

Radiothérapie des tumeurs gliales

Différenciation entre radionécrose et récidive

MEYRE Thibaut
Interne Médecine Nucléaire

Chirurgie

Les gliomes malins sont le plus souvent situés dans les lobes frontaux ou temporaux, et s'ils sont dans l'hémisphère non dominant, ils sont relativement bien abordables par la chirurgie

	Deaths/ patients	Hazard ratio (95% CI)	Median (months; 95% CI)	2 years (%)	3 years (%)	4 years (%)	5 years (%)
Overall							
Radiotherapy	278/286	1.0	12.1 (11.2–13.0)	10.9 (7.6–14.8)	4.4 (2.4–7.2)	3.0 (1.4–5.7)	1.9 (0.6–4.4)
Combined	254/287	0.6 (0.5–0.7)	14.6 (13.2–16.8)	27.2 (22.2–32.5)	16.0 (12.0–20.6)	12.1 (8.5–16.4)	9.8 (6.4–14.0)
Complete resection							
Radiotherapy	109/113	1.0	14.2 (12.1–16.1)	15.0 (9.2–22.2)	5.3 (2.2–10.5)	4.4 (1.7–9.4)	2.9 (0.7–8.0)
Combined	96/113	0.8 (0.4–0.8)	18.8 (16.4–22.9)	38.4 (29.4–47.3)	21.4 (14.3–29.6)	15.9 (9.6–23.7)	9.9 (4.7–17.5)
Partial resection							
Radiotherapy	126/128	1.0	11.7 (9.7–13.1)	9.4 (5.1–15.2)	3.7 (1.3–8.2)	2.5 (0.6–7.0)	1.2 (0.1–5.6)
Combined	113/126	0.6 (0.5–0.8)	13.5 (11.9–16.4)	23.7 (16.7–31.4)	14.3 (8.8–21.2)	11.3 (6.3–17.8)	11.3 (6.3–17.8)
Biopsy only							
Radiotherapy	43/45	1.0	7.8 (6.4–10.6)	4.6 (0.8–13.7)	4.6 (0.8–13.7)	0	0
Combined	45/48	0.7 (0.5–1.1)	9.4 (7.5–13.6)	10.4 (3.8–20.9)	7.8 (2.3–17.9)	5.2 (1.0–14.8)	5.2 (1.0–14.8)
Age <50 years							
Radiotherapy	83/88	1.0	13.6 (11.6–15.6)	14.8 (8.3–23.0)	6.5 (2.5–13.1)	4.9 (1.5–11.3)	4.9 (1.5–11.3)
Combined	79/95	0.6 (0.4–0.8)	17.4 (15.3–21.5)	34.7 (25.3–44.3)	25.4 (17.0–34.7)	20.1 (12.4–29.1)	17.0 (9.8–25.9)
Age ≥50 years							
Radiotherapy	195/198	1.0	11.9 (10.6–12.6)	9.1 (5.6–13.7)	3.4 (1.4–6.7)	2.3 (0.8–5.2)	0.7 (0.1–3.5)
Combined	175/192	0.7 (0.5–0.8)	13.6 (11.8–15.1)	23.5 (17.7–29.7)	11.4 (7.3–16.5)	8.2 (4.7–12.9)	6.4 (3.2–11.0)

Stupp, et al. 2009

- Non curatif : 90% de récurrence à 9 mois pour les glioblastomes, à l'intérieur d'un cercle de 2 cm hors des bords de résection

Radiothérapie des glioblastomes

Augmentation très significative de la survie, notamment personnes jeunes

50 Gy ; 1,8 Gy par fraction ; 5 jours par semaine

- ✓ Survie médiane de 29,1 semaines vs 16,9 semaines
- ✓ Pas d'altération significative de la qualité de vie et des fonctions neuro-cognitives

Tolérance pour le tissu cérébral normal a été fixée à une valeur empirique de **60 Gy**

Si $> 60\text{Gy}$: augmentation des ES

Si $< 55\text{Gy}$: résultats inférieurs

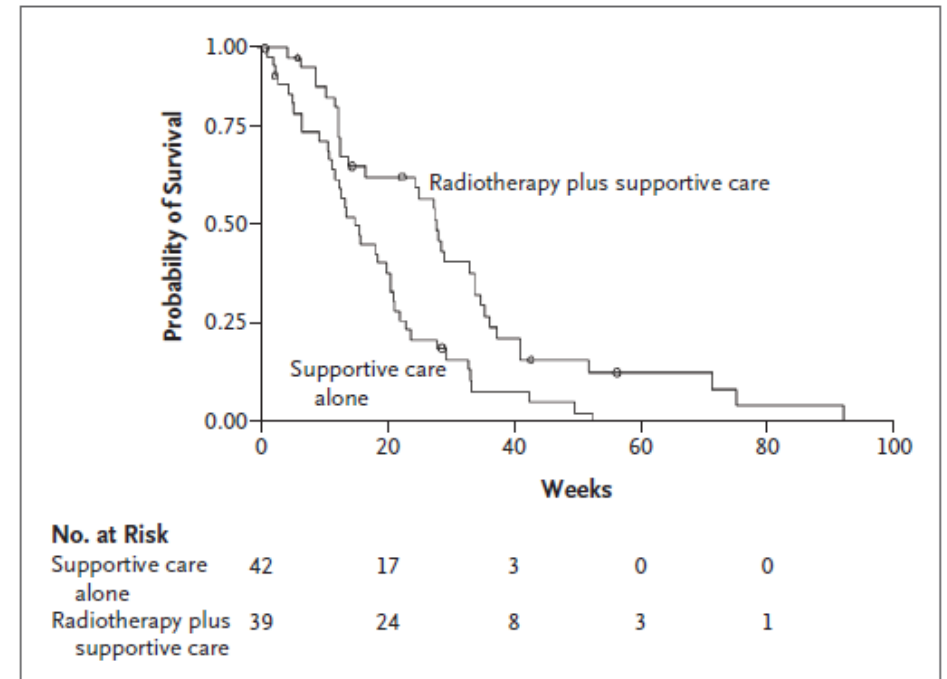


Figure 2. Kaplan–Meier Estimates of Overall Survival According to Treatment Group.

The hazard ratio for death among patients who received radiotherapy plus supportive care as compared with those who received supportive care alone was 0.47 (95% CI, 0.29 to 0.76; P=0.002).

Protocole STUPP

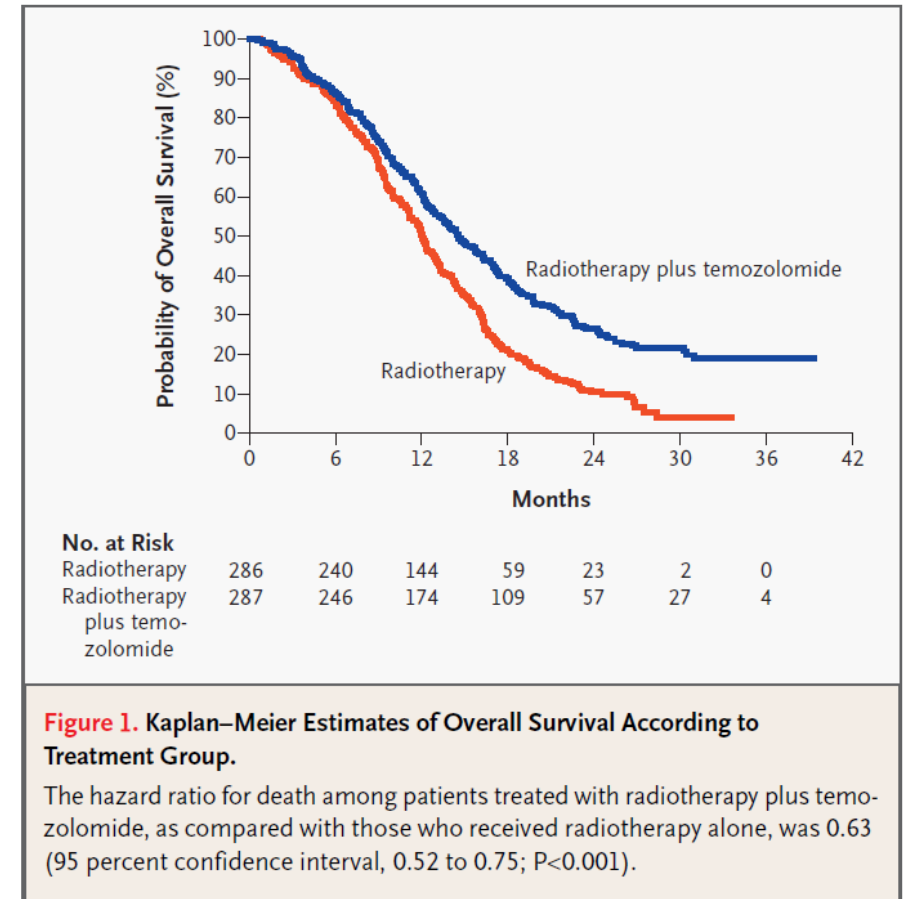
Traitement classique du glioblastome depuis sa publication en 2005
Radio-chimiothérapie concomitante par temozolomide

Radiothérapie : 60 Gy, 2 Gy par fraction sur 6 semaines

Temozolomide :

- Pendant la radiothérapie : 75 mg/m²/j, tous les jours
- Post-radiothérapie : 150-200 mg/m²/j, 6 cycles de 5 jours tous les 28 jours

**Augmentation significative de la survie à 2 ans
26,5% vs 10,4% (radiothérapie seule)**



Protocole STUPP

L'analyse du suivi à long terme rapporte un taux de survie à cinq ans de près de 10% reflétant un impact significatif sur l'histoire naturelle de la maladie

Profil bon répondeur :

- ✓ Exérèse chirurgicale
- ✓ < 50 ans, OMS 0
- ✓ Profil MGMT +

- Adaptation du protocole aux personnes âgées
- Elargissement du protocole aux gliomes de hauts grades +/- bas grades

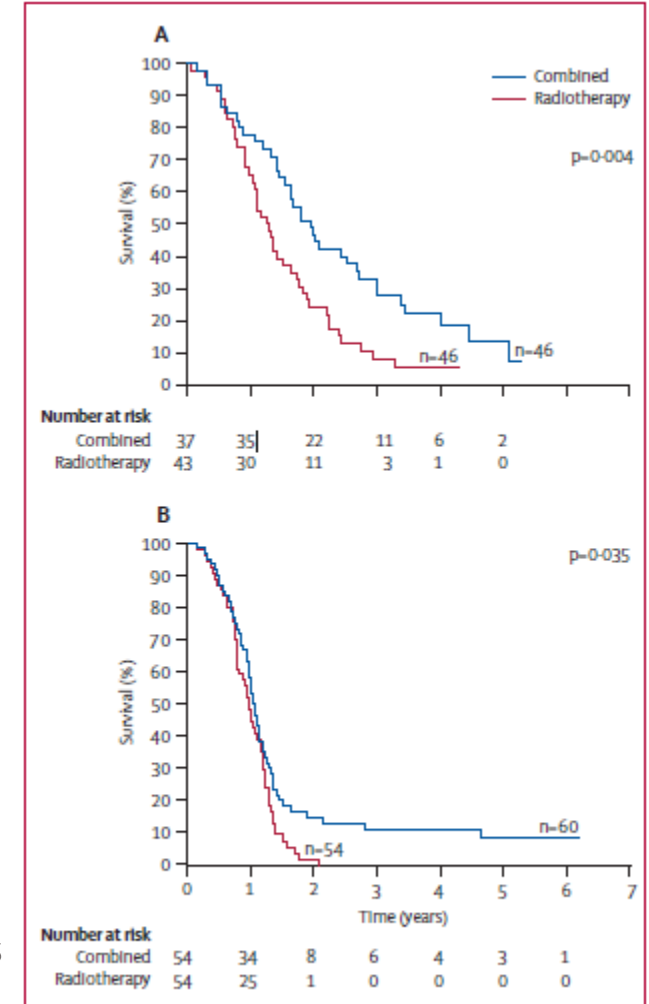


Figure 4: Kaplan-Meier estimates of overall survival by MGMT status
Patients with methylated MGMT (A). Patients with unmethylated MGMT (B).

Effets secondaires

Hématologique 7% de grade 3-4

- ✓ Lymphopénie
- ✓ Thrombopénie

Asthénie modérée à sévère (26 vs 33%)

Autres :

- ✓ Dermite
- ✓ Perte des cheveux et poils
- ✓ HTIC
- ✓ Crise d'épilepsie
- ✓ Anorexie
- ✓ Trouble cognitif

Radionécrose

Radionécrose

Processus inflammatoire et nécrotique induisant un œdème avec effet de masse

Taux de survenue variable suivant les séries, jusqu'à 25%

Survenue moyenne à un an, mais des cas de radionécroses ont été rapportés de quelques mois et jusqu'à plusieurs années après le traitement

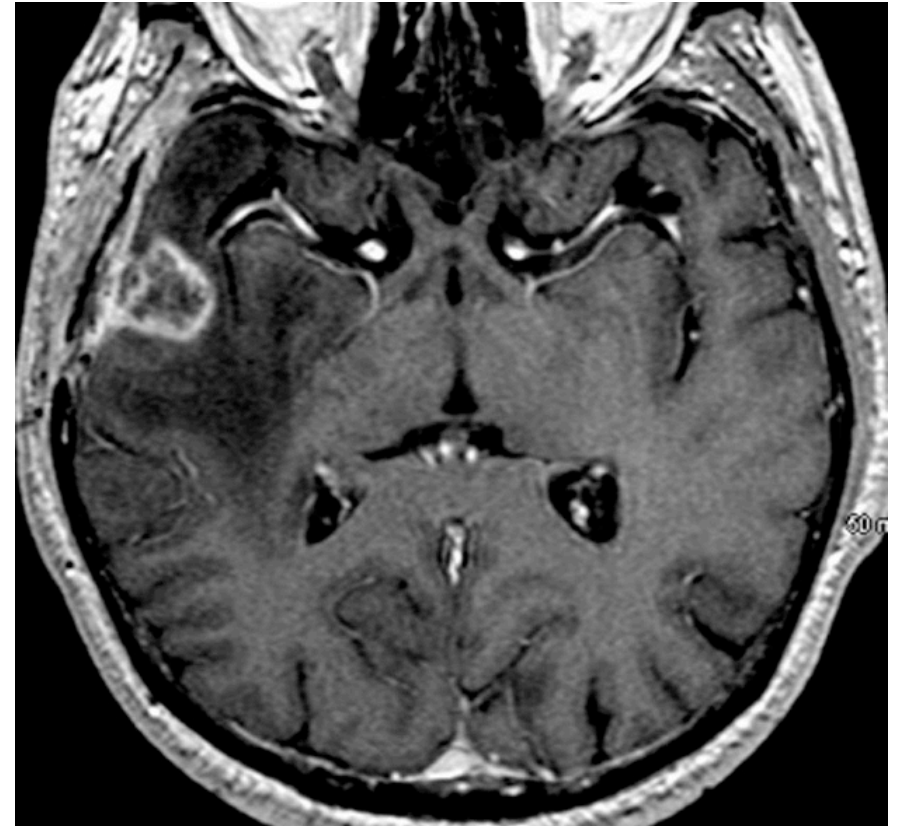
Facteurs de risques :

- ✓ Dose totale
 - ✓ Importance du volume d'irradiation
 - ✓ Hypofractionnement, étalement du traitement
 - ✓ La combinaison avec une chimiothérapie
 - ✓ La durée de survie
 - ✓ Patient jeune au moment de l'irradiation
-
- La distinction entre récurrence et radionécrose n'est pas toujours évidente
 - Le traitement repose sur la corticothérapie, oxygénothérapie hyperbare, bévacizumab, chirurgie

IRM

Masse se rehaussant après injection avec une zone centrale nécrotique :

- ✓ Prise de contraste
- ✓ Siège (dans le site tumoral et à distance)
- ✓ Evolution péjorative transitoire possible



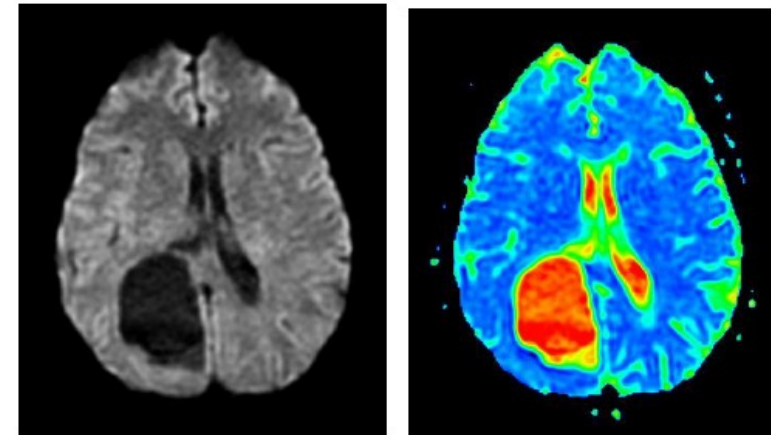
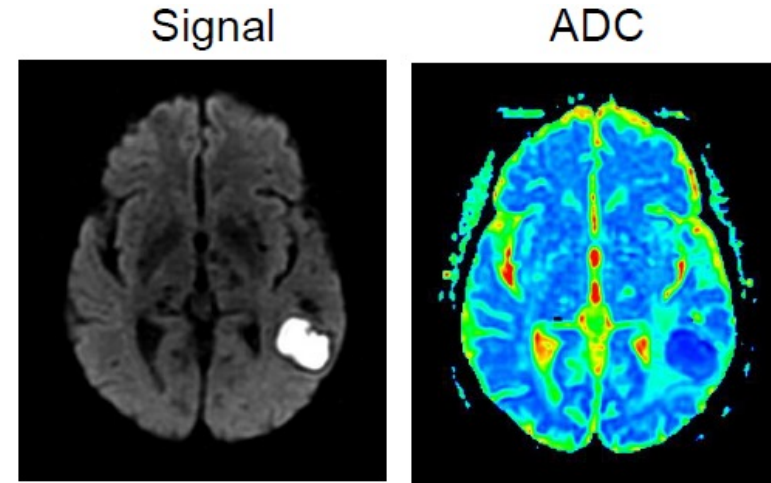
Raimbault A, et al, 2014

IRM : Diffusion

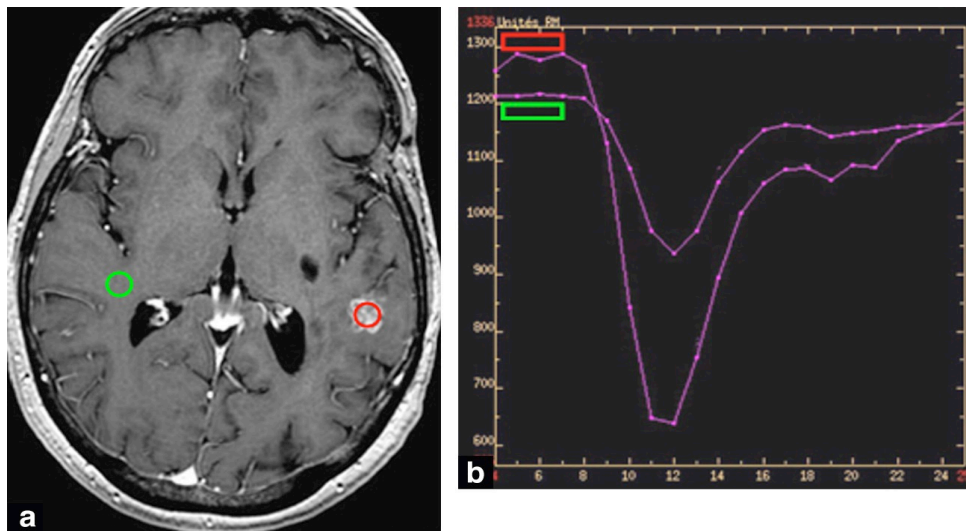
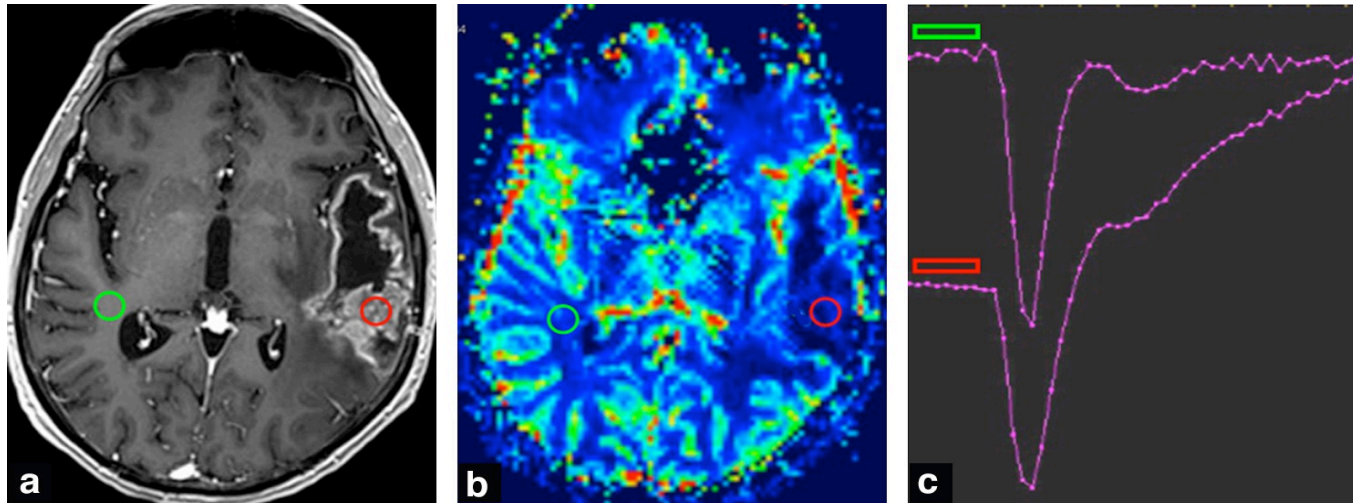
Diffusion

- ▶ Molécules peu mobiles (signal élevé / ADC faible) :
 - Oedème intra-cellulaire (ischémie)
 - Hypercellularité (certaines tumeurs)
 - Hyperviscosité (abcès)

- ▶ Molécules très mobiles (signal faible /ADC élevé) :
 - Oedème extra-cellulaire
 - Gliose/démyélinisation
 - Contenu liquidien (kyste/nécrose tumorale)



IRM : Perfusion



➤ Néoangiogénèse : oriente vers une récurrence mais zones de chevauchement

IRM : Spectroscopie

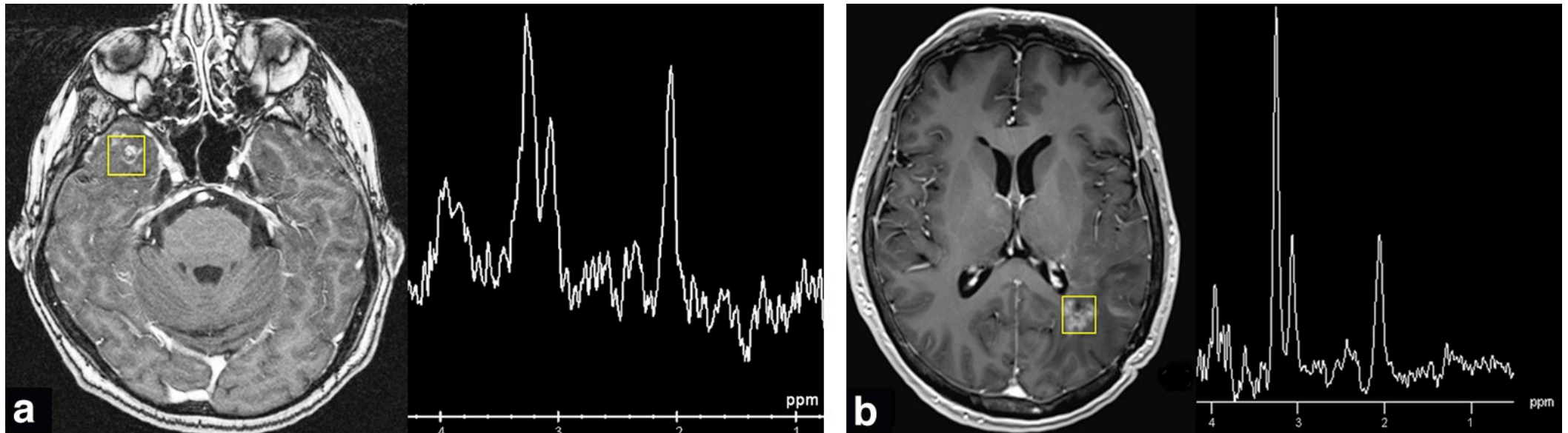
Modification précoce de l'activité métabolique :

- La N-acétylaspartate (NAA) : marqueur neuronal, chute de la concentration en cas de mort cellulaire par apoptose ou dysfonctionnement neuronal
- La choline (Cho) : corrélée à la biosynthèse des membranes cellulaires
- La créatinine (Cr) : marqueur du métabolisme énergétique, est considérée comme relativement stable en cas de lésion radique

➤ Utilisation de ratio : principalement Cho/Cr et Cho/NAA

Souvent d'interprétation difficile compte tenu de la fréquente association de lésions radiques et de lésions de récives tumorales

IRM : Spectroscopie



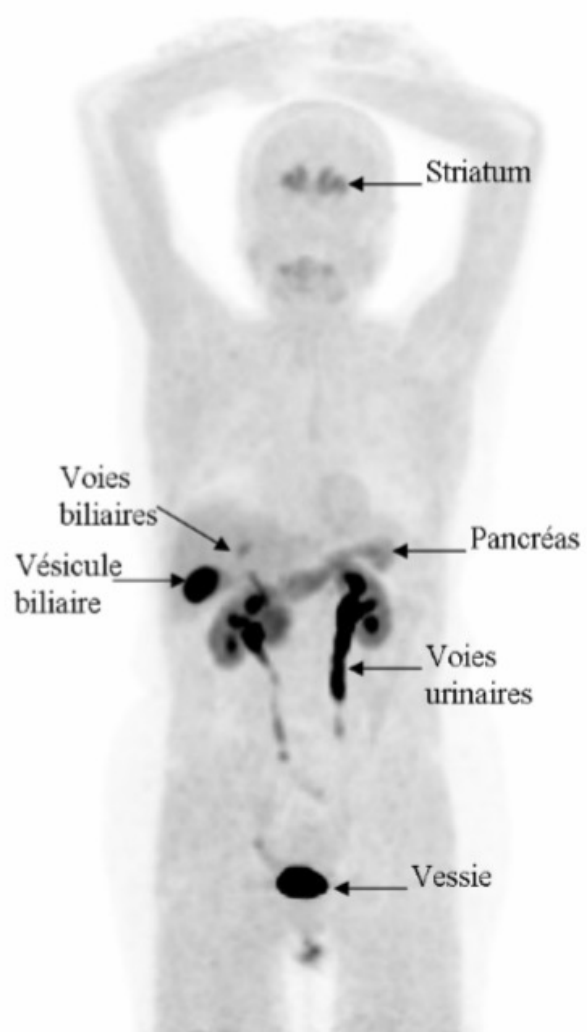
Raimbault A, et al, 2014

Spectroscopie

a : radionécrose temporale après irradiation encéphalique (spectroscopie monovoxel, TE : 135 ms) : **ratio Cho/NAA à 1,15**

b : récurrence tumorale (spectroscopie monovoxel, TE : 135 ms) : **ratio Cho/NAA à 2,3**

TEP en neuro-oncologie



TEP F-Choline

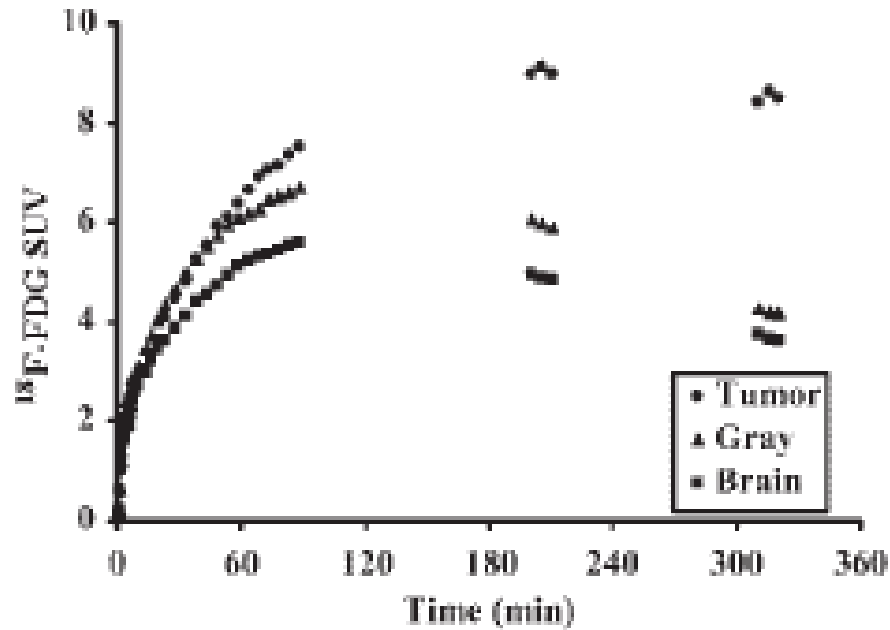


La choline kinase est surexprimée dans les cellules tumorales

Pas de transporteur de la choline au niveau de la BHE : pas de franchissement de la BHE

Fixation traduisant la rupture de la BHE : superposable à la prise de contraste à l'IRM

TEP FDG



Spence et al. J Nucl Med 2004

Fixation hétérogène

- inférieure ou identique à la SG normale dans le bas grade,
- normale ou élevée dans le haut grade

Intérêt de la fusion IRM, pour repérer la zone douteuse

Le SUV de la lésion seule ne permet pas de différencier la récurrence de la radionécrose

TEP FDG

J Neurooncol (2011) 103:137–146

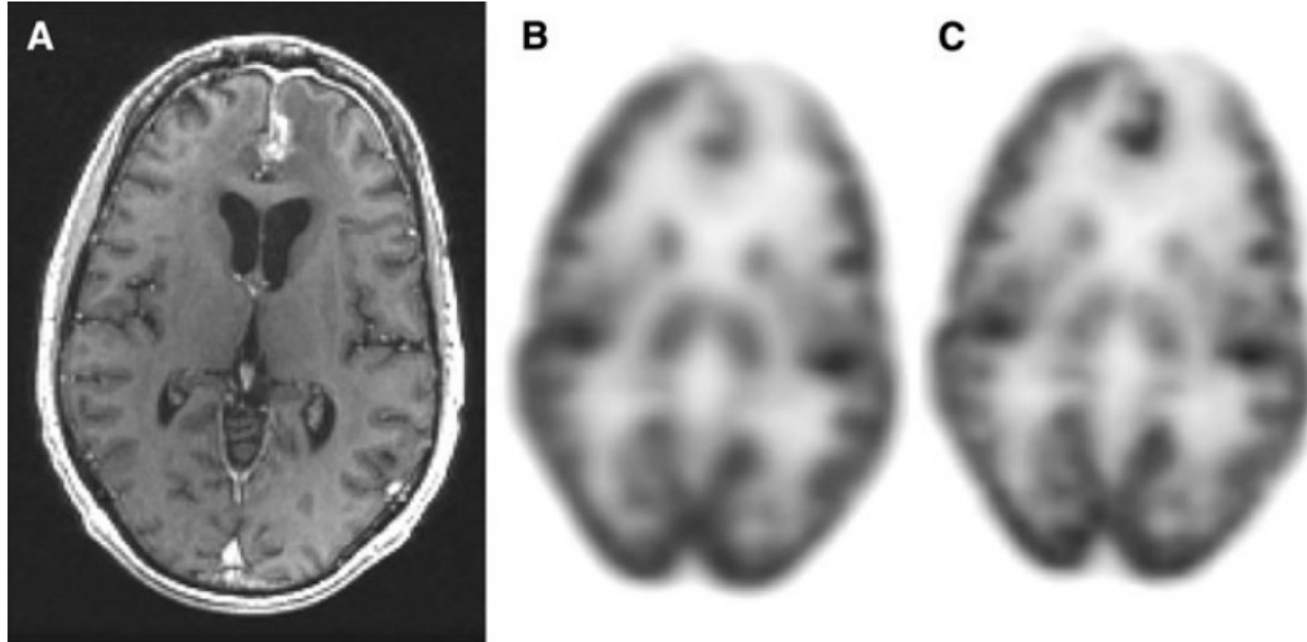
DOI 10.1007/s11060-010-0365-8

CLINICAL STUDY - PATIENT STUDY

Dual phase FDG-PET imaging of brain metastases provides superior assessment of recurrence versus post-treatment necrosis

**Laura L. Horky · Edward M. Hsiao ·
Stephanie E. Weiss · Jan Drappatz ·
Victor H. Gerbaudo**

TEP FDG



L'acquisition double phase permet le calcul d'un index de fixation

$$[(L2/GM2 - L1/GM1)/(L1/GM1)]$$

Une augmentation > 19 % de l'index est en faveur d'une récurrence (Se 95%, Sp 100%, exactitude 96.4%)

TEP acides aminés

Exploration du métabolisme des acides aminés :

Mesure l'augmentation du transport médié par le transporteur de aa (LAT1) surexprimé par le tissu tumoral en rapport avec l'augmentation de l'activité cellulaire

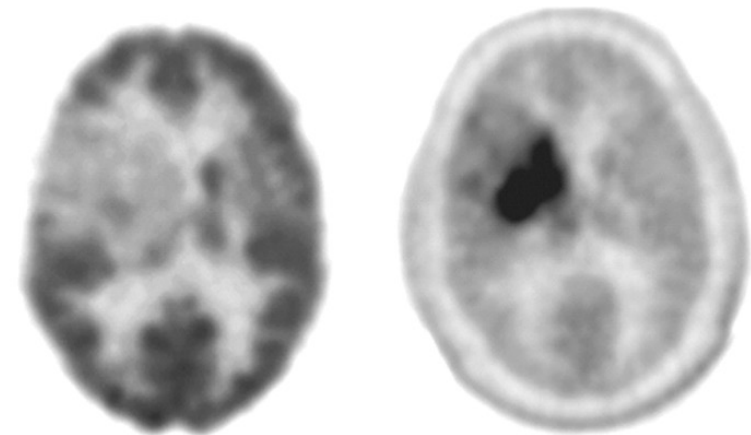
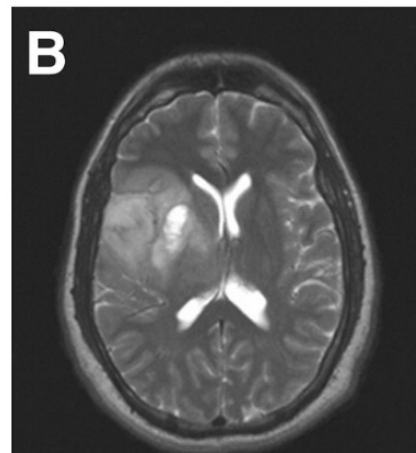
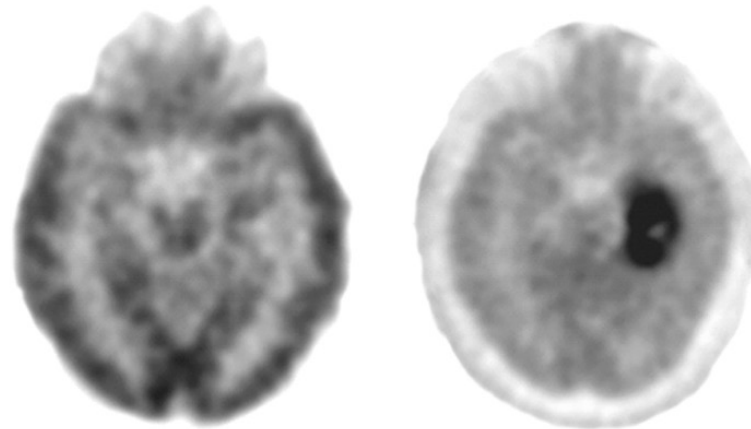
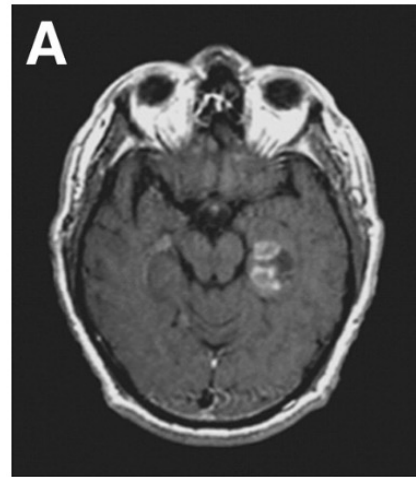
- Traverse la barrière hémato-encéphalique non altérée
- Faible fixation du tissu sain

3 candidats :

- ✓ ^{11}C méthionine : ^{11}C -MET
- ✓ ^{18}F Fluoroéthyl tyrosine : ^{18}F -FET
- ✓ ^{18}F Fluoro-phénylalanine : ^{18}F -DOPA

Equivalence des 3 traceurs dans les différentes indications

TEP acides aminés

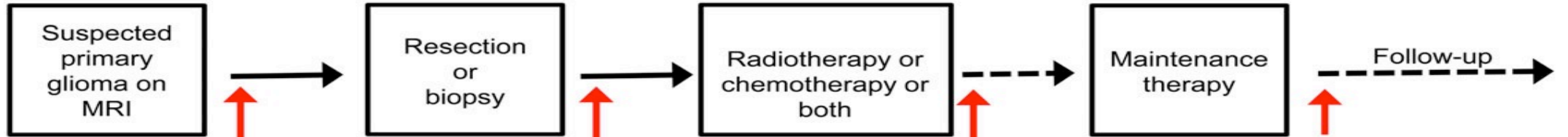


Meilleur contraste
=
Sensibilité augmentée
=
Amélioration de la VPN

MRI (left), 18F-FDG PET (middle), and 18F-FDOPA PET (right) of newly diagnosed tumors. (A) Glioblastoma. (B) Grade II oligodendroglioma.

Indications dans le gliome

Indications for amino acid PET



Rationale for AA PET during follow-up:

- Diagnosis of treatment-induced changes (e.g., radionecrosis) versus treatment relapse
- Follow-up AA PET for adjuvant therapy monitoring
- Delineation of tumor extent for resection planning

Rationale for AA PET within first 12 weeks after radio(chemo)therapy:

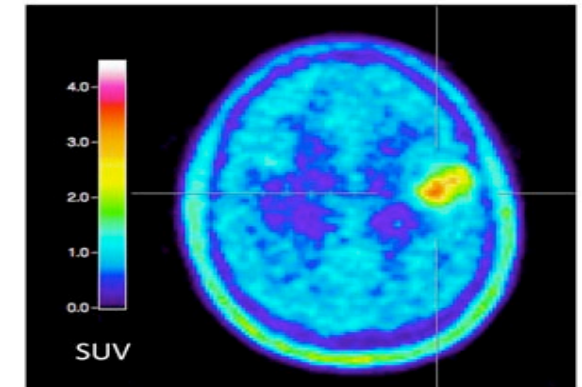
- Diagnosis of treatment-induced changes (e.g., pseudoprogression) versus treatment relapse
- Follow-up AA PET for monitoring of radio(chemo)therapy
- Baseline AA PET for adjuvant therapy monitoring

Rationale for AA PET after surgery:

- Assessment of resection extent
- Planning of radiotherapy
- Baseline AA PET for monitoring of radio(chemo)therapy
- Prognostication

Rationale for initial AA PET:

- Differentiation neoplastic vs. non-neoplastic tissue
- Delineation of tumor extent for resection planning
- „Hot-Spot“ localization for biopsy planning
- Prognostication



^{18}F -FDOPA PET for Differentiating Recurrent or Progressive Brain Metastatic Tumors from Late or Delayed Radiation Injury After Radiation Treatment

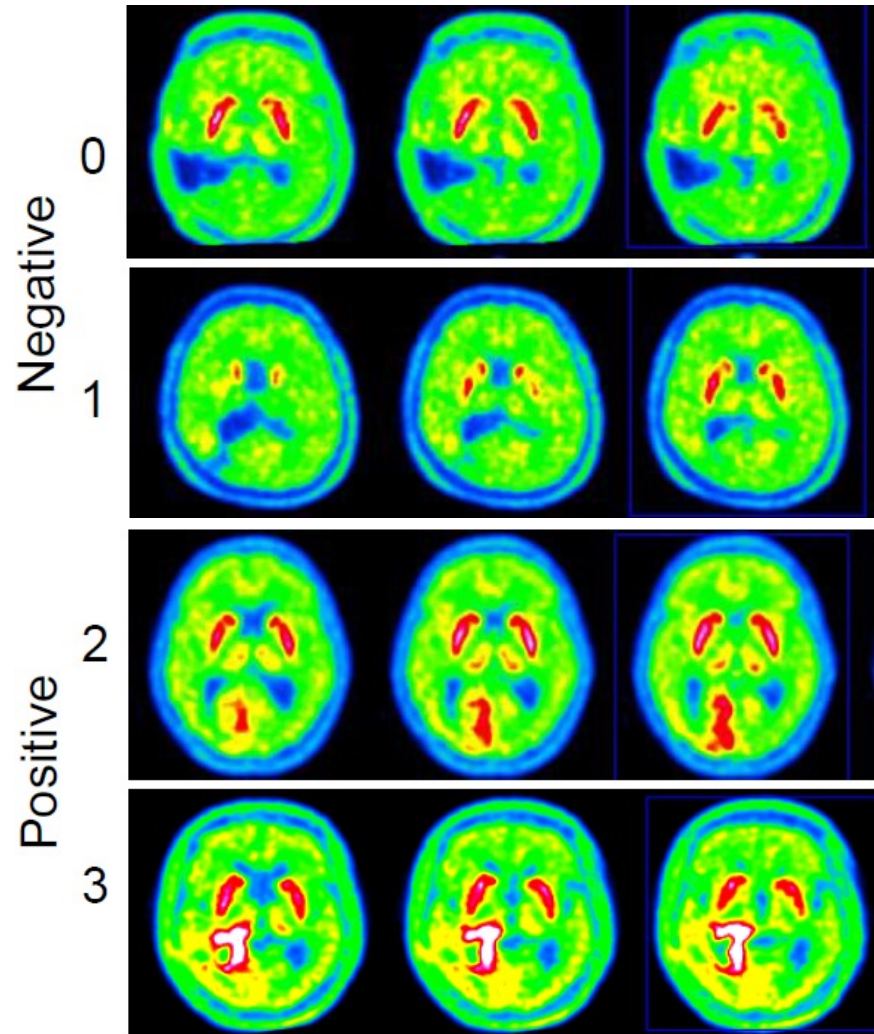
Karlo J. Lizarraga¹, Martin Allen-Auerbach², Johannes Czernin², Antonio A.F. DeSalles^{3,4}, William H. Yong⁵, Michael E. Phelps², and Wei Chen²

¹Department of Neurology, Miller School of Medicine, University of Miami, Miami, Florida; ²Department of Molecular and Medical Pharmacology, David Geffen School of Medicine, UCLA, Los Angeles, California; ³Department of Neurosurgery, David Geffen School of Medicine, UCLA, Los Angeles, California; ⁴Department of Radiation Oncology, David Geffen School of Medicine, UCLA, Los Angeles, California; and ⁵Department of Pathology and Laboratory Medicine, David Geffen School of Medicine, UCLA, Los Angeles, California



The Journal of
NUCLEAR MEDICINE

Analyse visuelle

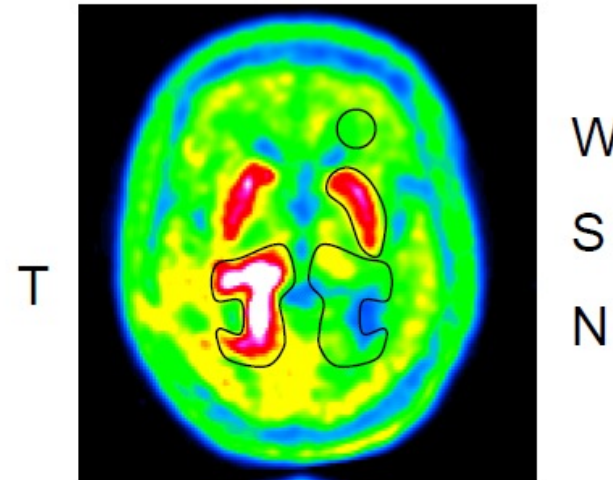


Echelle visuelle

- 1 : Pas de lésion visible
- 2 : Fixation inférieure au striatum
- 3 : Fixation égale au striatum
- 4 : Fixation supérieure au striatum

Analyse semi-quantitative

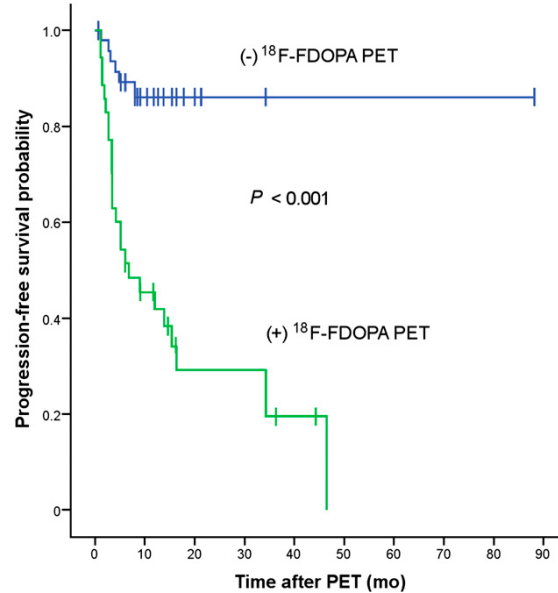
Index	RPBM		LDRI		P*
	Mean	SD	Mean	SD	
Lesion SUV _{max}	3.57	1.27	2.17	0.83	<0.05
Stereotactic	3.52	1.20	2.16	0.88	<0.05
Conventional	3.57	0.89	1.55	0.95	<0.05
Conventional and stereotactic	3.69	1.91	2.36	0.57	0.12
Lesion SUV _{mean}	2.91	0.99	1.82	0.77	<0.05
Stereotactic	3.01	1.05	1.83	0.81	<0.05
Conventional	2.80	0.57	1.32	0.86	0.08
Conventional and stereotactic	2.82	1.36	1.95	0.58	0.15
Striatum SUV _{max}	3.25	0.89	3.16	1.11	0.71
Stereotactic	3.42	0.95	3.27	1.22	0.64
Conventional	3.48	0.60	2.35	0.99	0.18
Conventional and stereotactic	2.57	0.83	3.01	0.60	0.25
Striatum SUV _{mean}	2.55	0.69	2.47	0.87	0.65
Stereotactic	2.70	0.78	2.54	0.96	0.57
Conventional	2.65	0.41	1.95	0.63	0.18
Conventional and stereotactic	2.09	0.62	2.39	0.48	0.26
Normal brain SUV _{max}	1.34	0.33	1.29	0.49	0.49
Stereotactic	1.37	0.30	1.35	0.49	0.88
Conventional	1.15	0.26	0.79	0.59	0.17
Conventional and stereotactic	1.13	0.40	1.20	0.39	0.71
Normal brain SUV _{mean}	0.95	0.38	0.93	0.23	0.76
Stereotactic	1.01	0.20	0.99	0.39	0.81
Conventional	0.86	0.17	0.50	0.28	0.15
Conventional and stereotactic	0.82	0.32	0.92	0.30	0.55
L/S _{max}	1.14	0.39	0.72	0.29	<0.05
Stereotactic	1.07	0.38	0.69	0.26	<0.05
Conventional	1.03	0.20	0.71	0.54	0.41
Conventional and stereotactic	1.43	0.50	0.82	0.29	<0.05
L/S _{mean}	1.18	0.39	0.76	0.30	<0.05
Stereotactic	1.16	0.42	0.75	0.30	<0.05
Conventional	1.05	0.14	0.71	0.56	0.39
Conventional and stereotactic	1.37	0.53	0.83	0.25	<0.05
L/N _{max}	2.72	0.95	1.81	0.94	<0.05
Stereotactic	2.61	0.88	1.63	0.51	<0.05
Conventional	1.88	0.26	2.17	2.16	0.84
Conventional and stereotactic	3.36	1.32	2.24	1.40	0.11
L/N _{mean}	2.24	0.84	1.52	0.81	<0.05
Stereotactic	2.23	0.75	1.37	0.47	<0.05
Conventional	2.40	0.49	2.50	2.31	0.95
Conventional and stereotactic	2.70	1.33	1.83	1.12	0.17



Visuel issu de la présentation J. Darcourt 01/2021

L : Lésion
 S : Striatum
 N : Tissus normal
 W : Substance blanche

Résultats



Analyse visuelle :

- Sensibilité 81,3 %
- Spécificité 84,3 %

Analyse semi-quantitative :

- L/N_{max} : Se 81,3% Sp 72,5%
- L/N_{mean} : Se 81,3% Sp 72,5%

Valeurs pronostiques :

- Survie sans progression : $p < 0,001$, (76,5m vs 16,7m)
- Survie globale : $p = 0,06$

Limites

- ✓ Rétrospectif
- ✓ Petit effectif
- ✓ Temps très variable entre la radiothérapie et la TEP (4 mois à 9 ans)
 - Probabilité de récurrence très variable
 - Evolution technologique
- ✓ Histologie que pour 9 lésions



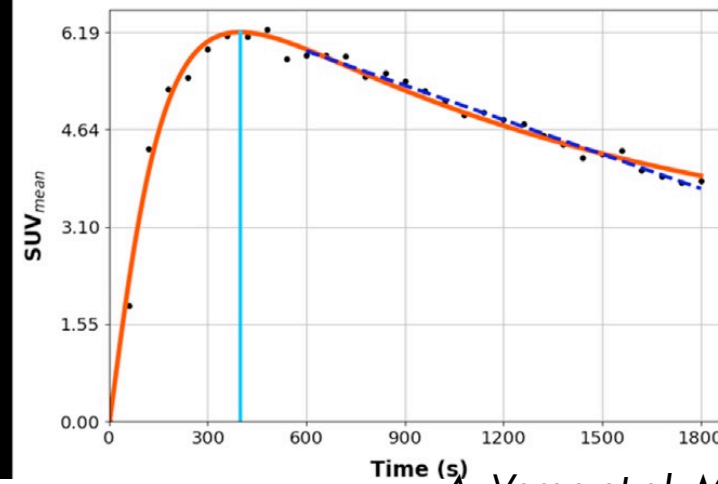
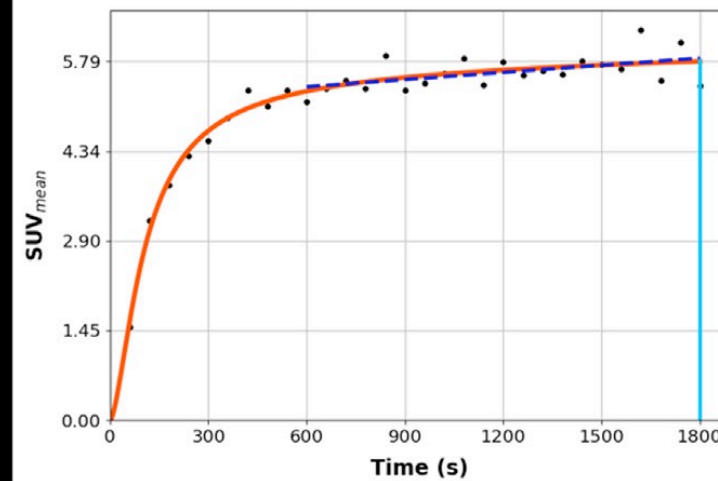
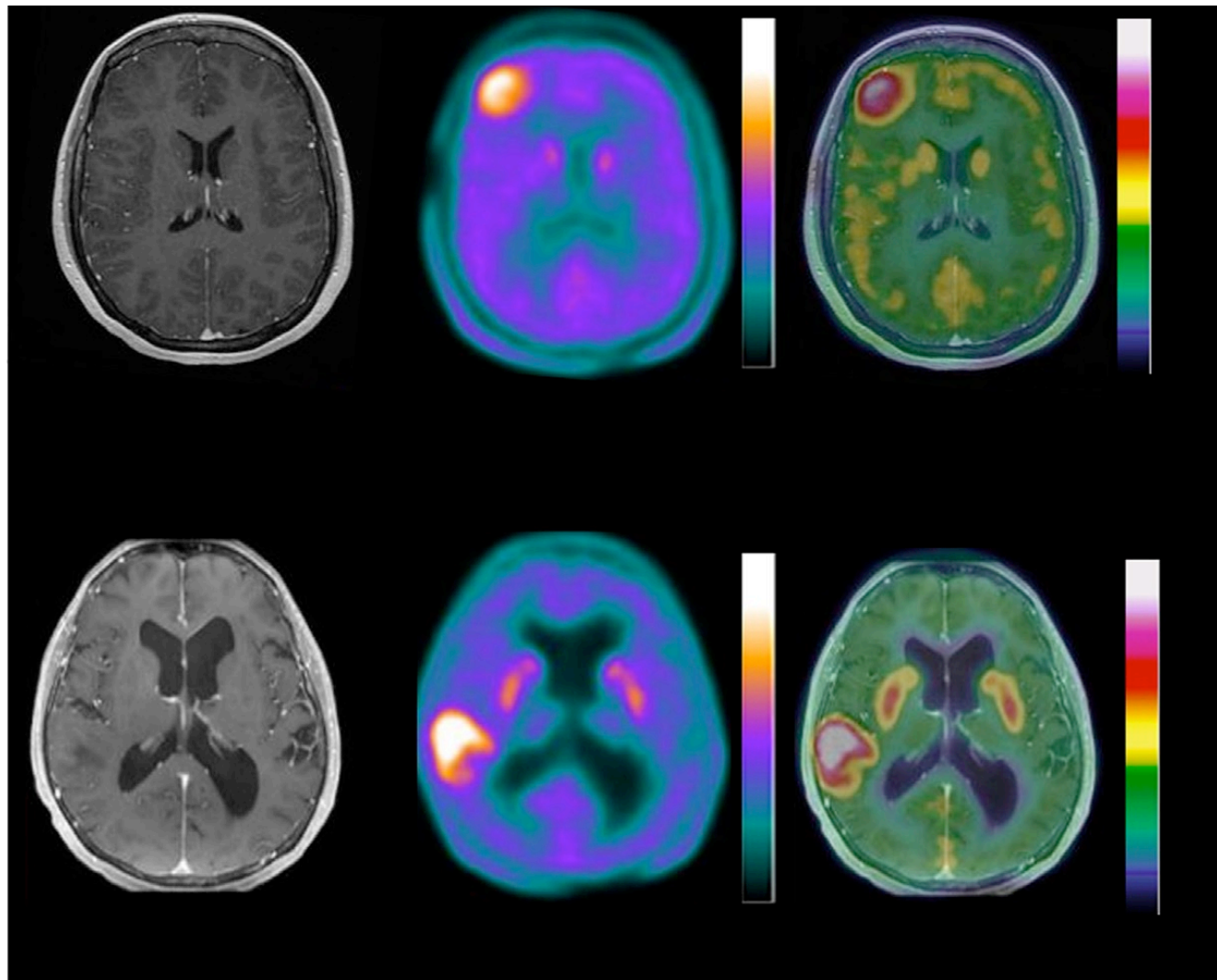
Brain FET PET tumor-to-white mater ratio to differentiate recurrence from post-treatment changes in high-grade gliomas

Ameya D. Puranik¹ | Venkatesh Rangarajan¹ | Indraja D. Dev¹ | Yash Jain¹ |
Nilendu C. Purandare¹ | Arpita Sahu² | Amitkumar Choudhary² | Tejpal Gupta³ |
Abhishek Chatterjee³ | Aliasgar Moiyadi⁴ | Prakash Shetty⁴ | Epari Sridhar⁵ |
Ayushi Sahay⁵ | Vijay M. Patil⁶ | Sneha Shah¹ | Archi Agrawal¹

Etude rétrospective sur 72 patients avec gliome grade III ou IV

Se 80%, Sp 87,5% avec cut-off à 2,65 pour ratio Tumeur/SB

Analyse dynamique



Analyse dynamique

Ginet, M, et al. Performances des paramètres statiques et dynamiques en TEP à la 18F-FDopa dans la détection de récurrence ou progression des gliomes. Mednuc.2020.01.124

« Tous les paramètres statiques étaient des indicateurs prédictifs significatifs d'une récurrence ou progression avec une précision diagnostique globale $\geq 94\%$... »

« ... la pente était le seul paramètre dynamique prédictif d'une récurrence ou progression avec une précision diagnostique de 76,5% ... »

« ... aucune information supplémentaire à partir des paramètres statiques n'a été obtenue en analyse multivariée. »

The use of dynamic O-(2-¹⁸F-fluoroethyl)-L-tyrosine PET in the diagnosis of patients with progressive and recurrent glioma

Norbert Galldiks, Gabriele Stoffels, Christian Filss, Marion Rapp, Tobias Blau, Caroline Tscherpel, Garry Ceccon, Veronika Dunkl, Martin Weinzierl, Michael Stoffel, Michael Sabel, Gereon R. Fink, Nadim J. Shah, and Karl-Josef Langen

Background. We evaluated the diagnostic value of static and dynamic O-(2-[¹⁸F]fluoroethyl)-L-tyrosine (¹⁸F-FET) PET parameters in patients with progressive or recurrent glioma.

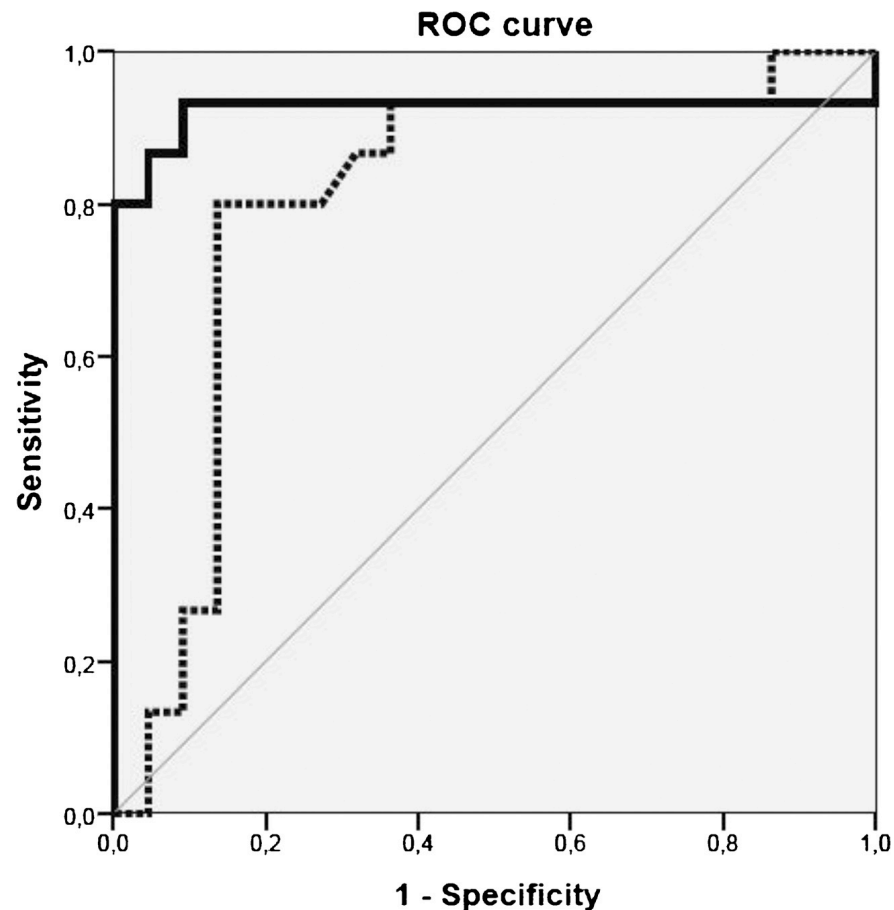
Methods. We retrospectively analyzed 132 dynamic ¹⁸F-FET PET and conventional MRI scans of 124 glioma patients (primary World Health Organization grade II, $n = 55$; grade III, $n = 19$; grade IV, $n = 50$; mean age, 52 ± 14 y). Patients had been referred for PET assessment with clinical signs and/or MRI findings suggestive of tumor progression or recurrence based on Response Assessment in Neuro-Oncology criteria. Maximum and mean tumor/brain ratios of ¹⁸F-FET uptake were determined (20–40 min post-injection) as well as tracer uptake kinetics (ie, time to peak and patterns of the time–activity curves). Diagnoses were confirmed histologically (95%) or by clinical follow-up (5%). Diagnostic accuracies of PET and MR parameters for the detection of tumor progression or recurrence were evaluated by receiver operating characteristic analyses/chi-square test.

Results. Tumor progression or recurrence could be diagnosed in 121 of 132 cases (92%). MRI and ¹⁸F-FET PET findings were concordant in 84% and discordant in 16%. Compared with the diagnostic accuracy of conventional MRI to diagnose tumor progression or recurrence (85%), a higher accuracy (93%) was achieved by ¹⁸F-FET PET when a mean tumor/brain ratio ≥ 2.0 or time to peak < 45 min was present (sensitivity, 93%; specificity, 100%; accuracy, 93%; positive predictive value, 100%; $P < .001$).

Conclusion. Static and dynamic ¹⁸F-FET PET parameters differentiate progressive or recurrent glioma from treatment-related non-neoplastic changes with higher accuracy than conventional MRI.

TEP F-DOPA vs IRM (métastases)

ROC curves comparing
the diagnostic accuracy of *rSUV*
(bold) with that of *rCBV* (dotted)



With a cut-off value of 1.59, a sensitivity of 90 % and a specificity of 92.3 % were achieved in differentiating RN from PD lesions (accuracy 91.3 %)

F-DOPA PET is a highly accurate tool for differentiating RN from PD brain metastases after stereotactic radiosurgery.

In this specific setting, F-DOPA PET seems to perform better than perfusion-MR

Response Assessment in Neuro-Oncology working group and European Association for Neuro-Oncology recommendations for the clinical use of PET imaging in gliomas

Table 1. Diagnostic performance of different amino acid tracers compared with conventional and advanced MRI

Clinical Problem	MET	FET	FDOPA
Differentiation of glioma from nonneoplastic lesions	Numerous studies, ¹⁹ higher diagnostic accuracy than MRI alone	Higher diagnostic accuracy than MRI alone ^{11,12,18}	Not available for the initial diagnosis
Glioma grading (including detection of anaplastic foci)	Higher diagnostic accuracy than MRI, but still limited accuracy due to high overlap between WHO grades ^{19,96}	Higher diagnostic accuracy than MRI, in particular for <i>dynamic</i> PET ^{14,26,93} High accuracy by combination of dynamic FET-PET and diffusion MRI ⁹⁷	No studies available comparing directly PET with MRI; in the pure PET studies, conflicting results reporting high ^{38,98} and low ^{28,99} performance
Delineation of glioma extent	Metabolically active tumor larger than contrast enhancement in LGG and HGG at diagnosis and recurrence ^{100,101} Delineates metabolically active tumor in non-enhancing anaplastic glioma ^{32,102}	In newly diagnosed glioblastoma, metabolically active tumor larger than CE pre- and postoperatively ^{46,103} In WHO grades II/IV gliomas metabolically active tumor larger than rCBV ¹⁰⁴	In glioma, metabolically active tumor larger than rCBV, ¹⁰⁵ ADC, ¹⁰⁶ and contrast enhancement ^{34,36}
Differentiation of glioma recurrence from treatment-induced changes (eg, pseudoprogression, radionecrosis)	Higher diagnostic accuracy than MRI ⁶⁶	Higher diagnostic accuracy than MRI ^{74,81,107}	Higher diagnostic accuracy than MRI ^{17,37,79,108}
Assessment of treatment response (including pseudoresponse)	Superior to MRI; metabolic response to TMZ predictive for survival ⁷⁰	Superior to MRI; metabolic responses to TMZ, ⁸³ RT, ^{69,71} and BEV ^{76,78} occurred earlier and/or were associated with improved survival	Superior to MRI; metabolic response to BEV ⁷⁷ occurred earlier and was predictive of improved survival
Assessment of prognosis in gliomas	In contrast to pretreatment CE volumes, metabolically active tumor volumes are prognostic in HGG ^{86,95}	Metabolically active tumor volume is prognostic in WHO grade IV glioma. ⁴⁶ Higher prognostic value of time-activity curves in <i>dynamic</i> PET than MRI within WHO grade II and WHO grades III/IV glioma. ^{15,91,92} FET uptake in combination with specific MRI findings is prognostic ⁹⁴ for WHO grade II glioma	Superior to MRI in WHO grade II glioma; maximum uptake is an independent predictor of progression ¹⁰⁹

“Amino acid PET is useful for the differentiation between treatment-related changes and true progression with high sensitivity and specificity. A combination of static and dynamic 18F-FET PET parameters identified correctly progressive or recurrent glioma with higher accuracy (93%) than conventional MRI.”

Et après ?

Causes de Faux Positifs

La rupture de la BHE
L'inflammation

Causes de Faux Négatifs

Petite lésion
Variabilité du métabolisme de aa inter-lésionnelle

Vers une TEP multi-paramétrique ?

Analyse dynamique
Analyse texturale (radiomique)

Mais :

- Grosse quantité de données (IA)
- Harmonisation des protocoles

TEP-IRM

Conclusions

La radiothérapie est un traitement de choix des tumeurs gliales
Elle peut être exclusive, post-opératoire ou associée à de la chimiothérapie

Peut cependant être responsable de phénomènes nécrotiques et inflammatoires intenses symptomatiques et/ou responsables d'images inquiétantes très difficiles à différencier d'une récurrence ou d'une poursuite évolutive

L'IRM multiparamétrique avec perfusion +/- spectroscopie est l'examen de 1^{ère} intention

En cas de doute, la TEP (aa ou FDG dual phase) apporte une information complémentaire
- Excellente performance dans le diagnostic de récurrence (gliome haut vs bas grade vs métastase)

Merci