

Doppler et Mort cérébrale

To-and-Fro Movement and External Escape of Carotid Arterial Blood in Brain Death Cases. A Doppler Ultrasonic Study

BY SHOTARO YONEDA, M.D.,* AKIFUMI NISHIMOTO, M.D.,* TADAATSU NUKADA, M.D.,* YOSHIHIRO KURIYAMA, M.D.,* KIKUSHI KATSURADA, M.D.,† AND HIROSHI ABE, M.D.*



Enregistrement carotide primitive, carotide interne, n=10.

Stroke, Vol. 5, November-December 1974

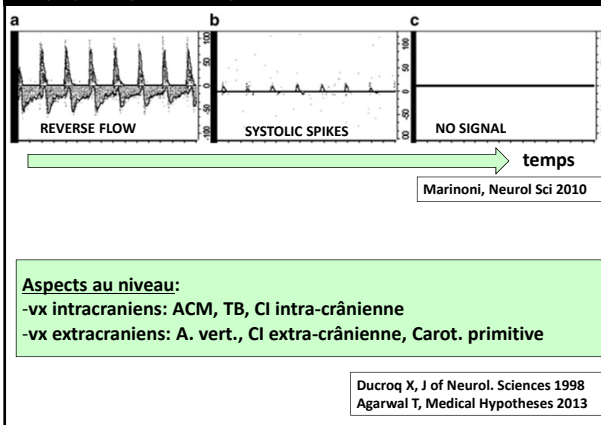
1- Physiopathologie → sémiologie

Modification physiopath.	Conséquence	Traduction au Doppler
↗PIC ≥ PAD	Perfusion uniquement en systole (arrêt circulatoire diastolique)	↗IP Vd ↘ puis 0
PIC ≥ PAM	Elasticité vasculaire basse Transmission battements cardiaques ?	REVERSE FLOW
↗PIC >>> PAS	↘ amplitude oscillations paroi artérielle	SYSTOLIC SPIKES
↗PIC >>>> PAS	disparition des oscillations	NO SIGNAL

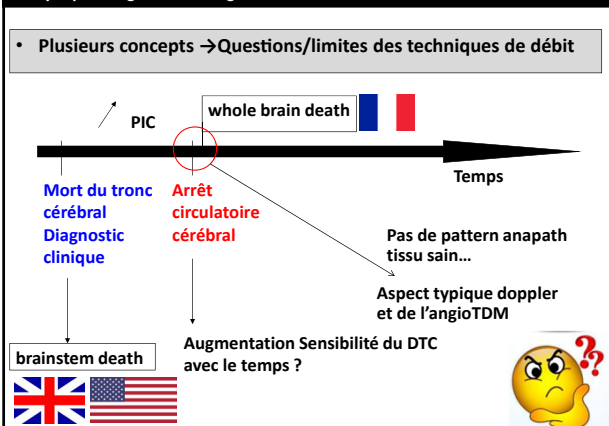
Concept de « whole brain death » = Mort encéphalique (France)

Ducroq X, J of Neurol. Sciences 1998
Agarwal T, Medical Hypotheses 2013

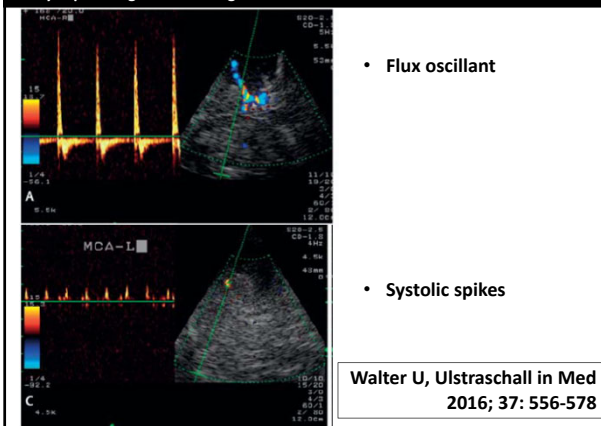
1- Physiopathologie → sémiologie



1- Physiopathologie → sémiologie



1- Physiopathologie → sémiologie



1- Physiopathologie → sémiologie

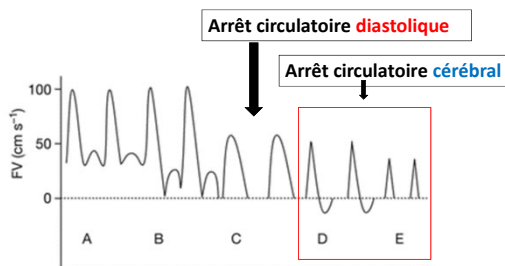


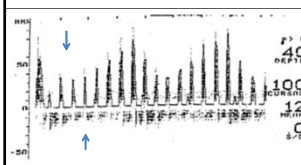
Fig 4 Diagrammatic representation of TCD traces in brain death. (A) Normal TCD waveform. (B-E) Waveforms seen in brain death. (B) Low diastolic velocity. (C) Zero diastolic velocity. (D) Reverberating flow. (E) Short systolic spikes.

Moppett, BJA 2004

1- Physiopathologie → sémiologie

• **Reverse flow/pics systoliques: déterminants**

- structure osseuse (perte substance, craniectomie)
- élastance artérielle (âge)
- pression artérielle
- cycle respiratoire
- PIC (lésions asymétriques)



L'inspiration diminue le signal systolique et diastolique

Ducroq X, J of Neurol. Sciences 1998

2- Recommandations

Consensus opinion on diagnosis of cerebral circulatory arrest using Doppler-sonography
Task Force Group on cerebral death of the Neurosonology Research Group of the **World Federation of Neurology**

• **Conditions:**

- ME clinique, 2 examinateurs expérimentés
- 2 dopplers à 30 mn d'intervalle
- aspects au niveau vaisseaux intra ET extra-crâniens
- disparition signal précédemment présent/fenêtre
- pas de drainage ventriculaire/pas de volet osseux
- Fontanelles (> 2 ans)

Ducroq X, J of Neurol. Sciences 1998

2- Recommandations

• **Pas d'examen de confirmation**

• **1examen clinique (2 dans certains états US):**

- coma GCS 3, abolition réflexes tronc, test d'apnée

• **Indication dopplers: circulation ant. ET post.**

- doute sur examen clinique
- test d'apnée non réalisable (hypoxie, instabilité HD)
- « prendre en compte le potentiel de faux positif »

Rather than ordering ancillary tests, physicians may decide not to proceed with the declaration of brain death if clinical findings are unreliable.



Wijdicks, Neurology 2010

3- Diversité des pratiques

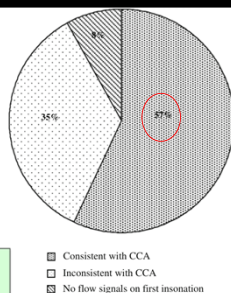
• Etude **rétrospective**, n=89/90,

• **Clinique non suffisante:**

- Cl/échec test d'apnée (51%)
- Intoxication: OH, sédation (20%)
- Traumatisme facial (3%)
- Non précisé (26%)

• 2 dopplers / 30' : MCA/BA

- études des pratiques
- **rétrospective**
- pas de comparaison systématique à autre examen: Se ? Sp ?



Consistent with CCA
Inconsistent with CCA
No flow signals on first insolation

conclusion ?



Washington

Sharma, Neurocrit. Care 2011

3- Diversité des pratiques

• Arrêté du 2/12/1996, JORF n° 282 4/12/1996 p17622:

• **Constat avant PMO**



• Article R671-7-2 du Code de la Santé Publique:

« attestation du caractère irréversible de la destruction encéphalique »

- 2 EEG de 30 mn
- artériographie ou angioTDM cérébrale

3- Diversité des pratiques

country [reference]	ultrasound modality	vessels to be investigated ¹
Austria [18]	TCD (+ECD) or ECCS	ec: ICA ² , VA ² ; ic: ICA, MCA, VA, BA
Belgium [15]	TCD or TCCS ³	not specified
Czech Republic [22]	TCD or TCCS	ic: ICA, MCA, VA, BA ⁴
Denmark [5]	not accredited	
France [7, 8]	not accredited ⁵	(ec: ICA, VA; ic: MCA, BA)
Germany [11]	ECD+TCD or TCCS (or ECCS)	ec: ICA ⁶ , VA ⁶ ; ic: ICA, MCA, VA ⁶ , BA ⁶
Luxembourg [16]	TCD	not specified
Poland [19]	TCD	ic: MCA, BA ⁴
Sweden [6]	not accredited	
Switzerland [20]	ECCS+TCCS	ec: ICA; ic: MCA
The Netherlands [17]	TCD or TCCS (or ECCS)	ec: ICA, VA ⁷ ; ic: MCA, BA

- Age > 2 ans (fontanelles)
- PAM suffisante selon âge
- 2 examens séparés ≥ 30 min



Walter U, Ultraschall in Med 2016; 37: 556-578

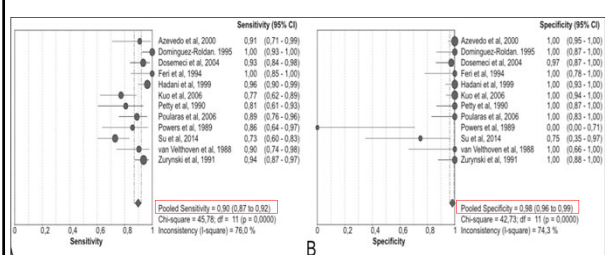
3- Diversité des pratiques

PAM minimale pendant l'examen

age [years]	lower limiting value of mean arterial pressure ¹ [mm Hg]
1	> 35
2	> 40
3 – 4	> 45
5 – 7	> 50
8 – 10	> 55
> 10	> 60

Walter U, Ultraschall in Med 2016; 37: 556-578

4- Performance diagnostique (Se, Sp)



- META-ANALYSE : 12 études, n= 859 **Se= 90% / Sp = 98%**
- comparaison du doppler au diagnostic clinique (gold standart)
- Exclusion : séries exclusivement pédia, séries avec DVE

Chang JJ, AJNR Jan 2016

5- Pourquoi les études divergent ?

Biais/divergences méthodologiques

- délai variable diag. clinique/doppler (Temps ↗ Se)
- Prise en compte tronc basilaire ? (↗ Se)
- Exclusion des défauts osseux/drain: ↗ Se en ↘ FN

Attention aux méta-analyses:
Etudes de méthodologie variable.

De Freitas GR, Acta Neurol Scand 2006

5- Pourquoi les études divergent ?

Faux positifs de ME (Sp ↘)

- Absence de fenêtre acoustique:
 - Signal précédemment ?
- Arrêt circulatoire transitoire:
 - 2 dopplers à 30 mn
 - Amines: PAM minimale
- Arrêt circulatoire supratentorial isolé:
 - Circulation/activité tronc préservées (phase initiale)
 - ex. clinique avant restant la REFERENCE
 - ↗ Probabilité pré-test

5- Pourquoi les études divergent ?

Faux négatifs de ME (Se ↘)

- Circulation préservée:
 - craniectomie/volet/embarrure/défect osseux
 - enfant (fontanelles)
 - dérivation ventriculaire
 - pathologie fosse post. (circulation supratentoriale présente au départ)
 - encéphalopathie post-anoxique (ACR), EEG plat

Comment améliorer la performance diagnostique du doppler ?

1- ATTENDRE !! Se ➡ avec le temps

- Prospective observationnelle, n=44 ME clinique

Table 3 The time lapse from clinical diagnosis to transcranial Doppler sonography examination in 44 brain death cases

Time lapse (h)	Number and percentage of	
	Brain deaths in a TCD diagnosed specific pattern	Brain deaths in a TCD diagnosed non-specific pattern
0-6	7 (58.3%)	5 (41.7%)
6-12	10 (76.9%)	3 (23.1%)
12-24	10 (83.3%)	2 (16.7%)
24-36	7 (100%)	0 (0%)

TCD, transcranial Doppler sonography.

- Se 100% > 36 heures

Kuo, JNNP 2006

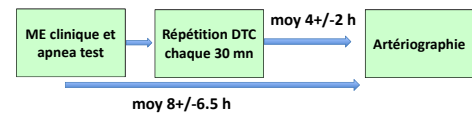
1- ATTENDRE !! Se ➡ avec le temps

	Patients with CCA (n = 204)	Lack of signal (n = 19)	Patients without CCA		Total (n = 66)	Pvalue
			Observed (n = 37)	Possible (n = 10)		
Age (mean, SD), years	39.2 ± 18.5	44.5 ± 17.5	35.9 ± 18.7	41.1 ± 16.0	39.2 ± 18.1	0.9 ¹
Male (%)	118 (58)	5 (26) ²	22 (59.5)	5 (50)	32 (48.5)	0.1
Ethnic group (%)						0.8
Caucasian	117 (57.5)	9 (47.5)	24 (65)	3 (30)	36 (54.5)	
Afro-Brazilian	86 (42)	10 (52.5)	13 (35)	7 (70)	30 (44.5)	
Asiatic	1 (0.5)	0	0	0	0	
Cause of brain death						0.8 ¹
TBI (%)	69 (33.5)	2 (10.5)	15 (40.5)	2 (20)	19 (29)	
SAH (%)	65 (32)	6 (31.5)	9 (24.5)	1 (10)	16 (24)	
ICH (%)	31 (15)	6 (31.5)	5 (13)	4 (40)	15 (22.5)	
CI (%)	18 (9)	1 (5.5)	2 (5.5)	3 (30)	6 (9)	
AE (%)	9 (4.5)	0	4 (11)	0	4 (6)	
Others (%)	13 (6.5)	4 (21)	2 (5.5)	0	6 (9)	
Skull opening (%) ²	86 (42)	3 (15.5) ³	19 (51.5)	4 (40)	26 (40)	0.7
Systolic blood pressure (mean, SD), mmHg	109.2 ± 27.5	102.2 ± 21.4	105.5 ± 25.7	121.5 ± 31.5	107.1 ± 25.9	0.6 ¹
Hours elapsed between clinical diagnosis and TCD (%)						0.02 ²
≤8	15 (8.5)	2 (10.5)	6 (16) ³	1 (11) ³	8 (14)	
>8-12	79 (44)	5 (33.5)	15 (40.5)	1 (11)	21 (37)	
>12-24	46 (25.5)	4 (26.5)	1 (2.5)	7 (70)	6 (10.5)	
>24	39 (22)	4 (26.5)	11 (29.7)		22 (38.5)	
Sympathomimetic drugs	176 (86.5)	3 (84)	25 (67.5) ³	9 (90)	50 (75.5)	0.03

De Freitas GR, Acta Neurol Scand 2006

2- Fenêtre transorbitaire

- Prospective, n=82/90, mort cérébrale/ critères cliniques + apnée
- exclusion: craniectomie, drainage ventriculaire, hypoxie, pas d'apnée
- OBJECTIFS:**
 - intérêt doppler transorbitaire (TOD): exploration carotide interne
 - comparaison artériographie et doppler

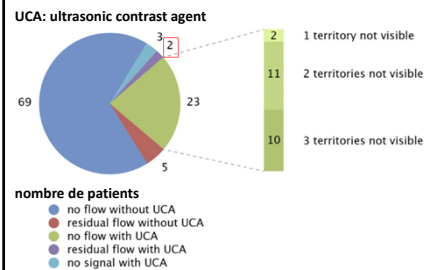


RESULTATS	
Confirmation au doppler (Se: 100%)	71 (voie transforaminale et temporale)
	11 (ajout DTO ➡ Se de 15%)
Reproductibilité du diag./artério	kappa = 1

Soldatos, Transplant Proc. 2010

3 - Echographie doppler de contraste

- Rétrospective, n=102, âge= 53 ans [8-88]
- diagnostic clinique de mort cérébrale, 2 médecins
- TCD + ajout produit/contraste si vaisseaux non vus



➡ nombre de doppler concluant par UCA

Welschehold, JNNP 2013

4- Inclure le tronc basilaire !

Table 4 The validity of transcranial Doppler sonography studies in the diagnosis of brain death of the middle cerebral arteries, basilar artery, or both

Validity (%)	Right MCA	Left MCA	Both MCAs	BA	BA + left MCA	Both MCAs + BA
Sensitivity	77.2	84.1	77.2	86.4	84.1	77.2
Specificity	100	100	100	100	100	100
PPV	100	100	100	100	100	100
NPV	85.1	89.1	85.1	90.5	89.1	85.1
FP	0	0	0	0	0	0
FN	23.7	16.0	23.7	14	16.0	23.7
Consistency	$\kappa=0.793$	$\kappa=0.856$	$\kappa=0.793$	$\kappa=0.877$	$\kappa=0.856$	$\kappa=0.793$
	$P<0.001$	$P<0.001$	$P<0.001$	$P<0.001$	$P<0.001$	$P<0.001$

BA, basilar artery; FN, false negative; FP, false positive; MCA, middle cerebral artery; NPV, negative predictive value; PPV, positive predictive value; TCD, transcranial Doppler sonography.

Kuo, J Neuro Neurosurg Psych 2006

4- Inclure le tronc basilaire !

ASPECT DOPPLER	Nombre de cas/ Se (%)
TRONC BASILAIRE (n=24)	Se= 100
Flux oscillant	21
Pics systoliques	2
Pas de signal	1
ACM (données non détaillées)	Se= 95

Ducrocq, J Neurol. Sci 1998

En pratique: réduction du délai de confirmation ?

- Prospective, randomisée, monocentrique,
- **n= 44** sur 70 ME clinique (37% d'exclus)
- Doppler/2h vs. angioTDM > H6

EXCLUS (n=26)	MOTIF
9	investigateur non disponible
1	mineur
8	ACR
4	Dérivation LCR
2	Neurochirurgie
2	pas de fenêtre

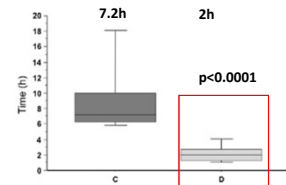


FIGURE 2. Time between clinical diagnosis of brain death and computed tomography angiography confirmation in the conventional (C) and Doppler (D) groups. Data are expressed as median and interquartile range.

Orban JC, Transplantation 2012

Take-home message

- Ne pas confondre arrêt circulatoire au doppler et ME (Sp <100%)
- Non applicable si défaut os/drainage LCR
- Exploration indispensable de la circulation postérieure
- Aucune valeur légale en France
- Place imprécise:
 - optimiser la confirmation (EEG/CTA): organes/PMO