



*Εργαστήριο Πυρηνικής Ιατρικής  
Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας*



## ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

# Σπινθηρογραφική Απεικόνιση Εγκεφάλου - ΚΝΣ

Παναγιώτης Αν. Γεωργούλιας

*Αν. Καθηγητής Πυρηνικής Ιατρικής*



*Λάρισα, 2017*

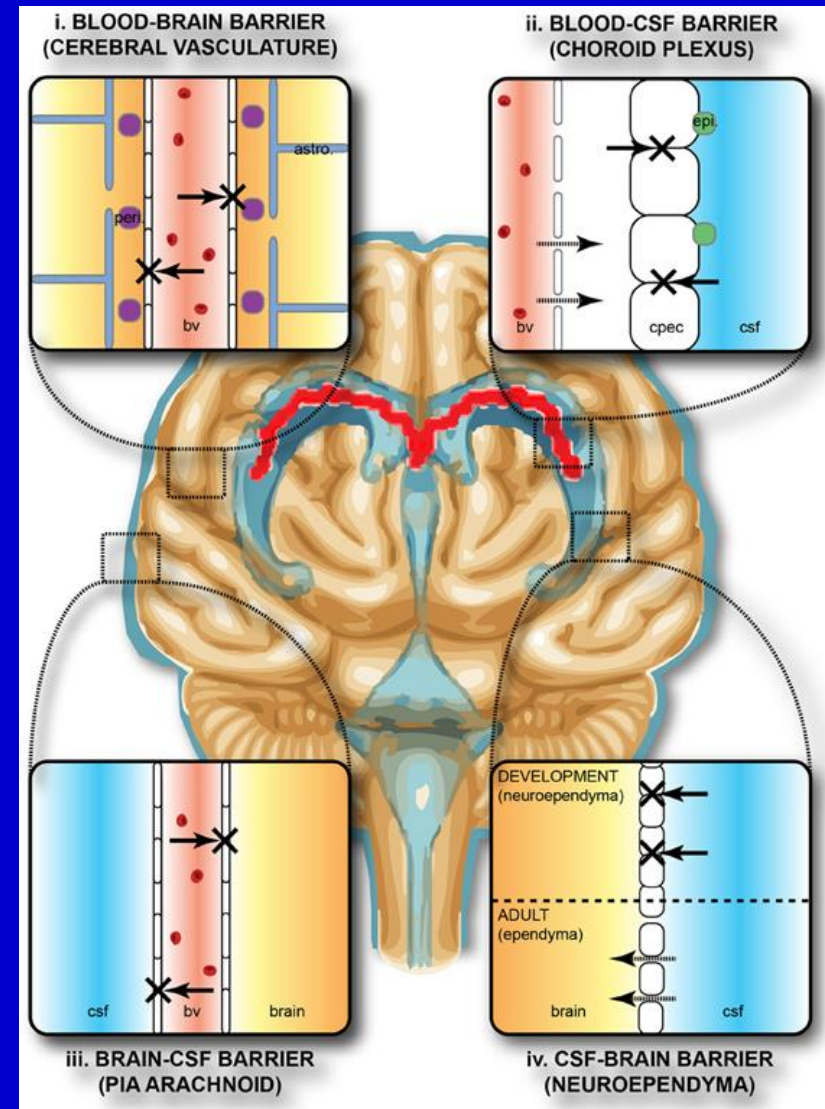
# ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ - ΚΝΣ

## Στοιχεία Ανατομίας – Φυσιολογίας

- ΚΝΣ (εγκέφαλος – νωτιαίος μυελός).
- Περιβάλλεται από τις μήνιγγες (σκληρή, αραχνοειδής, χοριοειδής) – Ε.Υ. (υπαραχνοειδής χώρος).
- Αιμάτωση εγκεφάλου: 750ml/min αίματος (15% της καρδιακής παροχής).
- **Εξάγωνο Willis:** 2 πρόσθιες εγκεφαλικές, 2 έσω καρωτίδες (συνεχίζονται ως μέσες εγκεφαλικές), 2 οπίσθιες εγκεφαλικές (κλάδοι της βασικής αρτηρίας που προέρχεται από την ένωση των δύο σπονδυλικών), πρόσθια αναστομωτική, 2 οπίσθιες αναστομωτικές.
- $\downarrow pO_2$ ,  $\uparrow pCO_2$ ,  $\downarrow pH$ : **αγγειοδιαστολή.**  
 $\uparrow pO_2$ ,  $\downarrow pCO_2$ ,  $\uparrow pH$ : **αγγειοσυστολή.**  
τοπική αυτορρύθμιση ανάλογα με την ΑΠ (↑ΑΠ αγγειοσυστολή, ↓ΑΠ αγγειοδιαστολή).

# ΑΙΜΑΤΟΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟΣ ΦΡΑΓΜΟΣ

- **Στενή σύνδεση** των ενδοθηλιακών τριχοειδικών κυττάρων
- «Ποδίσκοι» νευρογλοιακών κυττάρων
- **Αδιαπέραστος** από αρκετές ουσίες (π.χ. τοξικές ουσίες, φάρμακα) – **προστατευτικός μηχανισμός**



## Source:

Stolp HB, et al.

Immune responses at brain barriers and implications for brain development and neurological function in later life.

Front Integr Neurosci 2013;7:61.

CC BY-SA 3.0

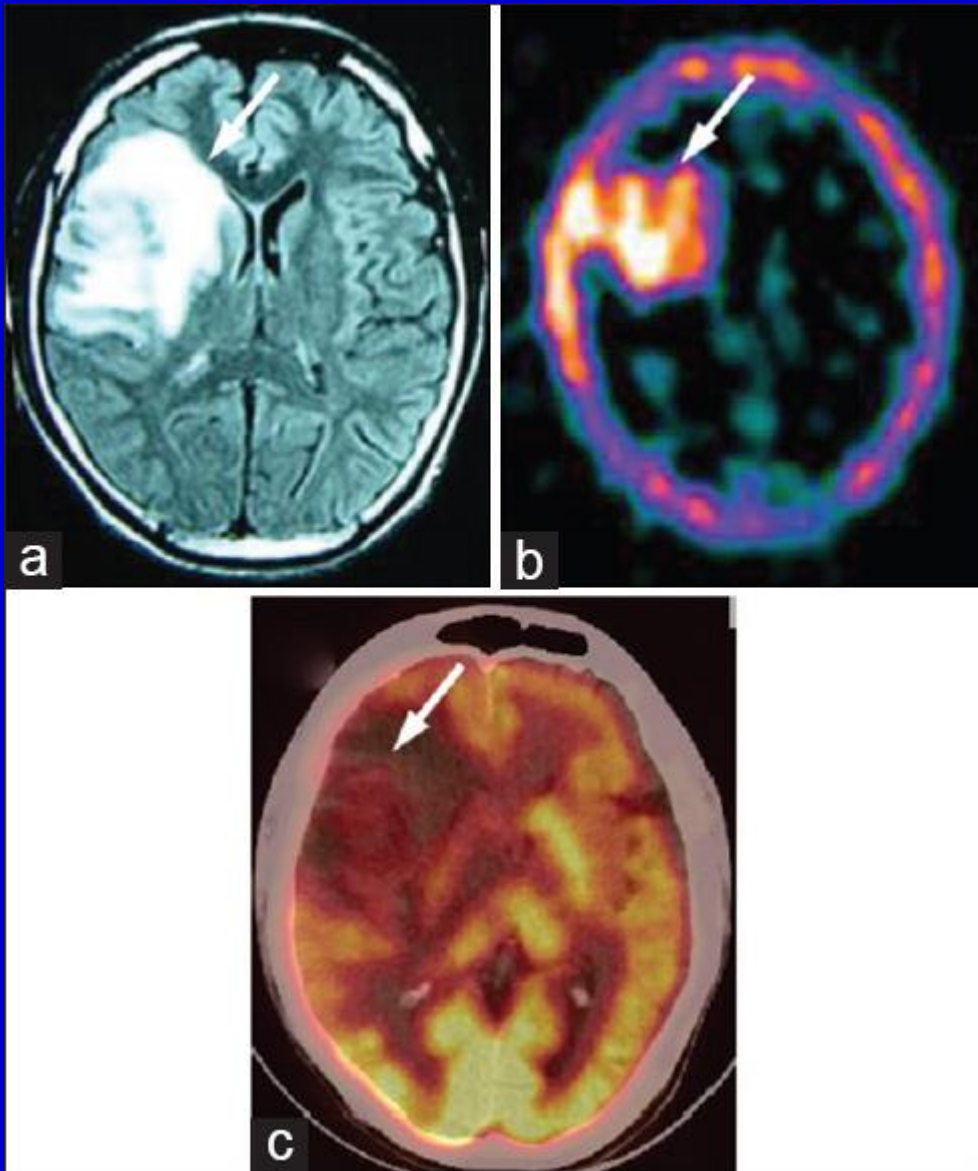
# ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ – ΤΕΧΝΙΚΕΣ

- **Ραδιοφάρμακα απεικόνισης του αιματοεγκεφαλικού φραγμού** ( $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetate,  $^{99m}\text{Tc}$ -glucoheptonate,  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA,  $^{201}\text{Tl}$ ).
- **Ραδιοφάρμακα απεικόνισης του εγκεφαλικού όγκου αίματος** ( $^{99m}\text{Tc}$ -RBC,  $^{99m}\text{Tc}$ -HSA,  $^{111}\text{In}$ -transferrin για SPECT και  $^{11}\text{C}$ O,  $\text{C}^{15}\text{O}$  για PET camera).
- **Ραδιοφάρμακα απεικόνισης της εγκεφαλικής αιματικής ροής** ( $^{113}\text{Xe}$ ,  $^{123}\text{I}$ -iodoantipyrine,  $^{123}\text{I}$ -HIPDM,  $^{123}\text{I}$ -IMP,  $^{99m}\text{Tc}$ -PnAO,  **$^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO**,  **$^{99m}\text{Tc}$ -ECD**,  $^{201}\text{Tl}$ -DDC για SPECT και  $^{13}\text{NH}_3$ ,  $^{15}\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2^{15}\text{O}$  για PET camera).
- **Ραδιοφάρμακα απεικόνισης νευροϋποδοχέων** ( $^{123}\text{I}$ -raclopride,  $^{123}\text{I}$ -QNB,  **$^{123}\text{I}$ -IBZM**,  $^{123}\text{I}$ -flumazenil,  **$^{123}\text{I}$ -FP-CIT** για  $\gamma$ -camera και  $^{11}\text{C}$ -raclopride,  $^{11}\text{C}$ -CIT,  $^{11}\text{C}$ -methylspiperone,  $^{76}\text{Br}$ -spiperone,  $^{11}\text{C}$ -nicotine,  $^{11}\text{C}$ -QNB,  $^{11}\text{C}$ -carfentanyl,  $^{11}\text{C}$ -diprenorphine,  $^{11}\text{C}$ -frumazenil,  $^{18}\text{F}$ -Dopa για απεικόνιση με PET-camera).
- **Ραδιοφάρμακα μεταβολισμού** ( $^{18}\text{F}$ FDG,  $^{15}\text{O}_2$ ,  $^{11}\text{C}$ -methyl-L-methionine).
- **Ραδιοφάρμακα απεικόνισης όγκων και φλεγμονών (μη ειδικά).**

# ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΑΙΜΑΤΟΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟΥ ΦΡΑΓΜΟΥ

- Χρησιμοποιούνται συνήθως το  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA ή το  $^{99m}\text{Tc}$ -glucoheptonate.
- Δυναμική μελέτη (λήψεις 1-2sec για 1min).
- Λήψεις «αιματικής δεξαμενής» (πρόσθια, οπίσθια, πλάγιες).
- Όψιμες λήψεις μετά 1-4h (πρόσθια, οπίσθια, πλάγιες, λοξές, vertex, SPECT).
- Εφαρμόζεται σπάνια στη διερεύνηση παθολογικών καταστάσεων (χωροκατακτητικές εξεργασίες, ΑΕΕ, αρτηριοφλεβώδεις δυσπλασίες – ανευρύσματα, εγκεφαλικές λοιμώξεις – αποστήματα, αιματώματα, εγκεφαλικός θάνατος).
- **Εξετάσεις εκλογής: CT, MRI.**

# ΟΓΚΟΣ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ



Ασθενής 30 ετών με αστροκύττωμα grade II του ΔΕ μετωπιαίου λοβού

Αντιμετωπίσθηκε κυρίως με ΑΚΘ, ο ασθενής προσέρχεται με έντονη κεφαλαλγία

(A) Μαγνητική τομογραφία

=> Υπολειπόμενη / υποτροπιάζουσα νόσος

(B) 99mTc-glucosulfate SPECT

=> Υπολειπόμενη / υποτροπιάζουσα νόσος

(C) 18F-FDG PET

=> Υπομεταβολική βλάβη

**Source:**

Santra A, et al.

Use of 99m-technetium-glucosulfate as a tracer for brain tumor imaging: An overview of its strengths and pitfalls.

Indian J Nucl Med 2015;30:1-8.

CC BY-NC-SA 3.0

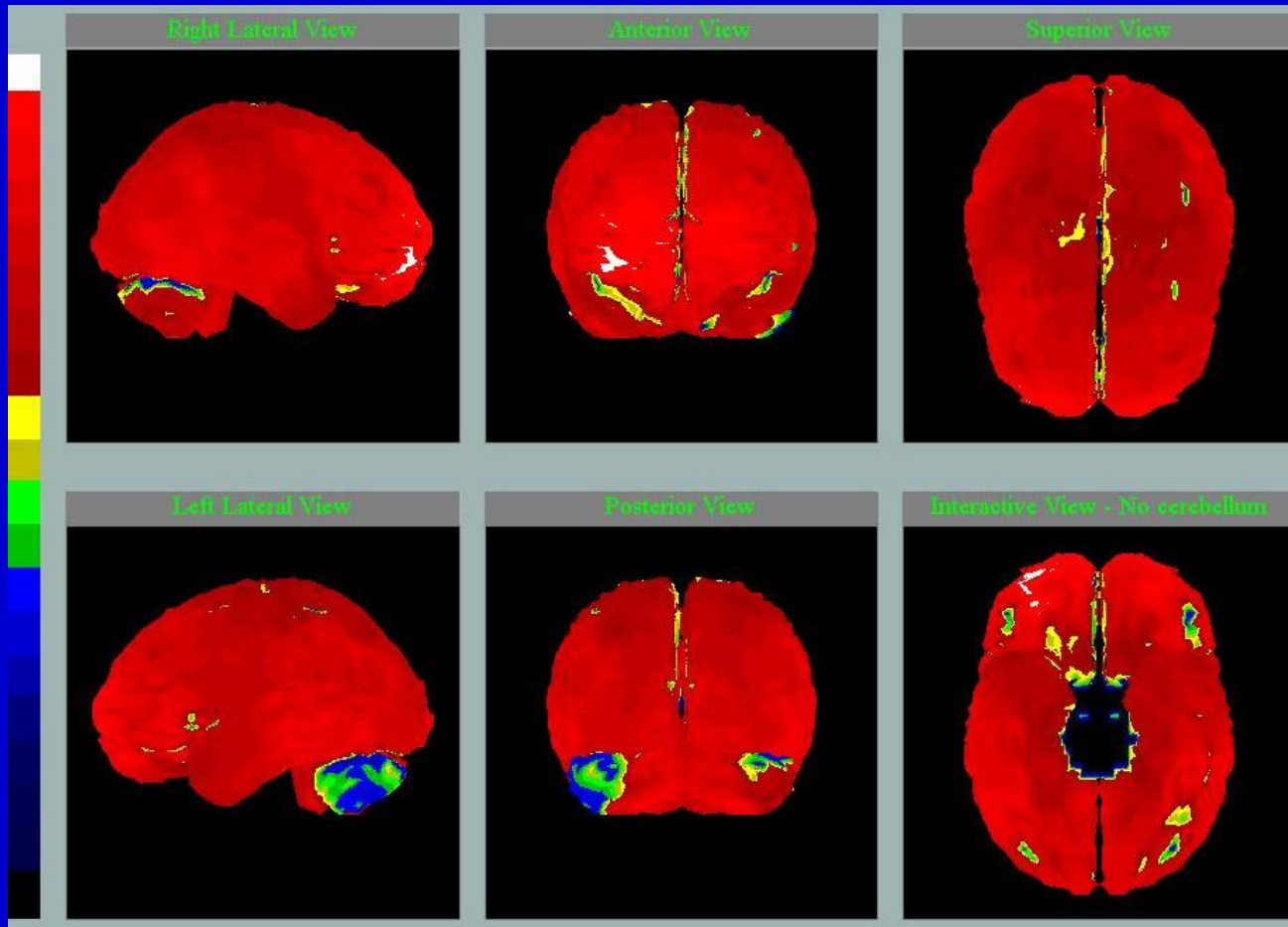
# ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗΣ ΑΙΜΑΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ ( $\gamma$ -camera)

- Τα ραδιοφάρμακα διέρχονται τον ακέραιο αιματοεγκεφαλικό φραγμό.
- Χρησιμοποιούνται κυρίως το  $^{123}\text{I}$ -IMP (λιγότερο το  $^{123}\text{I}$ -HIPDM) και το  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO.
- Φυσιολογικά συμμετρική συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου στα δύο ημισφαίρια.

# ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕ $^{99m}\text{Tc}$ -ΗΜΡΑΟ

- Ουδέτερο, λιπόφιλο ραδιοφάρμακο, διαπερνά τον αιματοεγκεφαλικό φραγμό, διαχέεται στον εγκέφαλο ανάλογα με την αιματική ροή.
- Σταθερή κατακράτηση στον εγκεφαλικό ιστό για μεγάλο χρονικό διάστημα (δεν εμφανίζει «επιανακατανομή»).
- Υψηλό ποσοστό συγκέντρωσης (>85%).
- Η απεικόνιση μπορεί να αρχίσει 10min μετά την iv χορήγηση.
- Δόση 740-910 MBq.



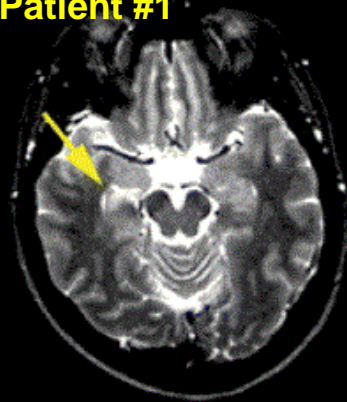


Σπινθηρογράφημα αιμάτωσης εγκεφάλου με  $^{99m}\text{Tc}$ -ΗΜΡΑΟ: φυσιολογική μελέτη.

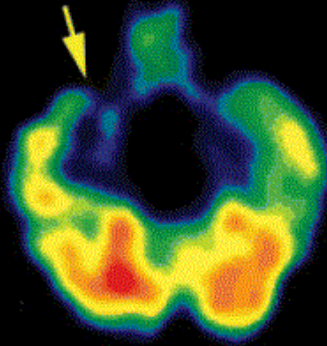
# ΕΠΙΛΗΨΙΑ

- Χρησιμοποιείται κυρίως το  $^{123}\text{I}$ -IMP (έτοιμο προς χορήγηση διάλυμα).
- ↑ συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου στην επιληπτική εστία (χορήγηση στην κρίση).
- ↓ συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου στην επιληπτική εστία (χορήγηση στο μεσοδιάστημα των κρίσεων).
- Δ.Δ. επιληψίας από «ψευδοεπιληπτικές» κρίσεις – η συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου είναι φυσιολογική ή οριακά αυξημένη (χορήγηση κατά τη διάρκεια της κρίσης).

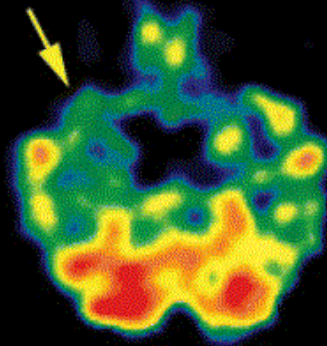
**Patient #1**



M R I  
(T2WI)



Benzodiazepine Receptor  
(<sup>123</sup>I-IMZ SPECT)

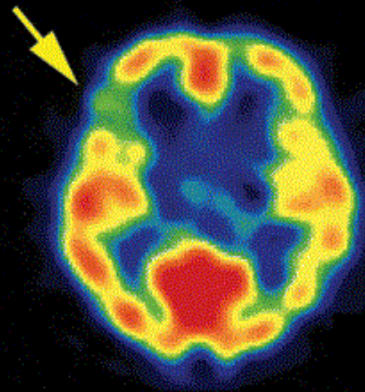


Cerebral Blood Flow  
(<sup>123</sup>I-IMP SPECT)

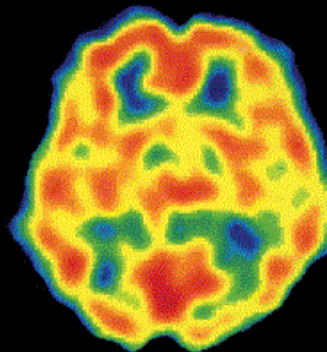
**Patient #2**



M R I  
(T2WI)



Benzodiazepine Receptor  
(<sup>123</sup>I-IMZ SPECT)



Cerebral Blood Flow  
(<sup>123</sup>I-IMP SPECT)

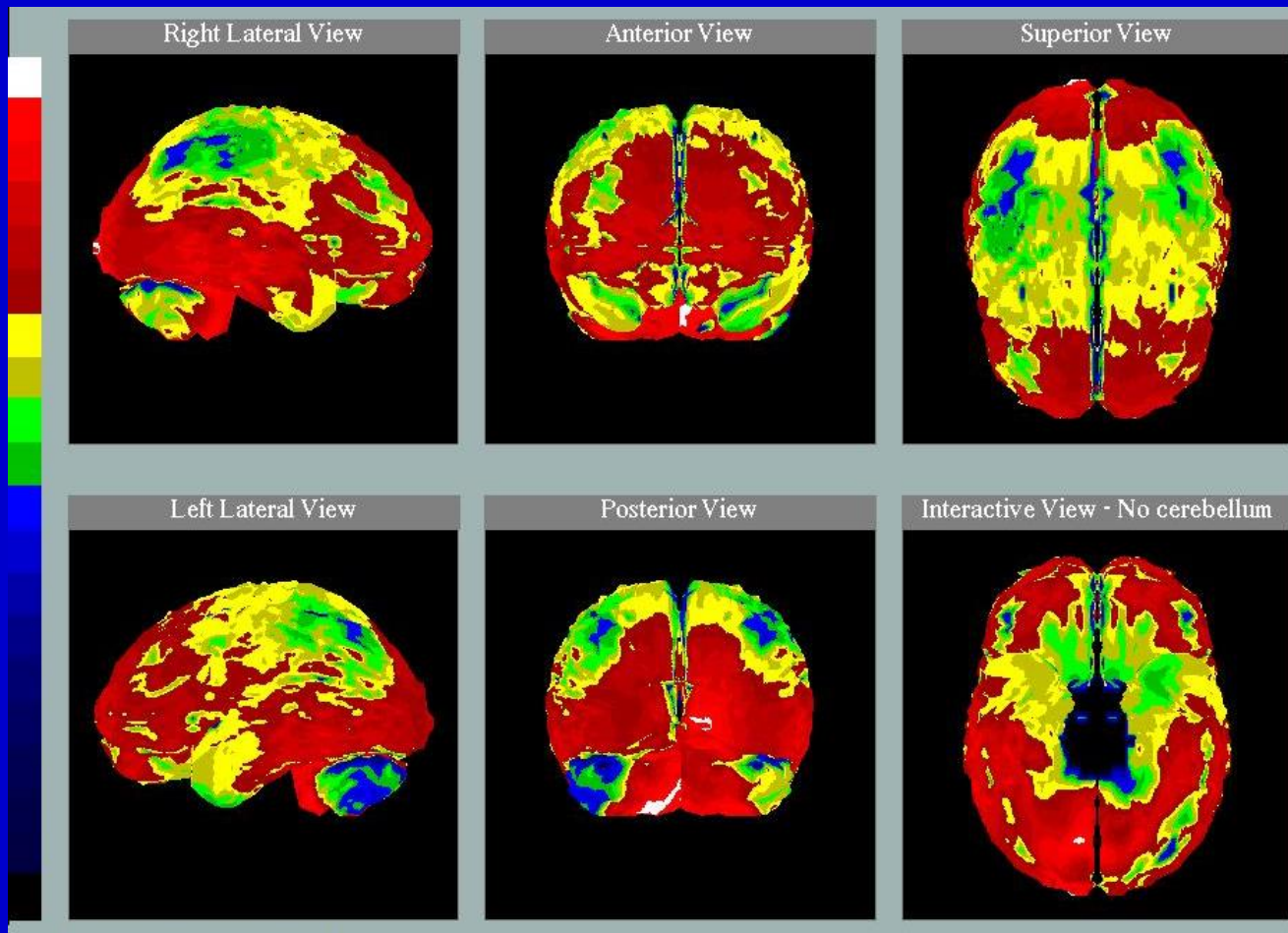
**Source:**

Morimoto K, et al.

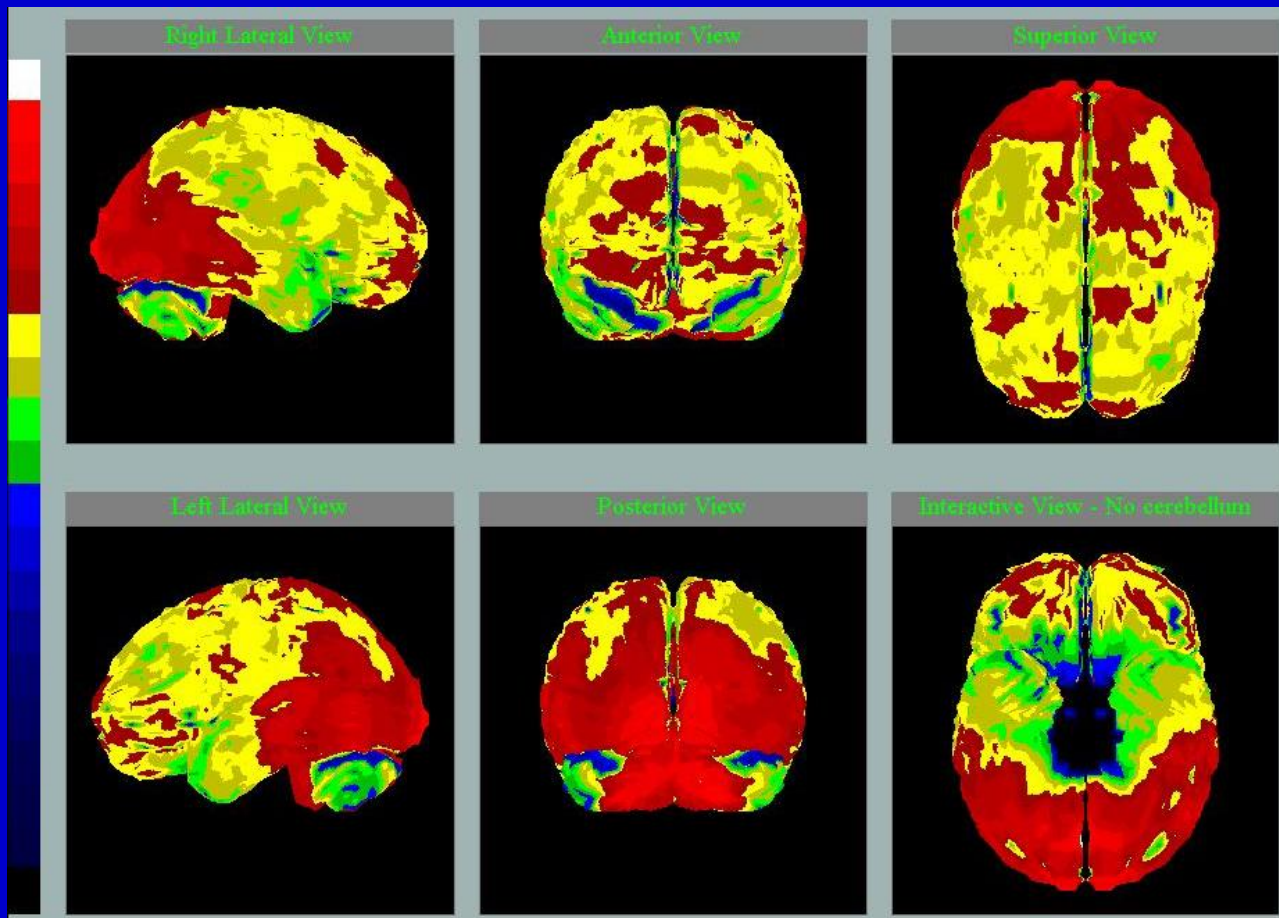
Central-type benzodiazepine receptors and epileptogenesis: basic mechanisms and clinical validity. *Epilepsia*. 2005;46 Suppl 5:184-8.

# ΑΝΟΙΑ

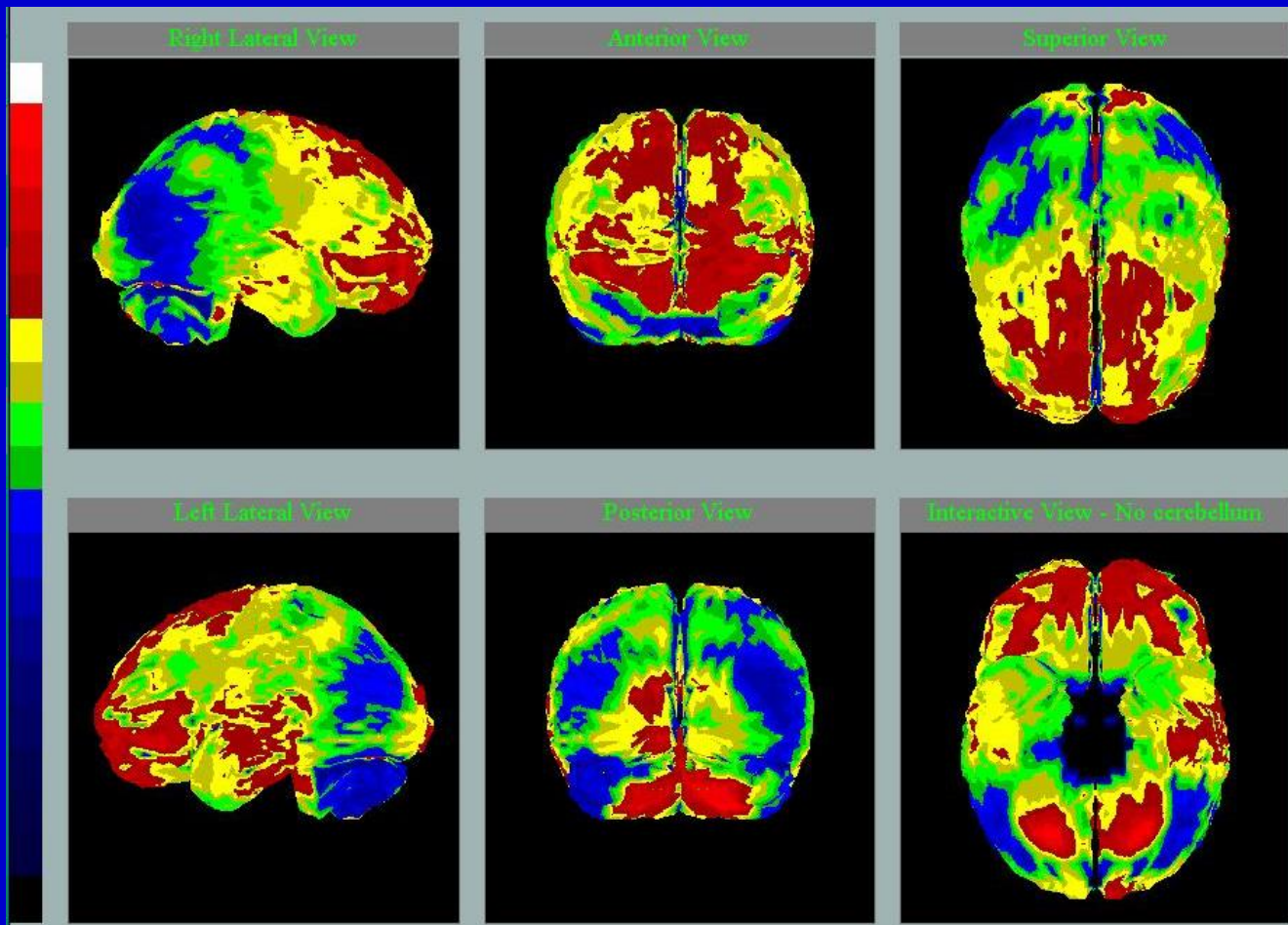
- Νόσος Alzheimer: χρόνια, προοδευτική, εκφυλιστική νόσος του ΚΝΣ που προκαλεί άνοια.
- Οι ακτινολογικές τεχνικές αποκλείουν τη δευτεροπαθή άνοια (π.χ. νεοπλασμάτα, πολλαπλά έμφρακτα).
- Μειωμένη συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου στους βρεγματικούς λοβούς (συχνά αμφοτερόπλευρα), σε αρκετές περιπτώσεις και στους κροταφικούς, ινιακούς, μετωπιαίους (νόσος Pick).
- Λόγος κρούσεων εγκεφαλικού φλοιού / παρεγκεφαλίδας  $<0,8$  (φ.τ.  $\approx 1$ ).



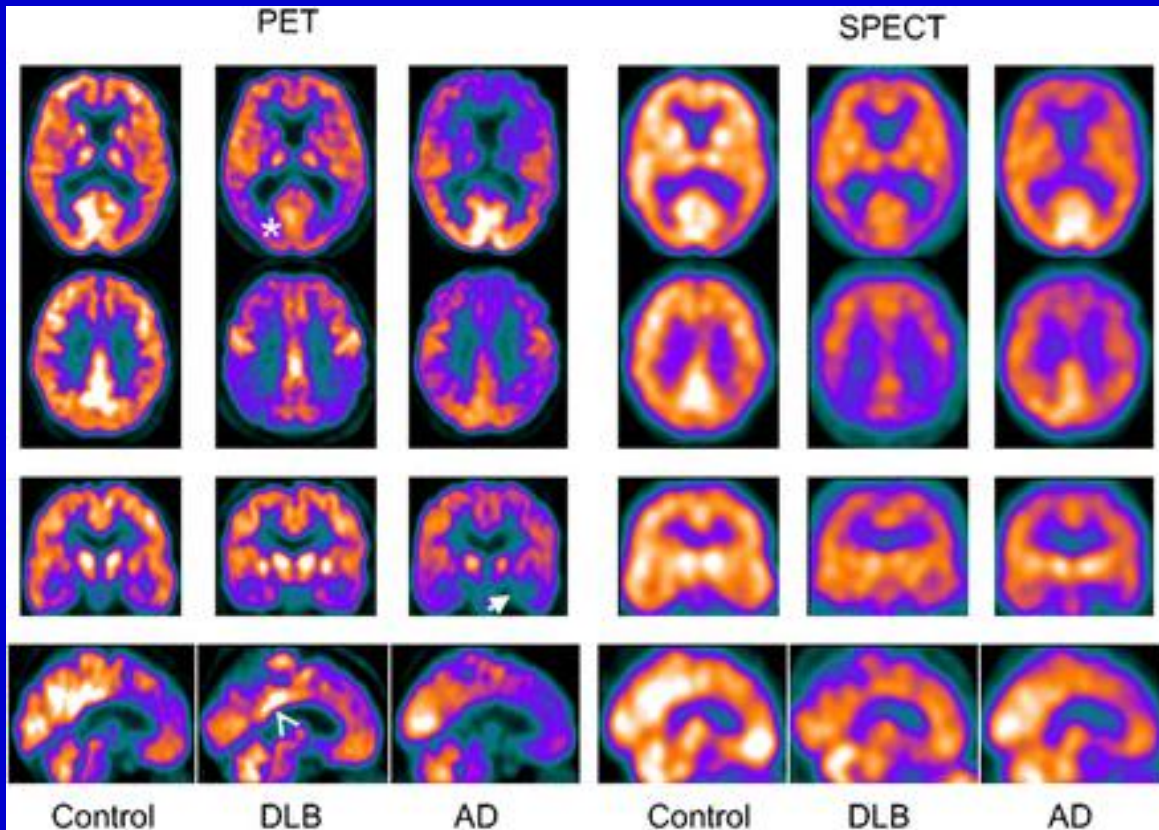
Σπινθηρογράφημα αιμάτωσης εγκεφάλου με  $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO σε ασθενή με νόσο Alzheimer: παρατηρείται μειωμένη αιμάτωση στους βρεγματικούς και κροταφικούς λοβούς.



Σπινθηρογράφημα αιμάτωσης εγκεφάλου με  $^{99m}\text{Tc}$ -ΗΜΡΑΟ σε ασθενή με μετωποκροταφική άνοια: παρατηρείται μειωμένη αιμάτωση στους μετωπιαίους και κροταφικούς λοβούς.



Σπινθηρογράφημα αιμάτωσης εγκεφάλου με  $^{99m}\text{Tc}$ -ΗΜΡΑΟ σε ασθενή με άνοια Lewy-body: χαρακτηριστικό εύρημα αποτελεί η μειωμένη αιμάτωση στους ινιακούς λοβούς.



PET μελέτη  
( $^{18}\text{F}$ -FDG)

Απεικόνιση εγκεφαλικής αιμάτωσης  
( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO)

DLB: Νόσος σωματίων Lewy

AD: Νόσος Alzheimer

**Source:**

O'Brien JT, et al.

18F-FDG PET and Perfusion SPECT in the Diagnosis of Alzheimer and Lewy Body Dementias.

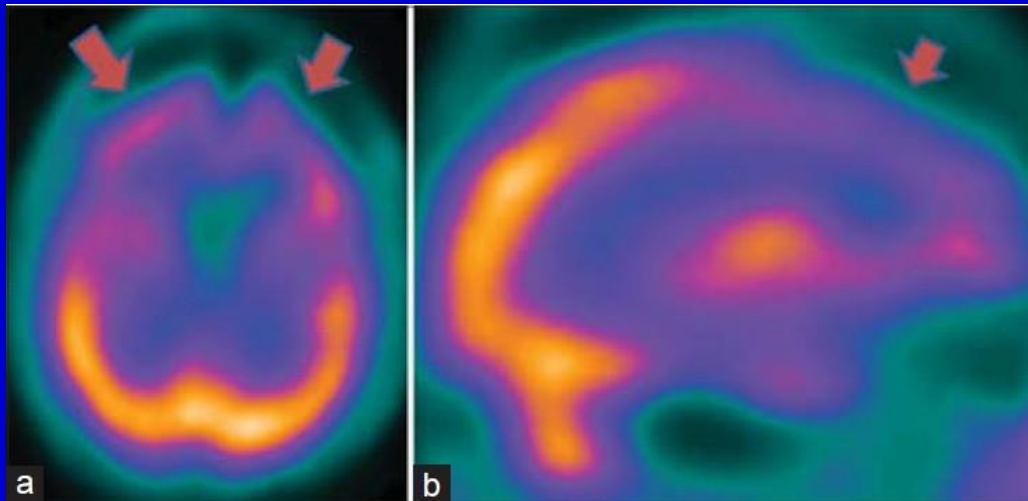
J Nucl Med 2014;. 55( 12):1959-1965.



# ΑΛΛΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ

- Ψυχιατρικά νοσήματα: αυξημένη συγκέντρωση του  $^{99m}\text{Tc}$ -ΗΜΡΑΟ στους πυρήνες και στον κροταφικό λοβό – μειωμένη στους μετωπιαίους λοβούς (σχιζοφρένεια).
- Κακώσεις: εστιακή ή διάχυτα μειωμένη συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου.
- **Νεοπλάσματα:**

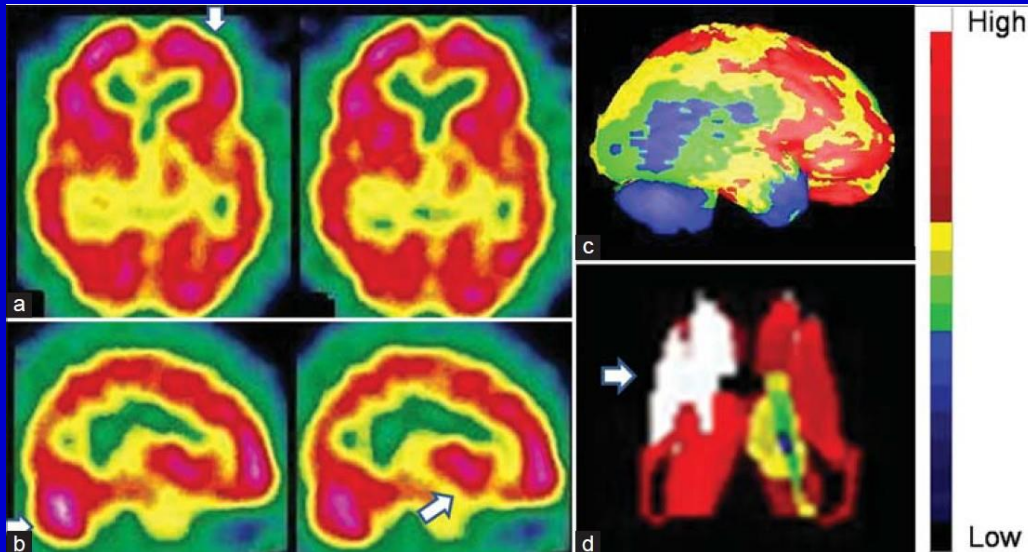
↑ $^{201}\text{Tl}$	↑ $^{99m}\text{Tc}$ -ΗΜΡΑΟ = όγκος
↓ $^{201}\text{Tl}$	↓ $^{99m}\text{Tc}$ -ΗΜΡΑΟ = μετακτινική νέκρωση.
- **Εγκεφαλικός θάνατος:** Απουσία πρόσληψης του ραδιοφαρμάκου στα ημισφαίρια και την παρεγκεφαλίδα, συγκέντρωση σε πνεύμονες, ήπαρ, σπλήνα, ουροδόχο κύστη.



### Απεικόνιση με $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO

=> Μειωμένη αιματική ροή στον μετωπιαίο λοβό

Ασθενής με σοβαρή κατάθλιψη



### Απεικόνιση με $^{99m}\text{Tc}$ -HMPAO

=> Αυξημένη αιματική ροή στον προμετωπιαίο φλοιό και στα βασικά γάγγλια

Ασθενής με σοβαρή αγχώδη διαταραχή

#### Source:

Santra A & Kumar R.

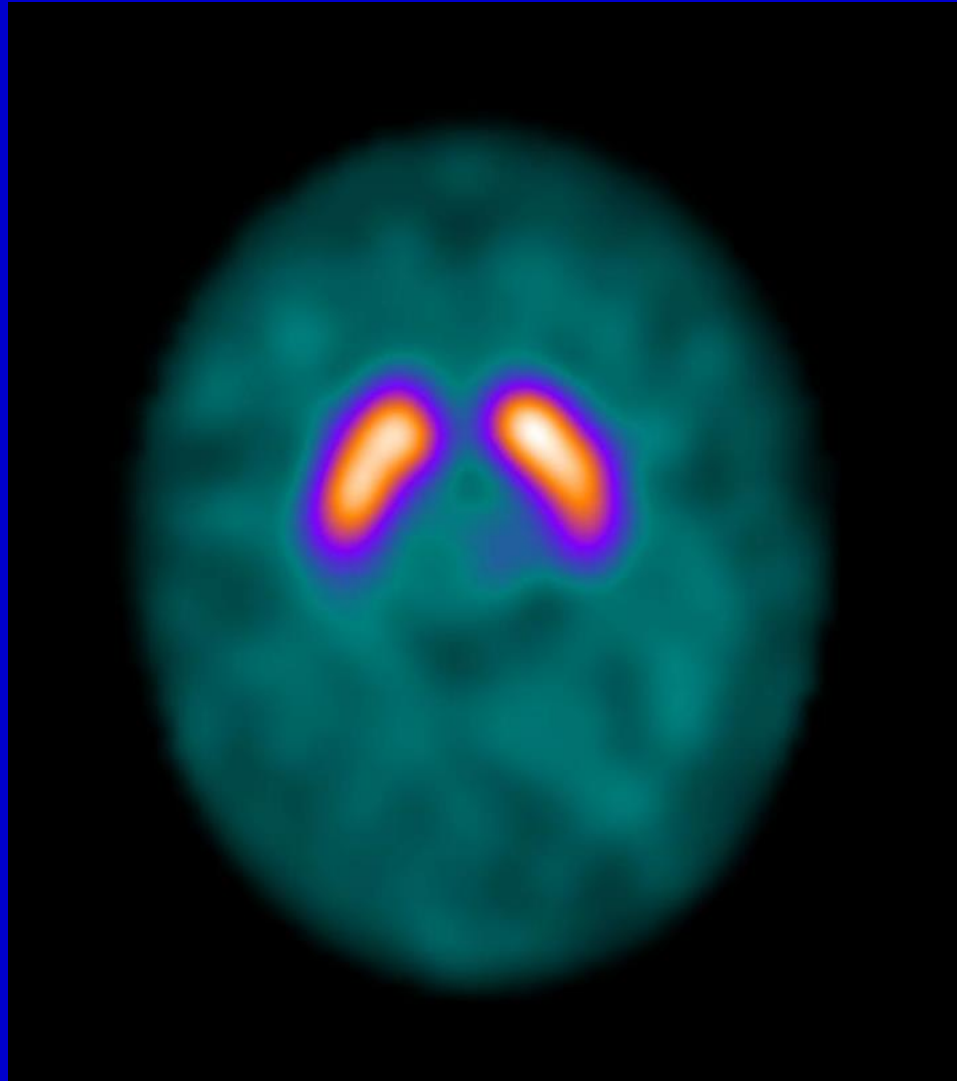
Brain perfusion single photon emission computed tomography in major psychiatric disorders: From basics to clinical practice.

Indian J Nucl Med 2014;29:210-21.

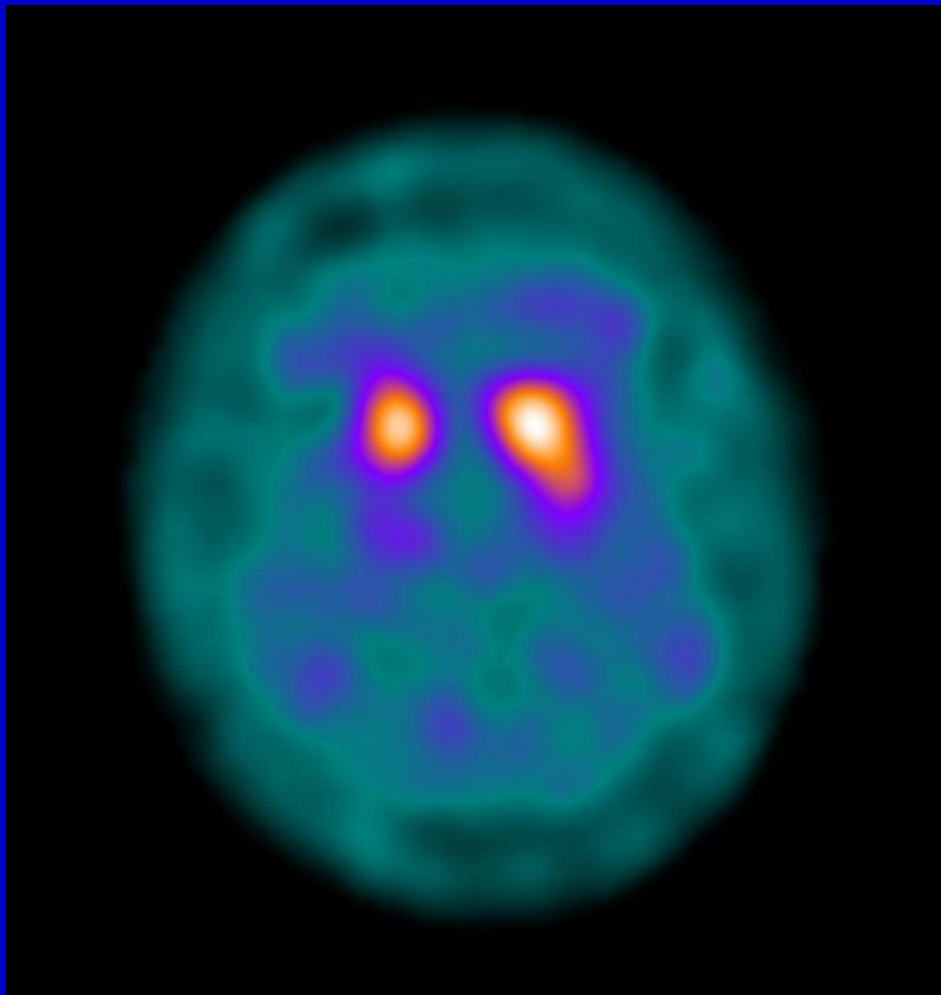
CC BY-NC-SA 3.0

# ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΝΕΥΡΟΪΠΟΔΟΧΕΩΝ ( $\gamma$ -camera)

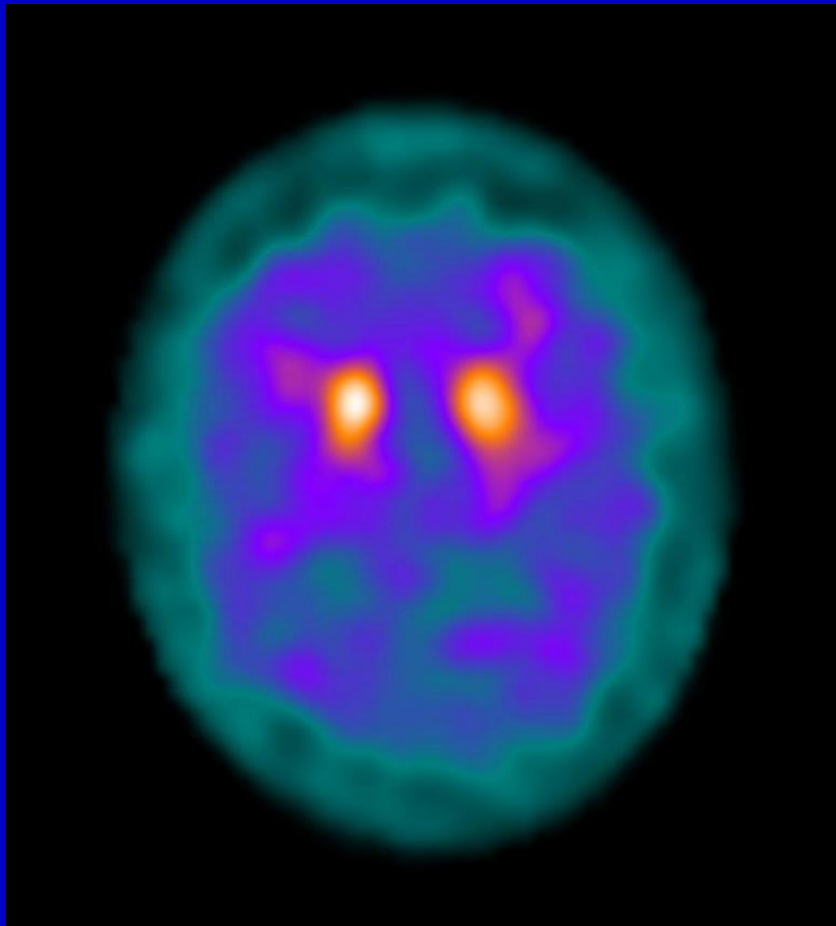
- Απεικόνιση  $D_2$  ντοπαμινεργικών υποδοχέων ( $^{123}\text{I}$ -IBZM,  $^{123}\text{I}$ -FP-CIT): δ.δ. ιδιοπαθή τρόμου από ν. Parkinson, σταδιοποίηση ν. Parkinson, εκτίμηση άλλων κινητικών διαταραχών, σχιζοφρένεια, επιληψία, κατάθλιψη.
- Απεικόνιση οπιοϋποδοχέων ( $^{123}\text{I}$ -flumazenil): επιληψία, σχιζοφρένεια.
- Απεικόνιση μουσκαρινικών και νικοτινικών υποδοχέων ( $^{123}\text{I}$ -QNB,  $^{123}\text{I}$ -nicotine): ν. Parkinson, επιληψία, κατάθλιψη, ν. Alzheimer.
- Απεικόνιση βενζοδιαζεπινικών υποδοχέων ( $^{123}\text{I}$ -iomazenil,  $^{123}\text{I}$ -flumazenil): επιληψία, σχιζοφρένεια, ν. Alzheimer, αλκοολική – ηπατική εγκεφαλοπάθεια.
- Απεικόνιση σεροτονινικών υποδοχέων ( $^{123}\text{I}$ -ketanserin,  $^{123}\text{I}$ -CIT): κατάθλιψη.



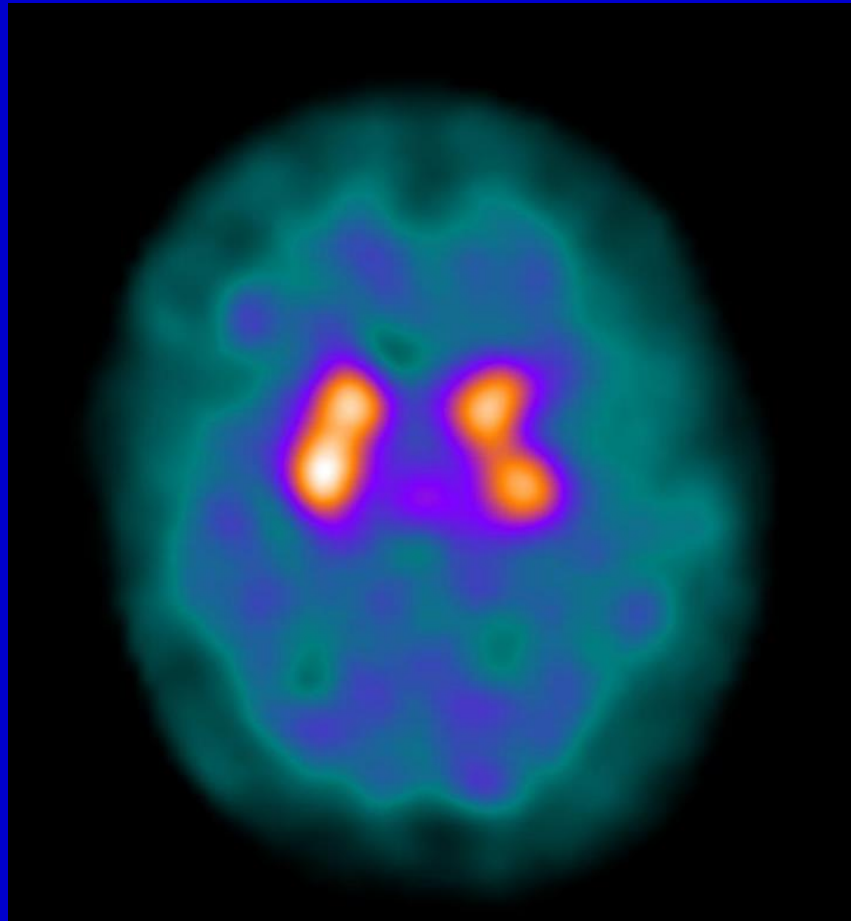
SPECT σπινθηρογράφημα βασικών γαγγλίων με  $^{123}\text{I}$ -ioflupane (DaTSCAN): φυσιολογική μελέτη.



SPECT σπινθηρογράφημα βασικών γαγγλίων με  $^{123}\text{I}$ -ioflupane (DaTSCAN) σε ασθενή με ιδιοπαθή νόσο Parkinson: παρατηρείται ασυμμετρία προσλήψεως του ραδιοφαρμάκου στο ραβδωτό σώμα, με μειωμένη καθήλωση στο κέλυφος του φακοειδούς πυρήνα, ιδίως δεξιά.



SPECT σπινθηρογράφημα βασικών γαγγλίων με  $^{123}\text{I}$ -ioflupane (DaTSCAN) σε ασθενή με παρκινσονισμό προχωρημένου σταδίου: μειωμένη καθήλωση στο κέλυφος του φακοειδούς πυρήνα αμφοτερόπλευρα, καθώς και ηπίως μειωμένη καθήλωση και στους κερκοφόρους πυρήνες και αύξηση της μη-ειδικής ακτινοβολίας του υποστρώματος (background) λόγω αυξημένης μη ειδικής σύνδεσης του ραδιοφαρμάκου.



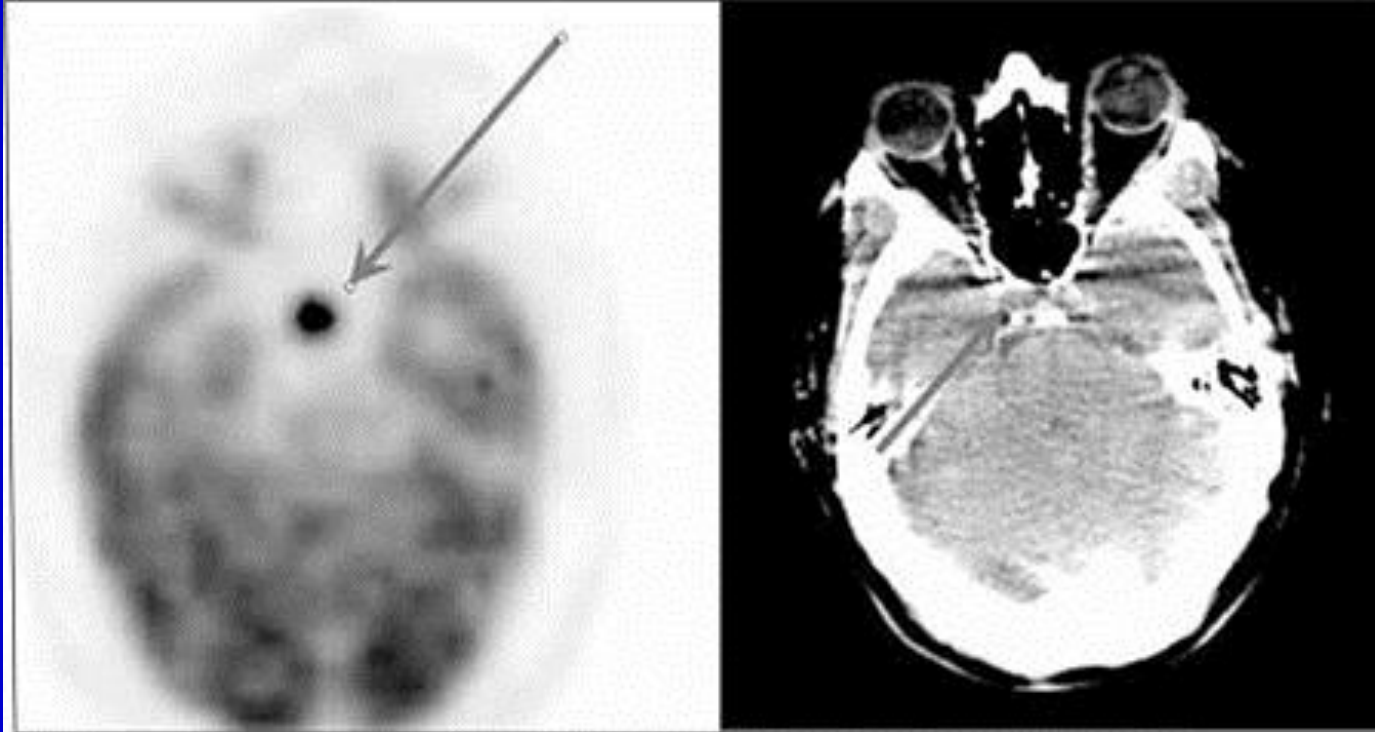
SPECT σπινθηρογράφημα βασικών γαγγλίων με  $^{123}\text{I}$ -ioflupane (DaTSCAN) σε ασθενή με αγγειακό παρκινσονισμό: παρατηρούνται περιοχές μειωμένης καθήλωσης του ραδιοφαρμάκου αντίστοιχα προς τα ισχαιμικά έμφρακτα.

# ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΕ PET-camera

- Σπινθηρογράφημα εγκεφαλικής αιματικής ροής – εγκεφαλικού όγκου αίματος.
- Σπινθηρογραφική απεικόνιση νευροϋποδοχέων
- Όγκοι.



# ΑΔΕΝΩΜΑ ΥΠΟΦΥΣΗΣ



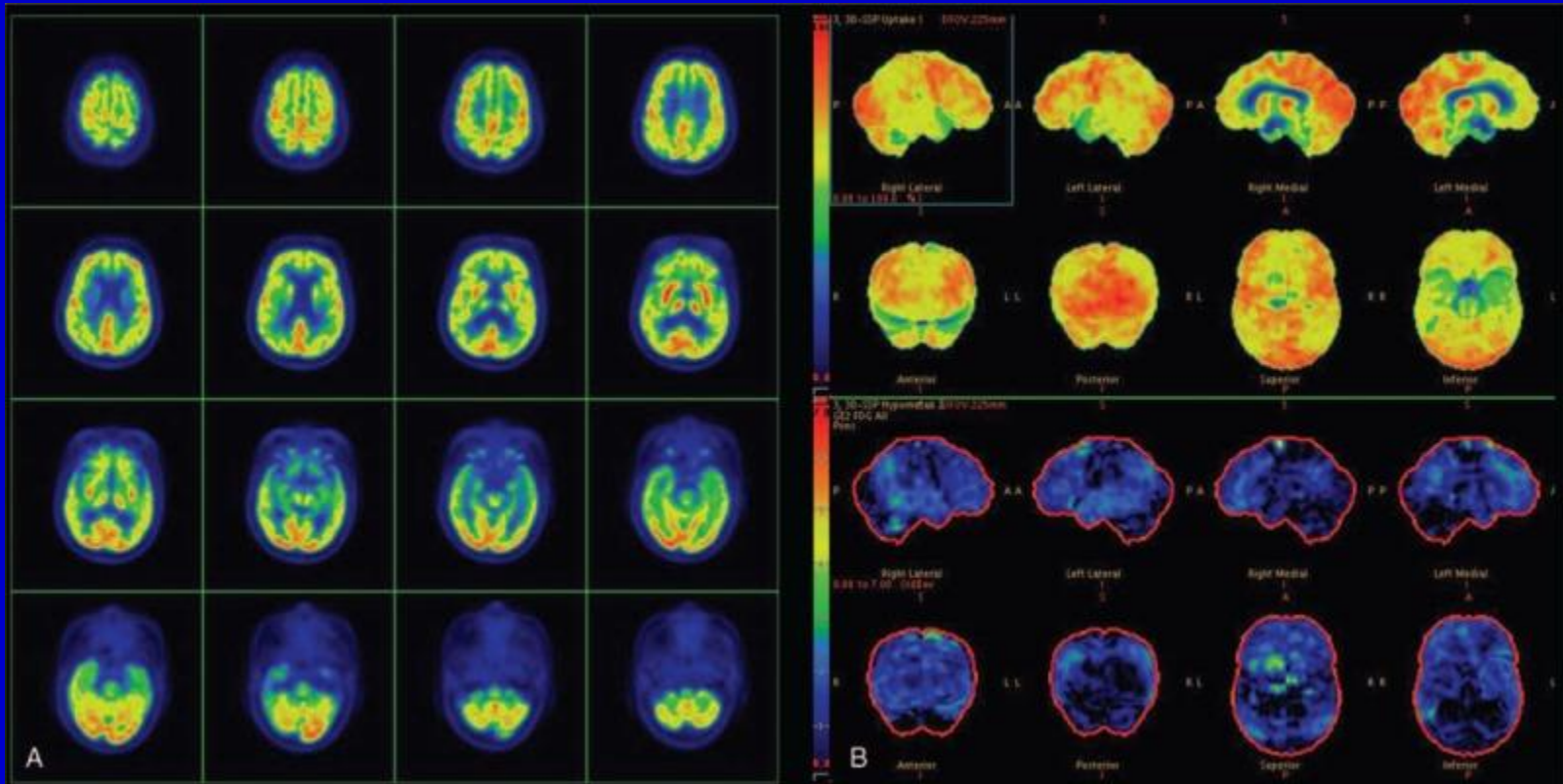
**Source:**

Karapolat I, et al.

Clinically Occult Pituitary Adenoma Can Appear as a Hypermetabolic Lesion on Whole Body FDG PET Imaging in a Patient with Lymphoma.

Mol Imaging Radionucl Ther. 2013 Apr; 22(1): 18–20.

# ΝΟΣΟΣ ALZHEIMER



**Source:**

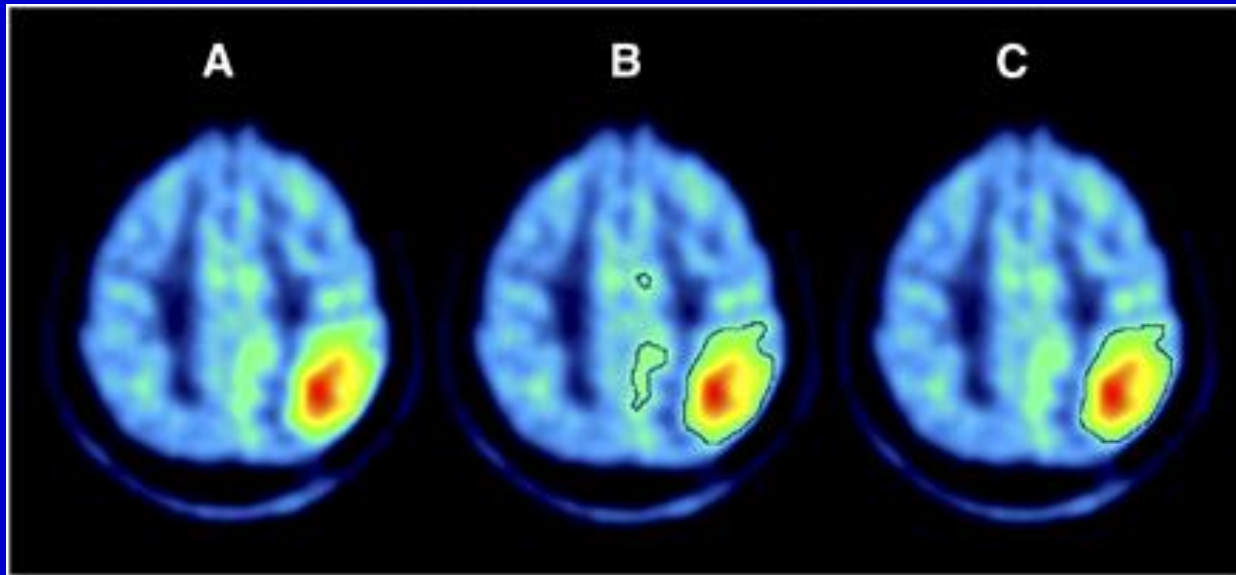
Kin J, et al.

Usefulness of 3-dimensional stereotactic surface projection FDG PET images for the diagnosis of dementia.

Medicine (Baltimore). 2016;95(49):e5622.

CC BY-ND 4.0

# ΟΓΚΟΣ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ



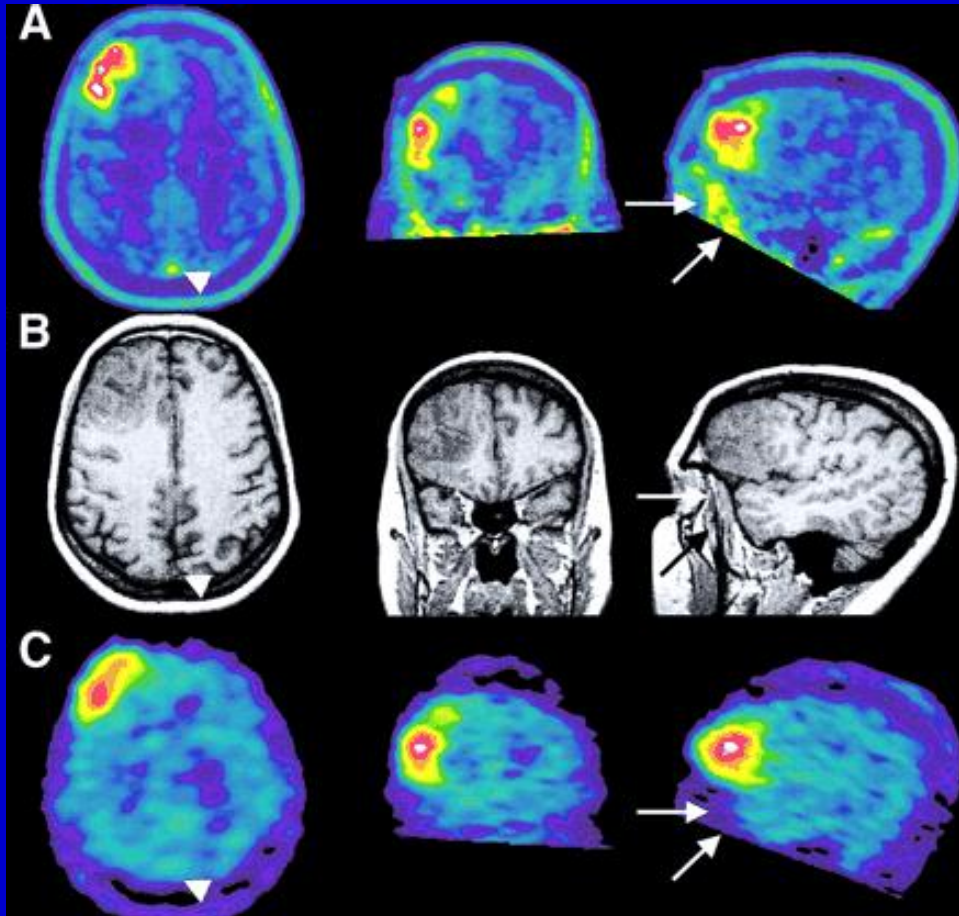
**Source:**

Prieto E, et al.

Voxel-Based Analysis of Dual-Time-Point 18F-FDG PET Images for Brain Tumor Identification and Delineation.

J Nucl Med 2011; 52( 6):865-872.

# ΚΑΚΟΗΘΕΣ ΟΛΙΓΟΔΕΝΔΡΟΓΛΙΩΜΑ



(A) 18F-FET PET

(B) Μαγνητική Τομογραφία

(C) 123I-IMT SPECT

**Source:**

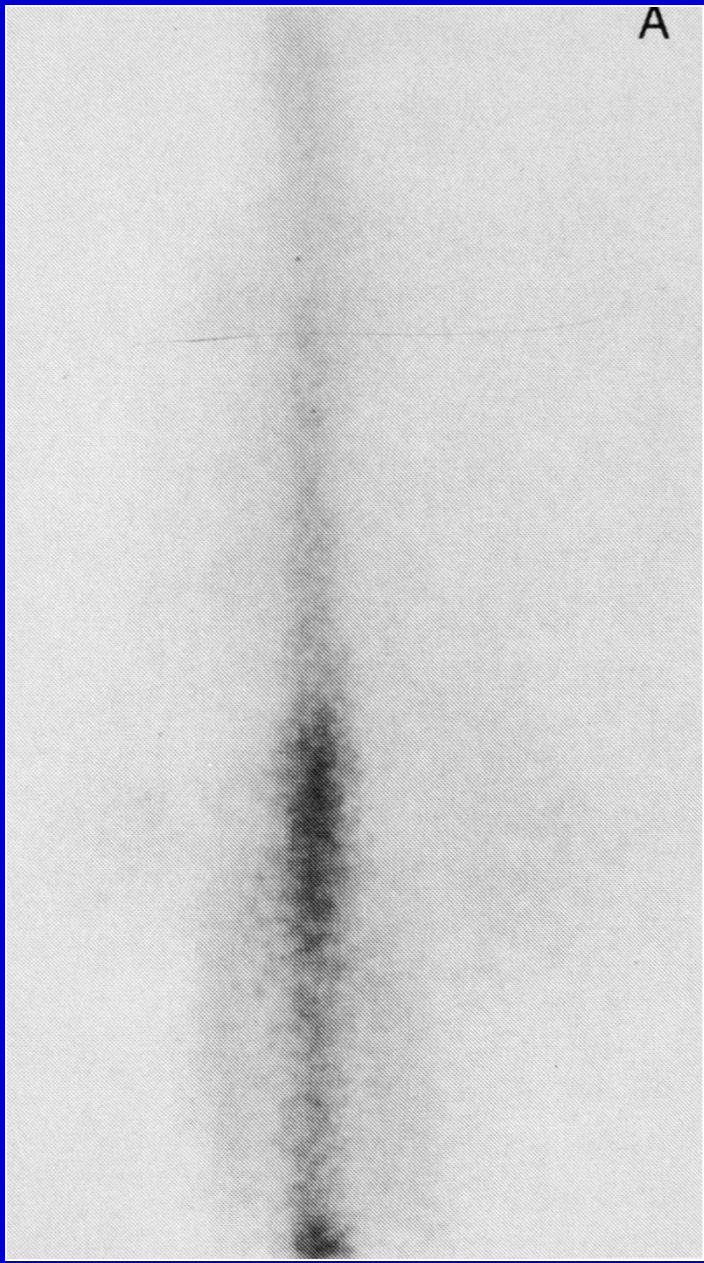
Pauleit D, et al.

Comparison of O-(2-18F-Fluoroethyl)-L-Tyrosine PET and 3-123I-Iodo- $\alpha$ -Methyl-L-Tyrosine SPECT in Brain Tumors.  
J Nucl Med 2004 ;45(3):374-381.

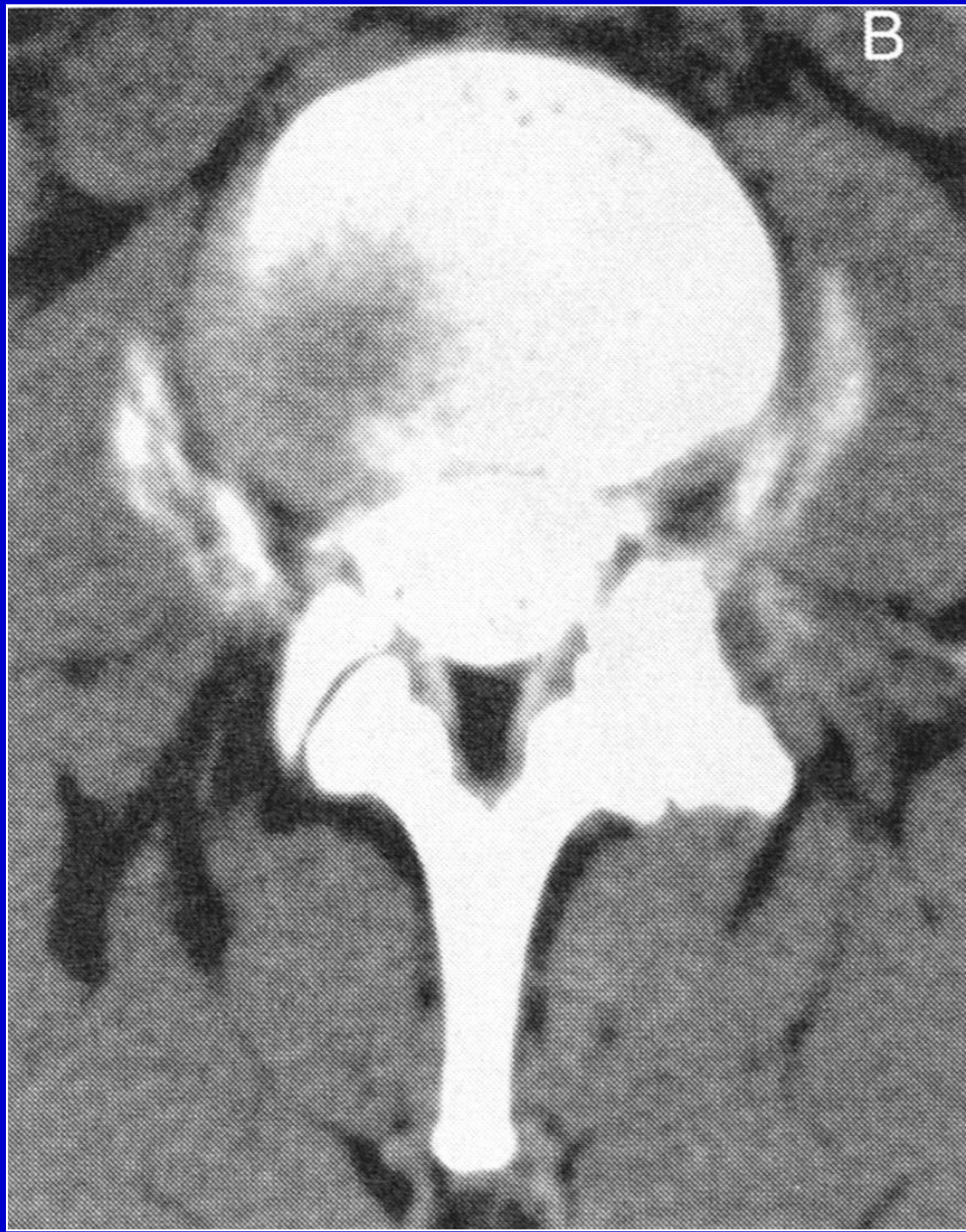
# ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ Ε.Υ.

- Χρησιμοποιείται το  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA ή το  $^{111}\text{In}$ -DTPA (18-37 MBq).
- Χορήγηση με οσφυονωτιαία παρακέντηση ή στην παρεγκεφαλονωτιαία δεξαμενή (διερεύνηση υδροκέφαλου).
- Χορήγηση στην περιοχή της παροχέτευσης ή στις κοιλίες (έλεγχος παροχέτευσης του Ε.Υ. – λειτουργία βαλβίδας).
- Έλεγχος διαφυγής Ε.Υ. μετά από τραυματισμό ή χειρουργική επέμβαση.

A



B



# ΔΑΚΡΥΟΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

- Διερεύνηση κωλύματος στο δακρυϊκό σύστημα.
- Ενστάλλαξη σταγόνας διαλύματος  $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetate (3-4MBq).
- Απεικονίζεται η δίοδος από το ρινοδακρυϊκό πόρο.
- Φυσιολογικά συμμετρική – ταυτόχρονη δίοδος του ραδιοφαρμάκου στο δεξιό και αριστερό ρινοδακρυϊκό πόρο.
- Σε απόφραξη καθυστερεί (μερική απόφραξη) ή διακόπτεται (πλήρης απόφραξη) η δίοδος του ραδιοφαρμάκου.

