



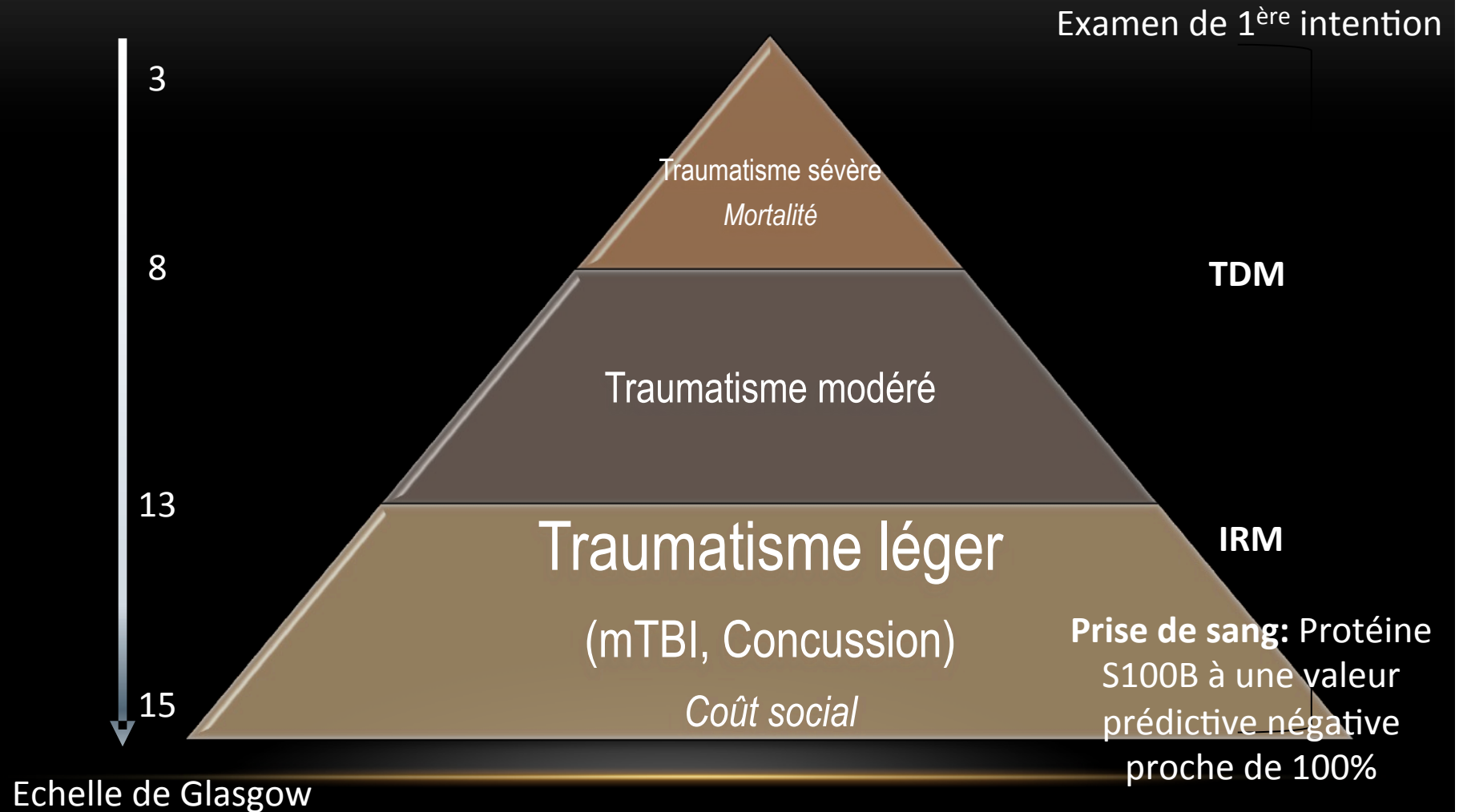
TRAUMATO EN NEURORADIO

What's up?

Dr Arnaud ATTYE, Pr Alexandre KRAINIK

Clinique universitaire de Neuroradiologie et d'IRM
CHU Grenoble

INTRODUCTION



Introduction

Motifs de consultation en imagerie

- Encéphalopathie chronique post-traumatique
- Vestibulopathie avec ou sans troubles oculomoteurs
- Baisse de l'acuité visuelle / Troubles olfactifs

Encéphale

Appareil
cochléo-
vestibulaire?

Voies
visuelles et
olfactives

Lésions cérébrales primaires

Lésions axonales hémorragiques

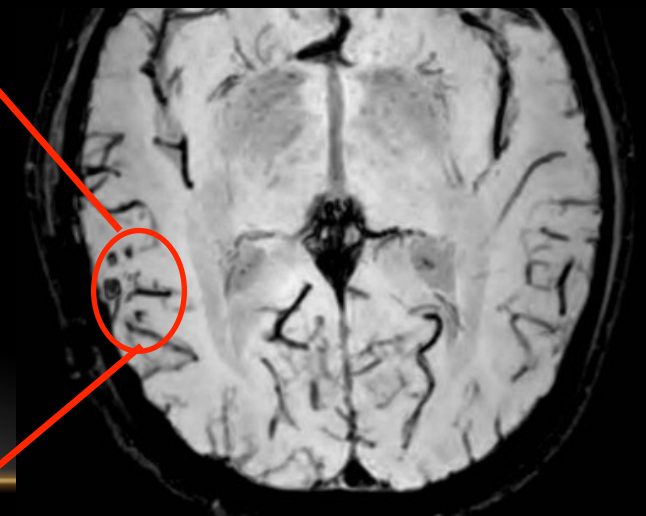
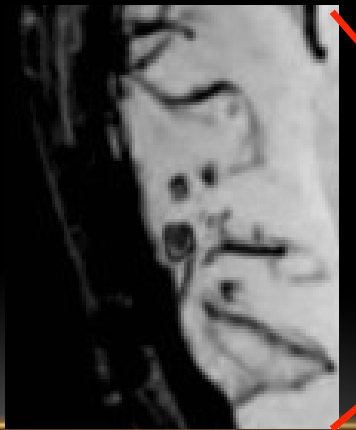
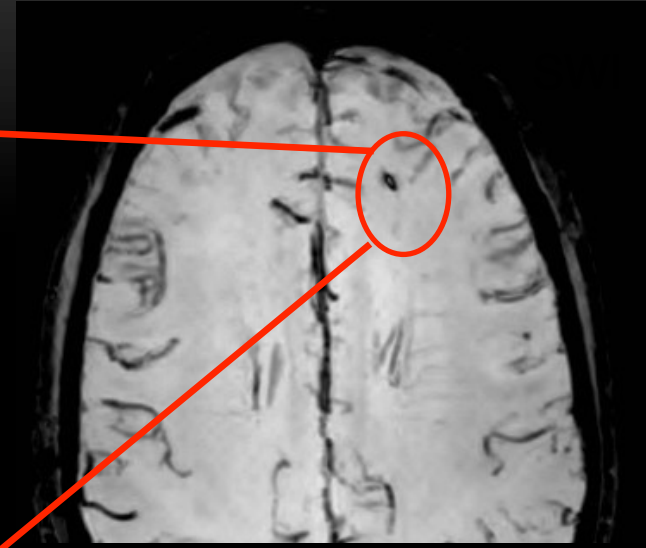
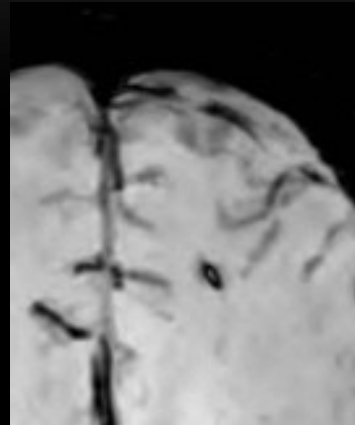
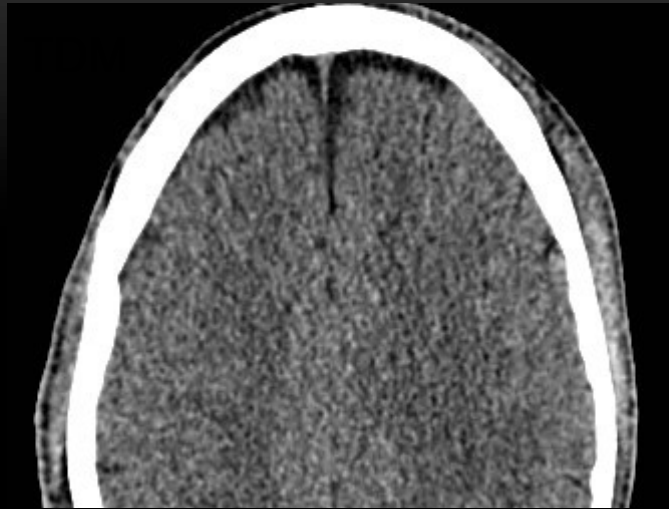
- Lésions les plus fréquentes (*Parizel*, Eur Radiol 1998)
- Jonction SB/SG, essentiellement fronto-temporales, mais peuvent être présente partout (*Wang*, Neurol Sci 2014)
- Importance de la cinétique du traumatisme

Lésions cérébrales primaires

Lésions axonales hémorragiques



Lésions cérébrales primaires



H23 ans, chute sur une barre rocheuse. Pas de PCI ou de déficit neurologique. Fracture pariétale droite

Lésions IRM et encéphalopathie chronique post-traumatique

LAD et Trauma répétés?

Trauma et Park?



Sport et encéphalopathie?

Trauma et SLA?

Trauma et Alzheimer?

TRAUMA ET TROUBLES NEURO-COGNITIFS

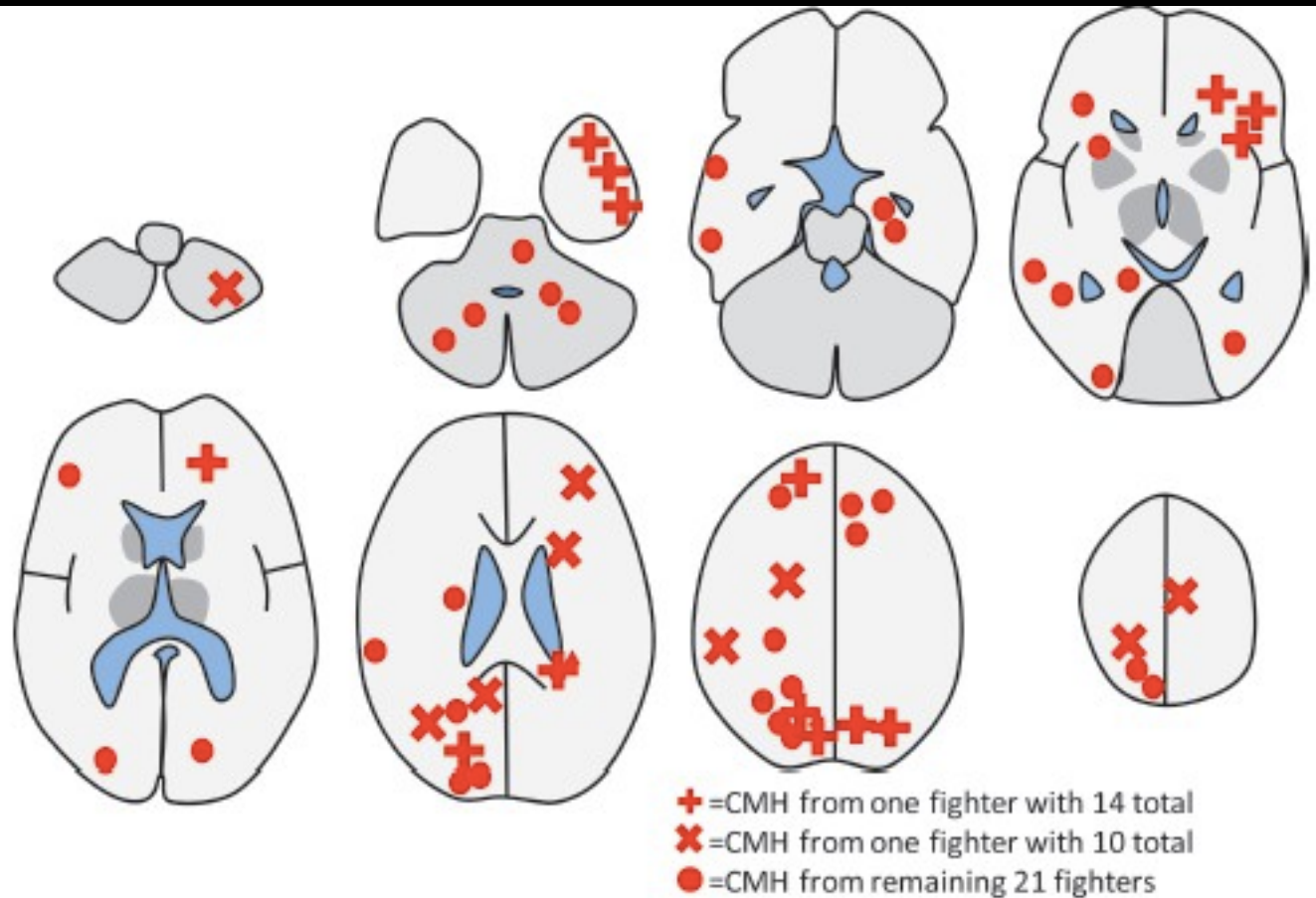
- Environ 1% de la population présente un traumatisme crânien chaque année
(Centers for Disease Control and Prevention. 2012)
- Attention médiatique attirée par les traumatismes répétés en football américain, boxe ou pour les vétérans de guerre.
- Le syndrome de stress post-traumatique est souvent associé aux séquelles de trauma crânien, particulièrement chez les militaires.
- Contrairement aux mTBI, le risque de maladie d'Alzheimer est augmenté en cas d'antécédents de traumatisme crânien grave unique par dépôt de substance amyloïde (Moretti et al., Lancet Neurol 2012).

TRAUMA ET TROUBLES NEURO-COGNITIFS

- En cas de mTBI répétés, des troubles neuro-cognitifs associés à une tauopathie histopathologique et des dépôts neuro-fibrillaires ont d'abord été décrite chez le boxeur (*Corsellis, Boxing and Brain 1989 BMJ*)
- Une association de ces troubles neuro-cognitifs (« Dementia pugilistica ») avec le syndrome parkinsonien a ensuite été décrite.
- Cette présentation clinique est maintenant associée à d'autres dans l'encéphalopathie chronique post-traumatique, liée aux antécédents de traumatisme crânien unique ou répétés (*DeKosky, Nat Review Neurol, 2013*)

Encéphalopathie chronique post-traumatique

Existe t'il des LAD en IRM si antécédents traumatiques dans un contexte de sport?



Lee et al, AJNR 2017

Encéphalopathie chronique post-traumatique

Jordan Nat Rev Neurol 2013;9:222-30

Box 3 | Clinical presentations of CTE

Behavioural and psychiatric features

- Aggression and/or agitation
- Apathy
- Impulsivity
- Depression
- Delusions (such as paranoia)
- Suicidality

Cognitive features

- Impaired attention and concentration
- Memory problems
- Executive dysfunction
- Dementia
- Visuospatial difficulties
- Language impairment

Motor features

- Dysarthria, including scanning speech
- Spasticity
- Ataxia, including incoordination
- Parkinsonism, including tremors
- Gait disturbance
- Motor neuron disease (possibly)

Table 1 | Clinical criteria for chronic traumatic encephalopathy

Classification	Definition	Clinical examples
Definite	Any neurological process consistent with the clinical presentation of CTE along with pathological confirmation (tauopathy ± diffuse amyloid deposition ± TDP-43 deposition)	Cognitive, behavioural, and/or motor dysfunction
Probable	Any neurological process characterized by two or more of the following conditions: cognitive and/or behavioural impairment; cerebellar dysfunction; pyramidal tract disease or extrapyramidal disease; clinically distinguishable from any known disease process and consistent with the clinical description of CTE	Cognitive impairment and extrapyramidal dysfunction suggestive of parkinsonism Associated cerebellar dysfunction that is inconsistent with parkinsonism
Possible	Any neurological process that is consistent with the clinical description of CTE but can be potentially explained by other known neurological disorders	Alzheimer disease or other primary dementia Parkinson disease Primary cerebellar degeneration Wernicke–Korsakoff syndrome Amyotrophic lateral sclerosis
Improbable	Any neurological process that is inconsistent with the clinical description of CTE and can be explained by a pathophysiological process unrelated to brain trauma	Cerebrovascular disease Multiple sclerosis Brain neoplasm Other inherited neurological disorders

Abbreviations: CTE, chronic traumatic encephalopathy; TDP-43, TAR DNA-binding protein 43.



Pas de biomarqueur reproductible: diagnostic définitif à l'autopsie

Encéphalopathie chronique post-traumatique

Box 5 | McKee neuropathological classification of CTE⁴⁵

Stage I

Normal brain weight. Focal epicenters of perivascular p-tau, and neurofibrillary and astrocytic tangles involving the sulcal depths and typically affecting the superior and dorsolateral frontal cortices.

Stage II

Normal brain weight. Multiple epicenters at the depths of the sulci with localized spread from epicenters to the superficial layers of adjacent cortex. No neurofibrillary p-tau involvement in the medial temporal lobe.

Stage III

Mild reduction in brain weight. Mild cerebral atrophy with dilatation of the lateral and third ventricles. Septal abnormalities. Moderate depigmentation of the locus coeruleus and mild depigmentation of the substantia nigra. Atrophy of the mammillary bodies and thalamus. Widespread p-tau pathology in the frontal, insular, temporal and parietal cortices. Neurofibrillary pathology in the amygdala, hippocampus and entorhinal cortex.

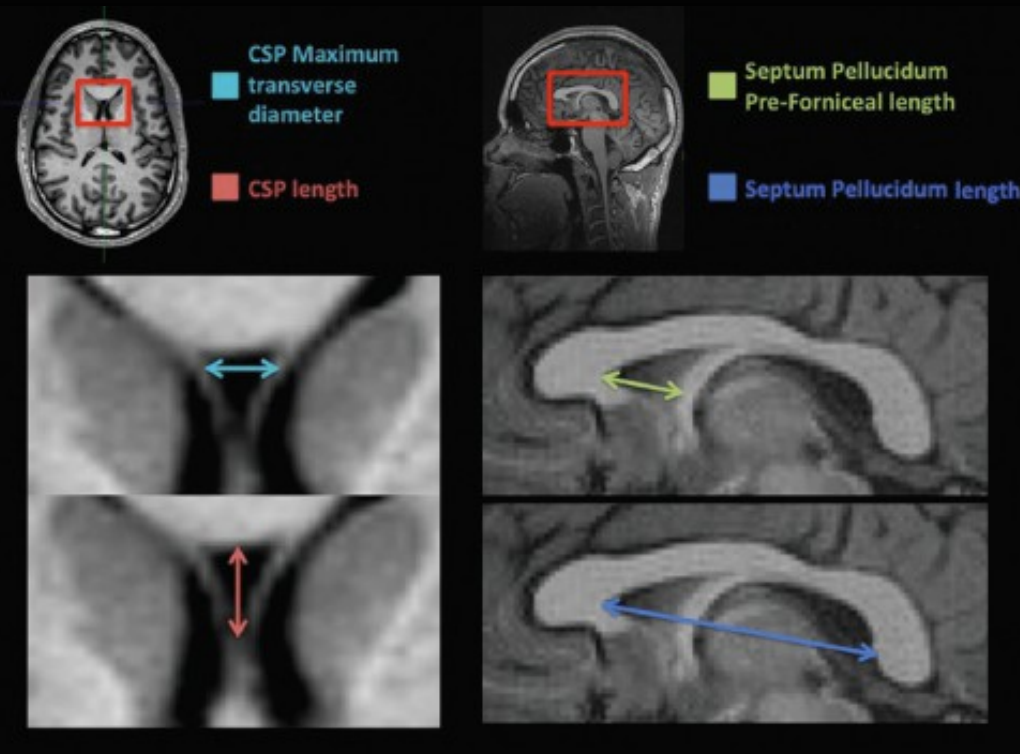
Stage IV

Marked reduction in brain weight with atrophy of the cerebral cortex. Marked atrophy of the medial temporal lobe, thalamus, hypothalamus and mammillary bodies. Severe p-tau pathology affecting most regions of the cerebral cortex and the medial temporal lobe, sparing the calcarine cortex. Severe p-tau pathology in the diencephalon, basal ganglia, brainstem and spinal cord. Marked axonal loss of subcortical white matter tracts.

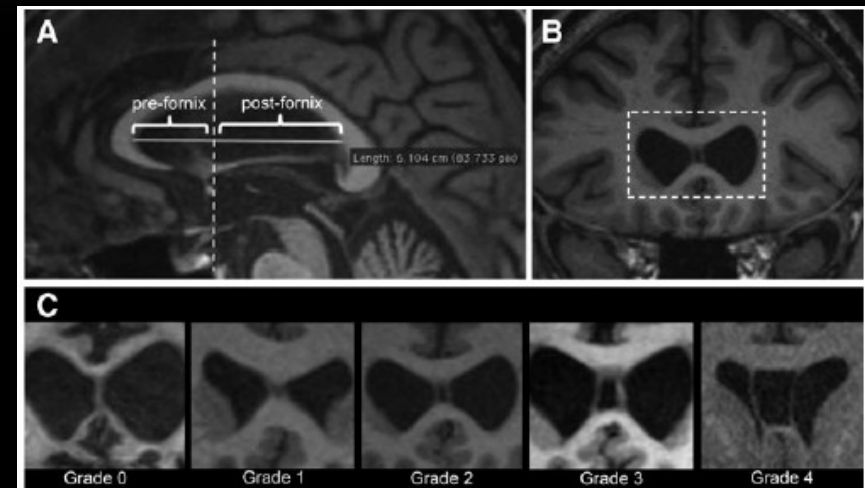
Abbreviations: CTE, chronic traumatic encephalopathy; p-tau, phosphorylated tau.

Encéphalopathie chronique post-traumatique

Existe t'il des des lésions spécifiques en IRM des trauma répétés?



Lee et al, AJNR 2017

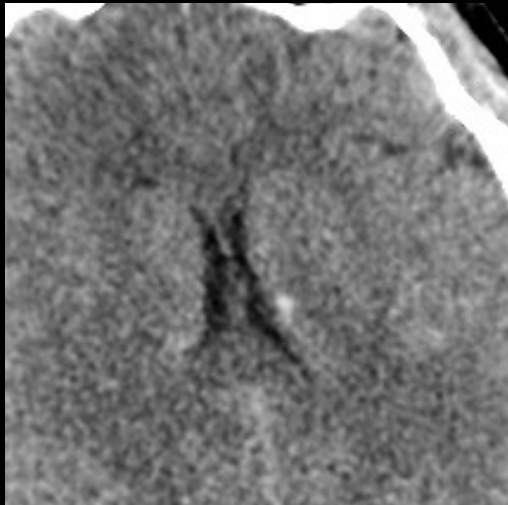


Gardner et al, J Neurotrauma 2016

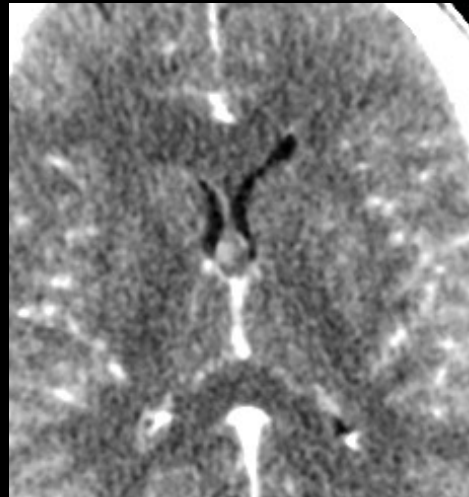
La longueur du cavum du septum est associée avec des tests de mémoire et de prononciation de mots altérés (*Koerte et al, J Neurotrauma 2016*)

Encéphalopathie chronique post-traumatique

Existe t'il des des lésions spécifiques en IRM des trauma répétés?



H1



H5



J17



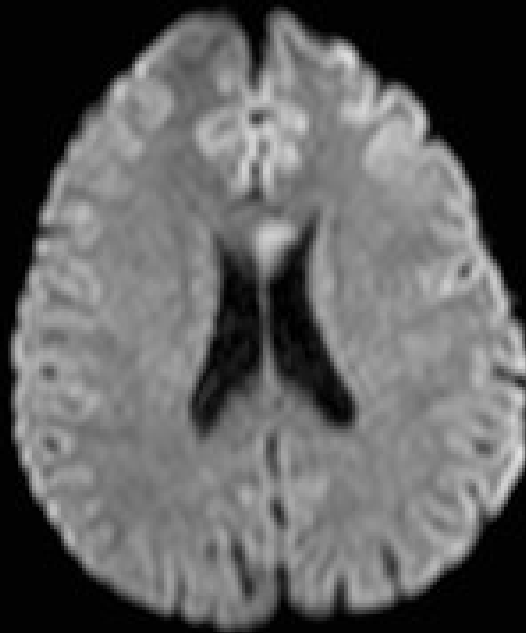
M5

Encéphalopathie chronique post-traumatique

Existe t'il des des lésions spécifiques en IRM des trauma répétés?



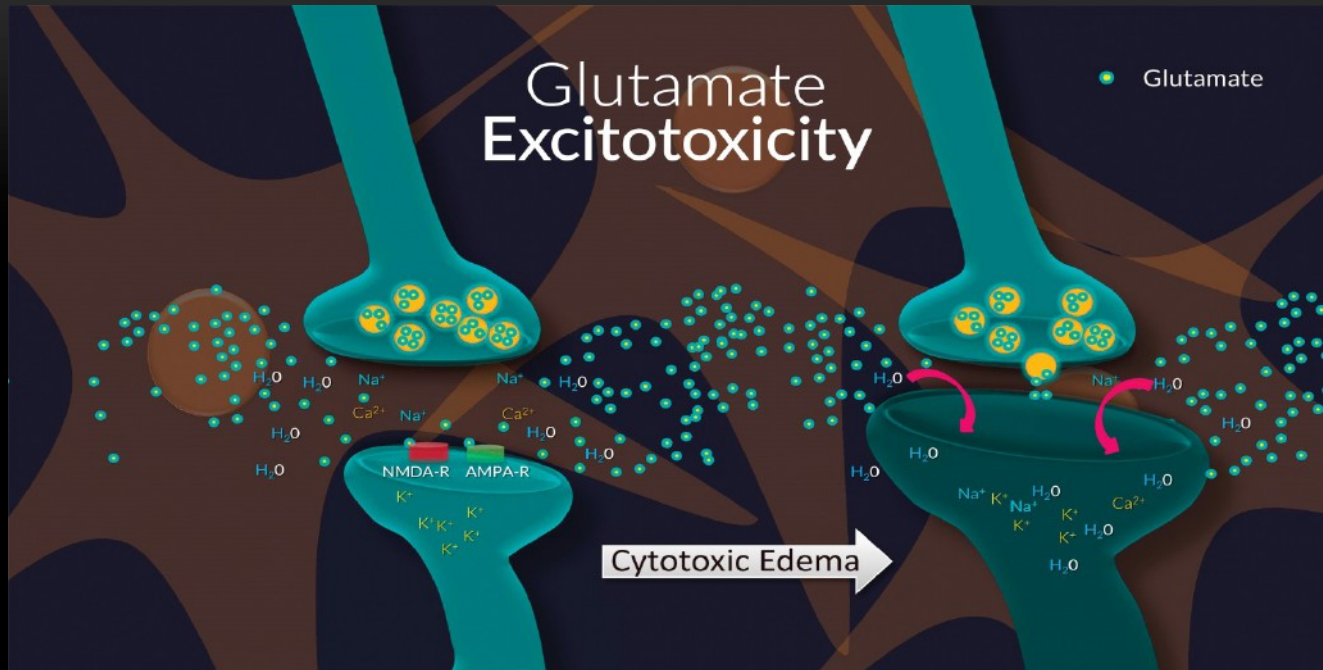
J6



J21

Trauma de ski, 52 ans, mTBI, perte de connaissance avec amnésie des faits

Encéphalopathie chronique post-traumatique



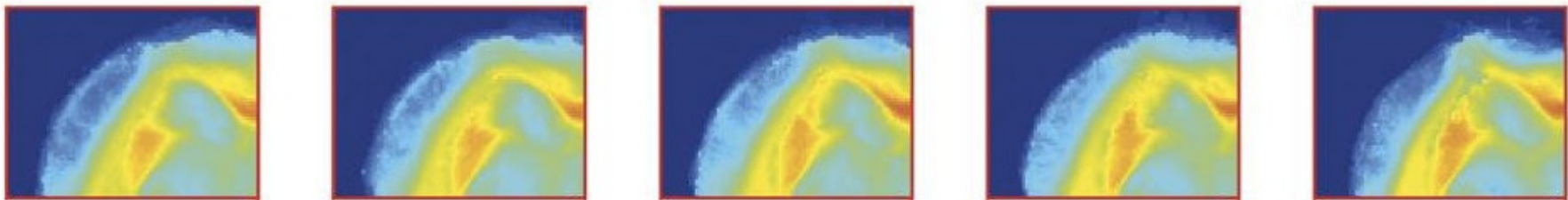
amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazole propionic acid receptors (*AMPA-R*), allowing sodium ions (Na^+) and calcium ions (Ca^{2+}) to enter cells, potassium ions (K^+) to leave cells, and water (H_2O) to enter (pink arrows) and become trapped within neurons. This process leads to cytotoxic edema. Because the intracellular water cannot freely move, cytotoxic edema is manifest as reduced diffusion at MR imaging.

RadioGraphics,
<http://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/rq.2017160085>

Published in: Jay Starkey; Nobuo Kobayashi; Yuji Numaguchi; Toshio Moritani; *RadioGraphics* 2017, 37, 562-576.
DOI: 10.1148/rq.2017160085

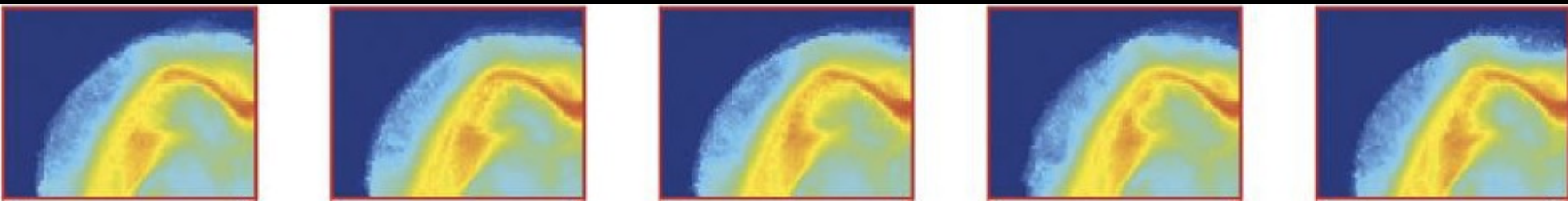
Encéphalopathie chronique post-traumatique

Modèle de mTBI



J1

J30



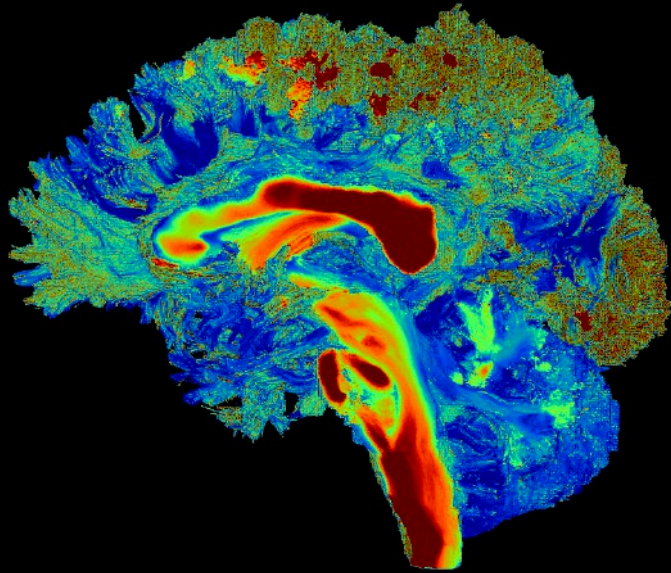
Témoin

Modèle de mTBI chez le rat: contrairement aux biomarqueurs dérivés du DTI, les anomalies en tractographie sont stables dans le temps

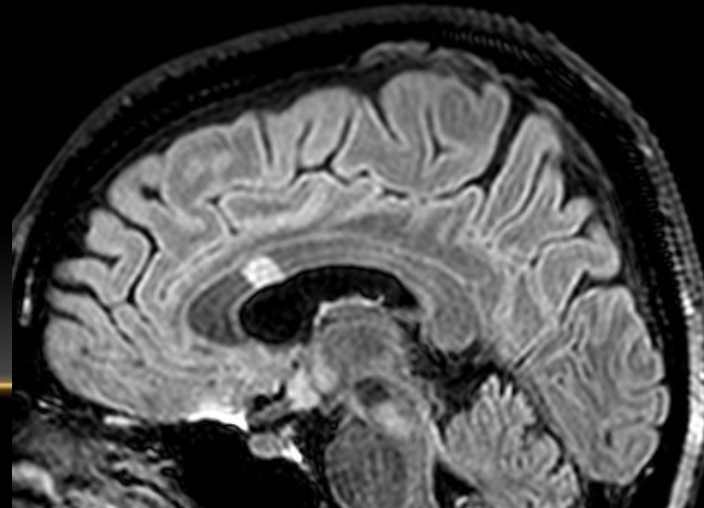
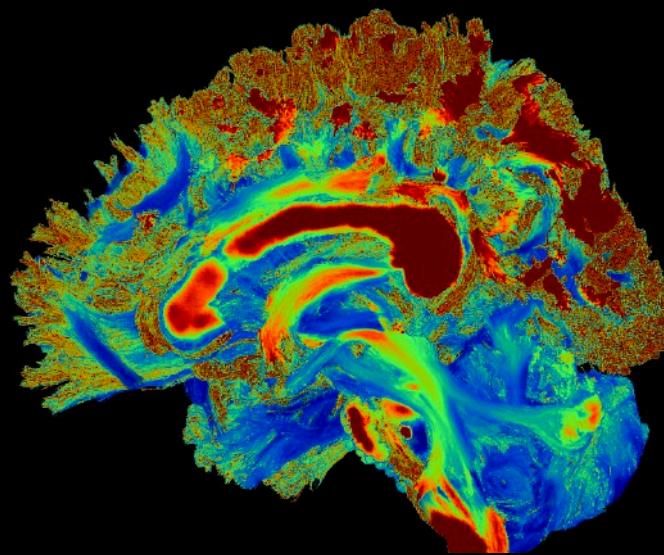
Encéphalopathie chronique post-traumatique

Cf Delouche et al. Eur J Radiol 2016;85:25-30

Post Trauma

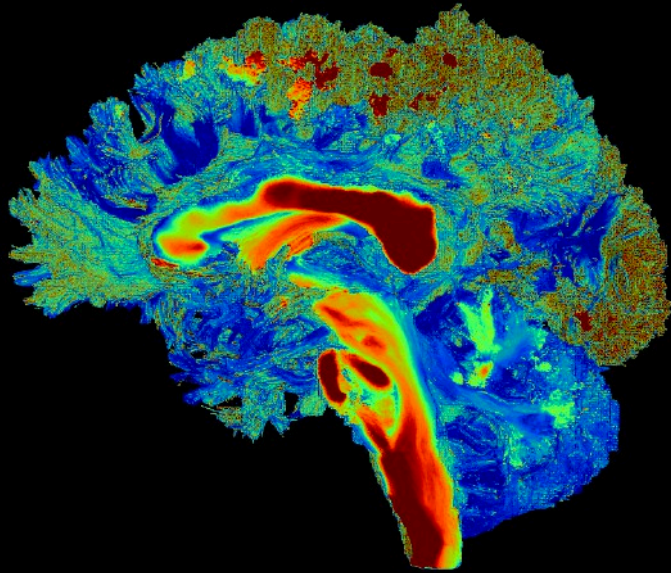


Healthy

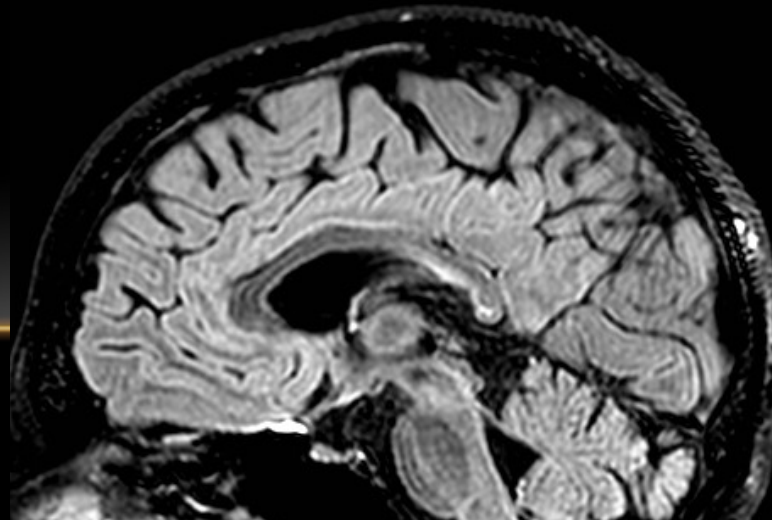
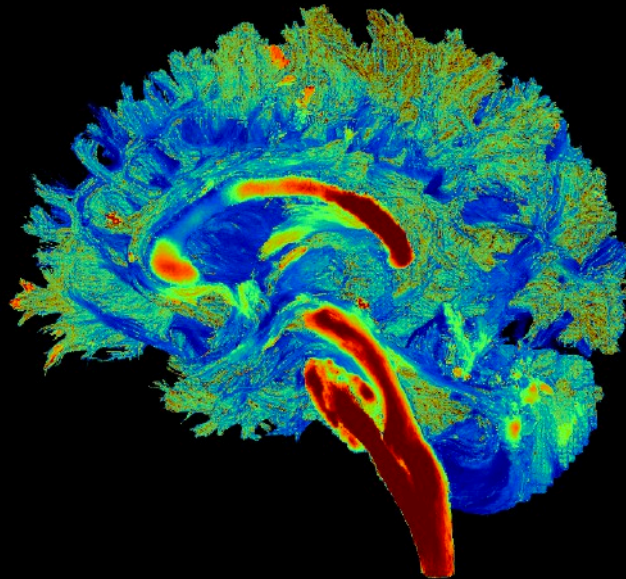


Encéphalopathie chronique post-traumatique

Post Trauma



Healthy



Lésions cérébrales primaires

Contusion oedémato-hémorragiques et hématomes péri-cérébraux

- COH beaucoup plus rares que les lésions axonales pour les traumatisés légers
- IRM plus sensible que le scanner pour la détection
- Plans orthogonaux et séquences complémentaires

Faut-il injecter?

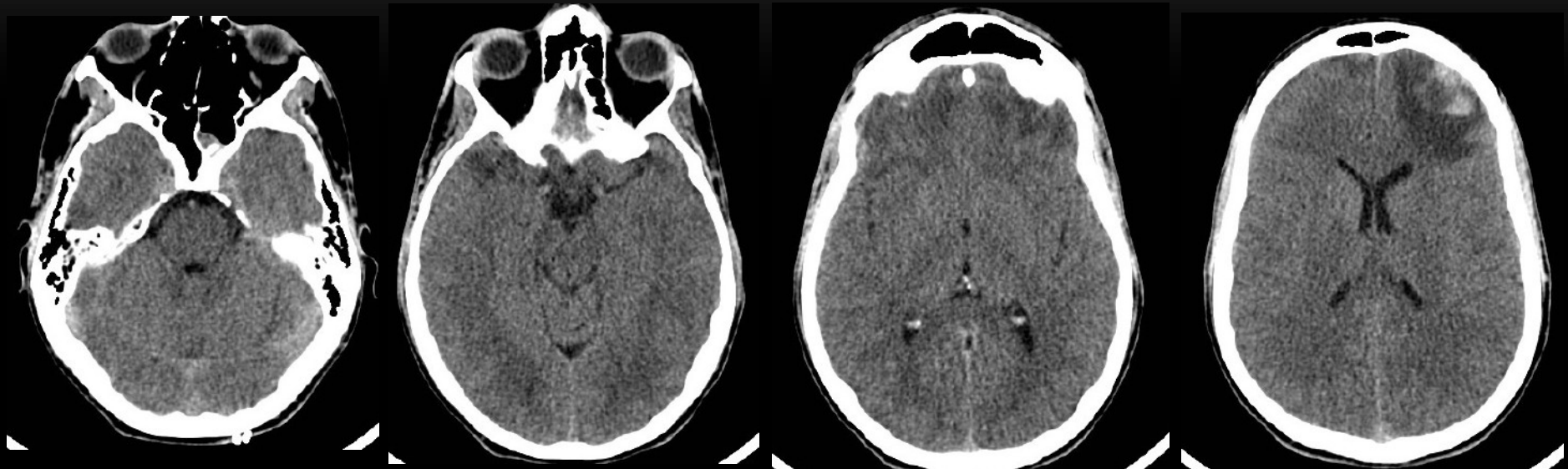
Hématome parenchymateux et injection?



Existe t'il des lésions méningées associées?

Hématome péricérébral et injection?

Contusion oedémato-hémorragiques



mTBI (GSC 11), **rare**

Contusion oedémato-hémorragiques



Sans IV



Artériel

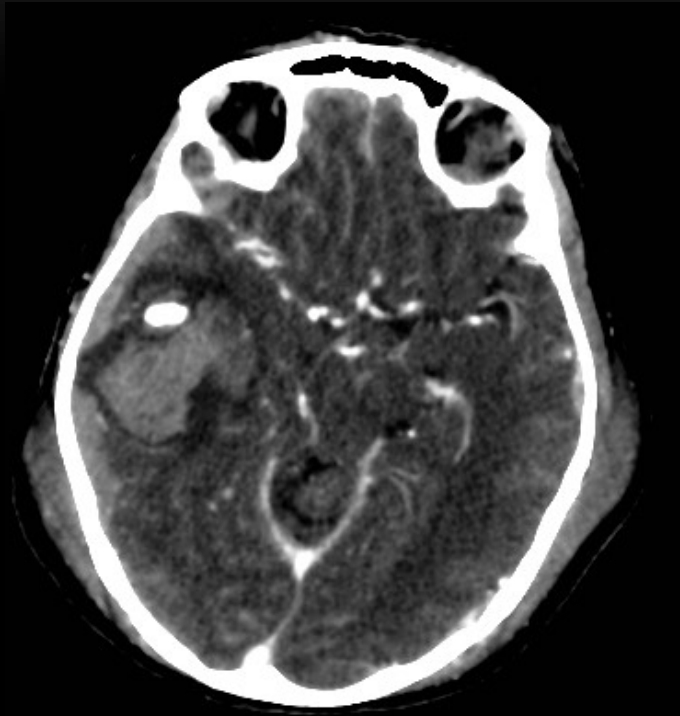


Tardif

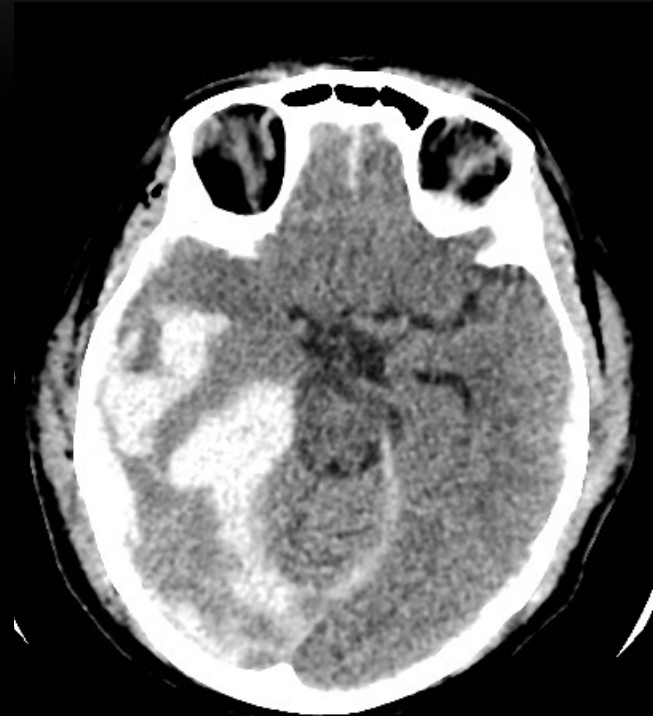
50% des HIP

Lié à l'expansion rapide de l'hématome (*Romero et al., Letourneau Guillon et al., AJNR 2013*)

Contusion oedémato-hémorragiques



Artériel J1

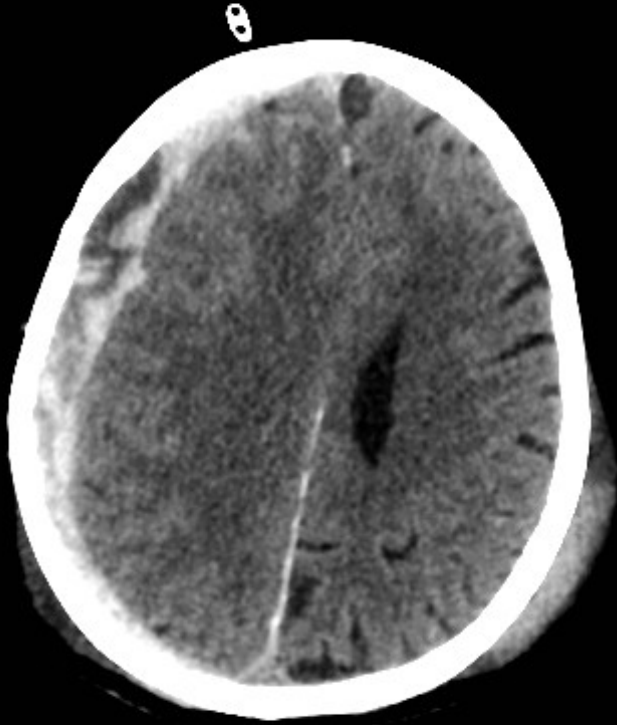


Sans IV J2

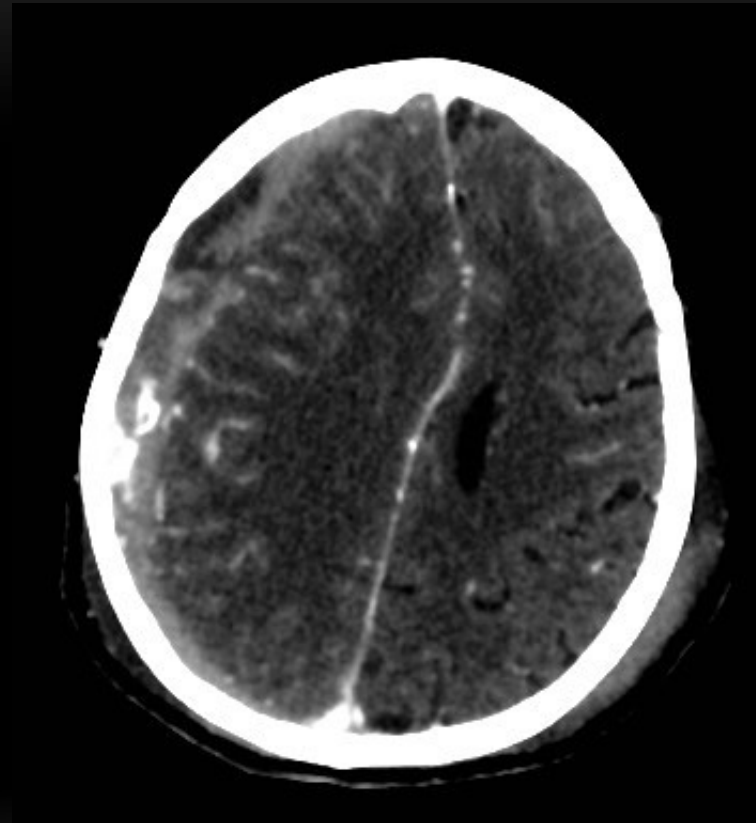
50% des HIP

Lié à l'expansion rapide de l'hématome (*Romero et al., Letourneau Guillon et al., AJNR 2013*)

Hématome péri-cérébral



Sans IV



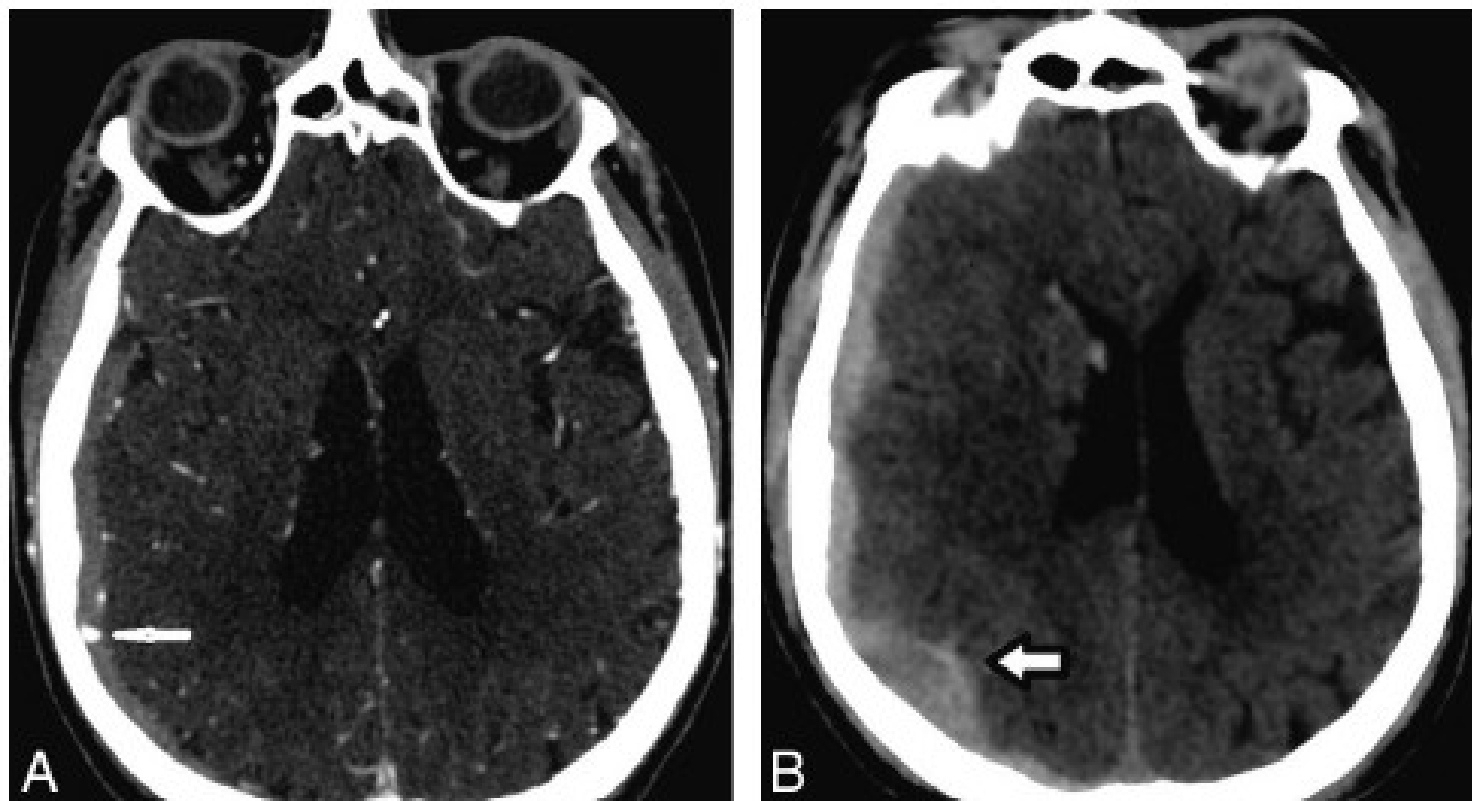
Artériel

15% des hématomes péri-cérébraux

Lié à l'expansion rapide de l'hématome (*Romero et al., Letourneau Guillon et al., AJNR 2013*)

Hématome péri-cérébral

Romero et al., AJNR 2013

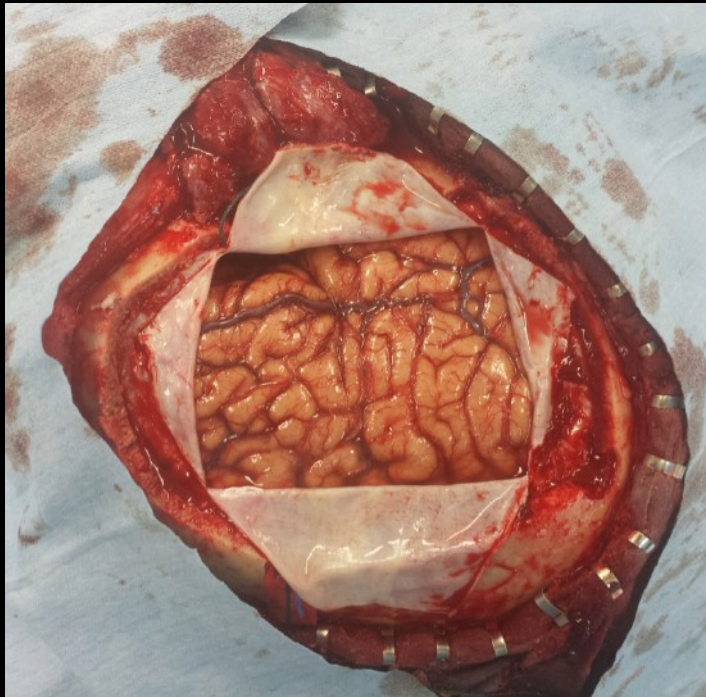


15% des hématomes péri-cérébraux

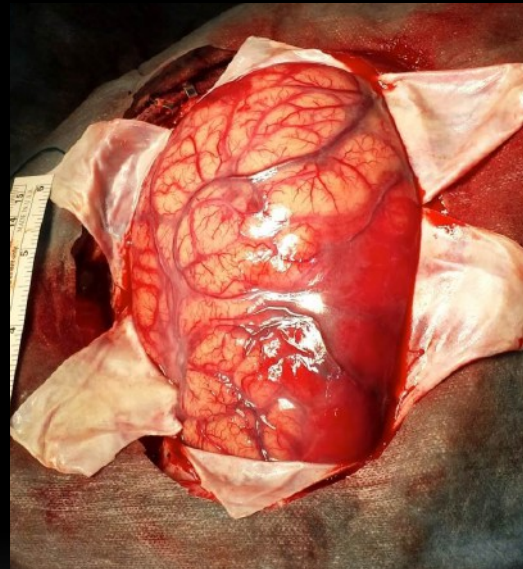
Lié à l'expansion rapide de l'hématome (Romero et al., Letourneau Guillon et al., AJNR 2013)

Contusion oedémato-hémorragiques

→ Craniectomie de décompression



Evacuation HSD



HTIC

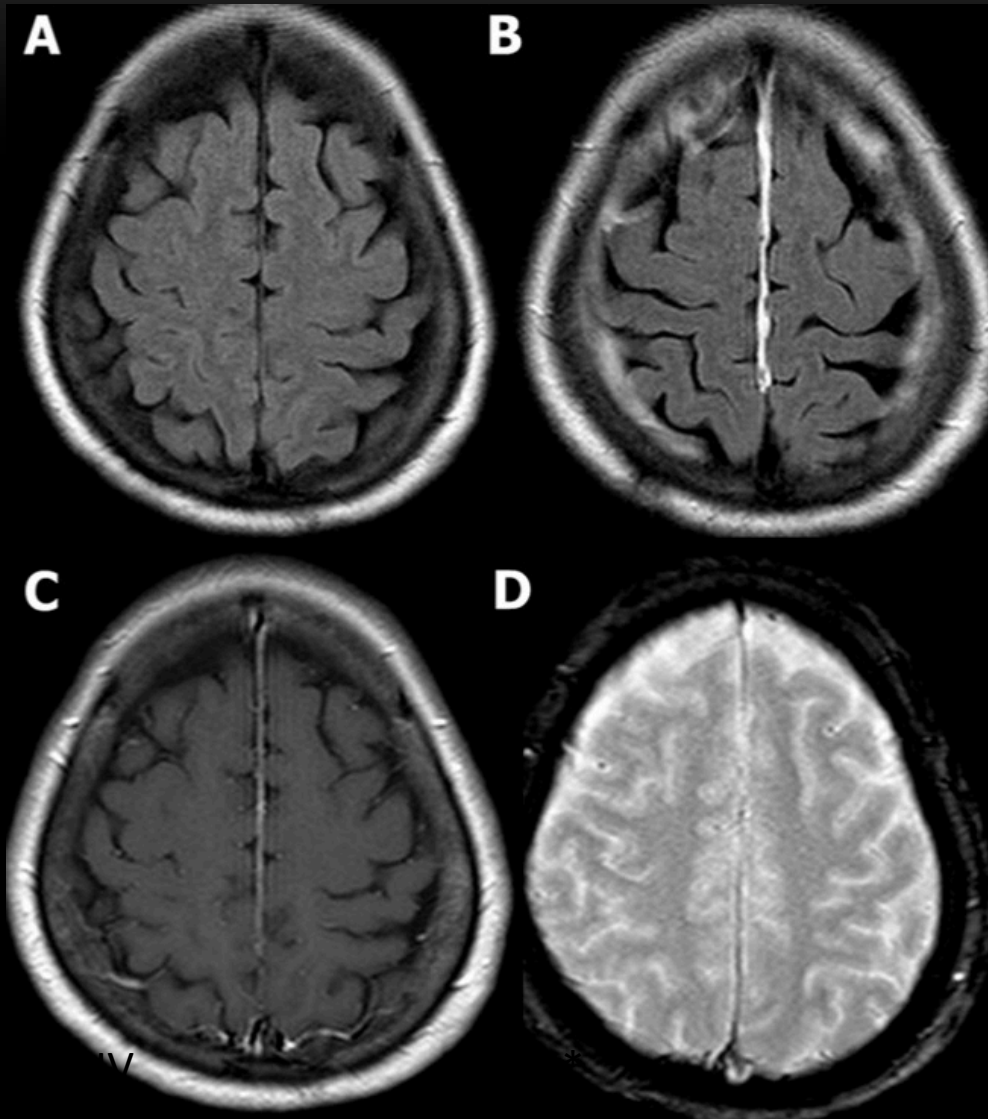


Remerciements au Dr Benjamin NICOT

Lésions méningées associées

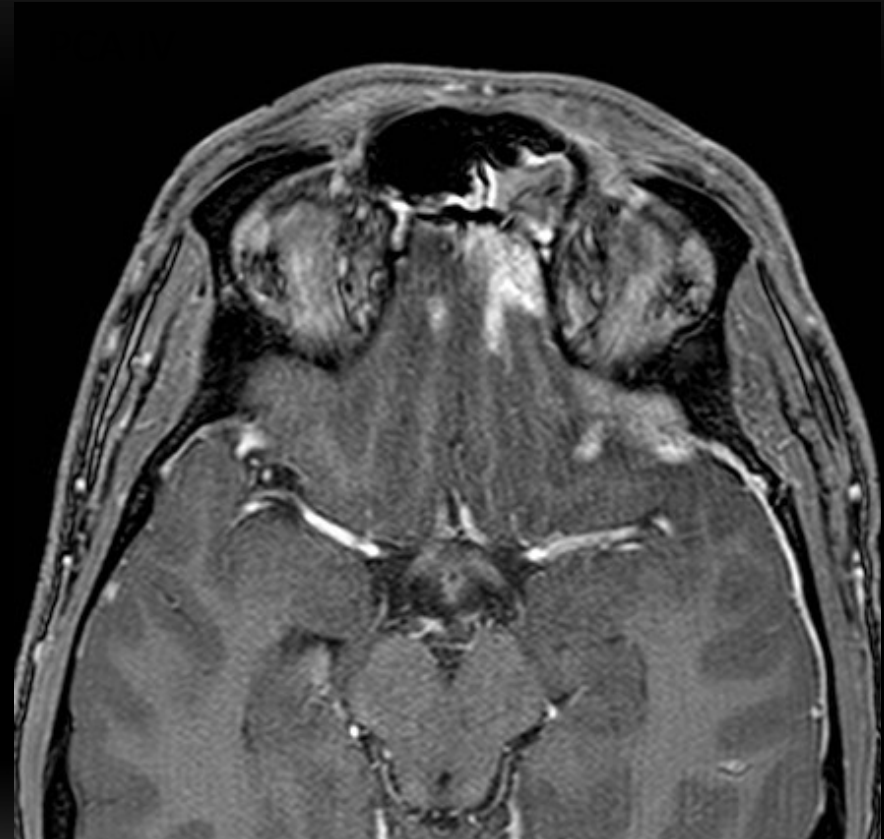
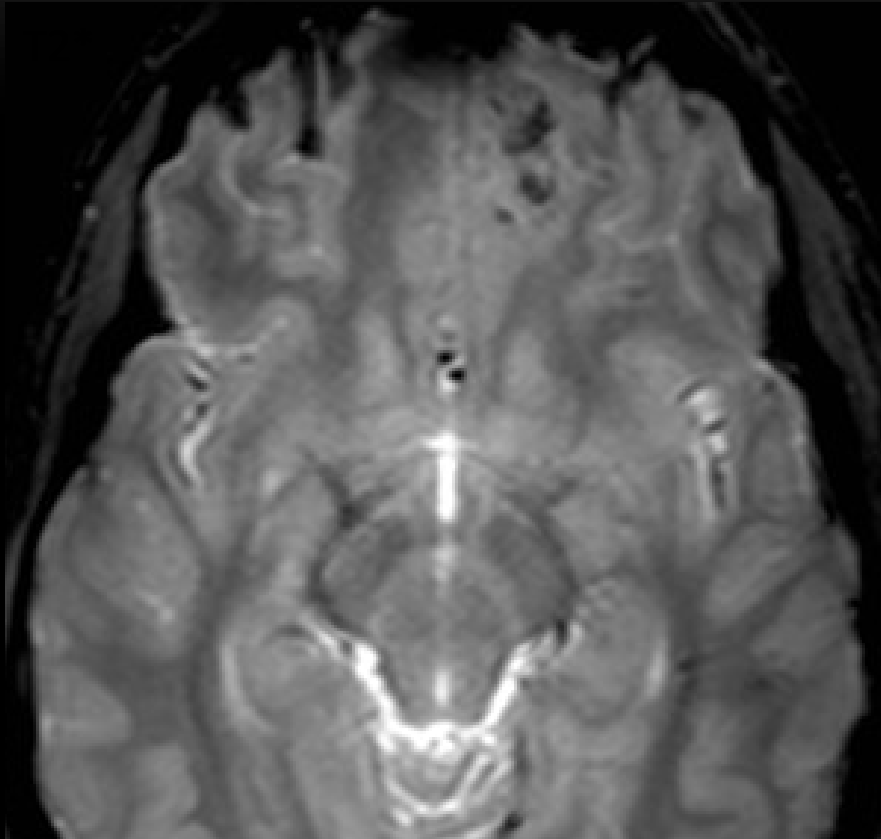
- L'injection sensibilise la détection des lésions méningées dans les 14 premiers jours après le trauma (*Kim, Plos One 2014*)
- L'atteinte peut être focale (Coup, Contre-coup, faux du cerveau) ou diffuse
- Association de rehaussements sous-duraux et sous-arachnoïdiens
- Hypothèse de la dilacération veineuse

Lésions méningées associées



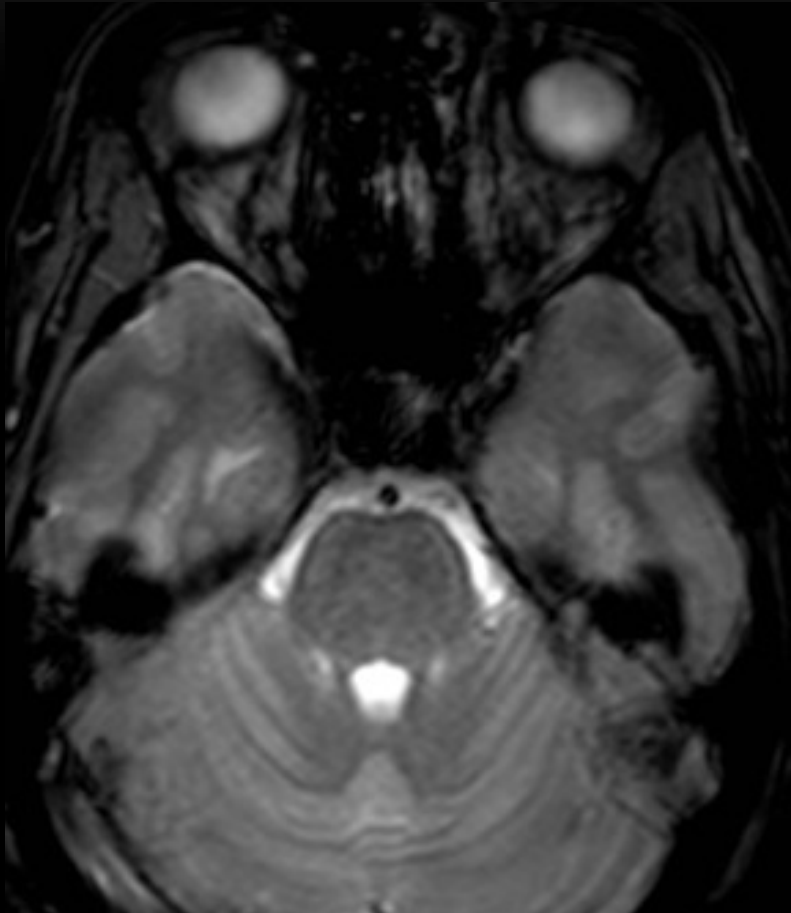
- Flair IV systématique pour 44 patients avec mTBI
- 25 patients avec lésions cérébrales sans le FLAIR IV, 37 quand FLAIR
- Association significative entre des lésions méningées visibles en FLAIR et la perte de connaissance lors du trauma et l'amnésie post-traumatique, particulièrement au niveau de la faux du cerveau

Lésions méningées associées



Patient de 34 ans, mTBI post AVP et fracture de l'os frontal gauche

Lésions méningées associées



Patient de 34 ans, mTBI post AVP et fracture de l'os frontal gauche

Trauma et organe des sens

Trauma de la face et BAV?



Trauma et vertiges?

Trauma et troubles olfactifs?

Trauma et surdité?

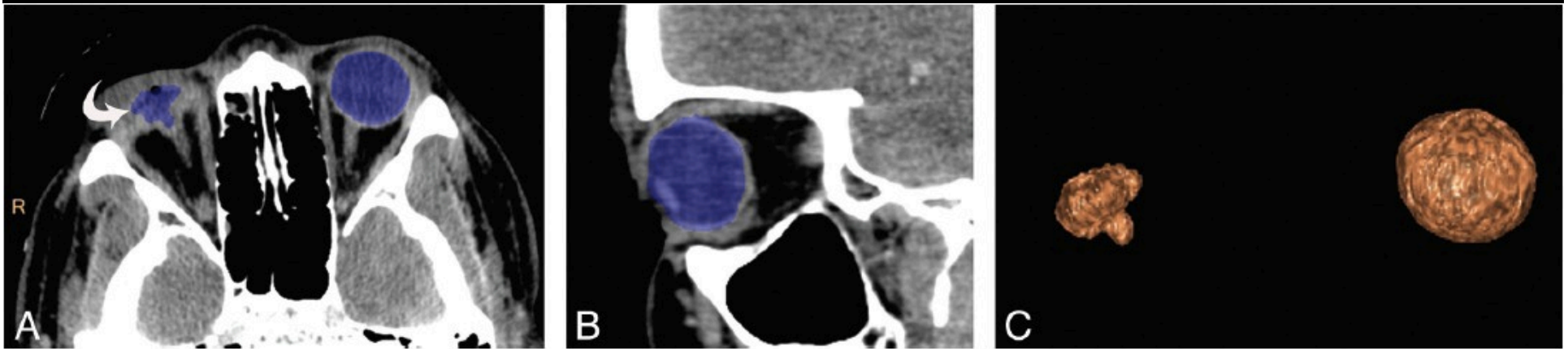
Trauma et vision



Prognostic predictor of visual outcome (AJNR, *Bonadapally et al.*, 2017)

En analyse multivariée, la présence de sang dans la chambre postérieure et le facteur de risque le plus prédictif de déficit visuel persistant

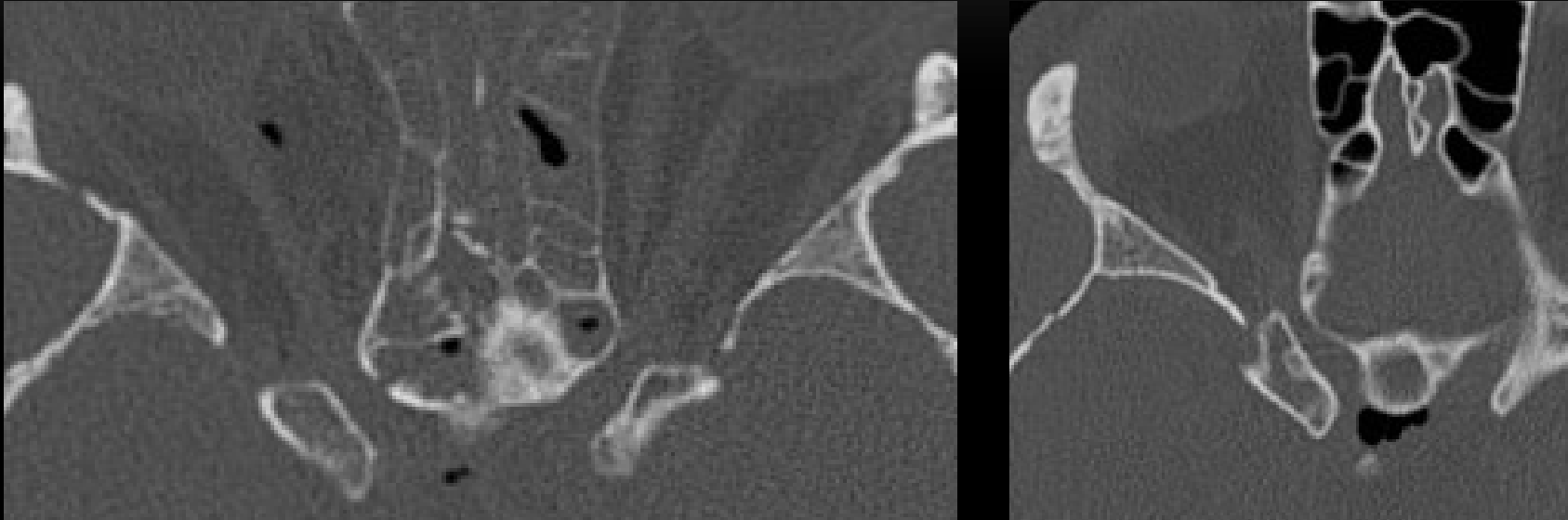
Trauma et vision



Prognostic predictor of visual outcome (AJNR, Bonadapally et al., 2017)

Autre facteur prédictif: réduction du volume oculaire

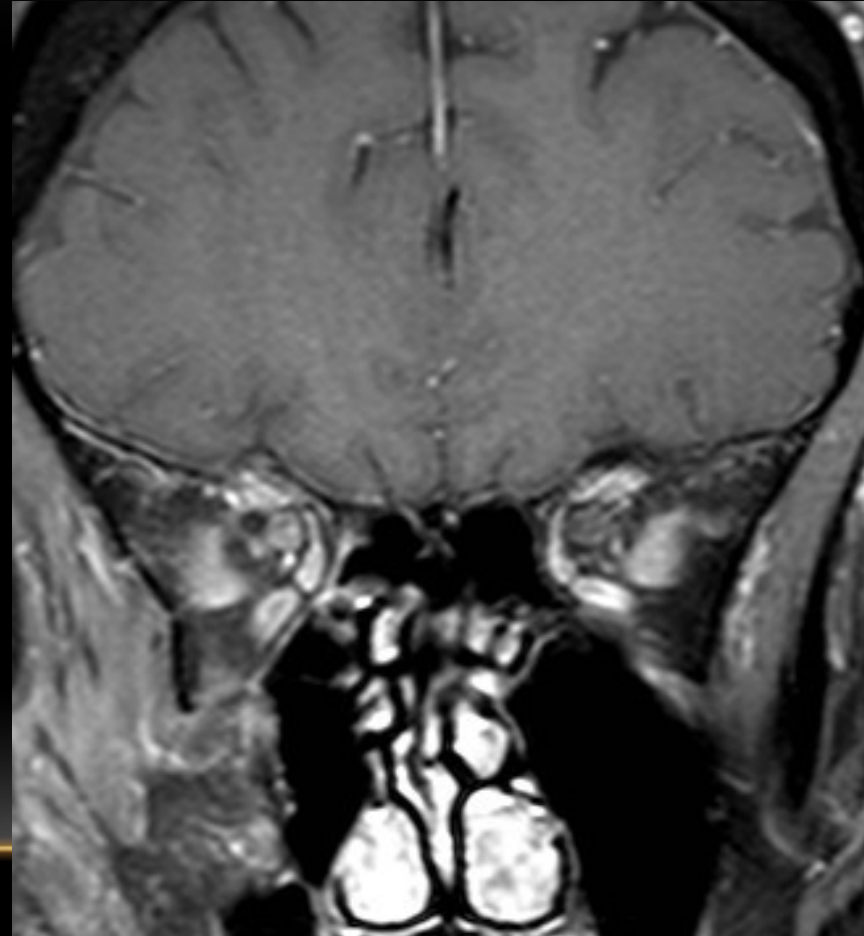
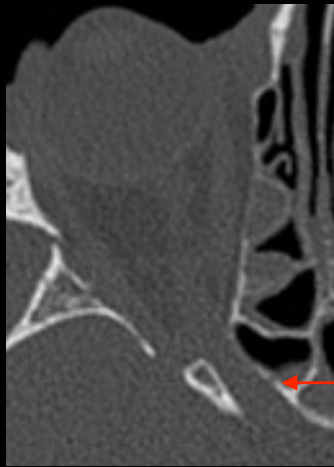
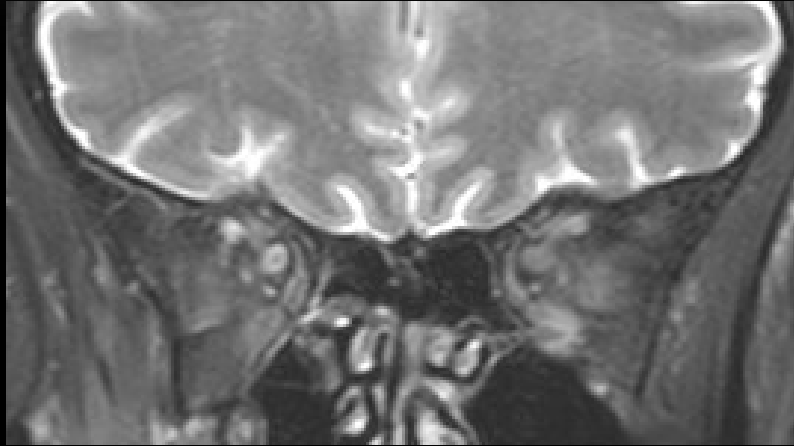
Trauma et vision



Traumatic optic neuropathy is a devastating potential complication of closed head injury, even with immediate decompression surgery

Welkoborsky, HNO 2011

Trauma et vision



Trauma et olfaction

J Neurol

DOI 10.1007/s00415-015-7691-x

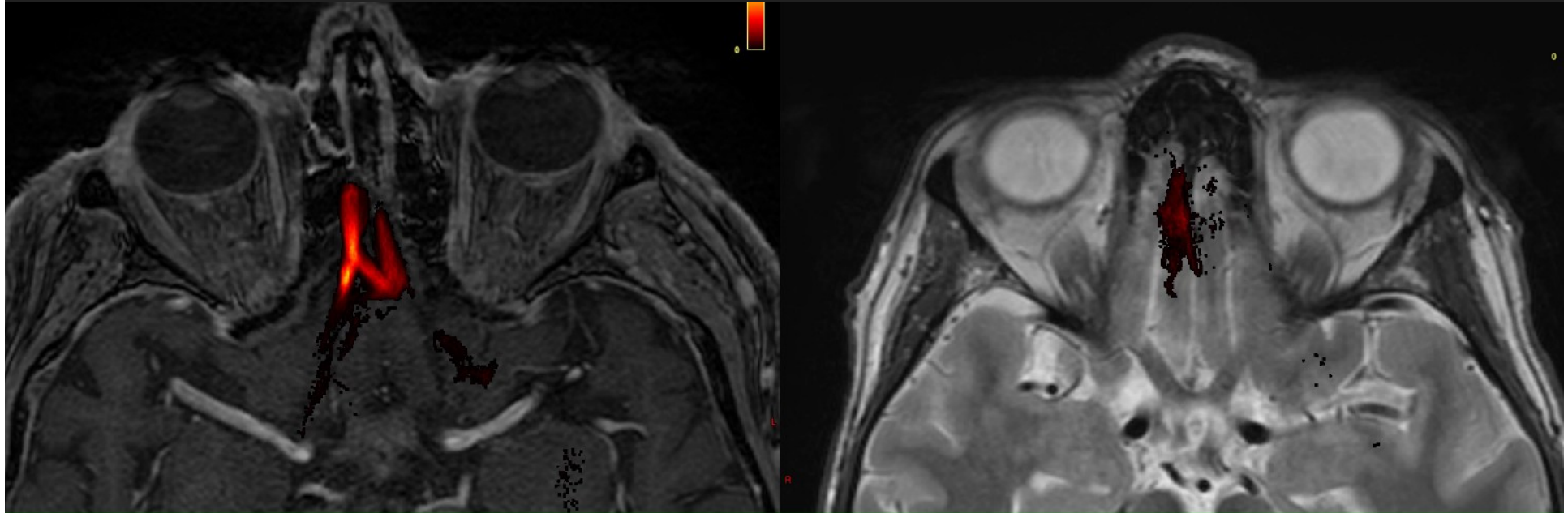
ORIGINAL COMMUNICATION

Volume of olfactory bulb and depth of olfactory sulcus in 378 consecutive patients with olfactory loss

Thomas Hummel • Antje Urbig • Caroline Huart •
Thierry Duprez • Philippe Rombaux

- Relation linéaire entre la diminution de volume des bulbes et la perte de la fonction olfactive
- Bulbes olfactifs symétriques, même en contexte de post-trauma
- Intérêt donc de la volumétrie des bulbes en dépistage

Trauma et olfaction



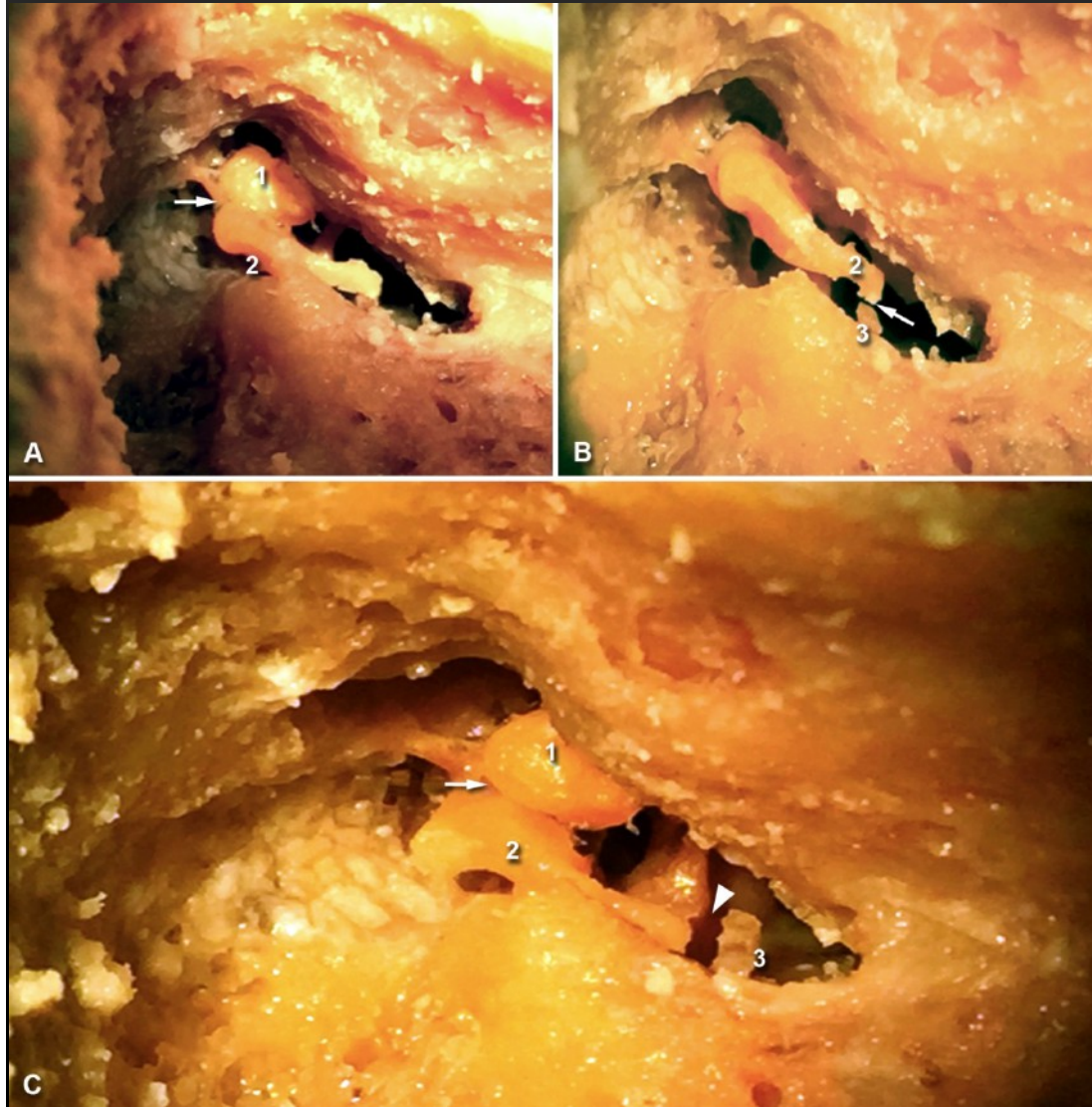
Atteinte micro-traumatique (Charland-Verville et al., 2016)

Fréquemment associé au **mTBI** chez les sportifs

Penser aux impacts **occipitaux**

Mécanisme **dégénératif**

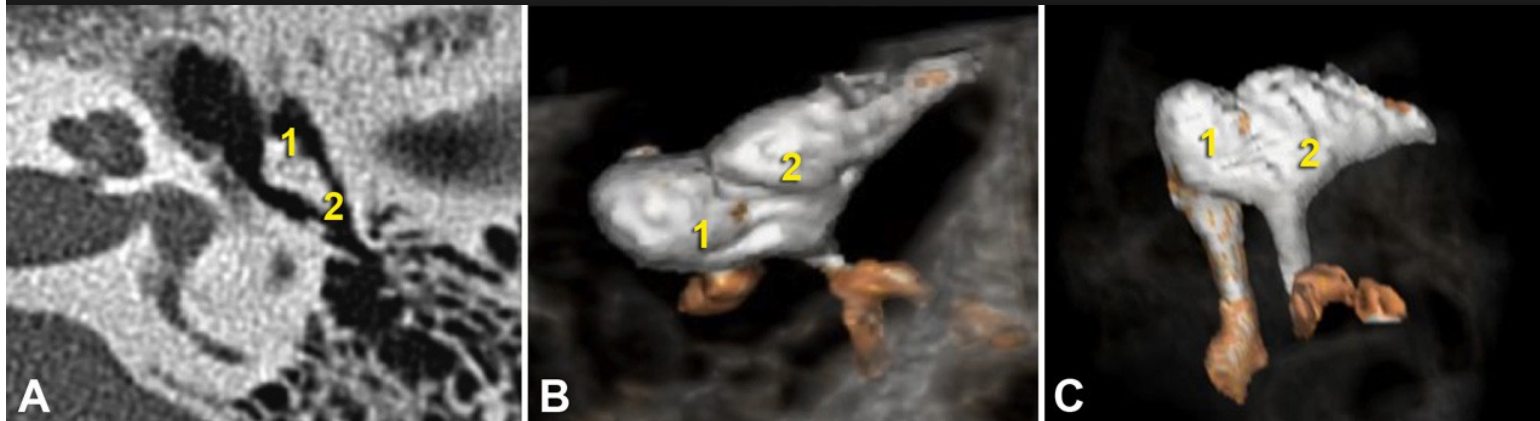
Trauma et audition



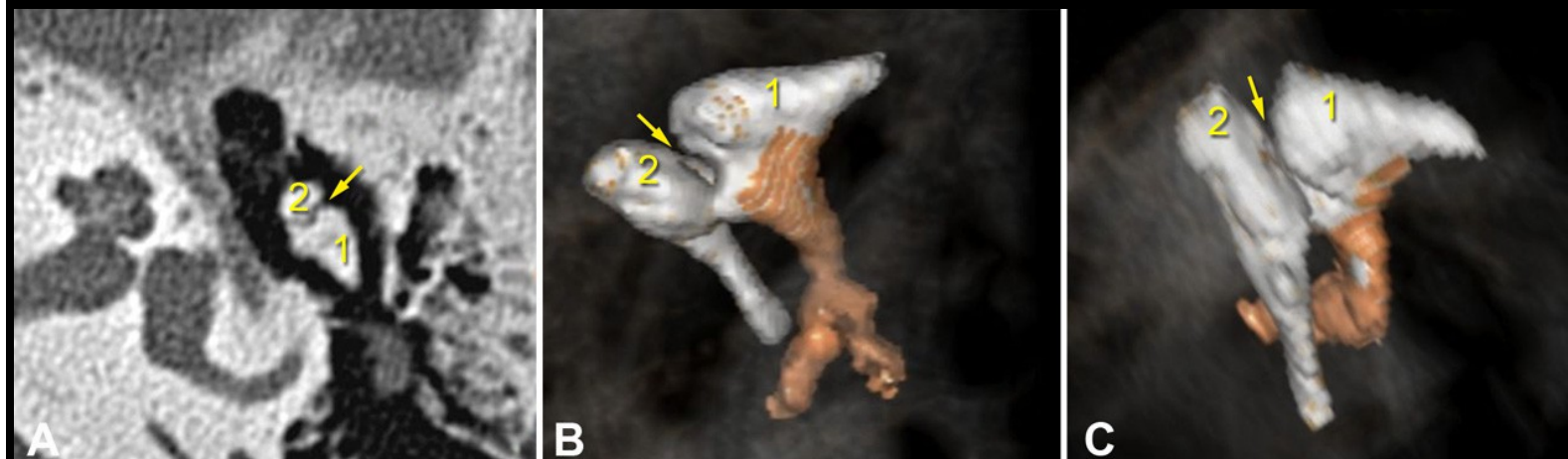
Maillot et al, Insight into imaging

Trauma et audition

- **T-bone fractures:** Associated conductive hearing loss



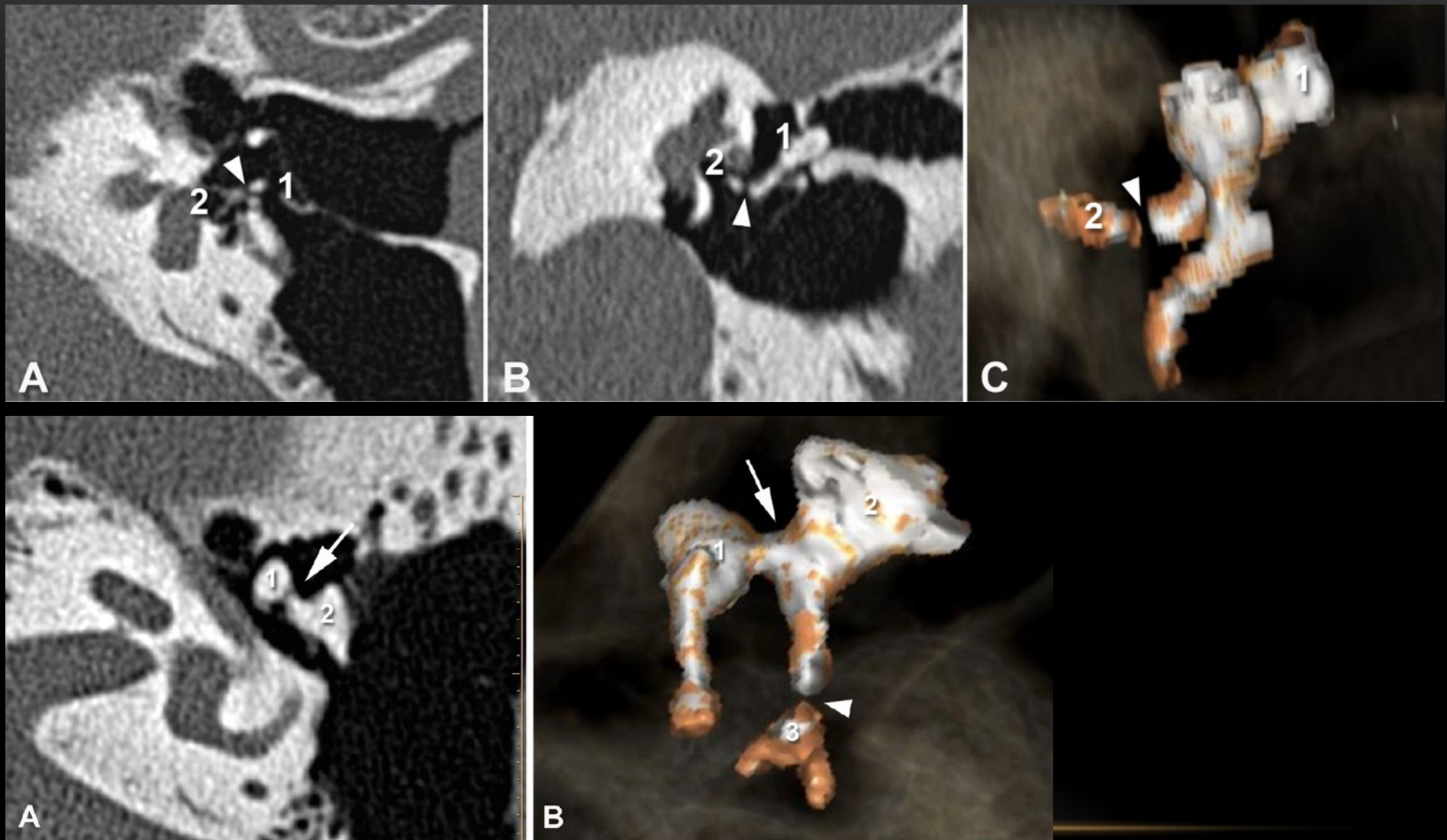
Normal radioanatomy



IM joint luxation

Maillot et al, Journal of Neuroradiology

Trauma et audition

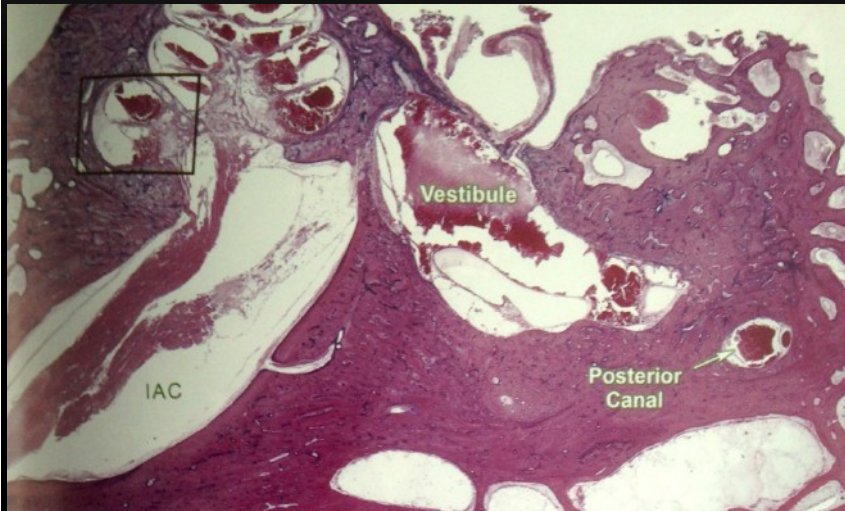


IS joint luxation

Maillot et al, Journal of Neuroradiology

Trauma et audition

- **T-bone fractures:** Associated sensorineural hearing loss



Schuknecht 3rd Edition



3D-FLAIR imaging

Intralabyrinthin hemorrhage

Trauma et audition

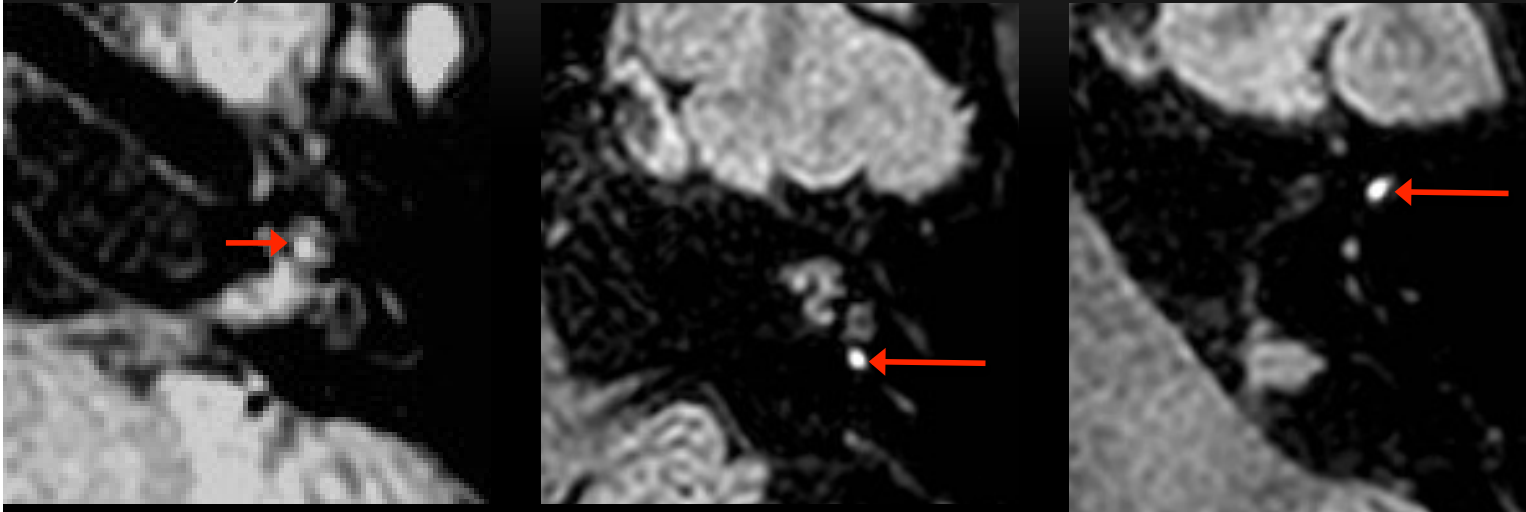
- **T-bone fractures:** Associated sensorineural hearing loss



Intralabyrinthine hemorrhage

Trauma et audition

Maillot et al., I3



Hémorragie intralabyrinthique:

Marqueur de la surdité dans les tableaux de commotion labyrinthique

Localisée dans les ampoules des CSC, différent des HIL médicamenteuses

Intérêt: surveiller la fibrose, qui serait néanmoins rare dans ce contexte (Medina et al., Otol neurotol 2016)

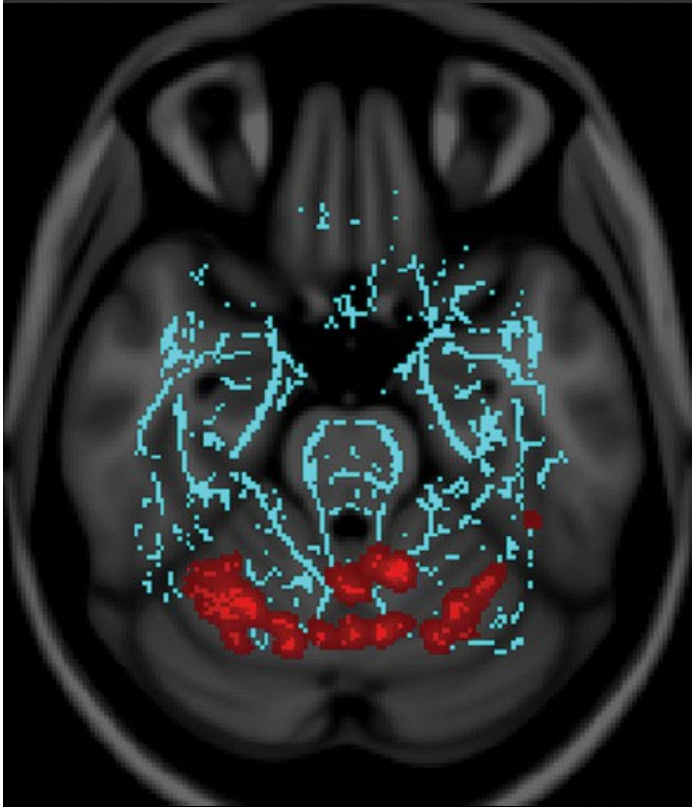
Trauma et audition

Groupe fracture extra-labyrinthique ou sans fracture de l'os temporal (n=8): 4 patients avec HIL +++

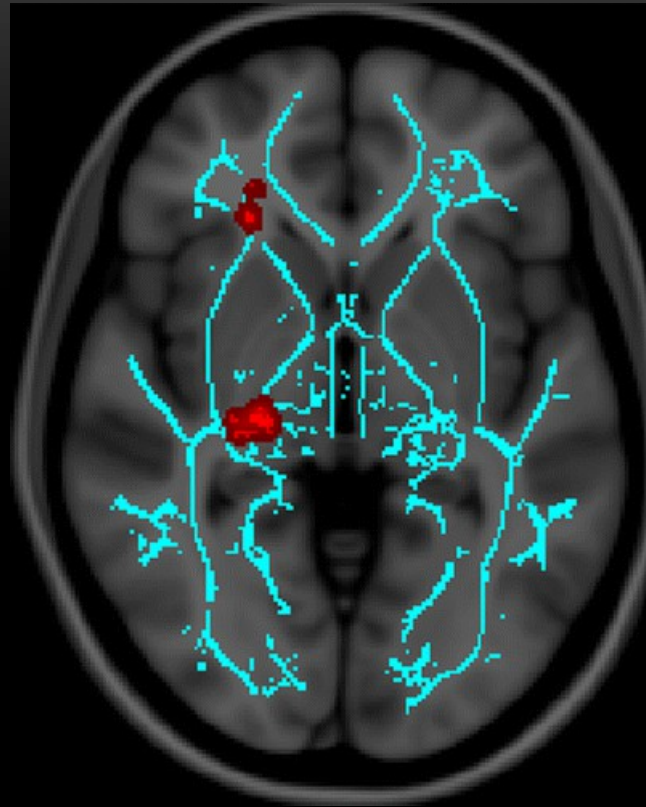
Patient	Surdité neurosensorielle	Vertige périphérique	Fracture TDM Rochers	Hypersignal IRM 3D-FLAIR	Localisation HIL
1	Oui	Oui	EL*	Oui	CSC** postérieur
2	Oui	Oui	Non	Oui	Vestibulaire
3	Oui	Non	Non	Oui	Cochléo -vestibulaire
4	Oui	Non	Non	Oui	Cochléaire
→ 5	Non	Oui	EL	Non	-
6	Oui	Non	Non	Non	-
→ 7	Non	Oui	Non	Non	-
→ 8	Non	Oui	Non	Non	-
9	Oui	Non	TL***-Vestibulaire	Oui	Vestibulaire
10	Oui	Oui	TL-CSC postérieur	Oui	Cochléo -vestibulaire
11	Oui	Oui	TL-CSC latéral	Oui	Cochléo -vestibulaire
12	Oui	Non	TL- Cochléo -vestibulaire	Oui	Cochlée - CSC supérieur + Fibrose
13	Oui	Non	TL- Cochléo -vestibulaire	Oui	Cochléaire
14	Oui	Non	TL- Cochléo -vestibulaire	Oui	Vestibulaire

Bertolo et al., in press

Trauma et vertiges



Diminution de la FA dans le cervelet
en cas de vestibulopathie post-trauma



Augmentation de la FA dans le thalamus en
cas de problème de convergence

Alhilali et al, Radiology 2014

Les vertiges post-traumatiques ont une composante cérébrale prédominante +++

Take home messages

- ✓ Septum pellucidum
 - ✓ Corps calleux
 - ✓ Place de l'injection à discuter
 - ✓ Bulbes oculaires si baisse de la vision
 - ✓ Oreilles internes si baisse de l'audition
-