860

72% academic institutions

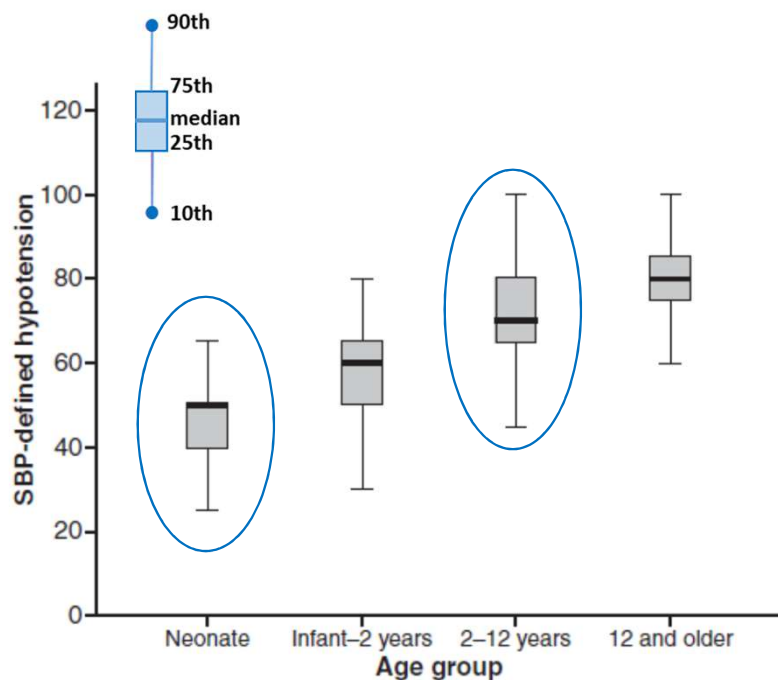


Table 1

Values and methods used to define IOH by societal affiliation

Age group	SPA members (n = 337)	APA members (n = 115)	P value
SBP threshold values mean (SD) mmHg for IOH			
Neonates	45.5 (8.5)	49.6 (8.4)	0.001
Infant-2 year	54.8 (8.3)	59.6 (9.1)	0.001
Children 2-12 years	66.9 (8.9)	70.1 (6.8)	0.001
Adolescents	78.4 (10.0)	84.5 (5.3)	0.001
Change from baseline SBP indicative of IOH (% respondents)			
10-20% decrease	12.3	10.3	n.s.
20-30% decrease	70.3	89.7	0.001
30-40% decrease	10.9	0.0	0.001
>40% decrease	6.5	0.0	0.001
Parameters used to identify IOH (% respondents)			
SBP	78.3	96.2	0.001
MAP	86.3	85.7	n.s.
DBP	46.3	30.6	0.002