

Doppler trans-crânien

Echographie Appliquée à l'Urgence Echo-Doppler Trans-Crânien

Pierre Bouzat

Pôle Anesthésie Réanimation
CHU de Grenoble
PBouzat@chu-grenoble.fr



- Justification
- Réalisation pratique
- Aspects théoriques
- Intérêt clinique

Justification

Chez tout patient cérébro-lésé

Éviter les épisodes d'ischémie
Optimiser l'hémodynamique cérébrale

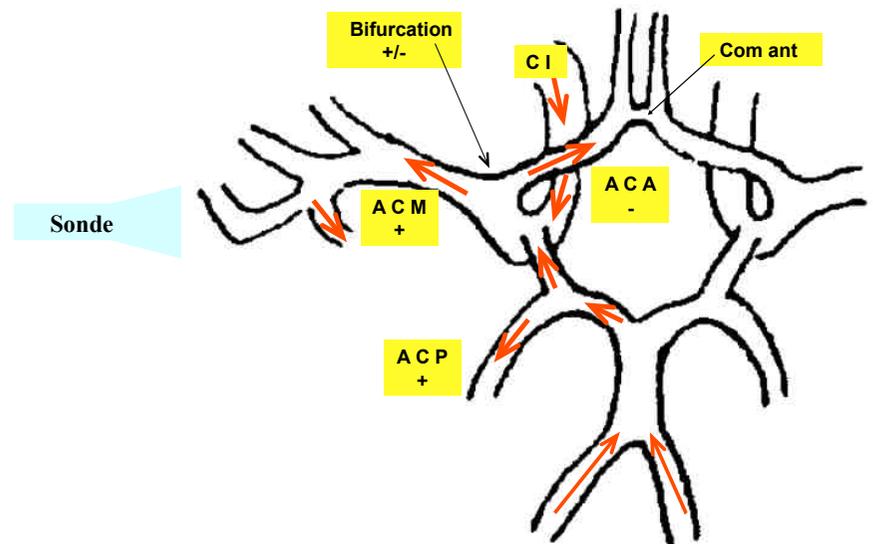
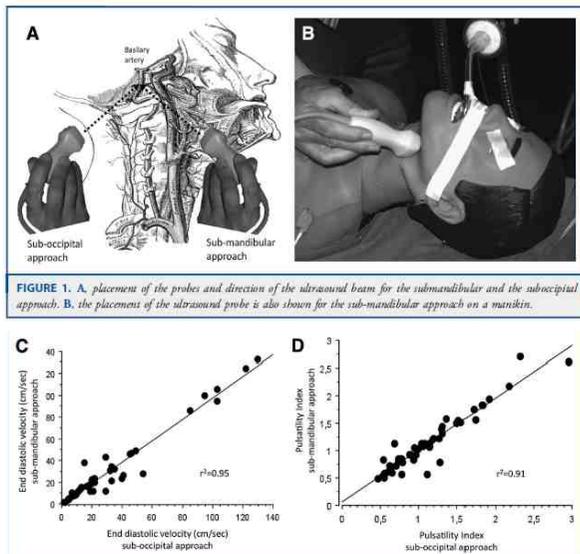
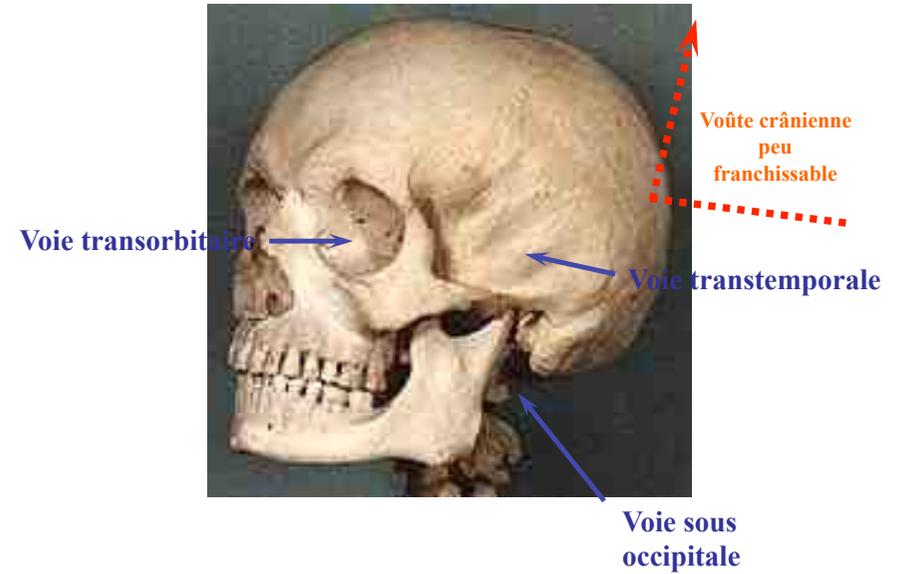
Monitoring classique insuffisant !

Justification

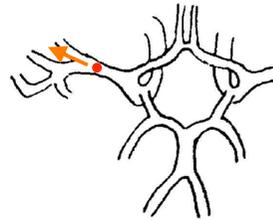
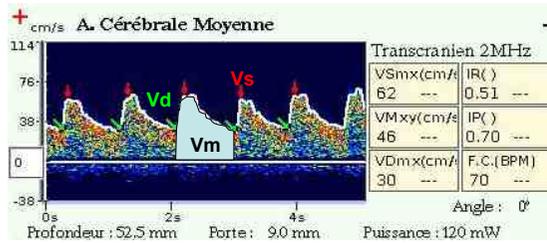
- **Aaslid 1982 :**
 - Mesure les vitesses artérielles cérébrales
 - Non-invasive
- Oligémie ? Hyperhémie ? Spasme ?

Doppler trans-crânien

- Justification
- Réalisation pratique
- Aspects théoriques
- Intérêt clinique



Artère cérébrale moyenne

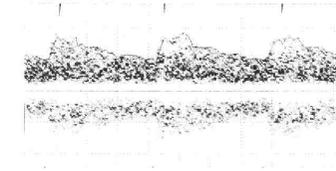
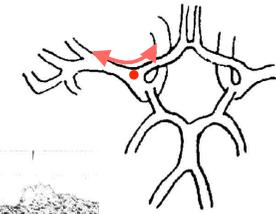


Prof. (mm)	Age	Vs (cm/s)	Vm (cm/s)	Vd (cm/s)
45-55	20-60	90±20	60±10	45±10
	>60	80±20	45±10	35±10

Paramètre calculé : $IP = (Vs - Vd) / Vm = 1$

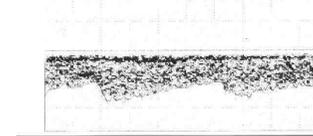
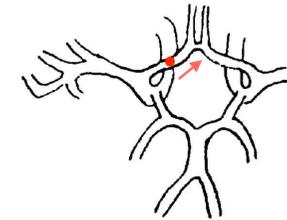
Carotide interne terminale

- Flux biphasique



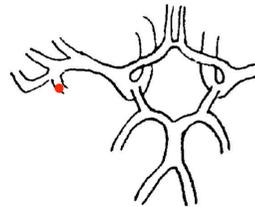
Cérébrale antérieure

- Flux négatif

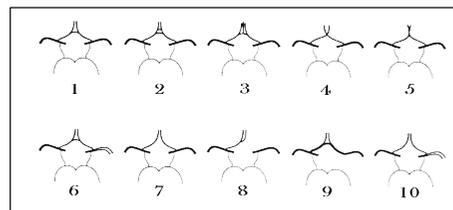


Pièges

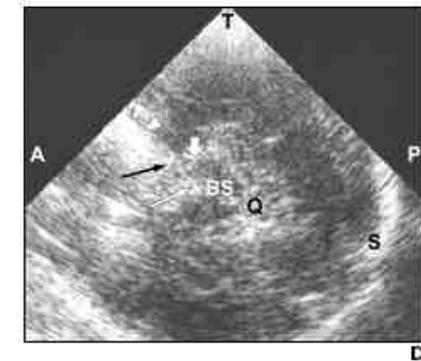
- Récurrente



- Variations anatomiques



Echo-anatomie



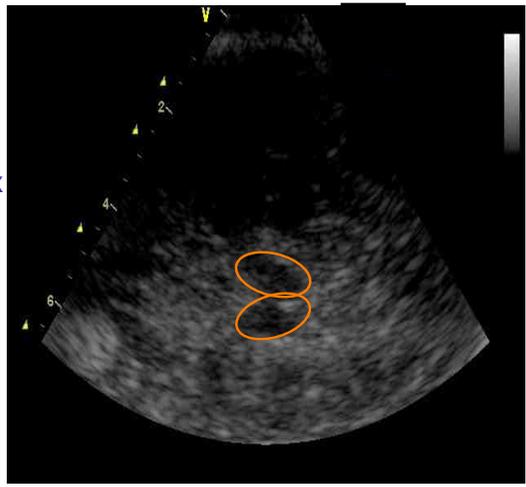
Pictorial Essay

A Guide to the Identification of Major Cerebral Arteries with Transcranial Color Doppler Sonography

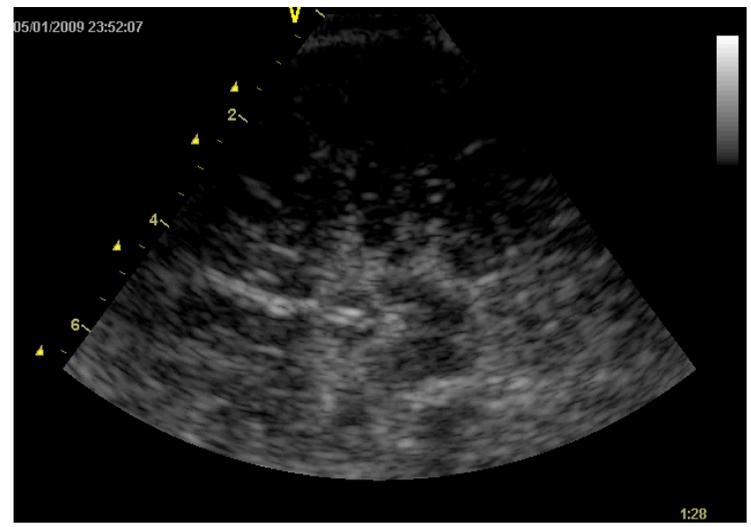
J. Krojca¹, Z. Maniak², E. R. Melhem³, R. J. Bert⁴

Repérage

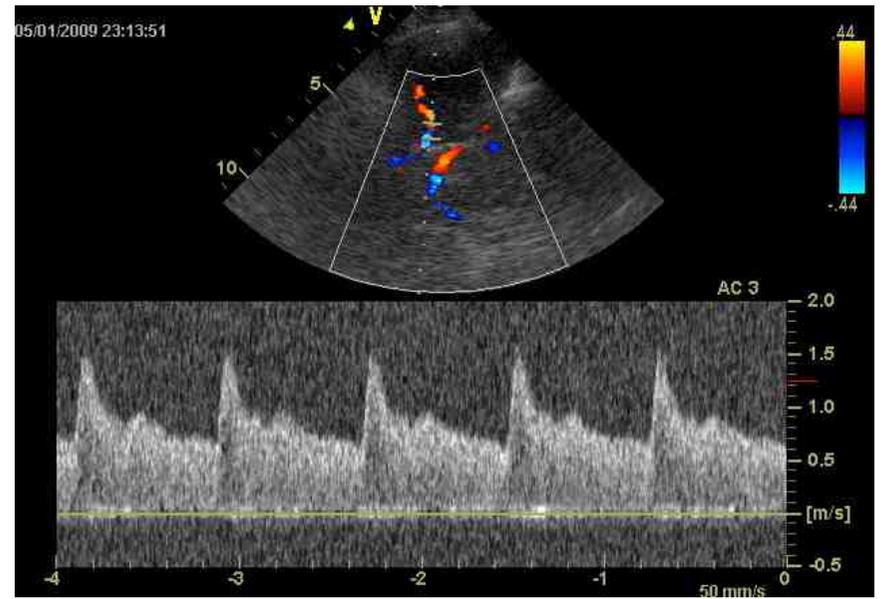
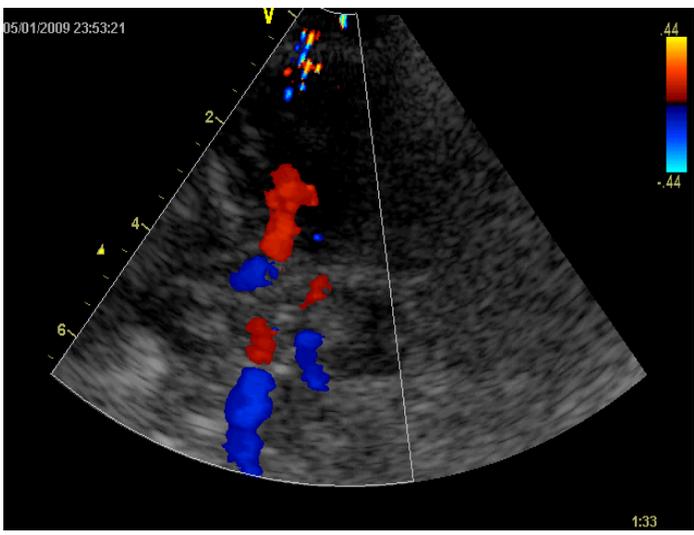
Profondeur
Focale
Pédoncules cérébraux



Diminution de la profondeur



Couleur



Doppler trans-crânien

- Justification
- Réalisation pratique
- Aspects théoriques
- Intérêt clinique

Effet Doppler



$$V \text{ mesurée} = V \text{ réelle} \times \cos \theta$$

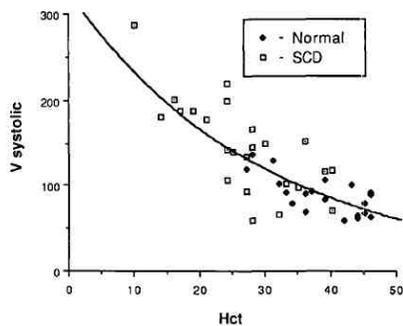
Vitesse mesurée n'est jamais surestimée

$$\text{Débit} = \text{FC} \times \text{ITV} \times \text{Surface du vaisseau}$$

DTC

?

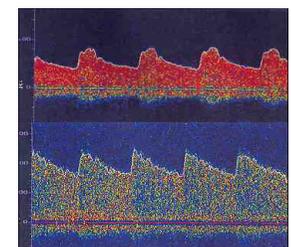
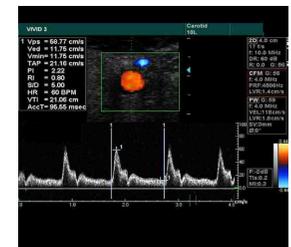
Effet rhéologique



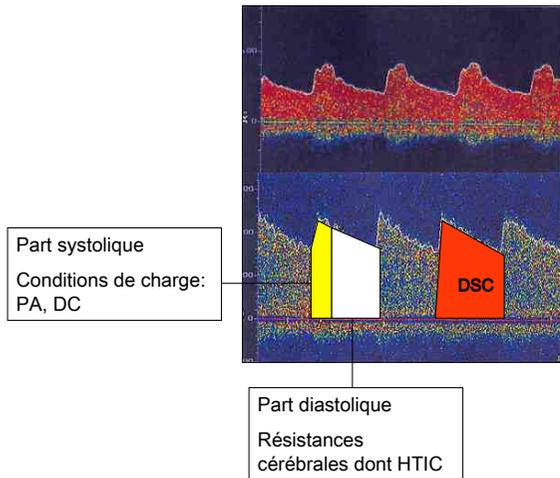
Attention à l'hématocrite

Circulation cérébrale

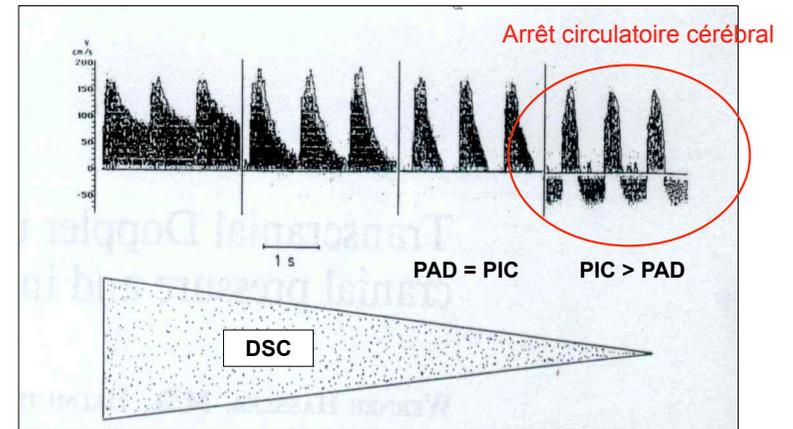
- Résistances vasculaires cérébrales basses
- Nature diastolique débit
- Importance de la diastole



DTC normal



DTC



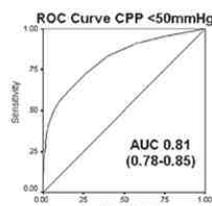
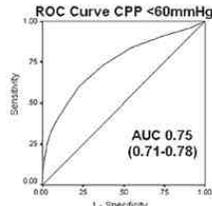
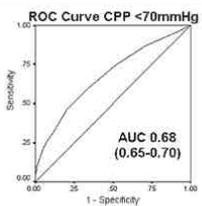
Relation DTC et PPC Index de pulsativité et PPC

Relation DTC et PIC HTIC et débit sanguin cérébral

RESEARCH—HUMAN—CLINICAL STUDIES

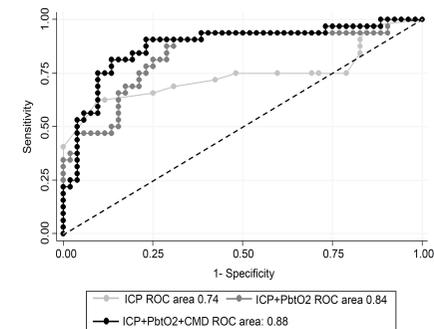
Reliability of the Blood Flow Velocity Pulsatility Index for Assessment of Intracranial and Cerebral Perfusion Pressures in Head-Injured Patients

Christian Zweifel, MD*
Marek Czosnyka, PhD*
Emmanuel Carrera, MD*
Nicolas de Riva, MD*
John D. Pickard, MD, FMedSci*
Peter Smielewski, PhD*



Neurosurgery 2012

Augmentation de la PIC ≠ baisse du DSC

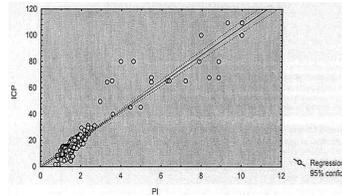


Hyperhémie, influence du CO₂

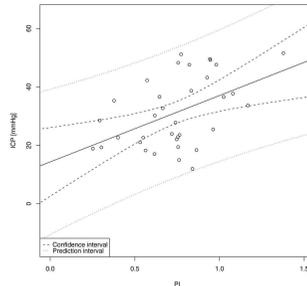
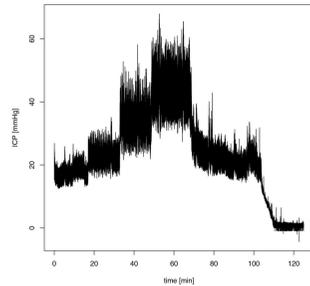
Bouzat, Crit Care Med 2015

Relation DTC et PIC

Index de pulsatilité et PIC



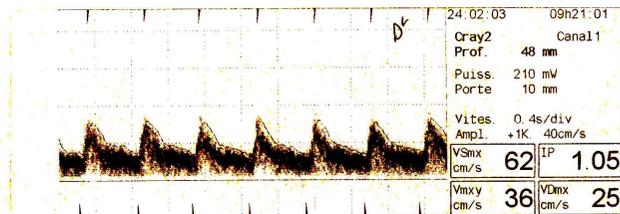
Bellner, Surg Neurol, 2004



Behrens, Neurosurgery, 2010

Quelques exemples...

- Vd Vm basses
- Bas débit sanguin cérébral (DSC) : olighémie
- IP normal : résistances vasculaires cérébrales (RVC) normales
- OLIGHÉMIE SYSTEMIQUE

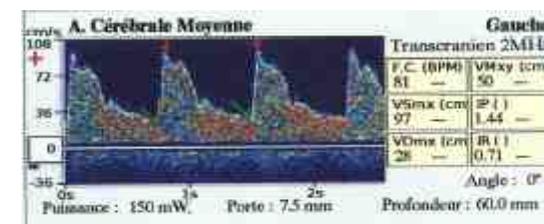


En pratique

- Variations **Vitesse** et variations DSC étroitement corrélées à diamètre constant.
- IP et Vd: reflet des résistances vasculaires cérébrales
- DTC n'est pas une mesure de la PIC/PPC
- Pour chaque DTC noter **PAM, CO₂ et FC**

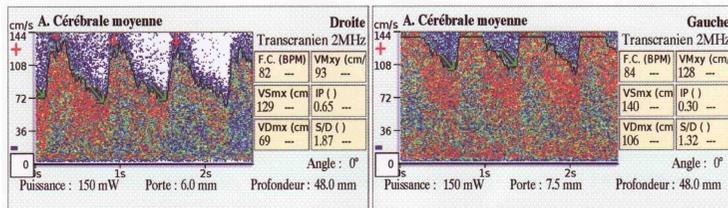
Quelques exemples...

- Vd Vm basse : bas DSC : olighémie
- Vs normale, IP élevé (1,44)
- OLIGHÉMIE CEREBRALE (capnie normale?)



Quelques exemples...

- Élévation Vd Vm : DSC élevé
- Si absence de vasospasme
- HYPERHEMIE

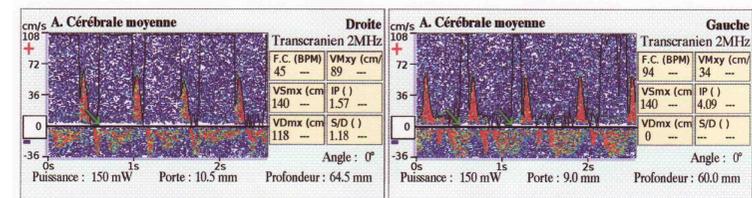


Doppler trans-crânien

- Justification
- Réalisation pratique
- Aspects théoriques
- Intérêt clinique

Quelques exemples...

- Flux pendulaire : positif en systole, négatif en diastole
- ARRET CIRCULATOIRE CEREBRAL



TC grave

Dépister l'oligémie cérébrale

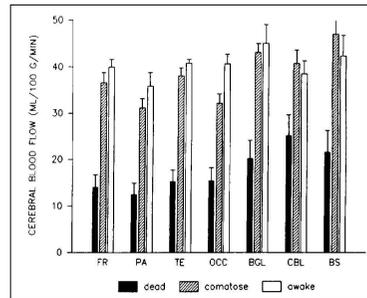
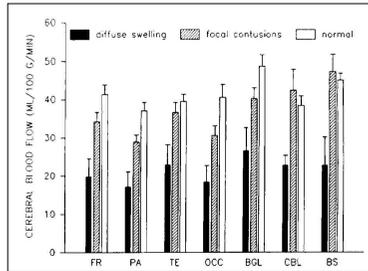
Guider les thérapeutiques

hémodynamique, ventilation

osmothérapie

Y a-t-il une ischémie cérébrale post-traumatique ?

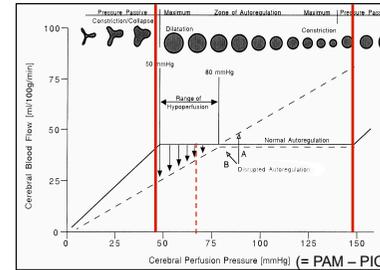
35 TC, GCS 3-8
CBF par Xe¹³³
1-8h après TC



Bouma, J Neurosurg 1992

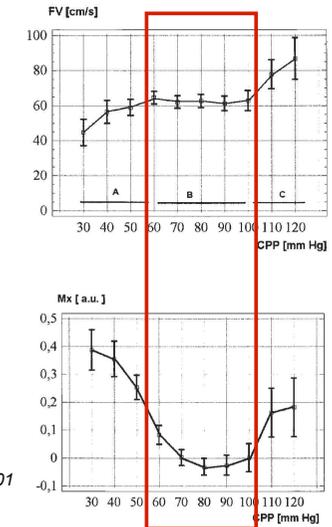
Valeurs normales :
CBF = 45-55 ml/100g/min
CMRO₂ = 3-3,5 ml/100g/min

PPC et débit sanguin cérébral



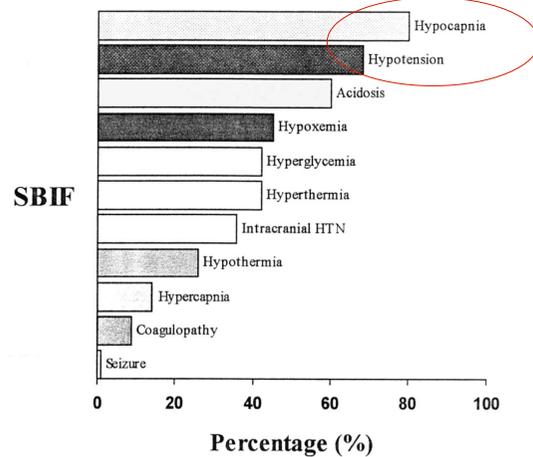
187 TC, GCS 3-13
CBF par DTC

Czosnyka, J Neurosurg 2001



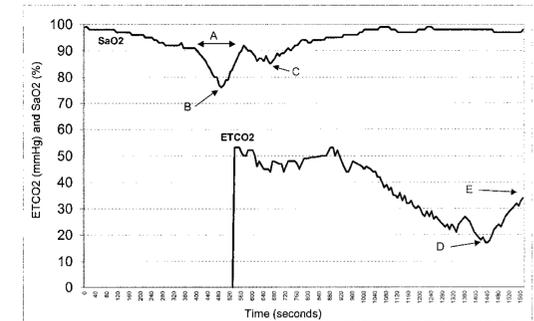
CO₂ et débit sanguin cérébral

Etude rétrospective
N = 81 TCG
Trauma center I
11 ACSOS dans les 24^{ères} h



Jeremitsky, J Trauma 2003

Etude cas-témoins
TC graves
59 IT monitorés



Facteurs de mortalité :

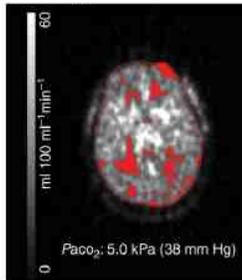
avant IT :
SpO₂ min (B)
durée désaturation (A)
après IT :
SpO₂ min (C)
EtCO₂ min (D)
EtCO₂ arrivée (E)

Odds Ratio

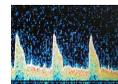
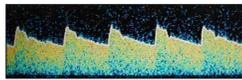
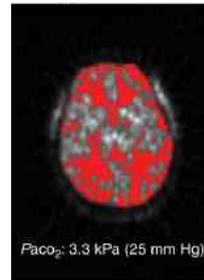
0.3
1.5
1.4
7.7*
9.9*

Davis, J Trauma 2004

PIC 21 mmHg
PPC 74 mmHg



PIC 17 mmHg
PPC 76 mmHg



Coles, Crit Care Med 2002

Pré-hospitalier

Values at arrival in the field and at the hospital for 18 severe traumatic brain injury patients.

	Abnormal TCD (n=9) Group 1		Normal TCD (n=9) Group 2	
	In the field	At the trauma centre	In the field	At the trauma centre
Time from trauma (min)	68 ± 25	143 ± 50	61 ± 14	146 ± 57
Abnormal TCD (n)	9	4	0	0
Systolic velocity (cm/s)	67 ± 21	76 ± 23	79 ± 25	81 ± 17
Mean velocity (cm/s)	28 ± 10†	37 ± 12*,†	48 ± 14†	53 ± 9†
Diastolic velocity (cm/s)	9 ± 7†	18 ± 11*,†	33 ± 10†	38 ± 10†
Pulsatility index	2.2 ± 0.6†	1.7 ± 0.8*,†	0.9 ± 0.3†	0.8 ± 0.3†
MAP (mmHg)	93 ± 25	101 ± 32	72 ± 22	83 ± 19
Areactive mydriasis	4	2	0	0
Norepinephrine (n)	-	2	-	3
Mannitol (n)	-	7	-	0
Emergency neurosurgery (n)	-	3	-	0
48 h mortality (n)	-	6†	-	1†

Mort dans les 48h

Tazarourte, Acta Anaesthesiol Scand 2011

Déchocage

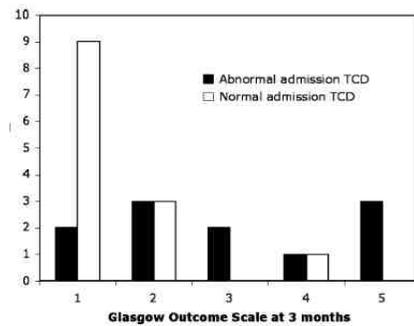
Catherine Ract
Sophie Le Moigno
Nicolas Bruder
Bernard Vigué

Transcranial Doppler ultrasound goal-directed therapy for the early management of severe traumatic brain injury

Intensive Care Med 2007

Vm <30cm/s
Vd <20 cm/s
IP >1.4

Actions correctrices:
Noradrénaline
Mannitol
Neurochirurgie

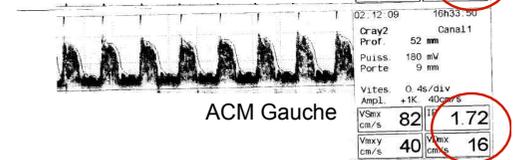
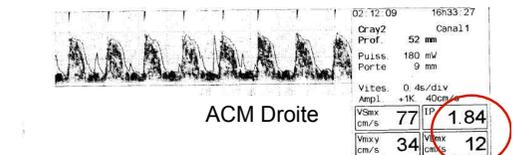


HSA, GCS 9

Admission au DCA

PAM 120 mmHg

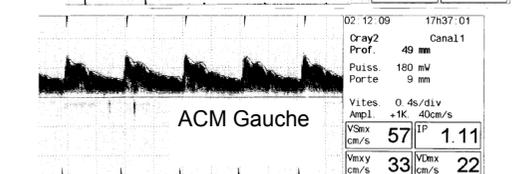
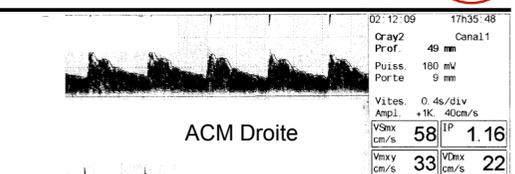
EtCO2 35 mmHg

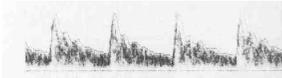


Après DVE

PAM 90 mmHg

EtCO2 33 mmHg





Vs : 79 cm/s IP : 1,83
 Vm : 33 cm/s Vd : 16 cm/s

L'oligémie est-elle systémique?

1. La PAM est-elle normale? Au moins 90 mmHg de PAM
2. La FC est elle suffisante? >60/min

L'oligémie est cérébrale

1. Contrôler la PaCO₂ du patient
2. Envisager d'augmenter le niveau de PAM (Noradrénaline)
3. Envisager l'osmothérapie

Ces mesures ne retardent en rien la réalisation de la TDM cérébrale

TC mineur et modéré

Trier les patients à risque

- Examen neurologique
- TDM cérébrale
- DTC

TC mineur = GCS 14-15
 TC Modéré = GCS 9-13

85% des TC

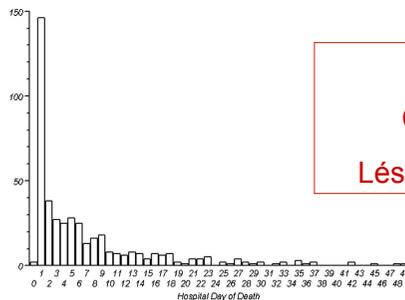
Head-Injured Patients Who "Talk and Die": The San Diego Perspective

Daniel P. Davis, MD, Mamata Kene, MD, Gary M. Vilke, MD, Michael J. Sise, MD, Frank Kennedy, MD, A. Brent Eastman, MD, Thomas Velky, MD, and David B. Hoyt, MD

J Trauma 2007

Patients avec un score verbal GCS > 3 et AIS > 3

447 morts (6%) / 7500 patients



Anticoagulants
 Choc à l'admission
 Lésions cérébrales graves

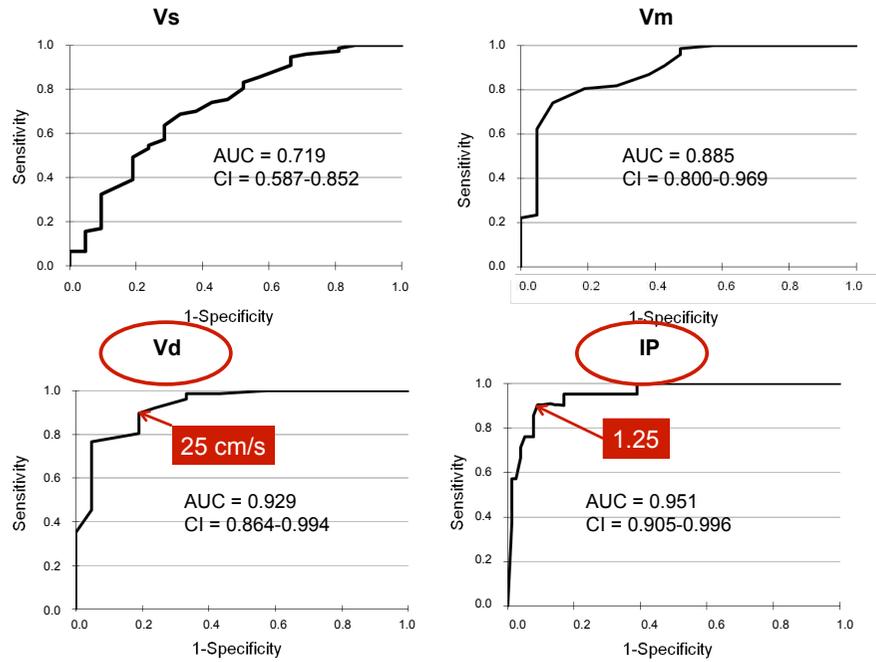
Transcranial Doppler to Screen on Admission Patients With Mild to Moderate Traumatic Brain Injury

Neurosurgery 2011

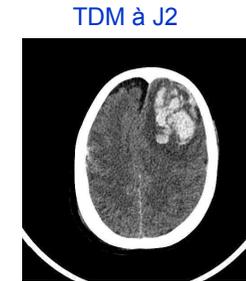
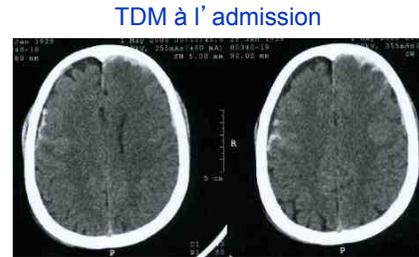
Pierre Bouzat, MD*
 Gilles Francony, MD*
 Philippe Declety, MD*
 Céline Genty, BSc‡
 Affif Kaddour, MD§
 Pierre Bessou, MD¶
 Julien Brun, MD*
 Claude Jacquot, MD*
 Stephan Chabardes, MD, PhD||
 Jean-Luc Bosson, MD, PhD‡
 Jean-François Payen, MD, PhD*

98 patients, GCS 9-15
 TCDB I-II (normal ou lésions mineures)
 Stables, sans anticoagulants

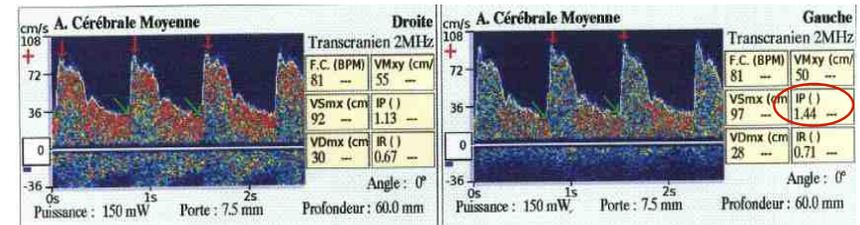
	No SND (n = 77)	SND (n = 21)	P
FVm, cm/s	49 (31-80)	31 (18-60)	<.01
FVs, cm/s	84 (47-128)	69 (38-119)	<.01
FVd, cm/s	34 (18-64)	18 (11-36)	<.01
Pulsatility index	1.02 (0.66-1.83)	1.47 (1.07-2.33)	<.01
Injury-to-TCD time, min	215 (42-700)	300 (90-690)	.03



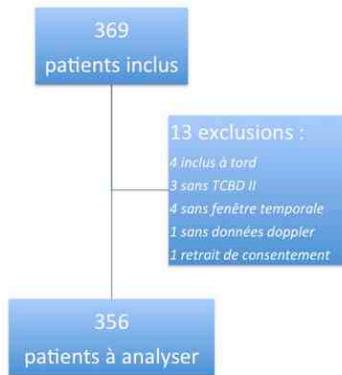
Chute dans les escaliers. GCS 14 à l'admission



DTC à l' admission



PHRC inter-régional DTC-TC



Age	45,2 ± 19,5
Sexe H/F	277 / 79
ISS	16 [14-22]
Déchoquage	173 (48,6%)
Urgences	151 (42,4%)
Réanimation	32 (9,0%)
SAMU	225 (63,2%)
Glasgow	14 [14-15]
Alcool +	61 (17,1%)
AVP	139 (39,0%)
Domestique	59 (16,6%)
Sport	76 (21,3%)
Aspirine	22 (6,2%)

Aggravation



	Aggravation	Pas d'aggravation	TOTAL
Doppler anormal	16	71	87
Doppler normal	4	265	269
TOTAL	20	336	356

VPN=98,5% [96,2; 99,6]
 VPP=18,4% [10,9 ; 28,1]; Se=80,0% [56,3 ; 94,3]; Sp=78,9% [74,1 ; 83,1]

Analyse univariée

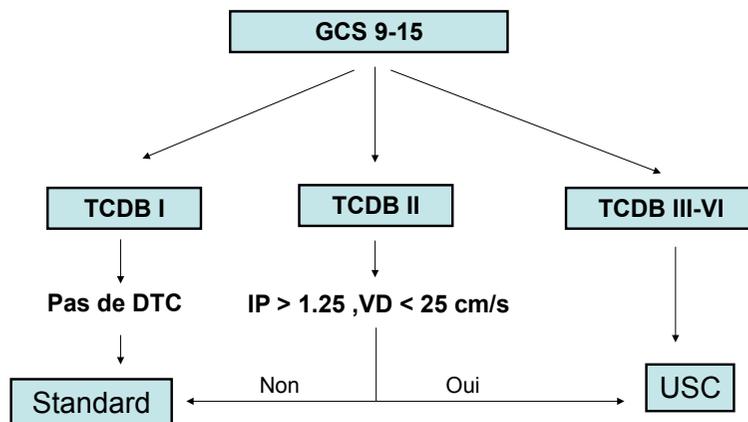
	Pas d'aggravation N=336	Aggravation N=20	p-valeur
Age, années	41,8 (28,0-60,9)	54,4 (37,9-66,8)	0,08
Délai TC-DTC, h	4,7 (2,9-6,3)	4,0 (2-5,6)	0,24
ISS	16 (13-22)	17 (16-21,5)	0,77
VS, cm/sec	82 (69-100)	88 (60-99)	0,67
VM, cm/sec	51 (41-62)	48 (28-57)	0,06
VD, cm/sec	34 (27-42)	26,5 (20-31,5)	0,001
IP	0,9 (0,8-1,1)	1,2 (1,0-1,3)	<0,001
Glasgow initial			0,01
≤13	65 (19,3%)	9 (45,0%)	
≥14	271 (80,6%)	11 (55,0%)	
Aspirine	19 (5,6%)	3 (15,0%)	0,12

Apport de l'IP

	OR	IC 95%	p-Valeur
Glasgow ≤13	3,6	[1,4-9,6]	0,010
IP	41,1	[7,3-231,0]	<0,001

Le risque d'aggravation neurologique est multiplié par 1,45 pour chaque augmentation de 0,1 unité d'IP

DTC Outil diagnostique



Améliorer la sensibilité de l'angioTDM

- Mort encéphalique
- Dépistage vasospasme
- Dissection carotidienne traumatique

Mort encéphalique

Clinical Experience with Transcranial Doppler Ultrasonography as a Confirmatory Test for Brain Death: A Retrospective Analysis

Deepak Sharma · Michael J. Souter ·
Anne E. Moore · Arthur M. Lam

Neurocrit Care 2011

VD basse PIC < PAD (réversible)	—————	Angiographie positive
PIC = PAD (réversible) Pics systoliques seuls	—————	Angiographie positive
PIC > PAD (réversible) Flux diastolique rétrograde (reverse flow)	—————	Remplissage positif mais retardé des artères de la base
Brefs pics systoliques isolés	———	Flux positif en parasellaire et supraclinoïdien Stase dans système vertébro- basilaire
PIC > PAS Absence de signal	—————	Angiographie négative

ACC

90 patients suspects de mort encéphalique
DTC ACM x 2 + Tronc basilaire

Critères: Reverse flow
Pics systoliques isolés
Disparition du signal

DTC confirme la ME chez 57% patients

DTC Non contributif chez 43% patients:
Pas de flux d'emblée
Pas de critères

DTC et vasospasme

Transcranial Doppler Versus Angiography in Patients With Vasospasm due to a Ruptured Cerebral Aneurysm
A Systematic Review

Christopher Lysakowski, MD; Bernhard Walder, MD;
Michael C. Costanza, PhD; Martin R. Tramèr, MD, DPhil

Stroke 2001

Accélération des vitesses :
Vm > 120 cm/s, Vs > 200 cm/s

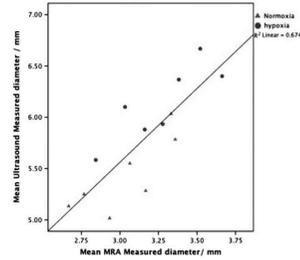
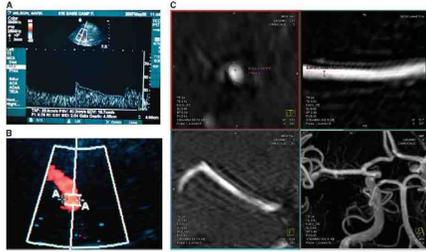
↑ Vm > 50% sur la journée

Index de Lindegaard
Vm (ACM) / Vm (ACI) > 3

Limites : Vasospasme et HTIC
Artères hors ACM

	ACM (5 essais. 218 patients)	ACA (3 essais. 108 patients)
Se	67%	42%
Sp	99%	76%
VPP	97%	56%
VPN	78%	69%

Diamètre ACM et écho



Wilson et al, JCBFM, 2011

	Diameter change (mean of both observers)		Mean diameter change difference between both observers	
	Absolute (mm)	Relative (%)	Absolute (mm)	Relative (%)
CD proximal	-0.21 ± 1.0	-0.5 ± 20	0.12 ± 1.5	2 ± 25
CD distal	0.06 ± 1.0	4 ± 22	-0.35 ± 1.1	-7 ± 25
PD proximal	-0.05 ± 1.2	-5 ± 26	0.18 ± 1.1	0 ± 30
PD distal	0.25 ± 1.0	10 ± 25	-0.02 ± 1.0	1 ± 21

Müller et al, J Clin Ultrasound, 2000

TC modéré-GCS 11 – Agité – hémiparésie G - IOT -

Asymétrie DTC
TDM normale

Injection TSA
Dissection carotide D + thrombus

ACD - 85k
PAA = 130/87
(114)

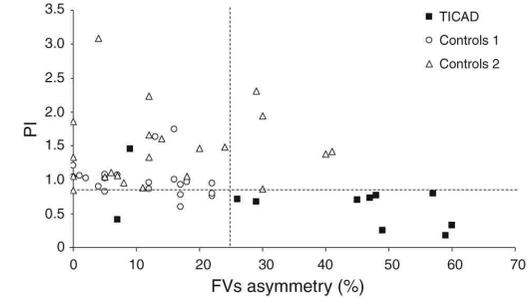
10:03:07 12h59:03
Mon. 2 Canal 1
Prof. 49 mm
Puiss. 180 mW
Porte 9 mm
D= 10 mm
Vites. 0.4s/div
Ampli. +1K 40cm/s
VSmx 58 IP 71
Vmxxy 38 VDMx 33
cm/s cm/s

10:03:07 12h56:57
Mon. 2 Canal 1
Prof. 49 mm
Puiss. 180 mW
Porte 9 mm
D= 10 mm
Vites. 0.4s/div
Ampli. +1K 40cm/s
VSmx IP
cm/s
Vmxxy 22 VDMx
cm/s

Pierre Bouzat
Gilles Francony
Julien Brun
Pierre Lavagne
Julien Picard
Christophe Broux
Philippe Declety
Claude Jacquot
Pierre Albaladejo
Jean-Francois Payen

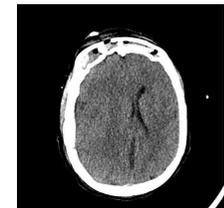
Detecting traumatic internal carotid artery dissection using transcranial Doppler in head-injured patients

Intensive Care Med 2010

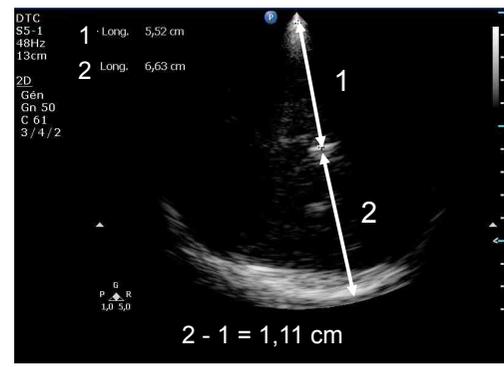


>25% asymétrie de Vs
IP < 0.8 → AngioTDM

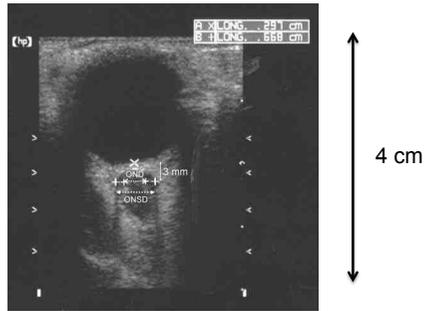
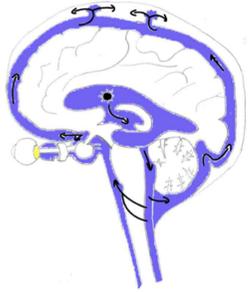
Avenir : échographie



Empyème cérébral avec déviation de la ligne médiane



Diamètre nerf optique



Dubost, Ann Fr Anest Reanim 2012

Geeraerts, Intensive Care Med 2008

Absence d'HTIC = DENO < 5,86 mm

Conclusion

L'oligémie cérébrale = IP augmenté, Vd basse

DTC très utile en neurotraumatologie

DTC permet une approche du DSC

Améliore la sensibilité de l'angioTDM