



**ARRESTO CARDIACO: PER UN PERCORSO INTEGRATO
DELL'AZIENDA OSPEDALIERO UNIVERSITARIA DI FERRARA**

Ferrara, 5 ottobre 2013

**IMAGING
NEURORADIOLOGICO**

Stefano Ceruti
S. C. di Neuroradiologia
D.A.I. di Neuroscienze e Riabilitazione - Arcispedale S. Anna - Ferrara

ARRESTO CARDIACO IMAGING NEURORADIOLOGICO

METODICHE

- TC
- RM
- spettroscopia RM
- DTI
- fMRI
- tecniche perfusionali TC e RM
- SPECT
- PET

ASPETTI CLINICI

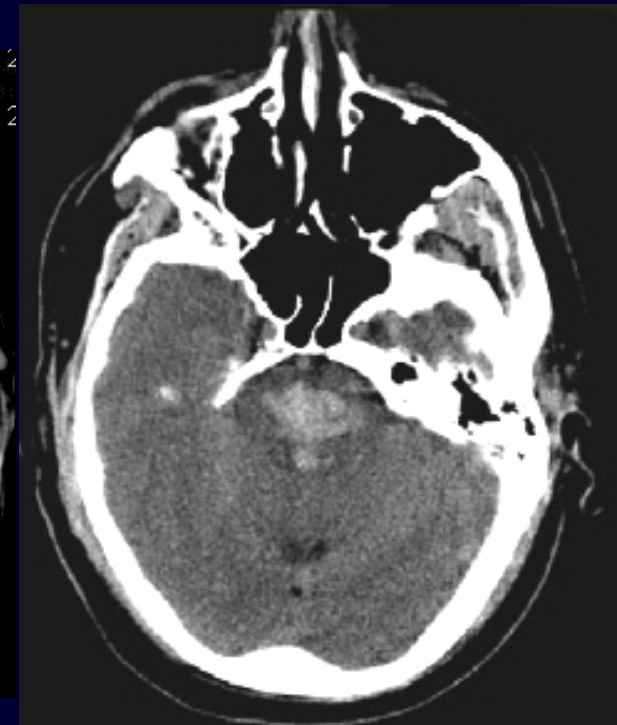
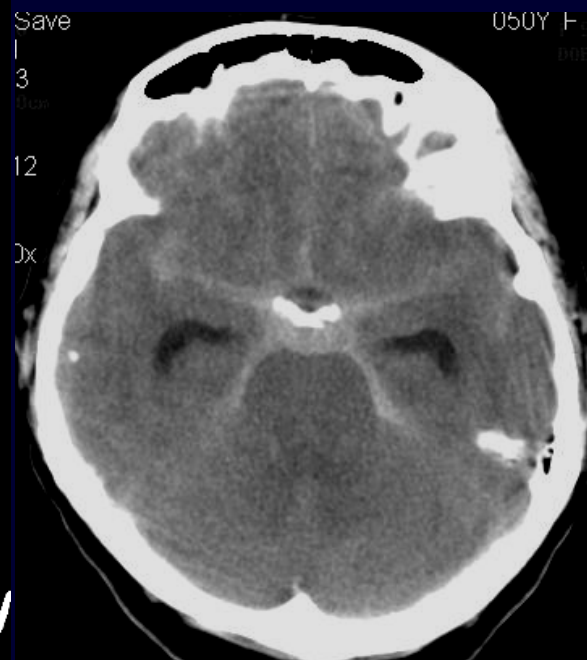
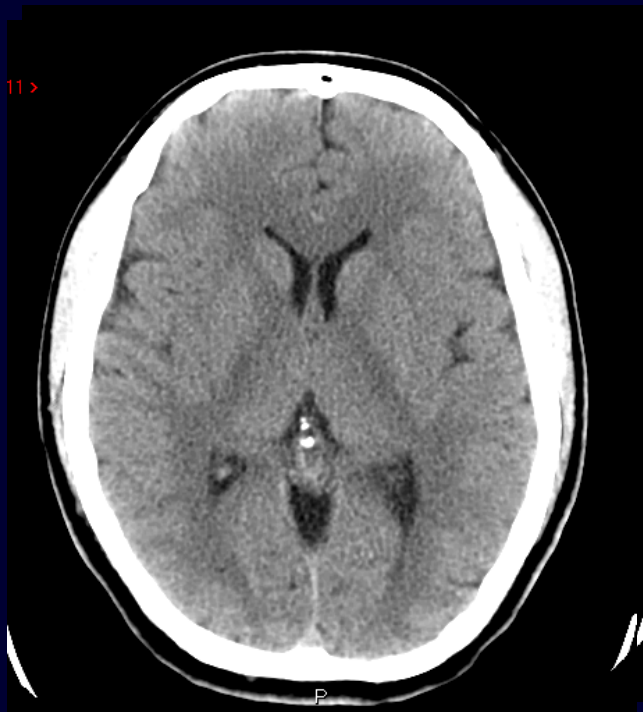
- gravità del danno
- fase temporale
 - acuta (0-24 h)
 - subacuta precoce (1-13 gg)
 - subacuta tardiva (14-30 gg)
 - cronica (>30 gg)

ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE ACUTA

TC

- **facilmente disponibile**
- **di rapida esecuzione**
- **“facile” riconoscimento lesioni emorragiche**

URGENZA



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE ACUTA

TC

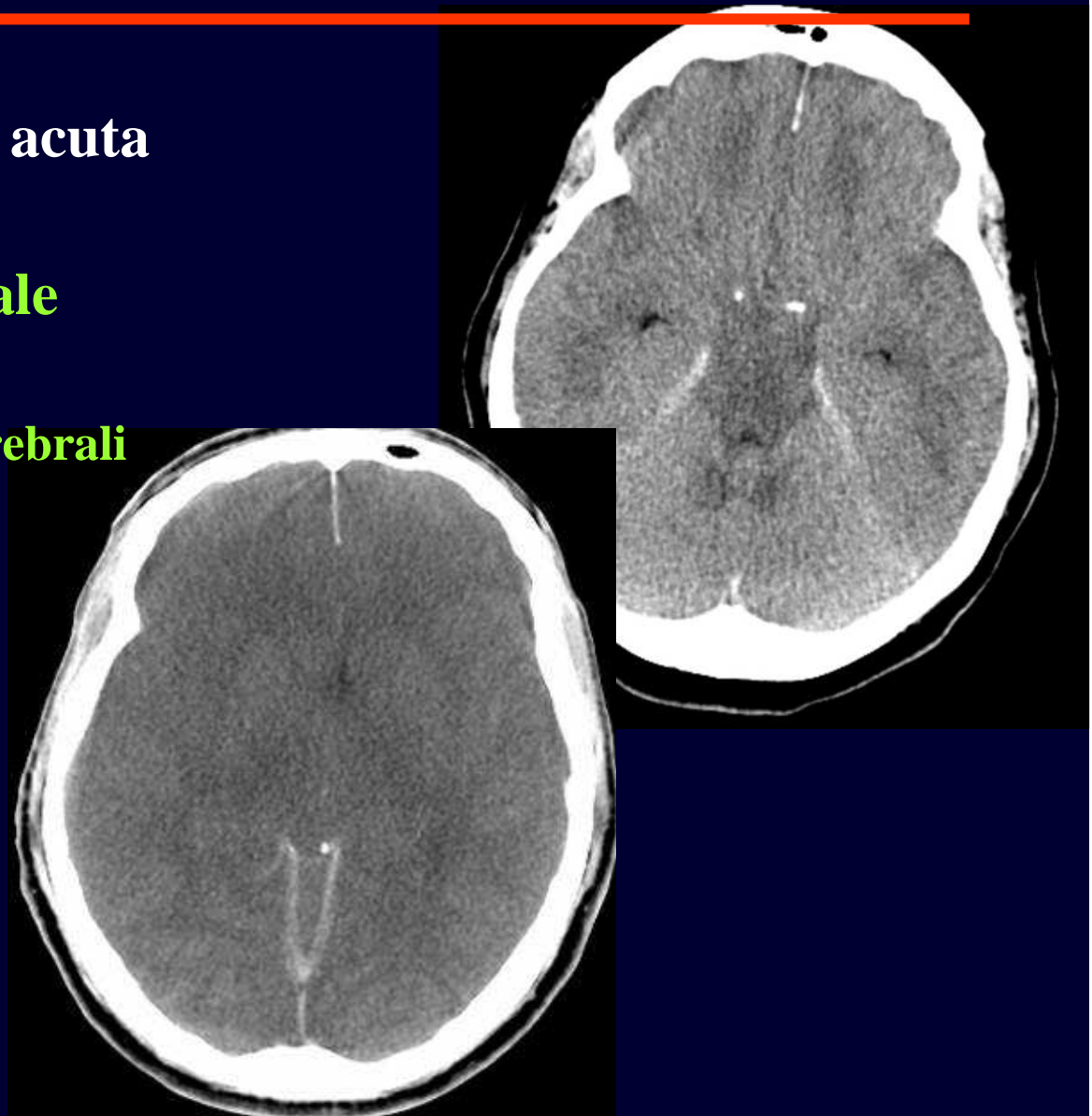
- spesso normale in fase acuta
o subacuta precoce



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE ACUTA

TC

- spesso normale in fase acuta o subacuta precoce
- segni di edema cerebrale diffuso:
 - spianamento solchi cerebrali
 - < cisterne della base
 - < sistema ventricolare



- spesso normale in fase acuta o subacuta precoce
- segni di edema cerebrale diffuso:
 - spianamento solchi cerebrali
 - < cisterne della base
 - < sistema ventricolare
- **“fogging”** (perdita normale differenza di densità tra sostanza bianca e sostanza grigia)



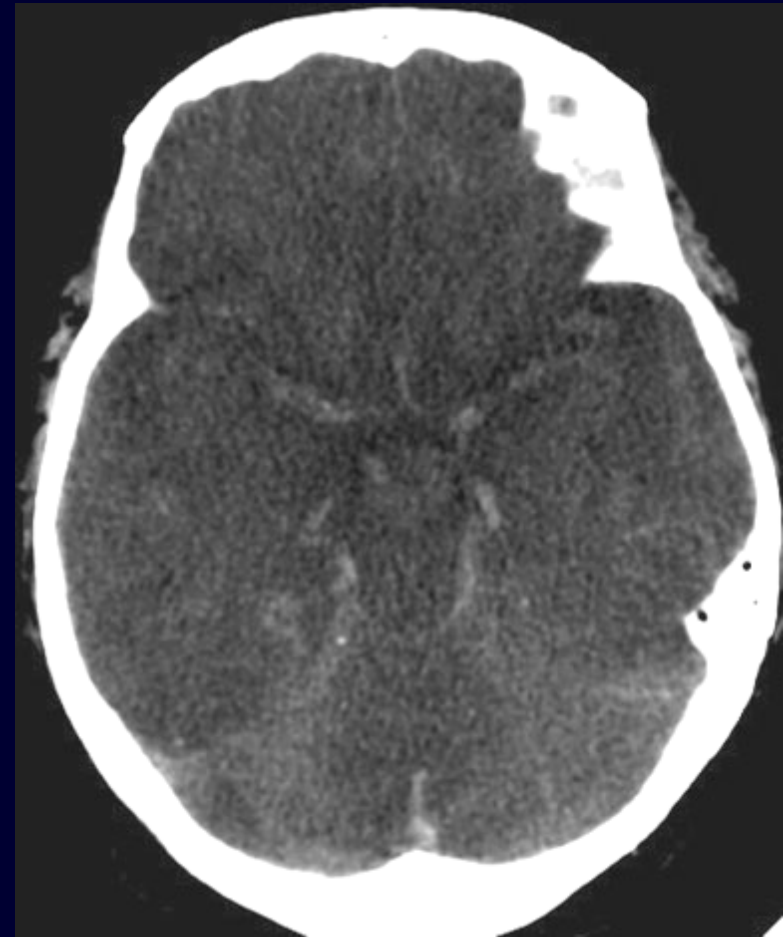
ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE
ACUTA-SUBACUTA PRECOCE

TC

**SEGNI CON SIGNIFICATO
PROGNOSTICO NEGATIVO**

- pseudo-emorragia
subaracnoidea

Given CA 2nd AJNR 2003;24(2):254–256



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE
ACUTA-SUBACUTA PRECOCE

TC

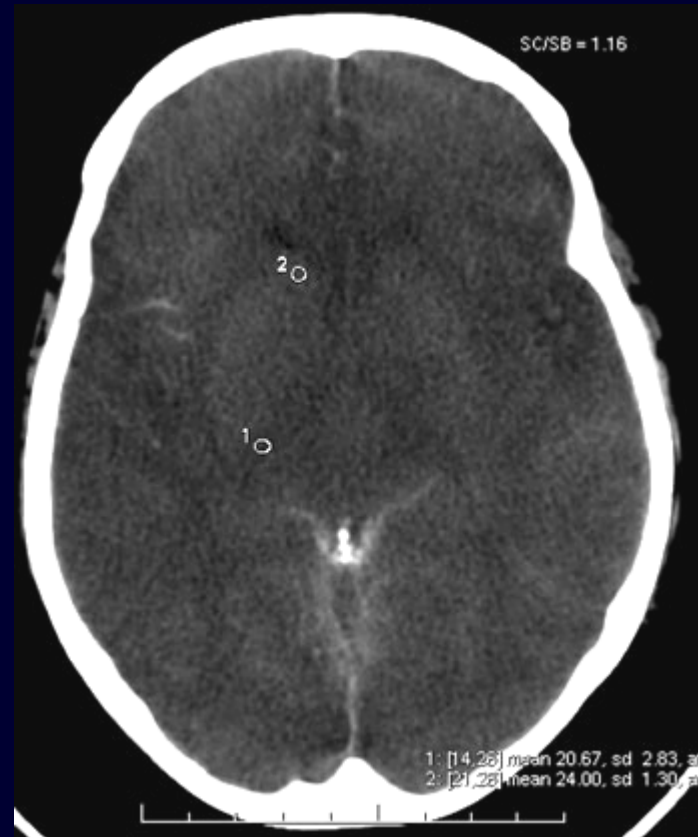
**SEGNI CON SIGNIFICATO
PROGNOSTICO NEGATIVO**

- **pseudo-emorragia
subaracnoidea**

Given CA 2nd AJNR 2003;24(2):254–256

- **fogging**

Choi SP Emerg Med J 2008;25(10):666–669



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE
ACUTA-SUBACUTA PRECOCE

TC

**SEGNI CON SIGNIFICATO
PROGNOSTICO NEGATIVO**

- **pseudo-emorragia
subaracnoidea**

Given CA 2nd AJNR 2003;24(2):254–256

- **fogging**

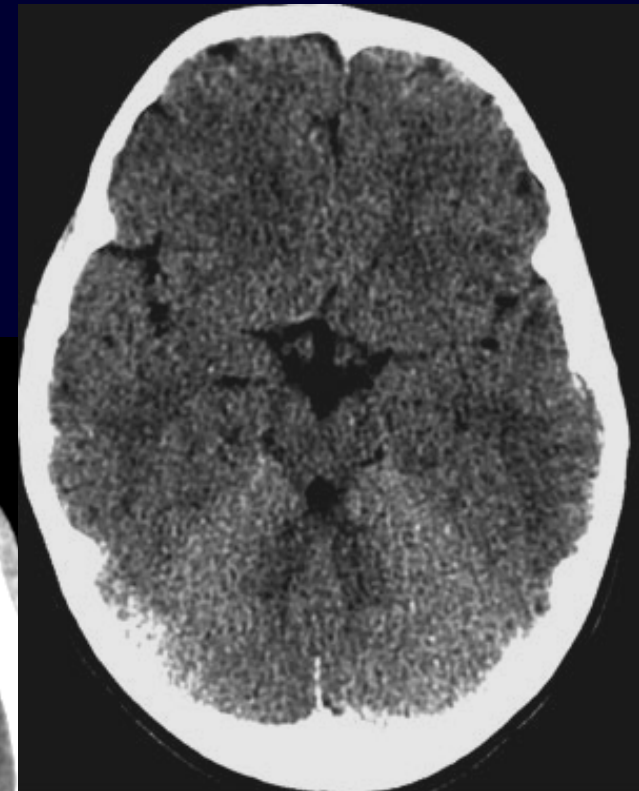
Choi SP Emerg Med J 2008;25(10):666–669

- **“reversal sign”**

- **cervelletto “bianco”**

Bird CR AJNR 1989;10(1):95–98

Han BK AJNR 1989;10:1191–1198.

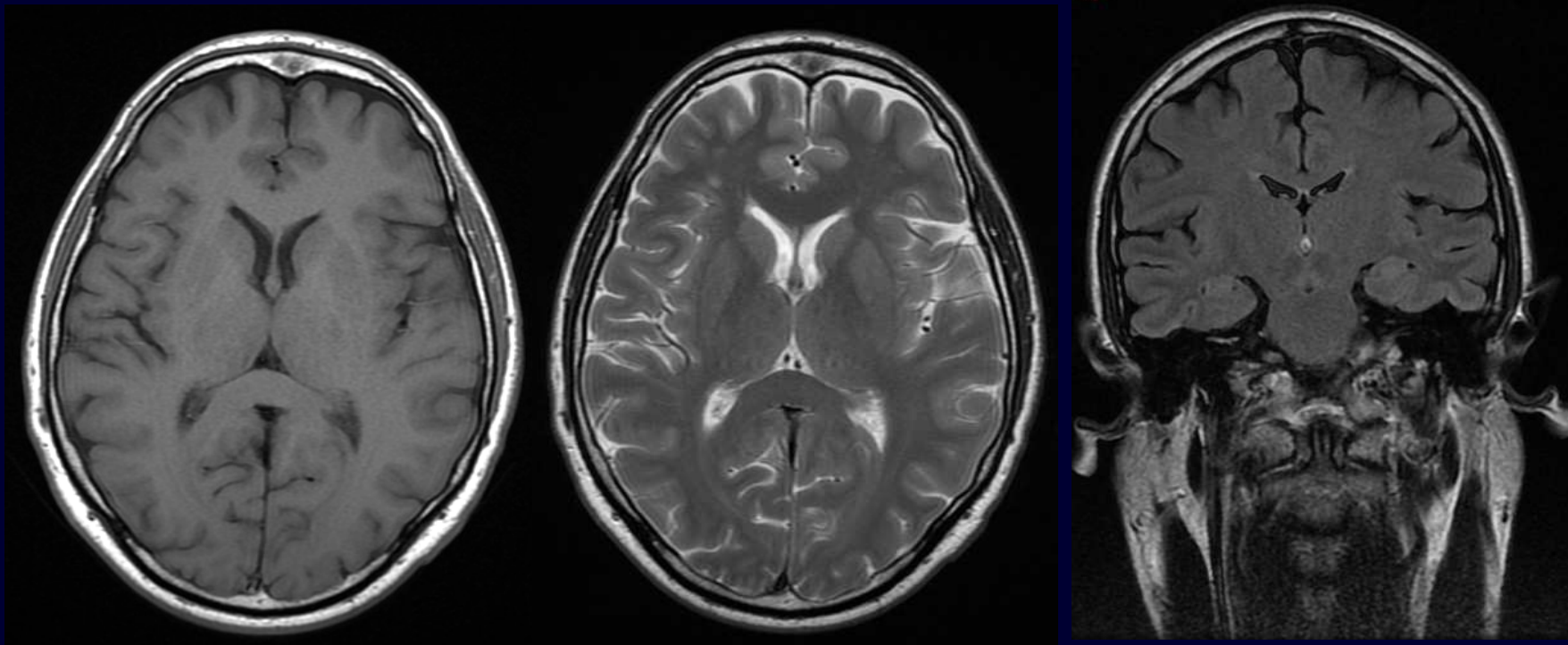


- **più precoce e maggiore sensibilità**
 - **migliore correlazione con la localizzazione anatomica del danno e la sequenza temporale dell'evento patologico**
-
- **esame di durata più lunga (20')**
 - **sedazione dei pazienti con stato clinico meno grave**
 - **assistenza più difficile nei pazienti in condizioni cliniche meno stabili**

ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE ACUTA

RM

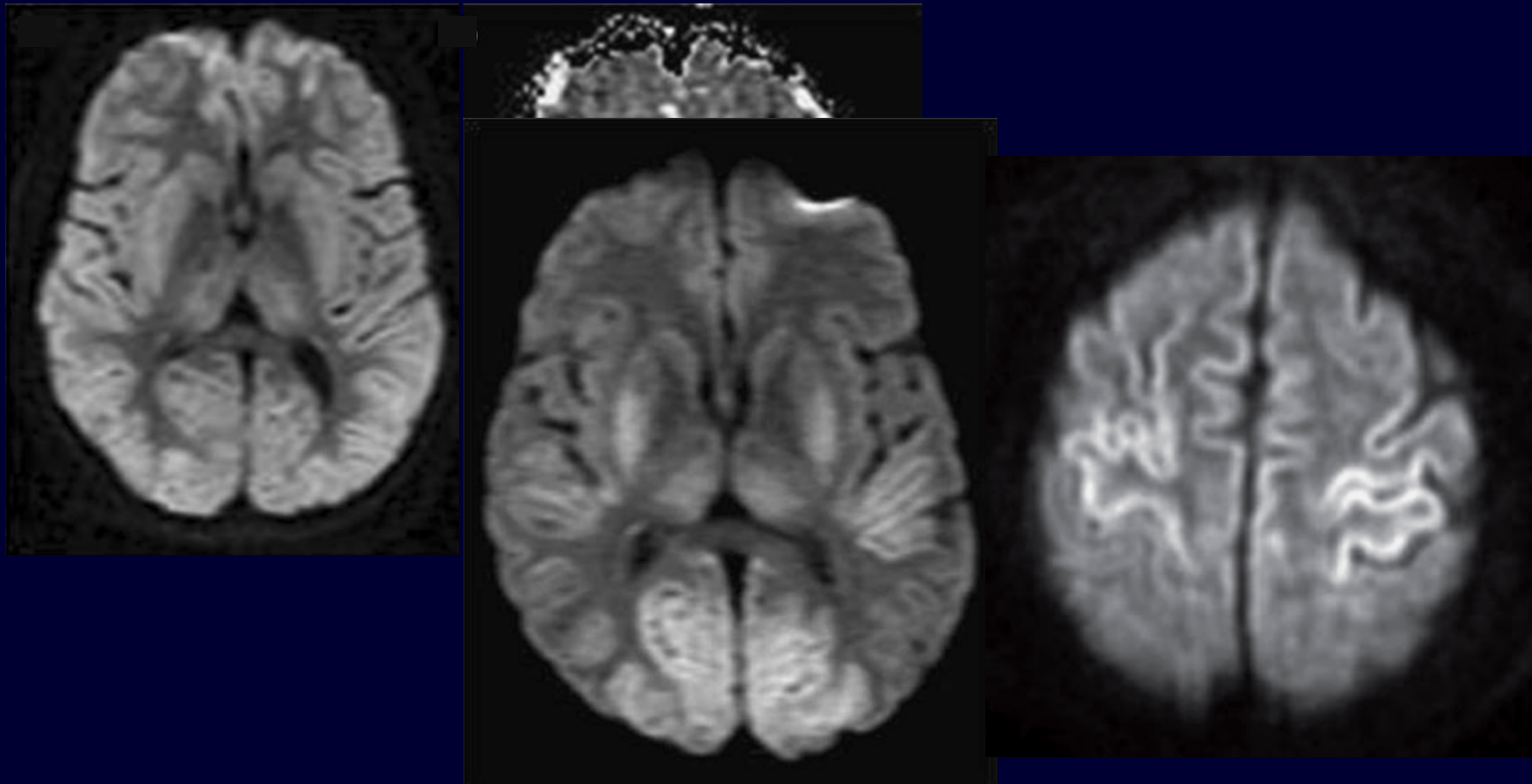
- sequenze T1 e T2-pesate spesso normali in fase acuta



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE ACUTA

RM

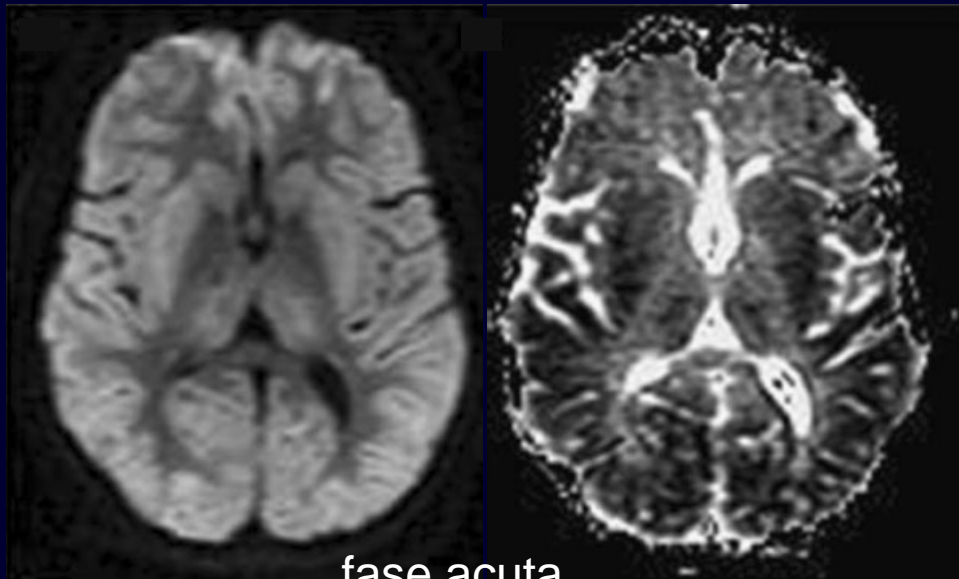
- **restrizione della diffusione entro le prime 24 h (edema citotossico - aree corticali “watershed”, gangli della base)**



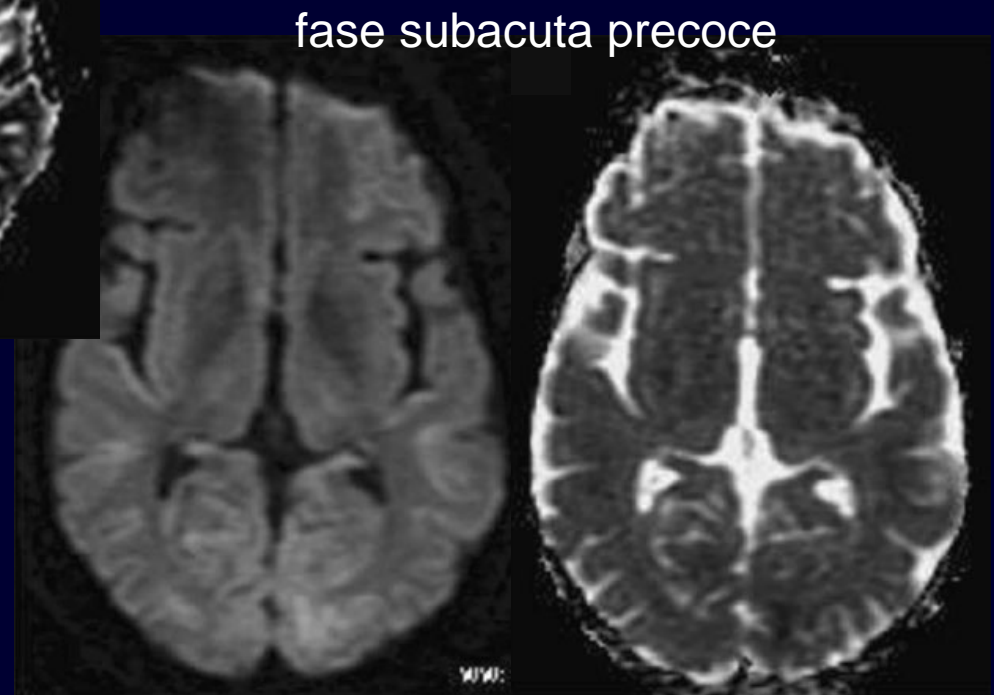
ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE SUBACUTA

RM

- **pseudo-normalizzazione ADC (> 6 gg - equilibrio tra edema citotossico e vasogenico)**



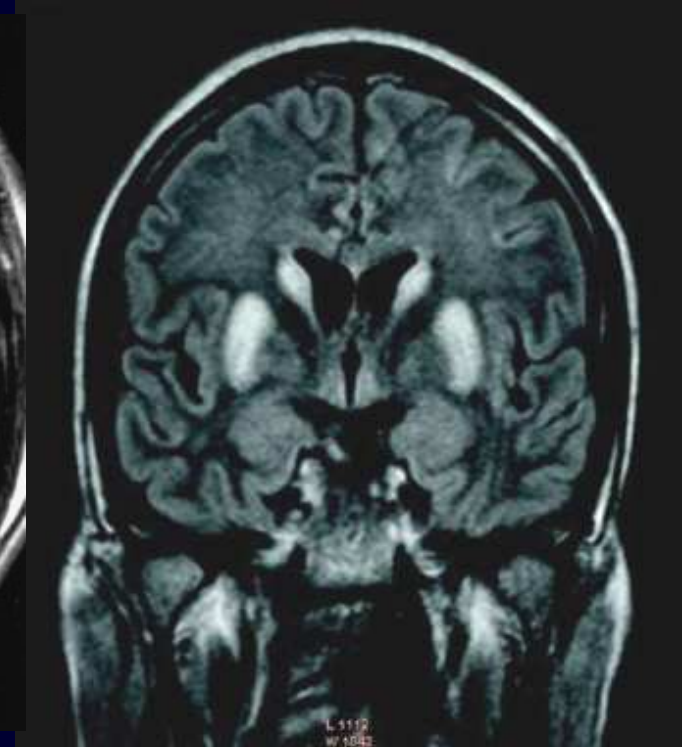
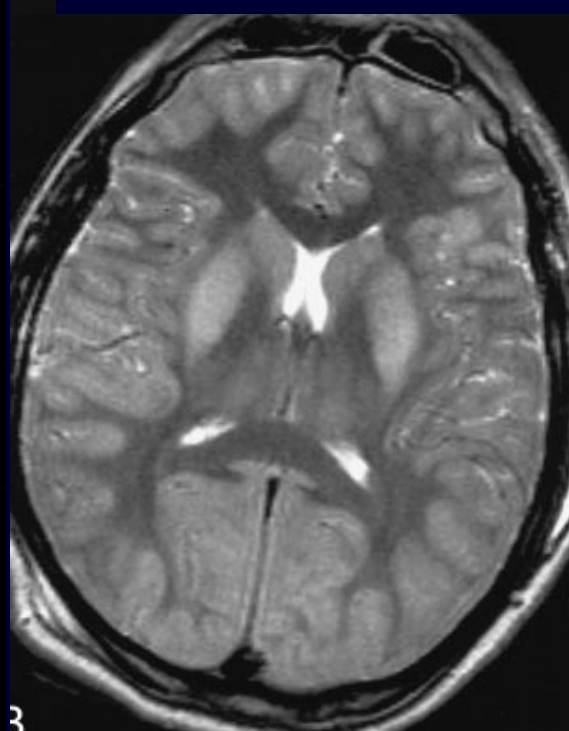
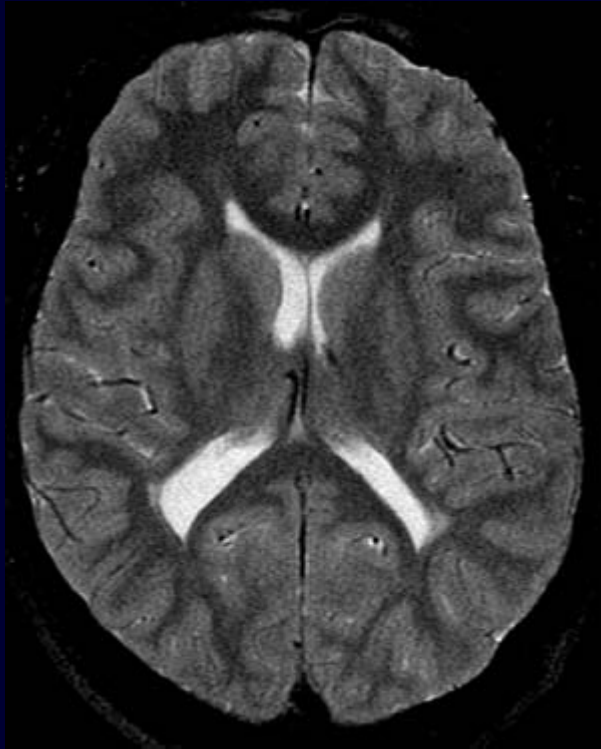
fase acuta



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE SUBACUTA

RM

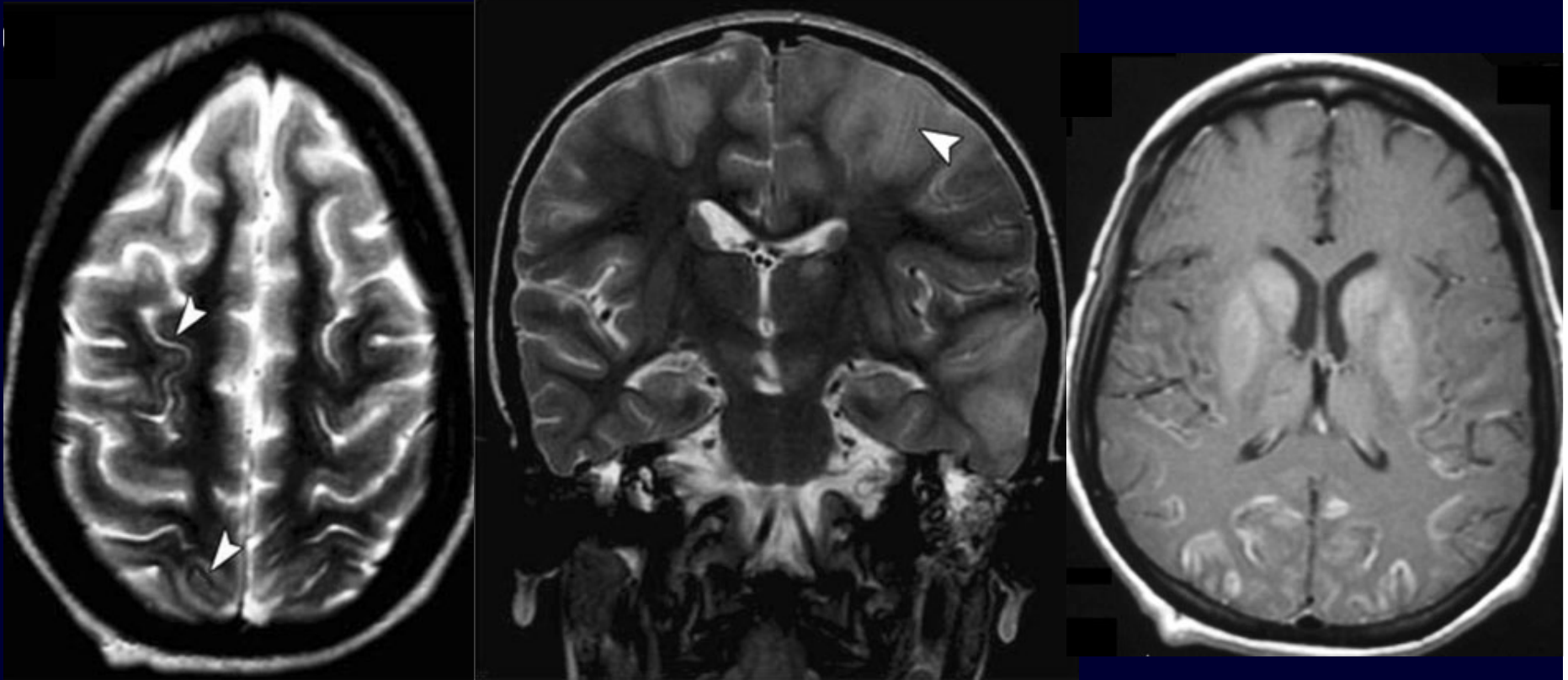
- edema cerebrale diffuso
- iperintensità in T2 corteccia cerebrale e gangli della base



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE SUBACUTA TARDIVA

RM

- **necrosi laminare corticale (strato 3): ipointensità in T2, iperintensità spontanea in T1, accentuazione di contrasto corticale da danno di BEE (fino a 2 mesi)**

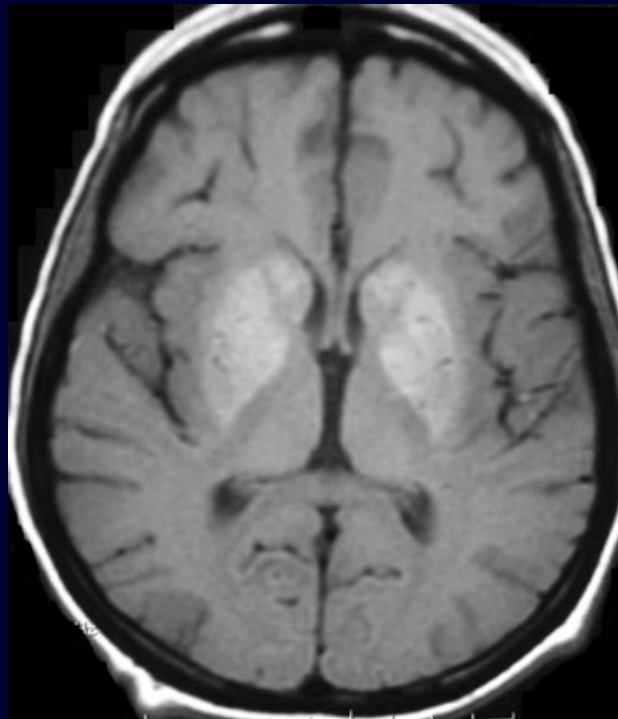


Gutierrez LG. Neuroradiology 2010;52:949–976

ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE SUBACUTA TARDIVA

RM

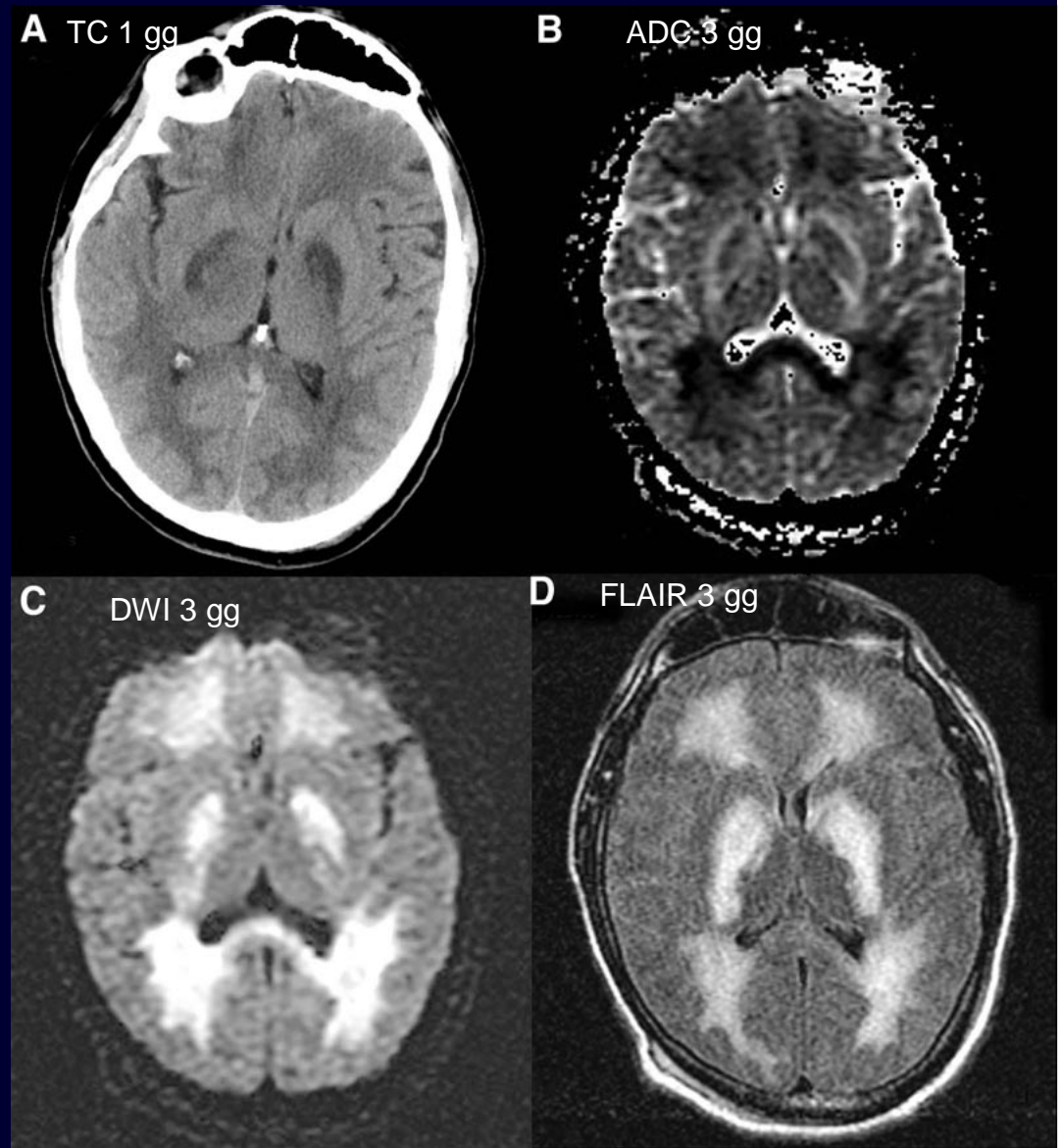
- **iniziale evoluzione in senso atrofico**
- **iperintensità in T1 nuclei grigi (macrofagi carichi di grassi - fino a 2-4 mesi)**



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE SUBACUTA

RM

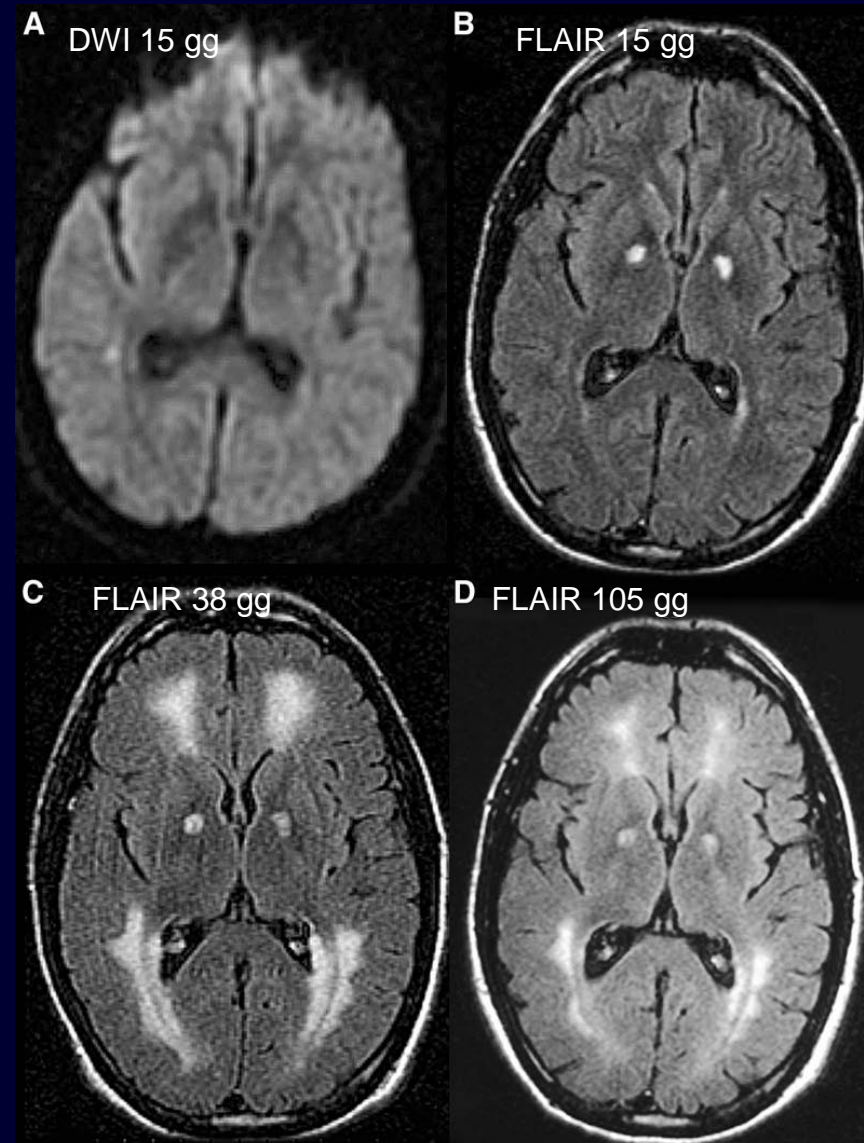
- **leuconencefalopatia**
precoce (-) o **tardiva** (+ -
2-3 sett.) - poco frequente
 - TC: ipodensità tenue
 - RM: iperintensità in T2
- diffusione ristretta



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE SUBACUTA

RM

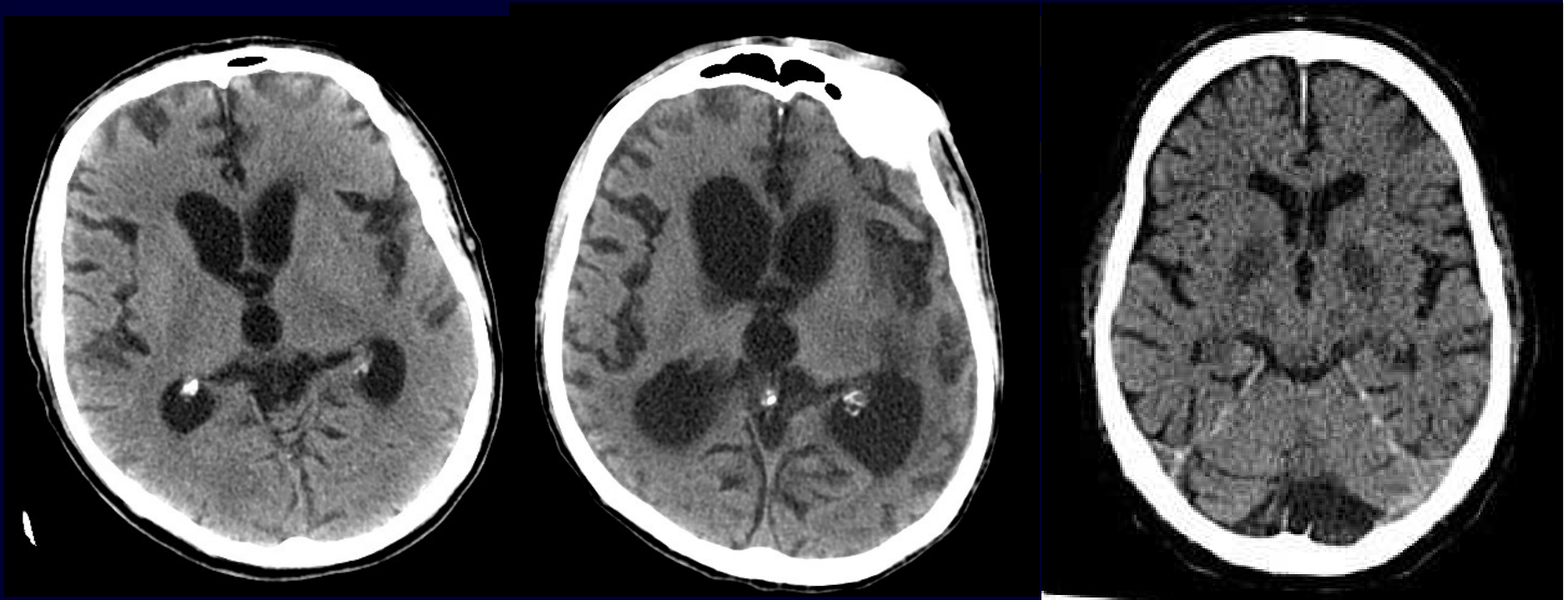
- **leuconencefalopatia**
precoce (-) o **tardiva** (+ -
2-3 sett.) - poco frequente
 - TC: ipodensità tenue
 - RM: iperintensità in T2
- diffusione ristretta



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE CRONICA

TC

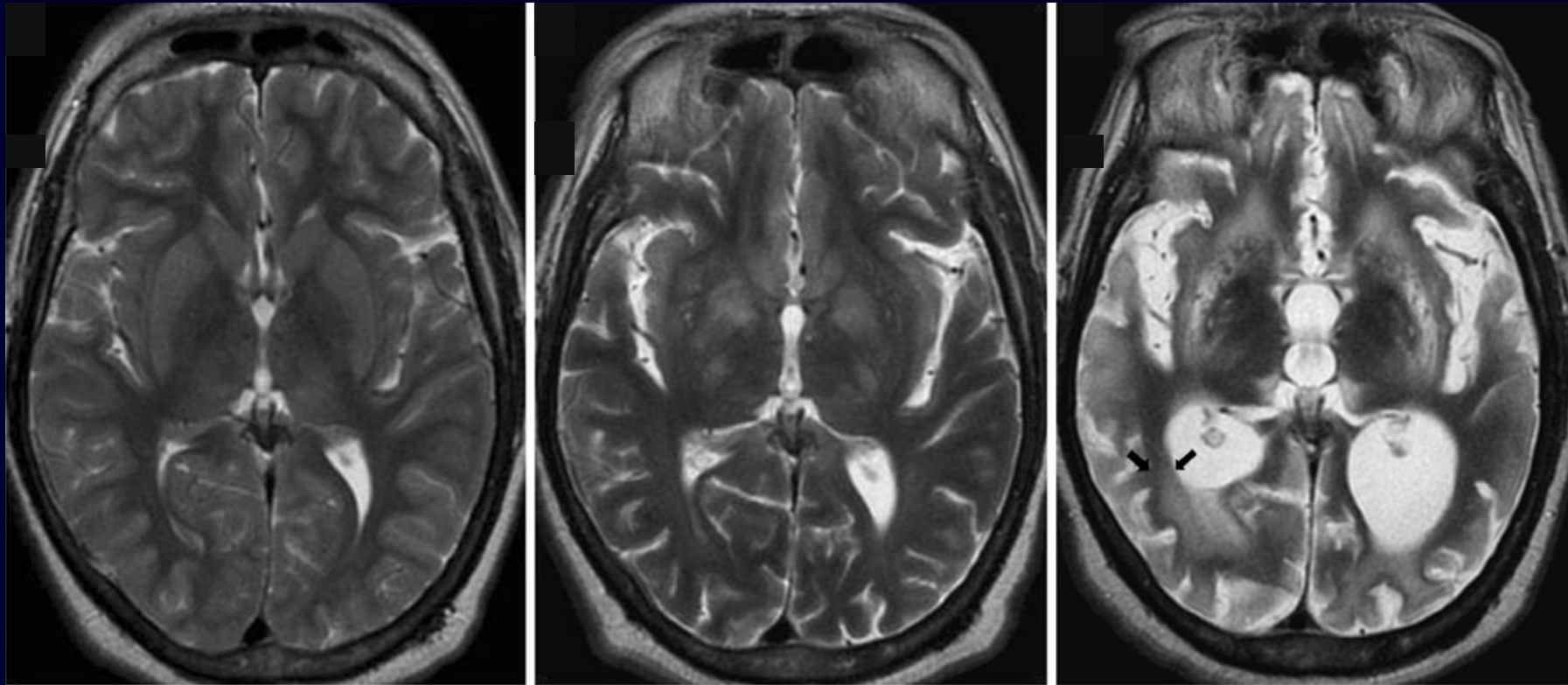
- **atrofia cerebrale (< volume cerebrale)**
- **ipodensità dei nuclei grigi**



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE CRONICA

RM

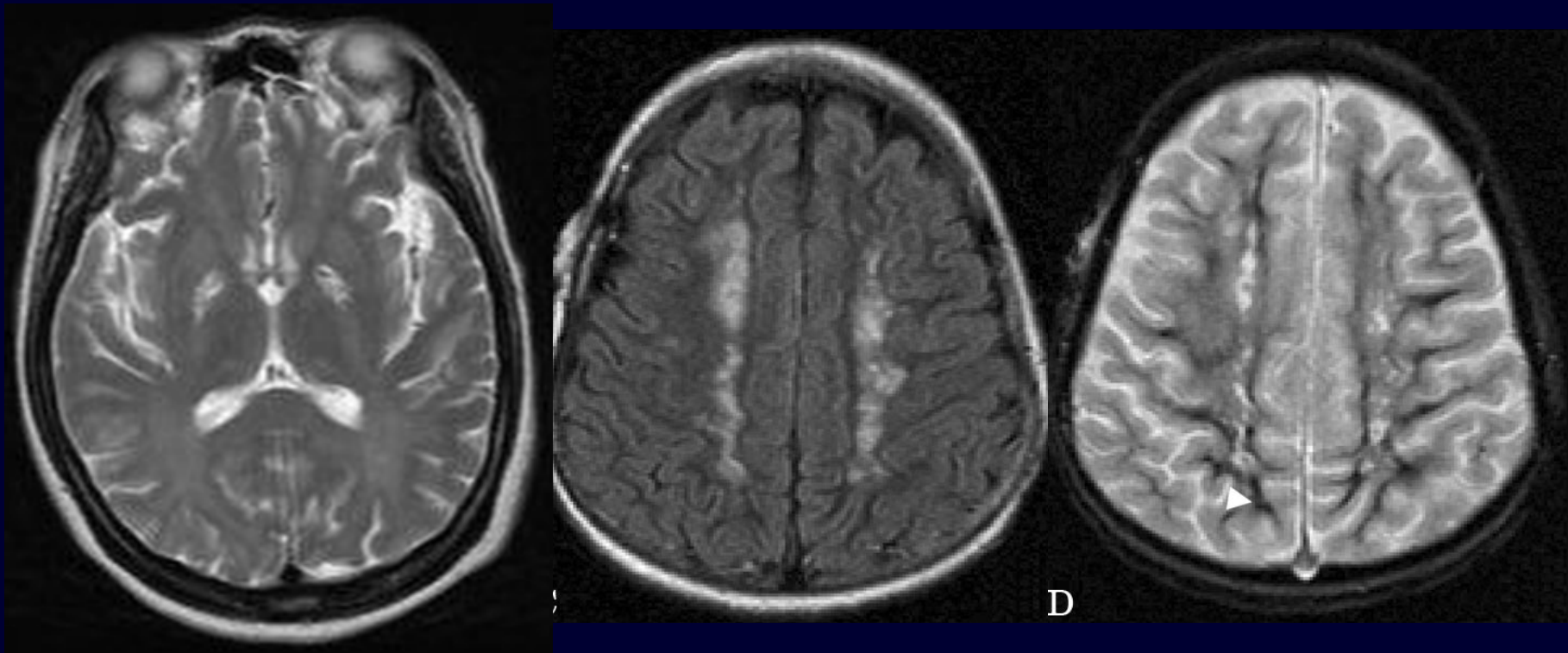
- **atrofia cerebrale (< volume cerebrale)**
- **iperintensità in T2 della sostanza bianca e dei nuclei grigi**



ARRESTO CARDIACO
NEUROIMAGING IN FASE CRONICA

RM

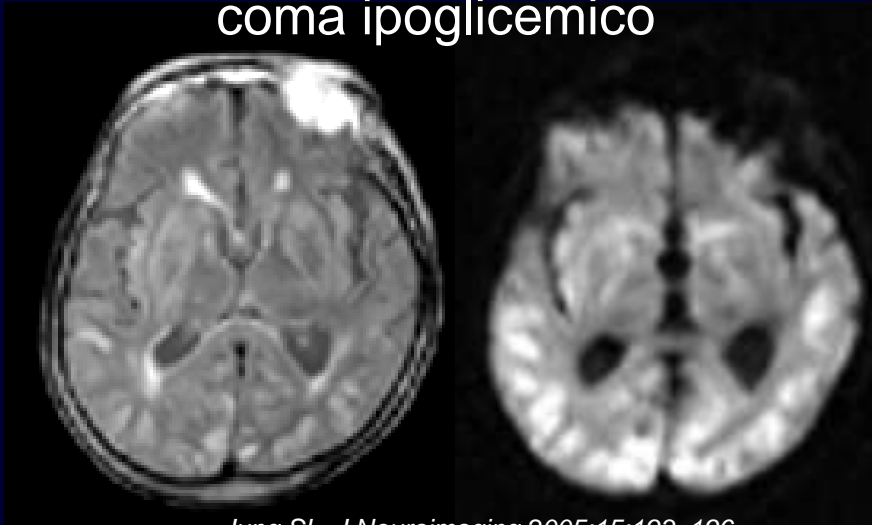
- **atrofia cerebrale (< volume cerebrale)**
- **iperintensità in T2 della sostanza bianca e dei nuclei grigi**
- **esiti emorragici (rari)**



ARRESTO CARDIACO

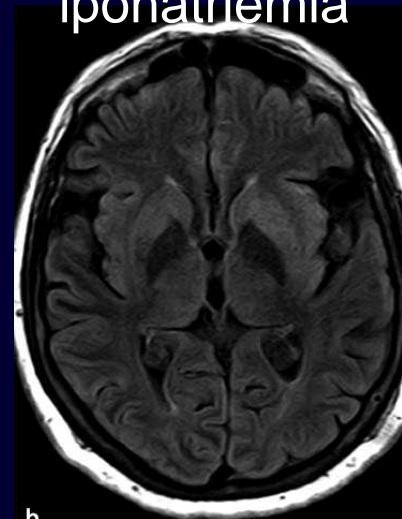
diagnosi differenziale

coma ipoglicemico



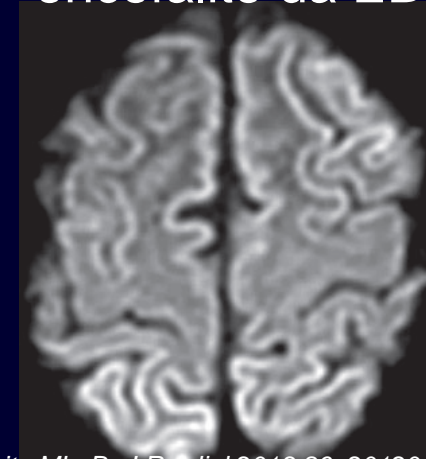
Jung SL. J Neuroimaging 2005;15:193-196

iponatriemia



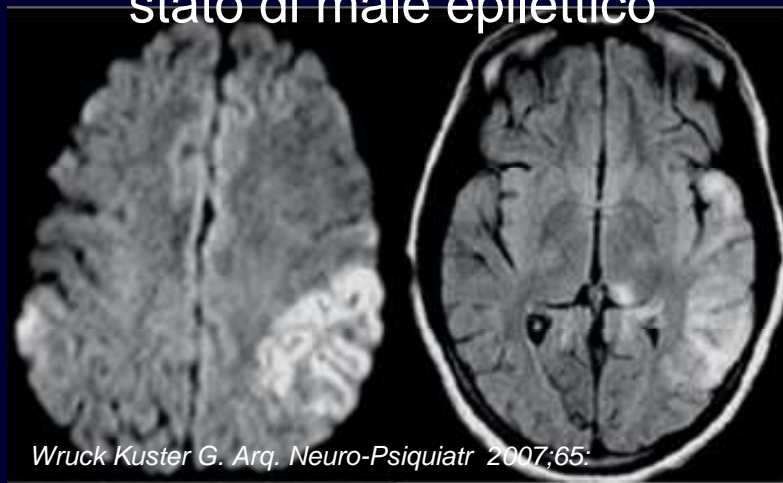
Nardone R. Clin Neuroradiol 2010;20:243-246

encefalite da EBV



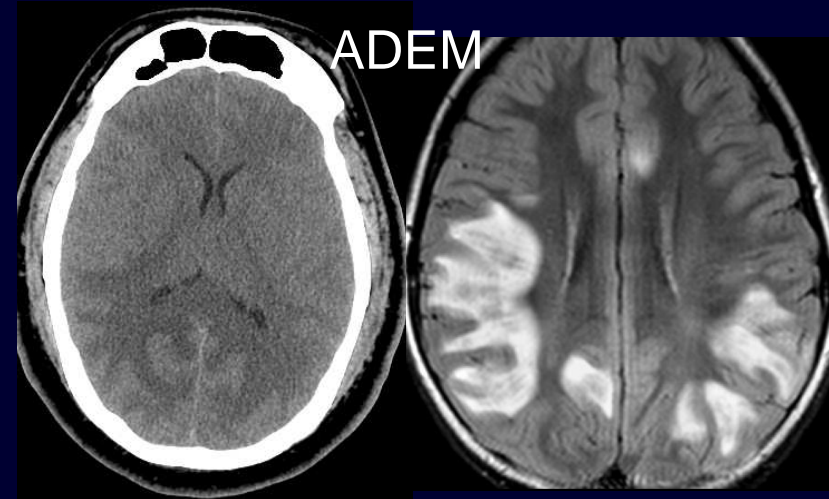
White ML. Br J Radiol 2013;86: 20120464

stato di male epilettico



Wruck Kuster G. Arq. Neuro-Psiquiatr 2007;65:

ADEM



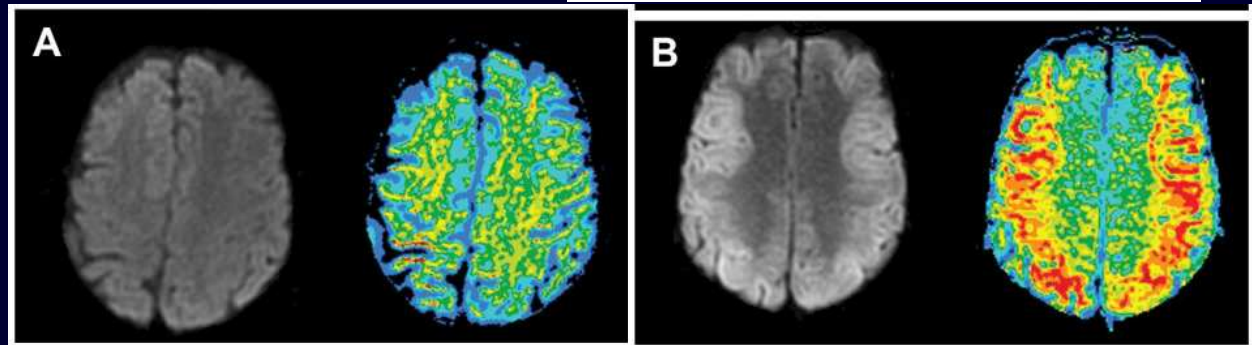
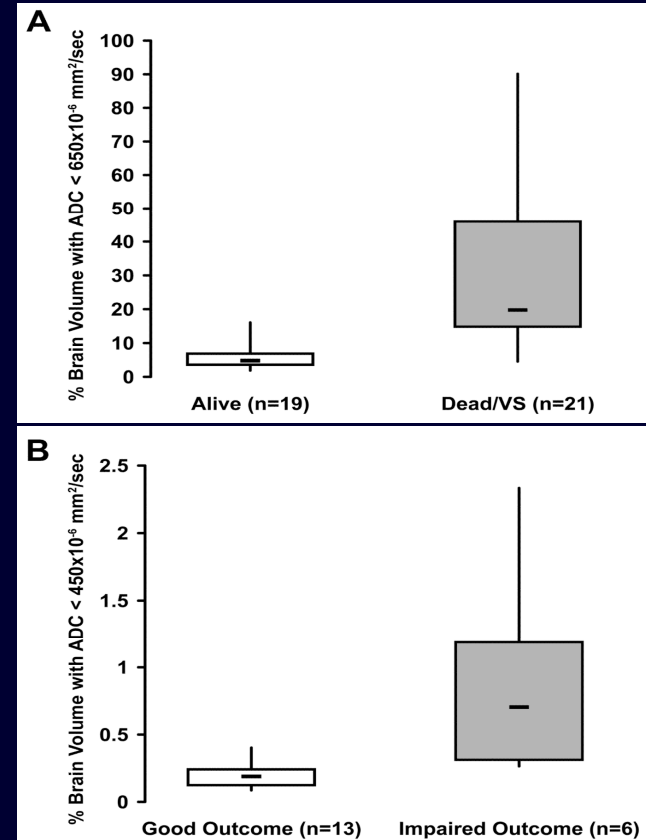
ARRESTO CARDIACO

RM

SEGNI CON SIGNIFICATO PROGNOSTICO

- 51 pz. consecutivi in coma per arresto cardiaco
- la % di volume cerebrale con valori di ADC $< 650\text{--}700 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{sec}$ distingue tra pz sopravvissuti e pz deceduti o in stato vegetativo ($p < 0.001$)
- la % di volume cerebrale con valori di ADC $< 400\text{--}450 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{sec}$ distingue tra pz con GOS a 6 mesi di 4-5 e GOS 3 ($p < 0.003$)
- il momento migliore per acquisire DWI a scopo prognostico è a 3-7 gg dall'evento

Wijman C. Ann Neurol 2009;65:394–402 (40 pz. in stato di coma per arresto cardiaco)

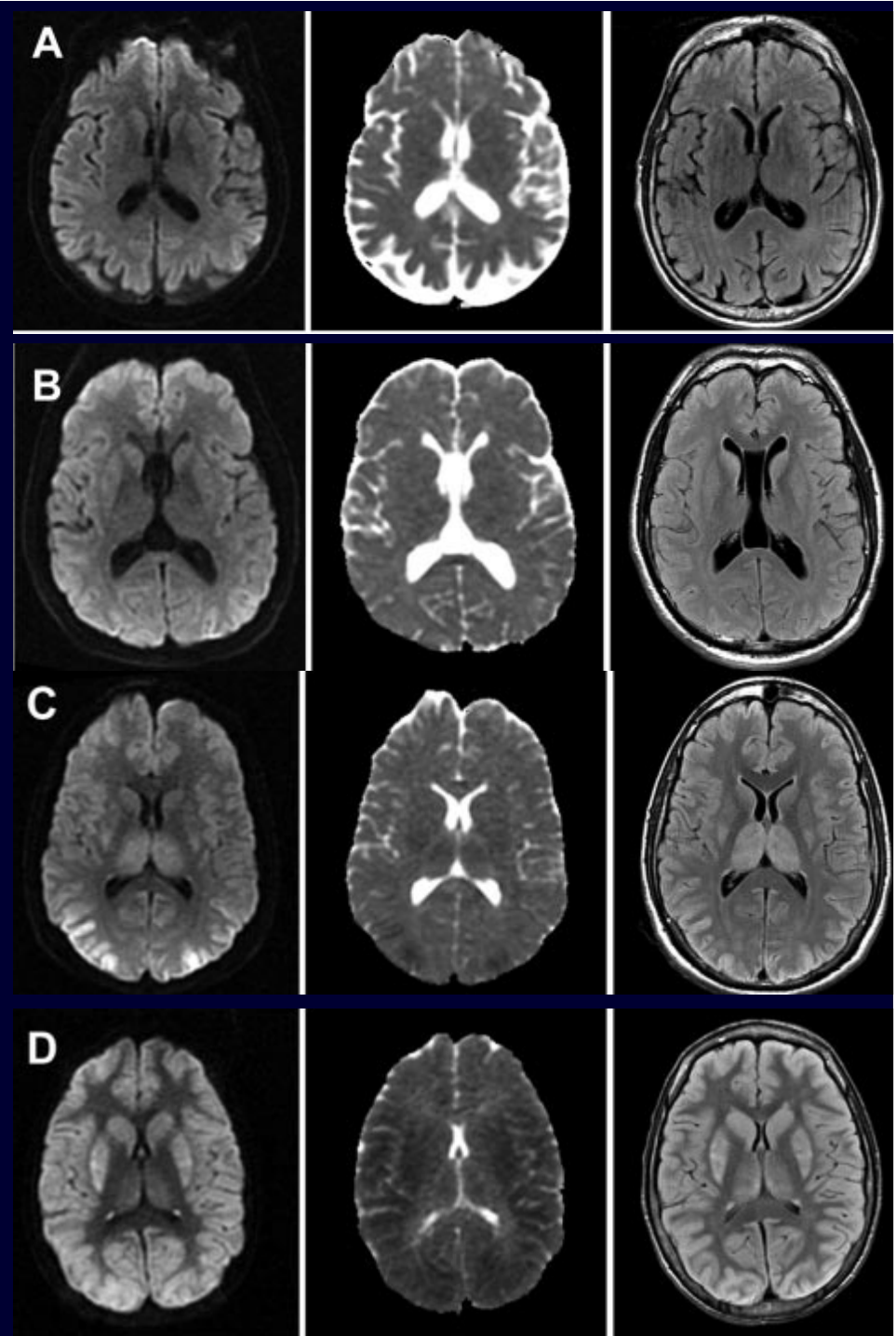


ARRESTO CARDIACO

RM

SEGNII CON SIGNIFICATO PROGNOSTICO

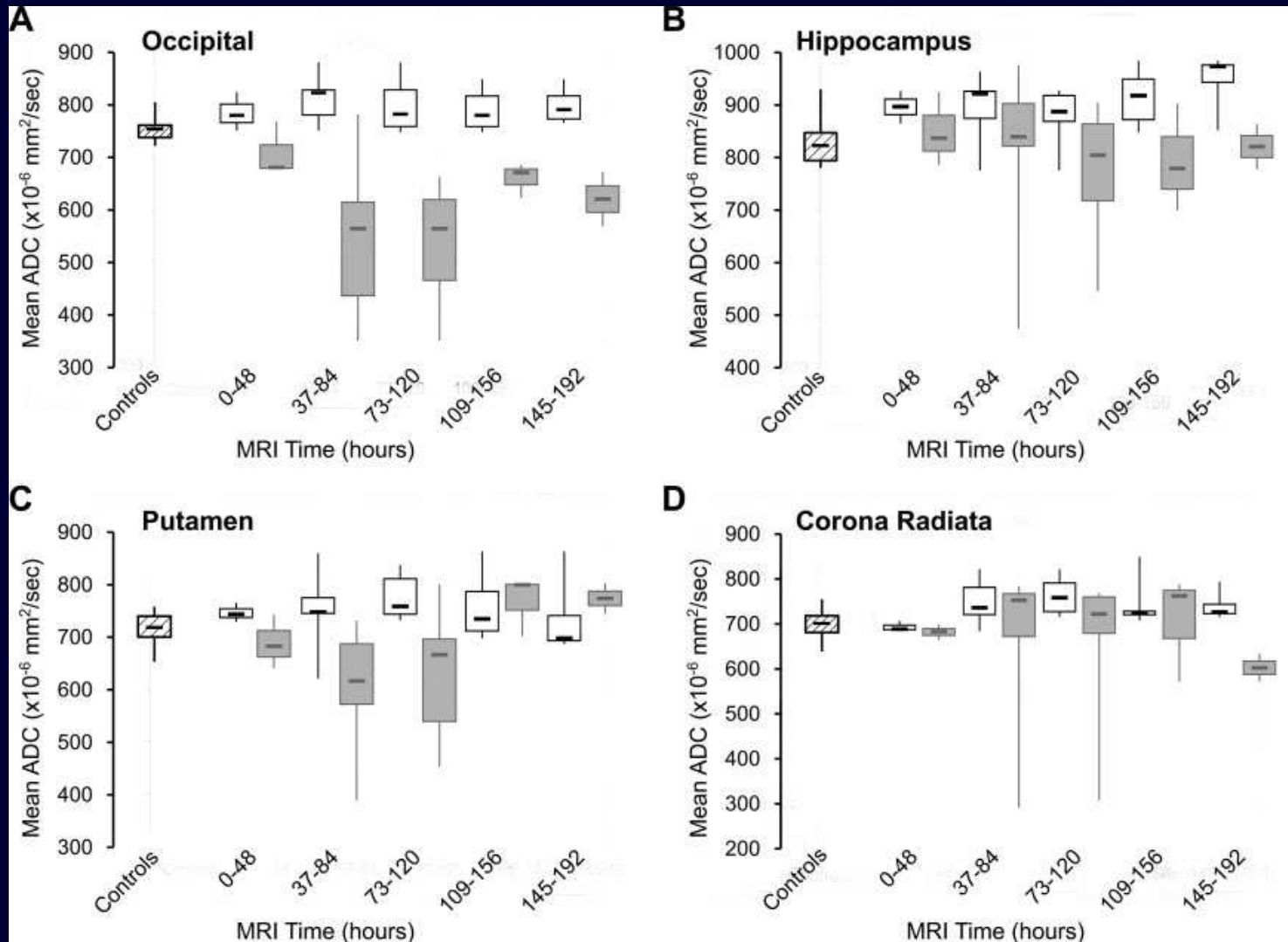
- 33 pz. (18 outcome favorevole, 15 outcome sfavorevole - 14 controlli)
- in pz. con outcome sfavorevole corteccia cerebrale e putamen mostravano ADC ridotto a partire da 1,5 gg, con massimo a 3-5 gg dall'arresto
- in 3 pz con outcome sfavorevole e DWI normale gli esami erano stati eseguiti entro 12 h dall'arresto.



Mlynash M, Campbell DM, Leproust EM. Temporal and spatial profile of brain diffusion-weighted MRI after cardiac arrest. Stroke 2010;41:1665-1672.

ARRESTO CARDIACO

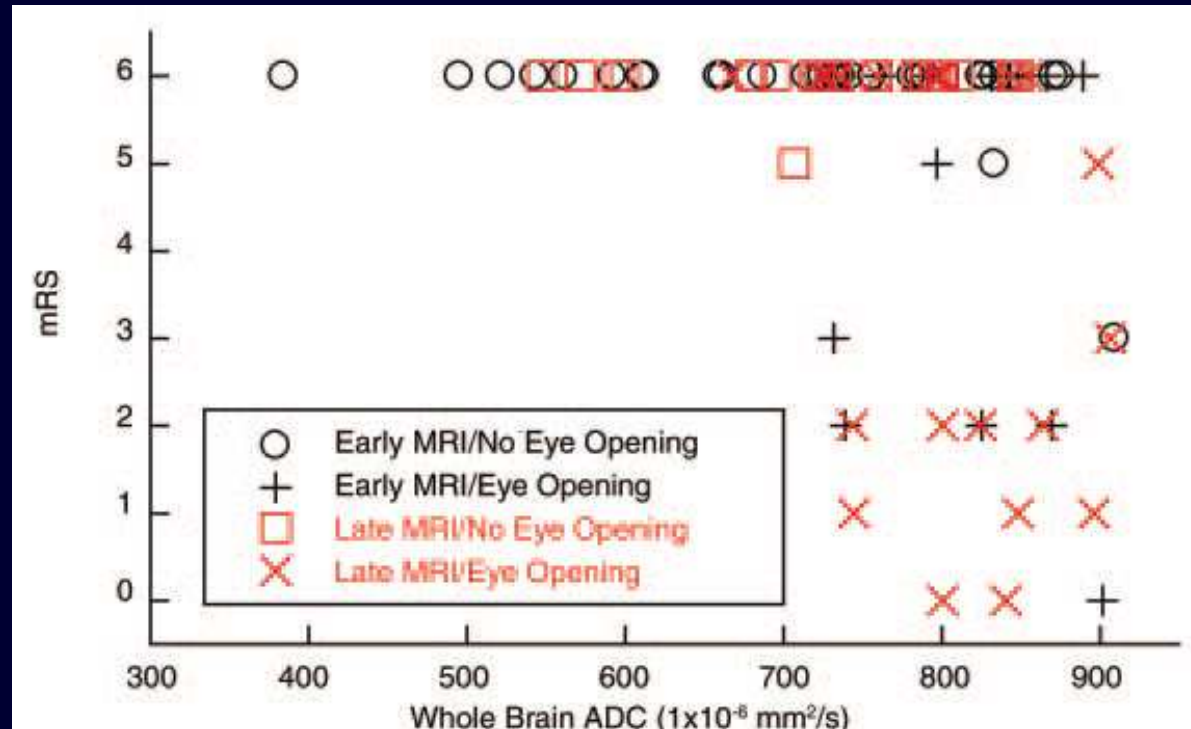
RM



Mlynash M, Campbell DM, Leproust EM. Temporal and spatial profile of brain diffusion-weighted MRI after cardiac arrest. Stroke 2010;41:1665-1672.

SEGNI CON SIGNIFICATO PROGNOSTICO

- 80 pz. in stato di coma da arresto cardiaco
- valori di whole-brain ADC sono significativamente ridotti ($p < 0.001$) in pz con outcome sfavorevole
- la riduzione di ADC coinvolge prevalentemente la corteccia occipitale e parietale e il putamen sia in fase precoce (<4 gg) che tardiva (4-10 gg); il talamo e lo striato in fase tardiva presentano differenze di ADC meno marcate, per un fenomeno di pseudo-normalizzazione



Wu O, Sorensen AG, Benner T, Singhal AB, Furie KL, Greer DM. Comatose patients with cardiac arrest: predicting clinical outcome with diffusion-weighted MR imaging. *Radiology* 2009;252:173-181.

SEGNI CON SIGNIFICATO PROGNOSTICO

- 80 pz. in stato di coma da arresto cardiaco
- valutazione qualitativa di anomalie in DWI
- la restrizione della diffusione in una qualunque regione encefalica ha alta sensibilità (98,5%) nel predire un outcome sfavorevole (mRs >4), ma bassa specificità (48,5%)

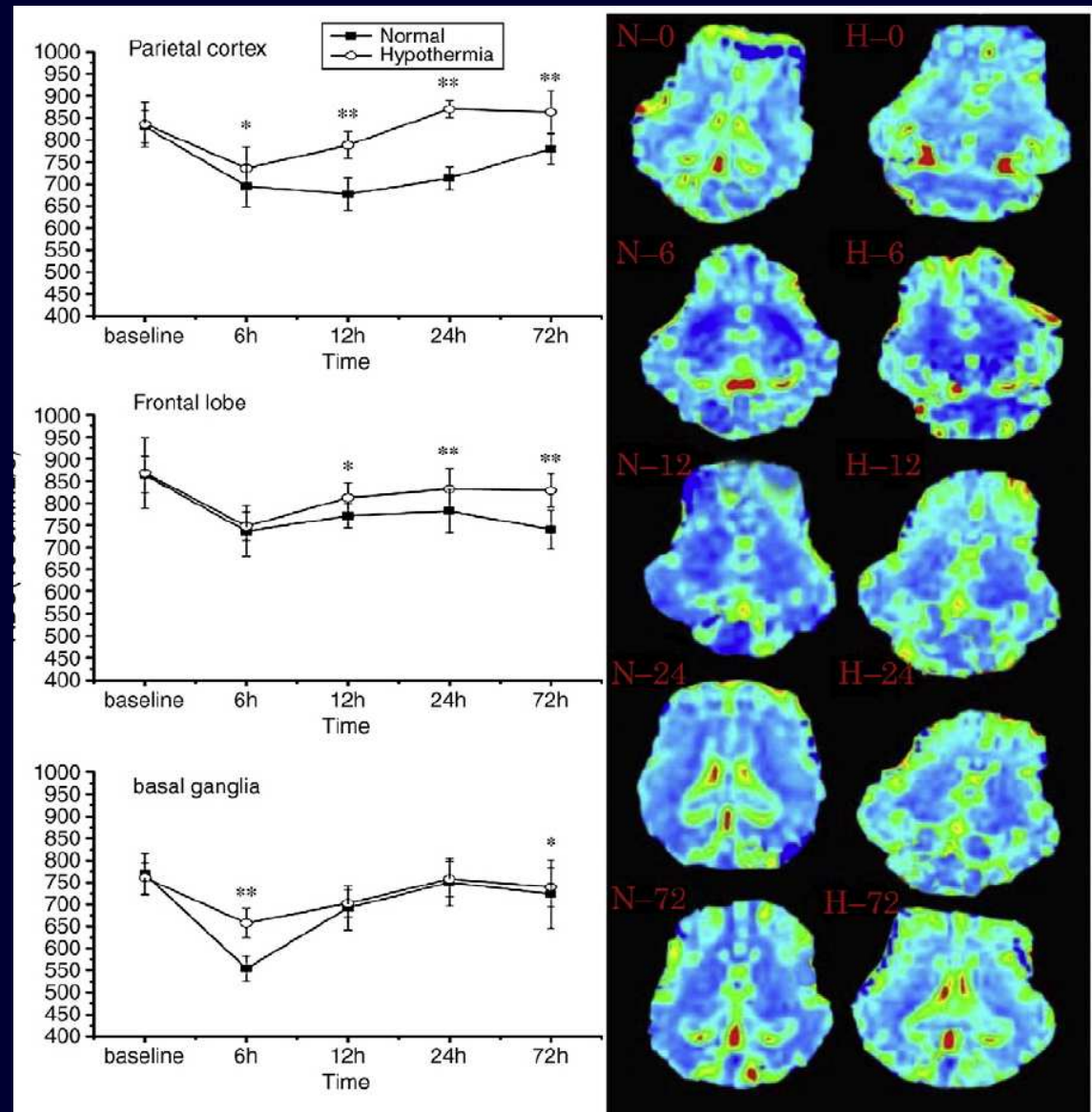
	Estimate (%)	95 % CI
a. Any imaging abnormality		
Sensitivity	98.5	90.9–100
Specificity	46.2	20.4–73.9
PPV	90.4	81–95.7
NPV	85.7	42–99.2
b. Basal ganglia abnormalities		
Sensitivity	78.8	66.7–87.5
Specificity	71.4	42–90
PPV	93	82–99.7
NPV	41.7	22.8–63
c. Cortical abnormalities		
Sensitivity	95	86–98.8
Specificity	43	18.8–70.4
PPV	88.7	78.5–94.7
NPV	67	31–91
d. Cerebellar abnormalities		
Sensitivity	60.6	47.8–72.2
Specificity	57	29.6–81.2
PPV	86.9	73–94.6
NPV	76.5	58.4–89

Greer D, Scripko P, Bartscher J, et al. Clinical MRI interpretation for outcome prediction in cardiac arrest. *Neurocrit Care* 2012;17:240–244

EFFETTI DELL'IPOTERMIA

- modello porcino (31)
- minore riduzione di ADC e minore >NAA e < Cho in casi trattati con ipotermia dopo arresto cardiaco rispetto a casi non trattati

Tang Z, Li C, Zhao H. Effects of hypothermia on brain injury assessed by magnetic resonance imaging after cardiopulmonary resuscitation in a porcine model of cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 2013;31:86-93



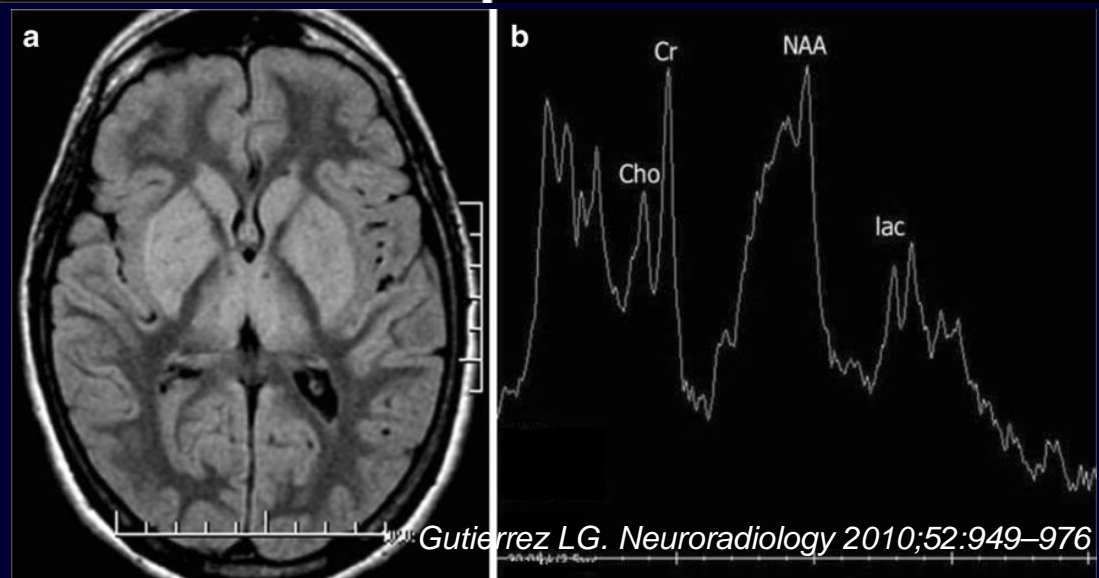
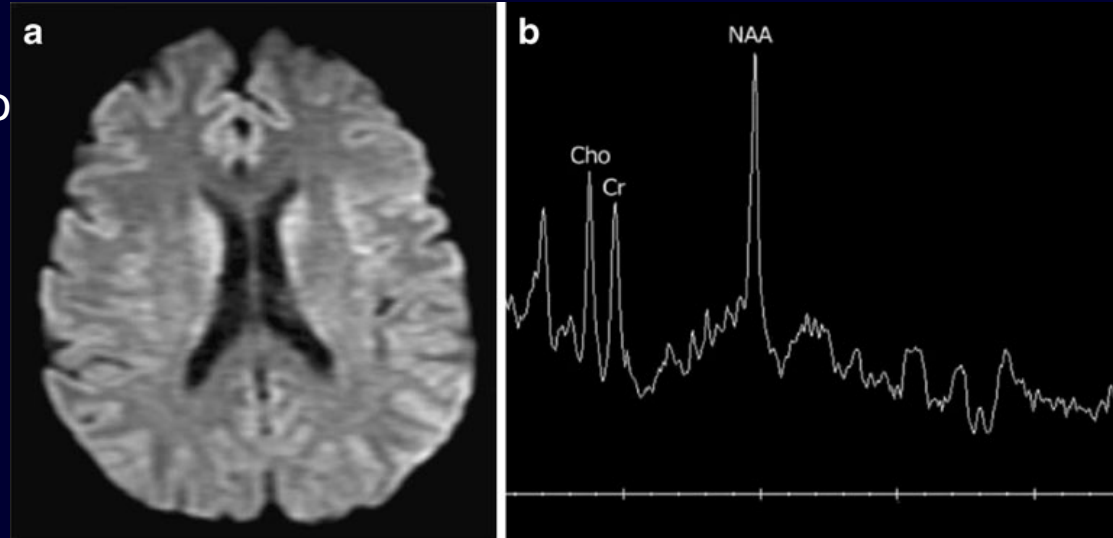
ARRESTO CARDIACO TECNICHE AVANZATE DI NEUROIMAGING

MRS

- alta sensibilità al danno ipossico in fase acuta-subacuta precoce
- bassa specificità
- < NAA - > Cho in fase acuta e subacuta precoce
- > lac in fase acuta potente indicatore prognostico negativo

Penrice J. Pediatr Res 1996;40:6-14

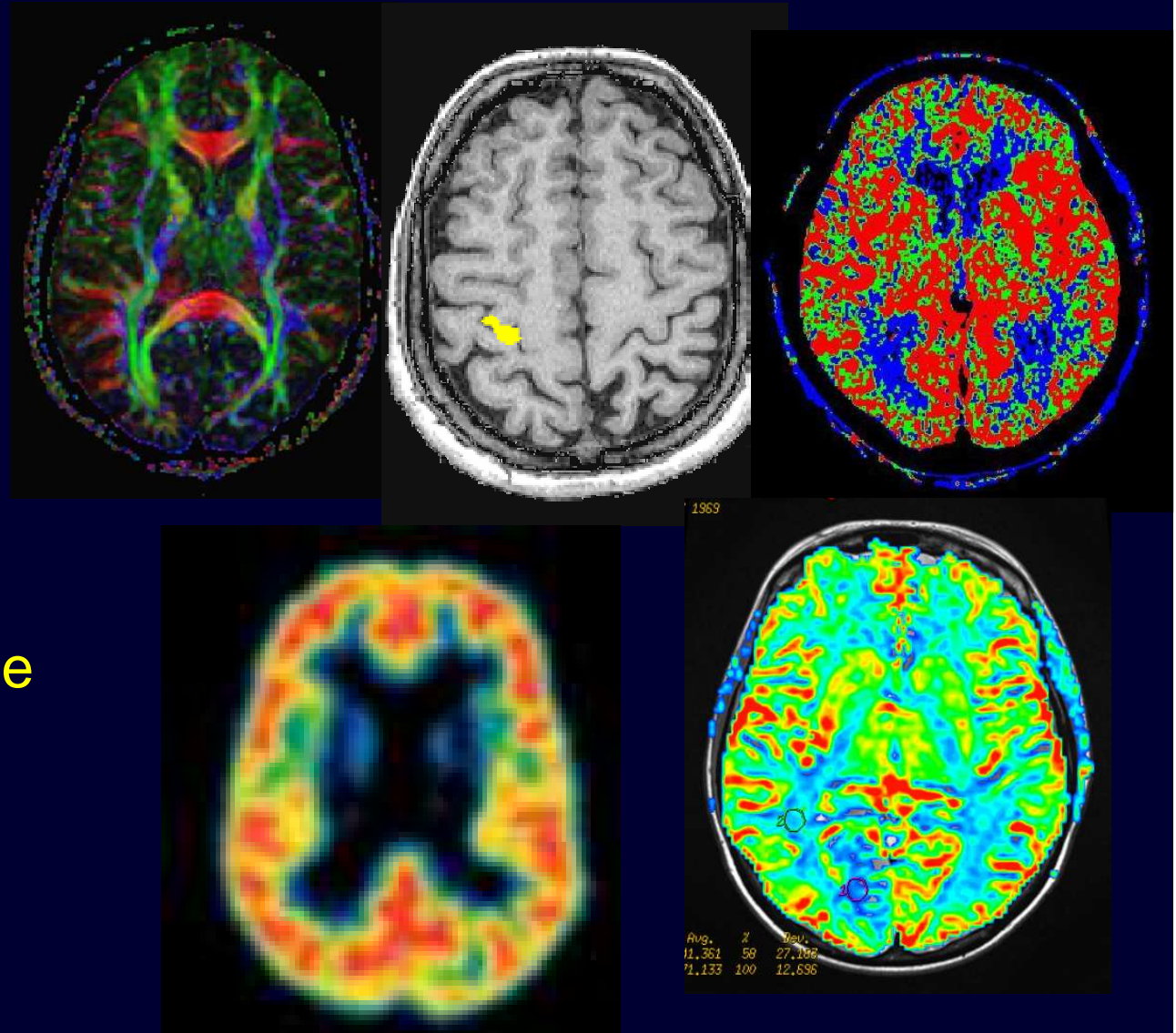
Kano H. Neurosurg Rev 2006;29: 88-92



Gutierrez LG. Neuroradiology 2010;52:949-976

ARRESTO CARDIACO TECNICHE AVANZATE DI NEUROIMAGING

- DTI
- fMRI
- perfusion CT
- perfusion MRI
- PET

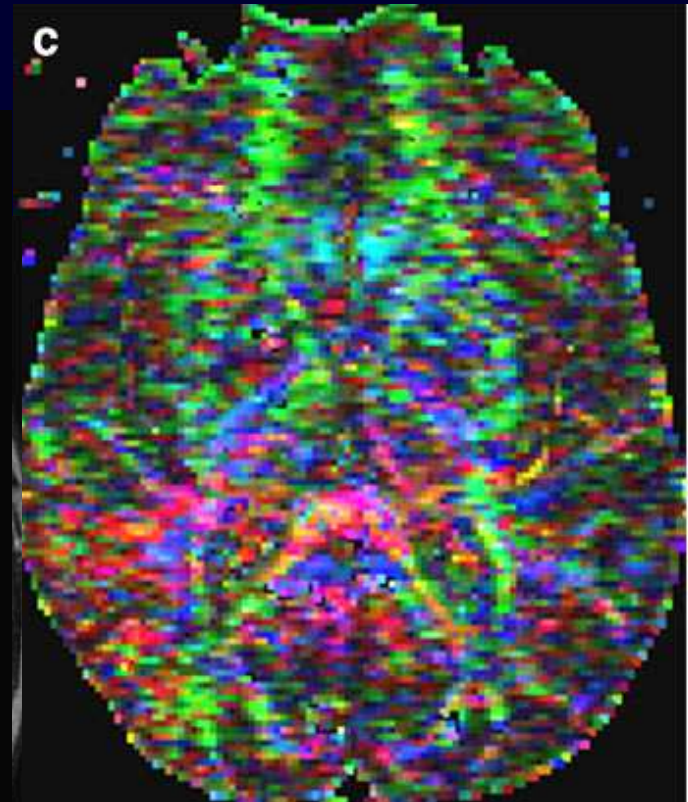
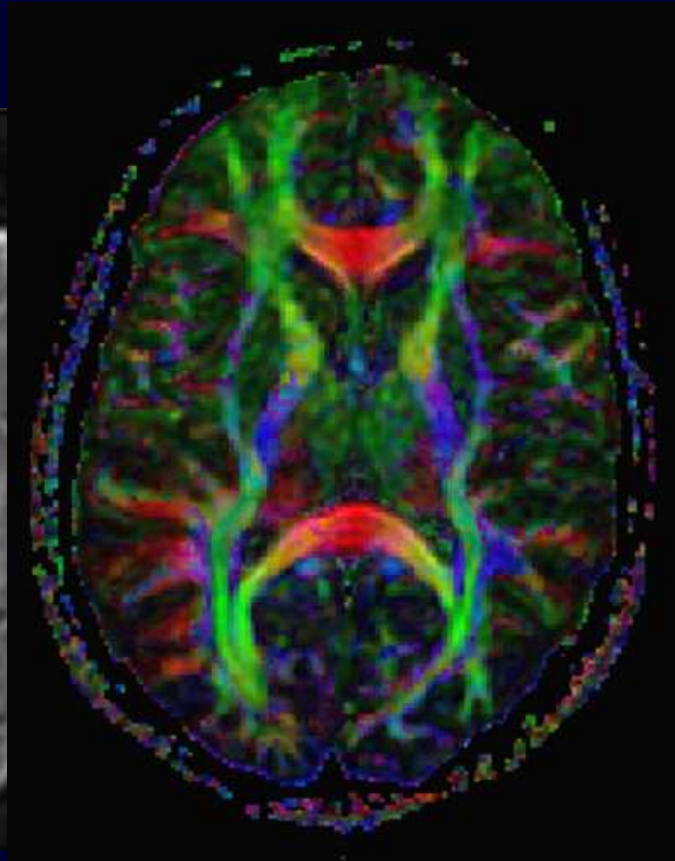
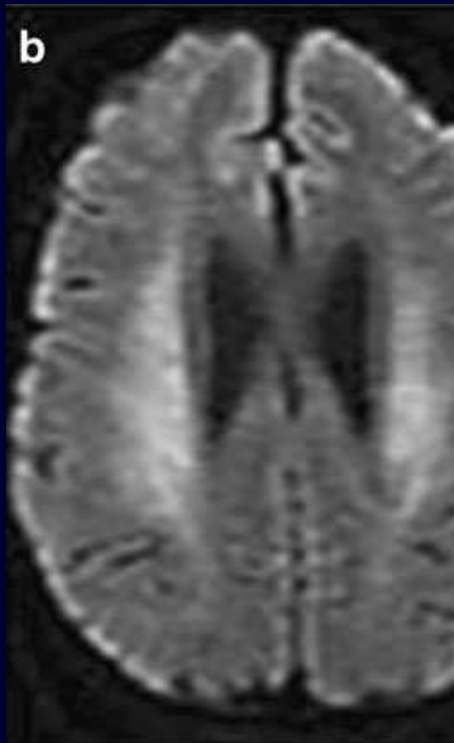


Solo studi di piccole casistiche.

ARRESTO CARDIACO
TECNICHE AVANZATE DI NEUROIMAGING

DTI

la riduzione di FA inizia in fase
acuta e aumenta fino alla fase
subacuta tardiva

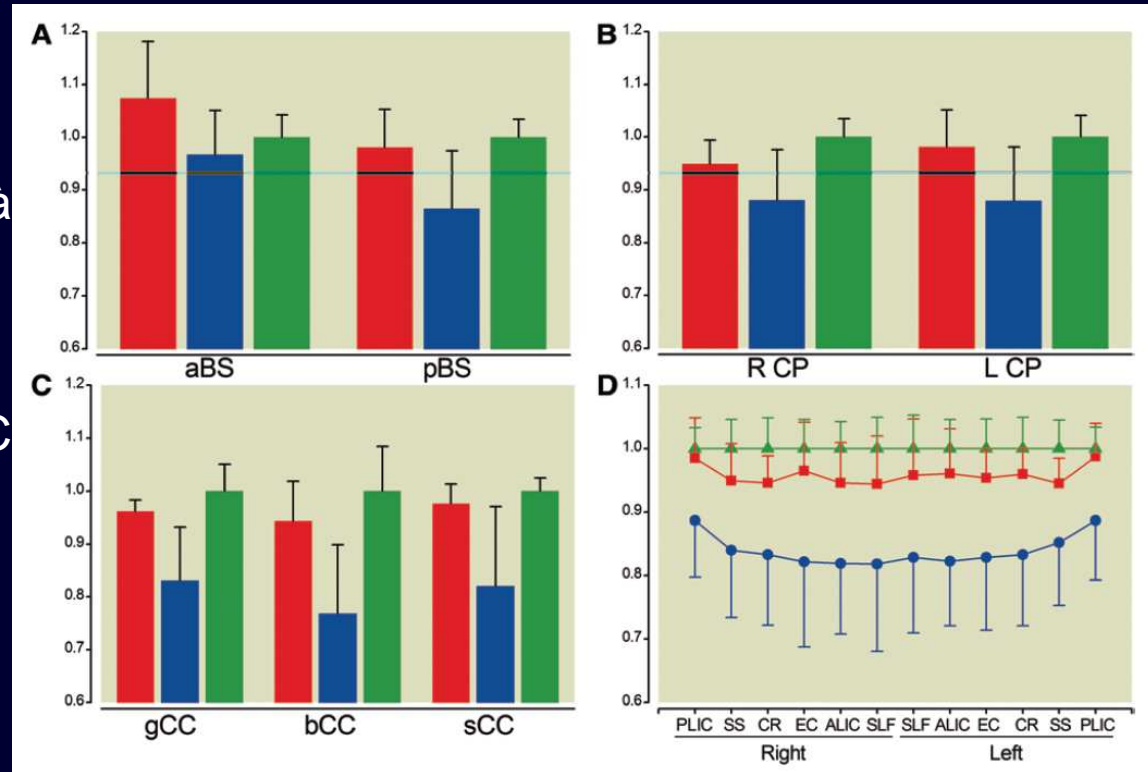


Gutierrez LG. Neuroradiology 2010;52:949-976

ARRESTO CARDIACO TECNICHE AVANZATE DI NEUROIMAGING

DTI

- 57 pz. In coma da arresto cardiaco
- predittività per outcome funzionale a 1 a con sensibilità 94% e specificità 100% per valutazioni quantitative con DTI a 7-14 gg dall'arresto
- accuratezza superiore ad ADC

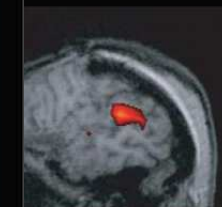
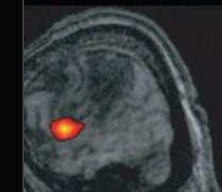


TECNICHE

In alcuni paz
di attivazione
rumore

RI

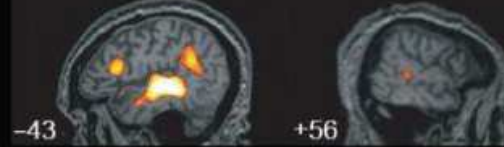
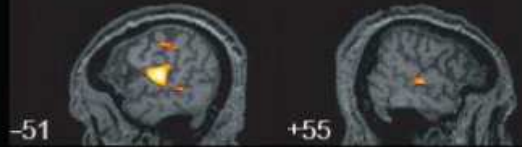
nd



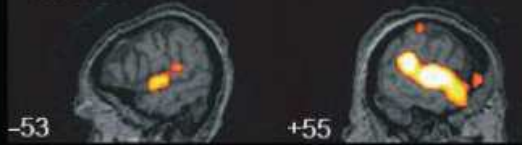
(a) Sound

(b) Speech

MCS2



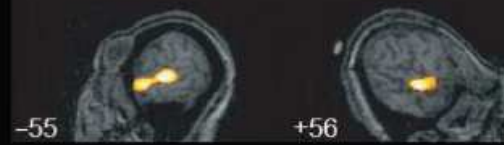
MCS5



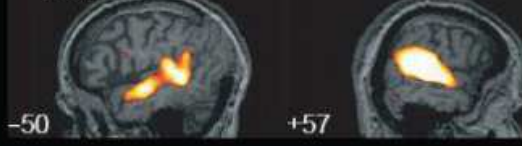
VS1



VS6



VS7



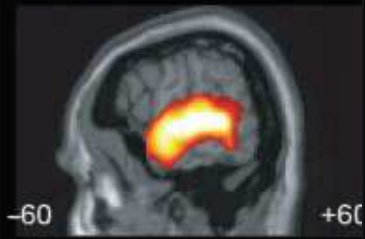
$p < 5 \times 10^{-2}$

$p < 1 \times 10^{-7}$



Coleman MR. Brain 2007;130:2494-1507

(a) All Sound - Sil



ARRESTO CARDIACO - RUOLO DEL NEUROIMAGING

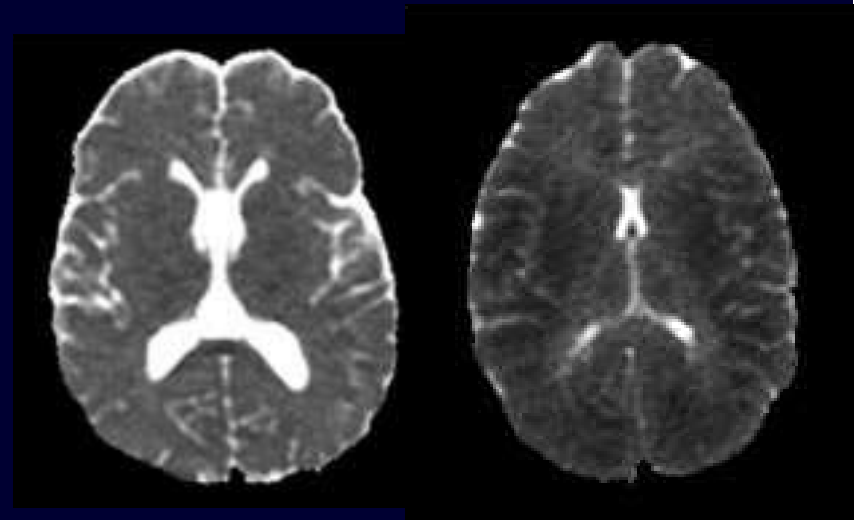
DIAGNOSI

TC cerebrale in emergenza in caso di diagnosi incerta (esclusione di cause cerebrali primitive dello stato clinico)

PROGNOSI

RM con sequenze DWI entro 3-7 gg – MRS? – DTI?

- esclusi pz. che si risvegliano rapidamente dallo stato di coma (outcome favorevole) e pz con assenza di risposta pupillare o assenza di riflessi corneali o assenza di SSEPs bilateralmente (outcome sfavorevole)
- pz. clinicamente stabili





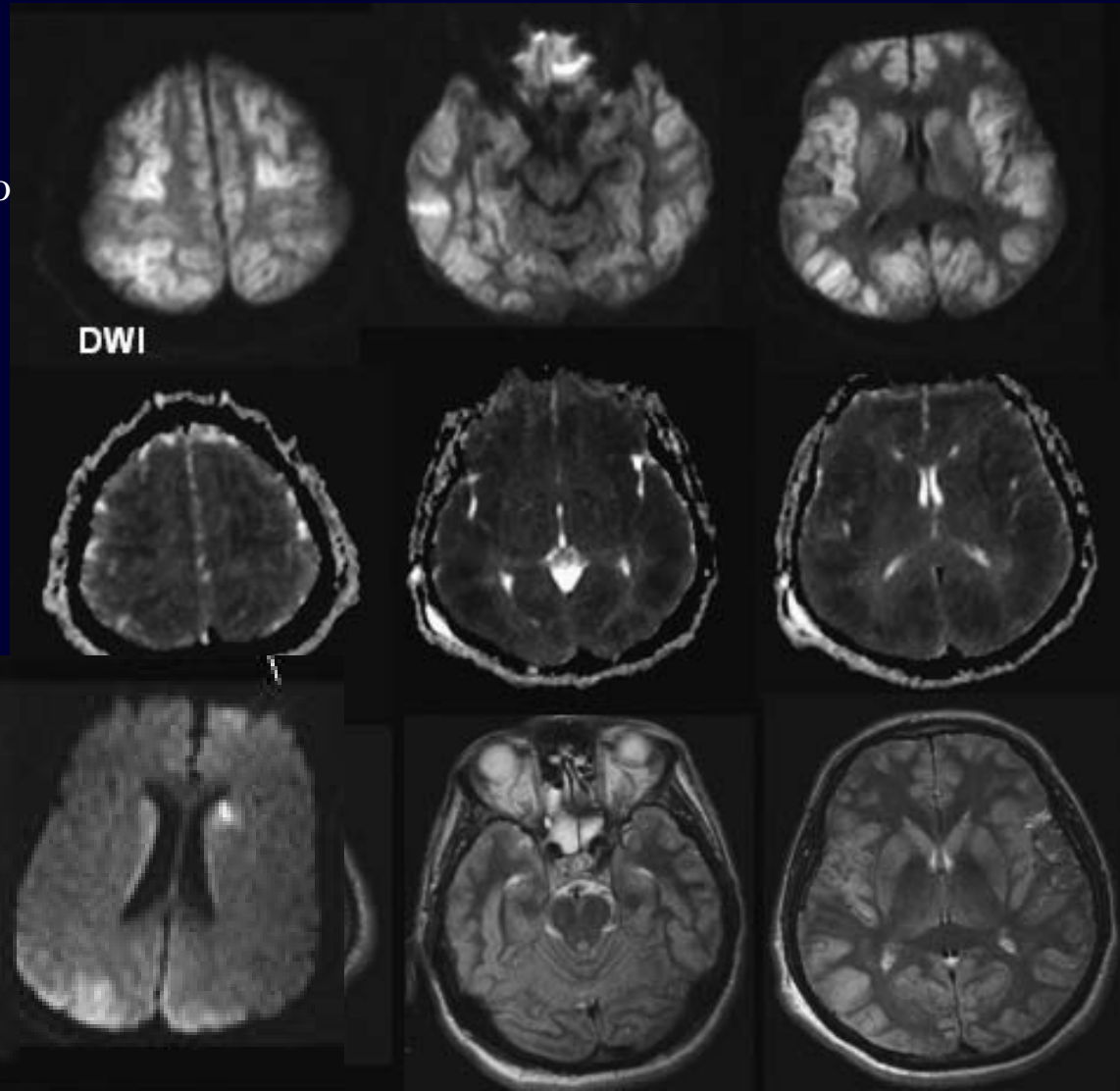




SEGNI CON SIGNIFICATO PROGNOSTICO

- l'esame RM morfologico (DWI - FLAIR T2) effettuato in fase acuta o subacuta precoce aumenta il significato prognostico dell'esame clinico neurologico in pz. comatosi post-arresto cardio-respiratorio. Il reperto di lesioni corticali estese ha forte significato prognostico negativo.

Topcuoglu MA. Intern Med 2009;48:1635–1645



OK

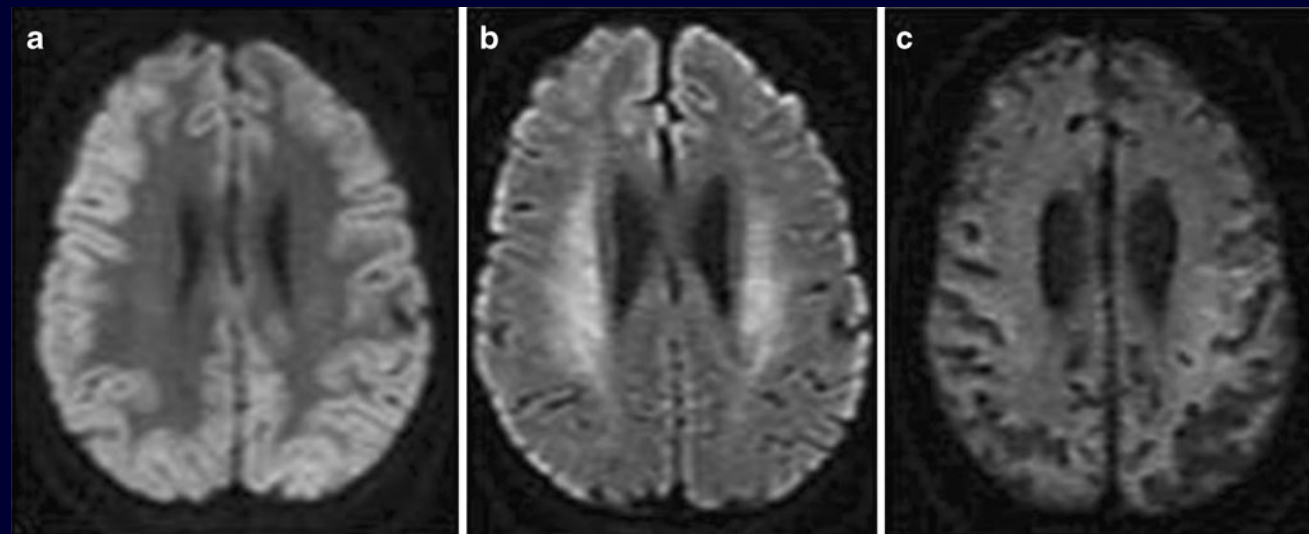
SEGNI CON SIGNIFICATO PROGNOSTICO

- Restrizione della diffusione in fase acuta in ampie aree corticali temporali, parietali e occipitali è associata a danno irreversibile e a prognosi sfavorevole, anche a dispetto dei dati dei test elettrofisiologici.

Gutierrez LG. Neuroradiology 2010;52:949–976

- Reperti DWI e FLAIR normali sono associati a prognosi favorevole.

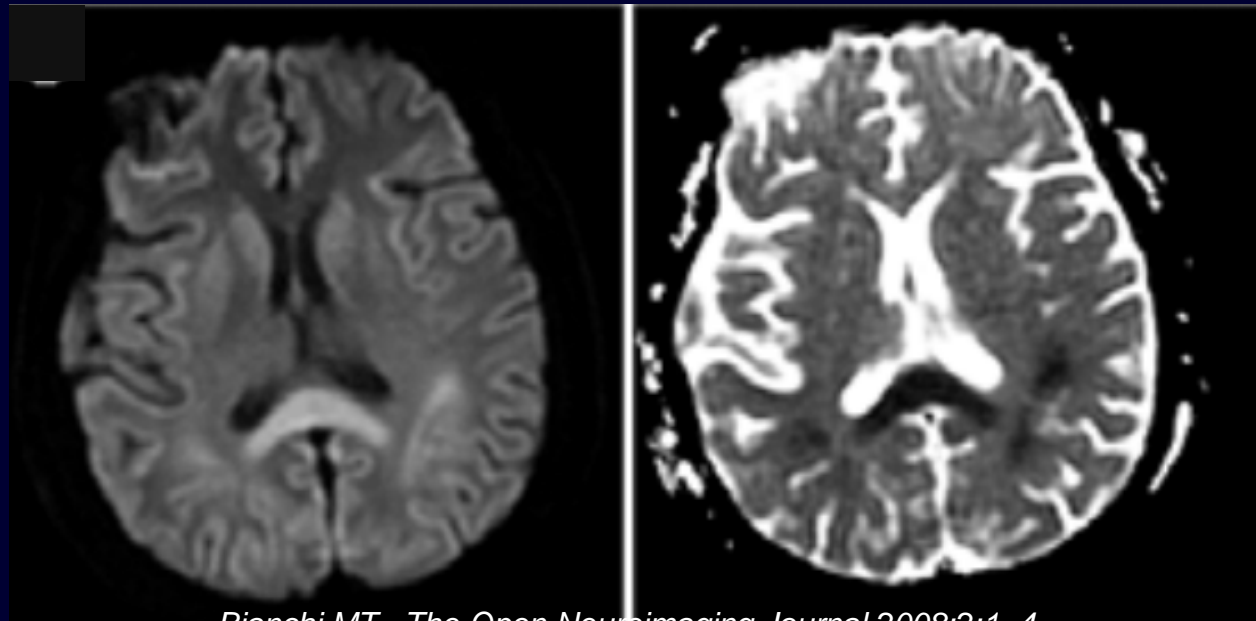
Els T. Acta Neurol Scand 2004;110:361–367



Gutierrez LG. Neuroradiology 2010;52:949–976

SEGNI CON SIGNIFICATO PROGNOSTICO

- Il volume ippocampale in fase subacuta tardiva o cronica è correlabile a disturbi mnesici
Di Paola M. Hippocampus 2008;18:719–728
- Lesioni della sostanza bianca, associate o meno a lesioni corticali, per oltre i 2/3 di un emisfero sono indici di prognosi sfavorevole.
Ammermann H. J Neurol Sci 2007;260(65–70)
- Restrizione della diffusione nello splenio del corpo calloso in fase subacuta tardiva è correlata a prognosi sfavorevole.
Bianchi MT. The Open Neuroimaging Journal 2008;2:1–4



Bianchi MT. The Open Neuroimaging Journal 2008;2:1–4