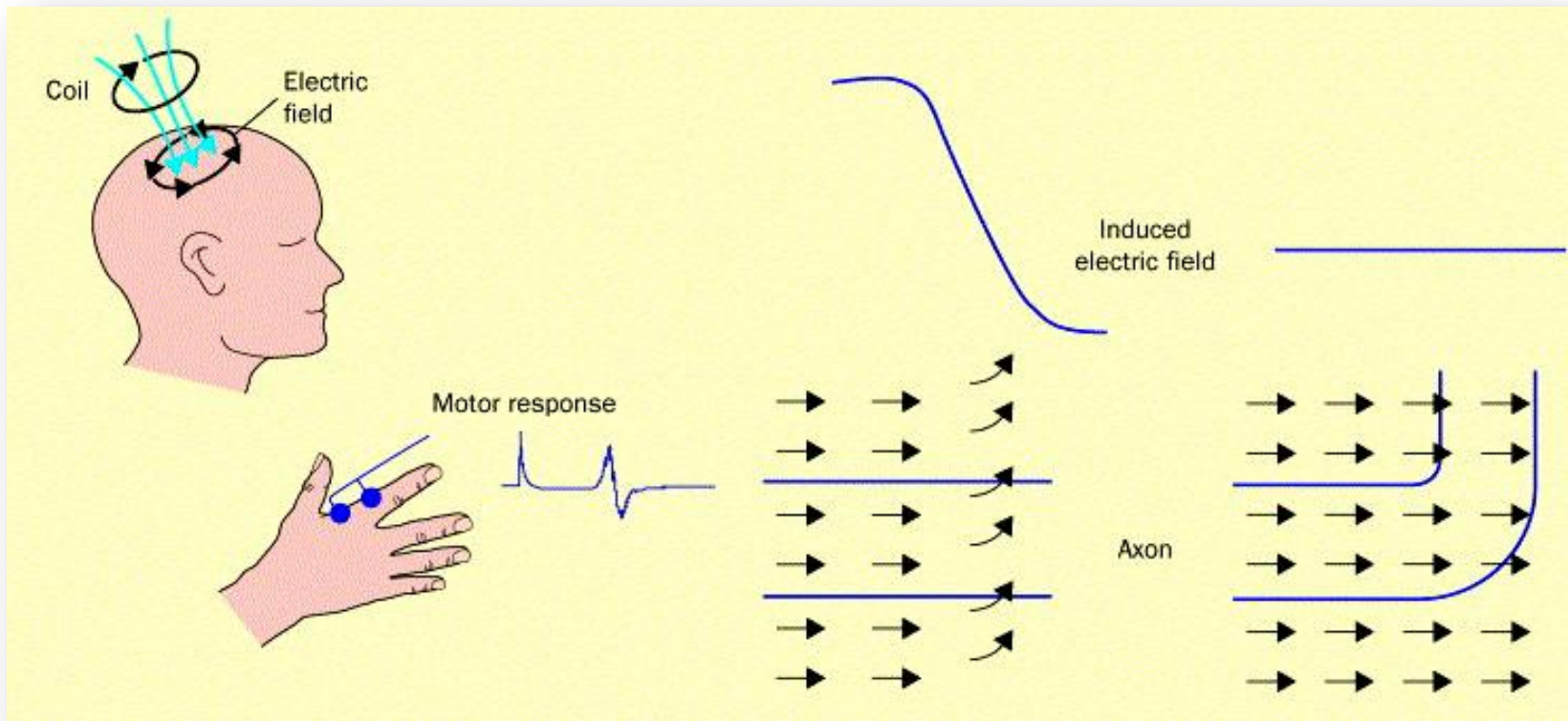


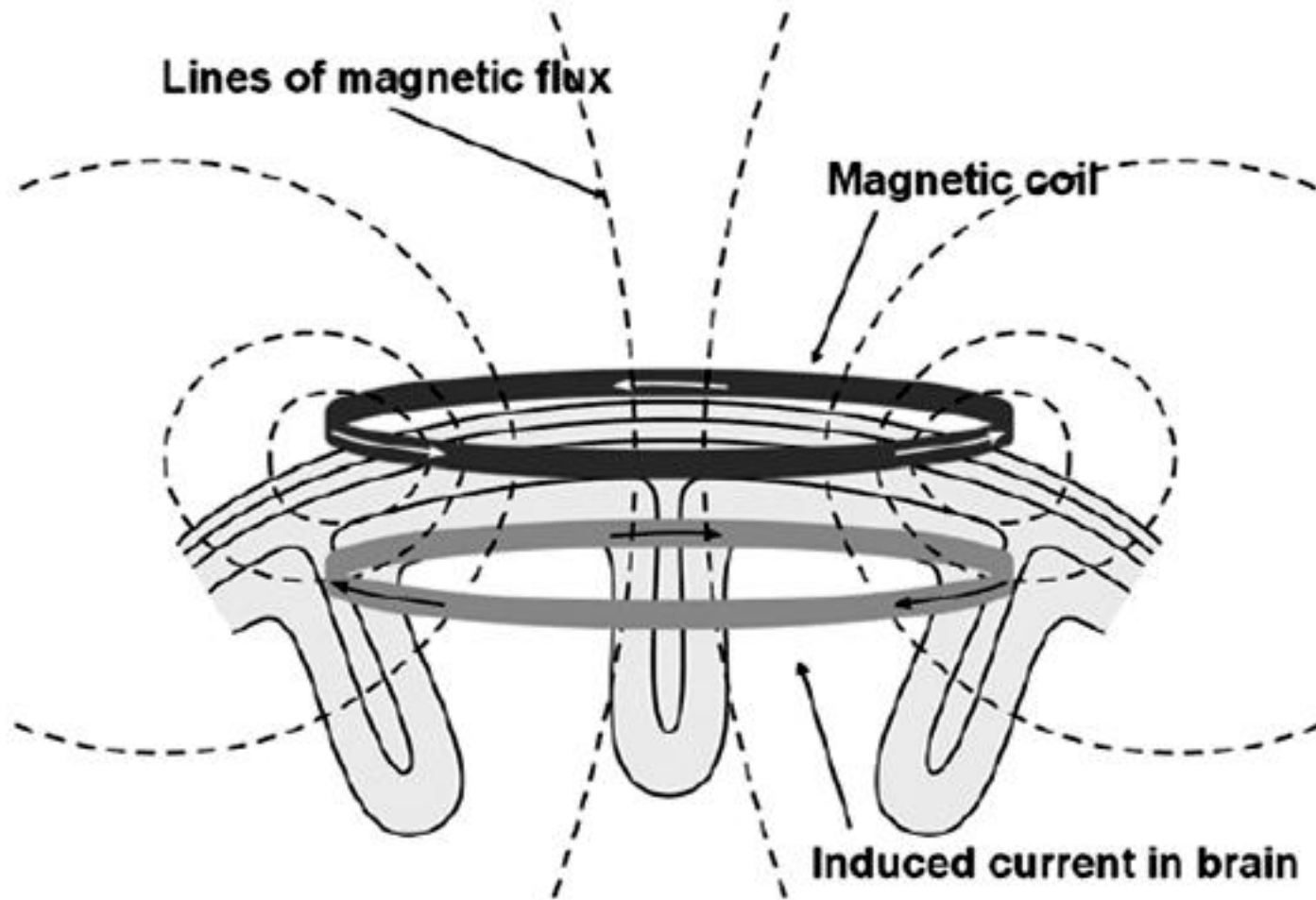


ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ [ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΟΥ] ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΕΡΕΘΙΣΜΟΥ

Νίκος Καρανδρέας
Ομότιμος Καθηγητής Νευρολογίας και Κλινικής Νευροφυσιολογίας ΕΚΠΑ

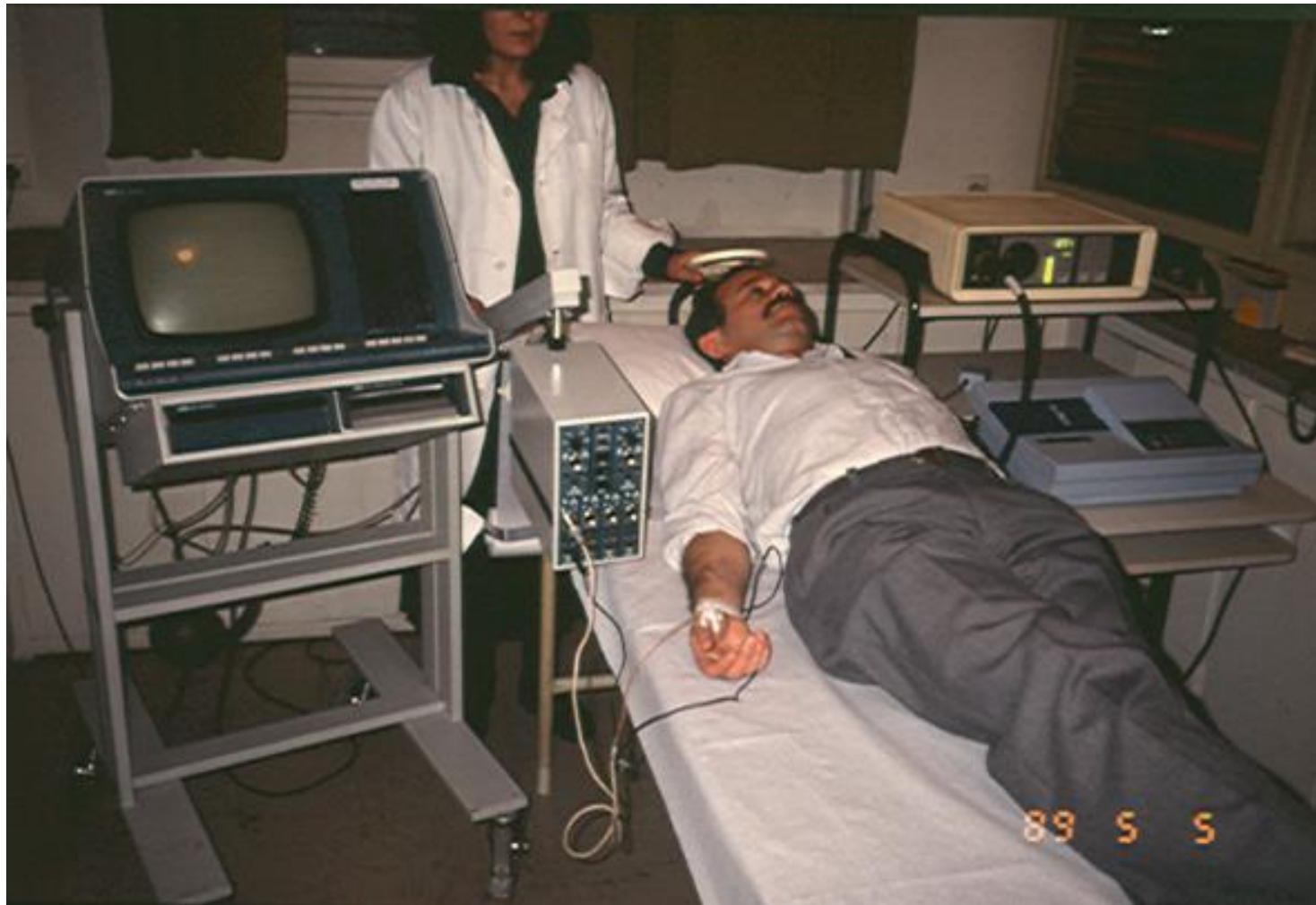


Ένα υψηλής έντασης (2-2,5 Tesla) και μικρής διάρκειας (100μs) μαγνητικό πεδίο εφαρμόζεται μέσω πηνίου στο τριχωτό της κεφαλής και επάγει ηλεκτρικά ρεύματα στο φλοιό που μπορούν να διεγείρουν ή να αναστείλουν κυτταρικές ομάδες άμεσα ή μέσω διάμεσων νευρώνων.



Types of Coils





Μέτρηση του συνολικού χρόνου μετάδοσης του ερεθίσματος από τα κινητικά κύτταρα του φλοιού στο μυ-στόχο

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΟΥ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ

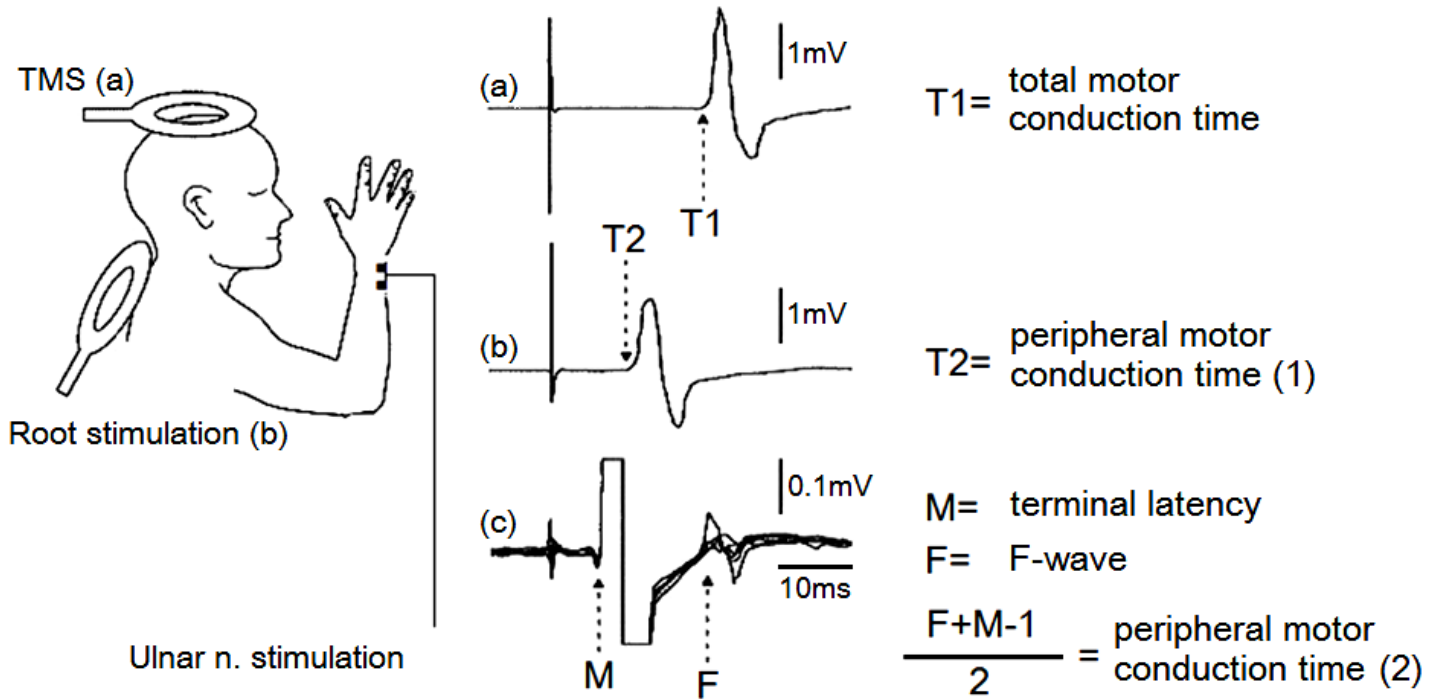
[Ο χρόνος μετάδοσης του ερεθίσματος από τα κύτταρα των προσθίων κεράτων μέχρι τον μυ-στόχο ή από την κινητική ρίζα μέχρι τον μυ-στόχο]

1. Κύμα – F
2. Ερεθισμός ρίζας

ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ

[Ο χρόνος μετάδοσης του ερεθίσματος από τα κινητικά κύτταρα του φλοιού μέχρι τα κύτταρα των προσθίων κεράτων]

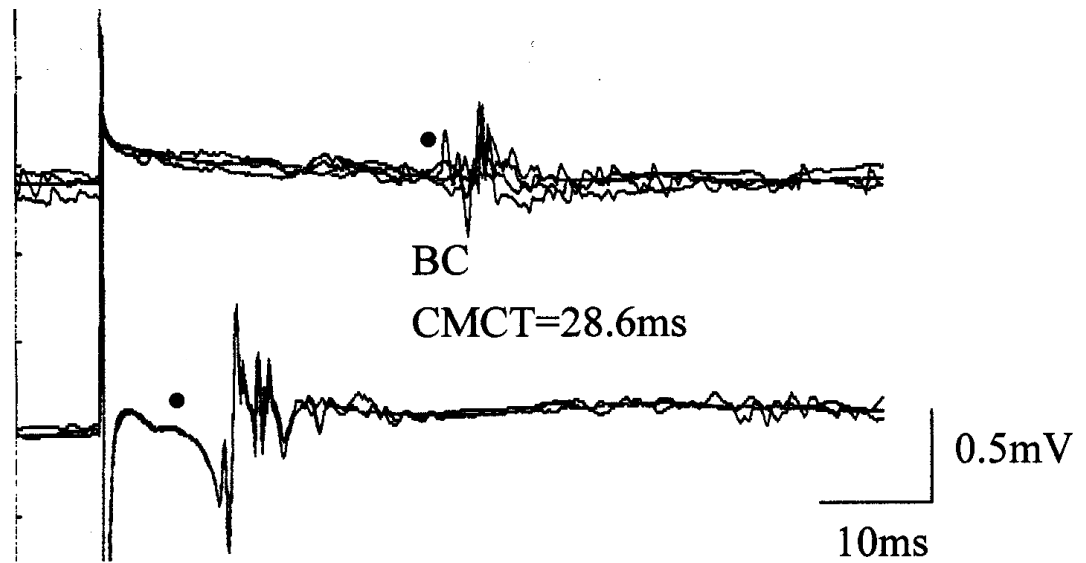
**Κεντρικός κινητικός χρόνος =
συνολικός χρόνος (φλοιός-μυς)
μείον τον περιφερικό κινητικό
χρόνο**



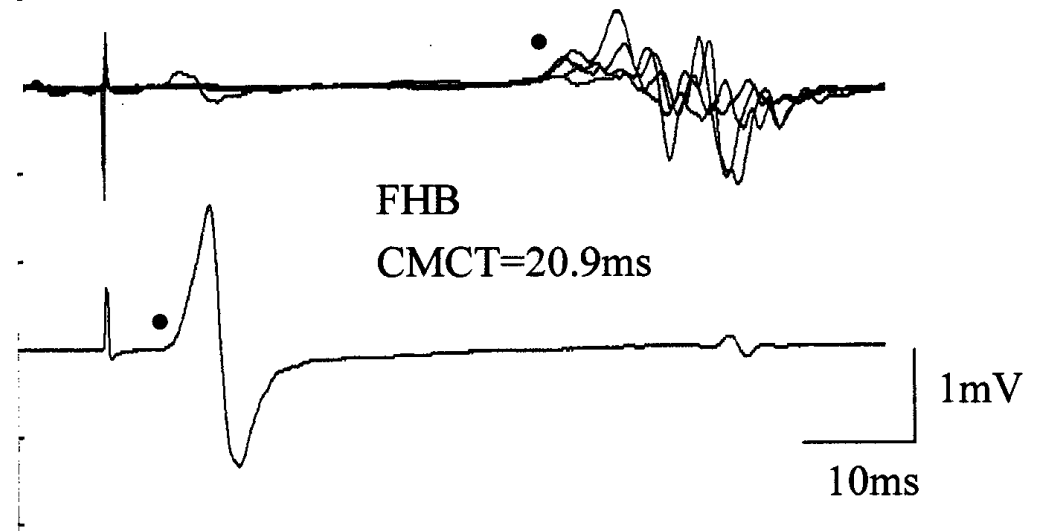
$$T1 - T2 = \text{central motor conduction time (1)}$$

$$T1 - \frac{F+M-1}{2} = \text{central motor conduction time (2)}$$

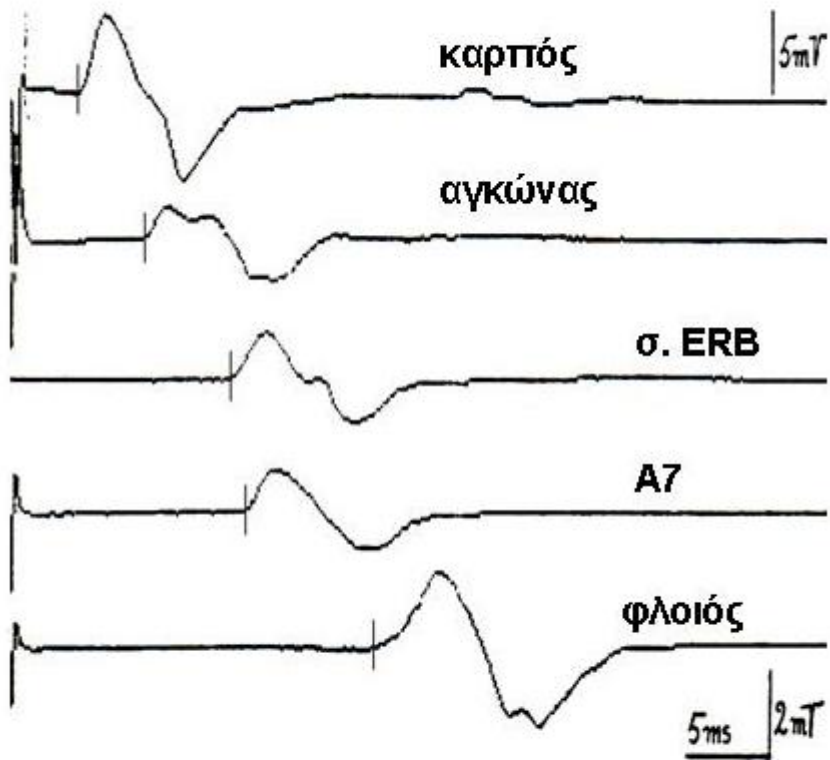
Μέτρηση του ΚΚΧ του
βολβοσηραγγώδους με
χρησιμοποίηση του
περιφερικού χρόνου ρίζα-μυς



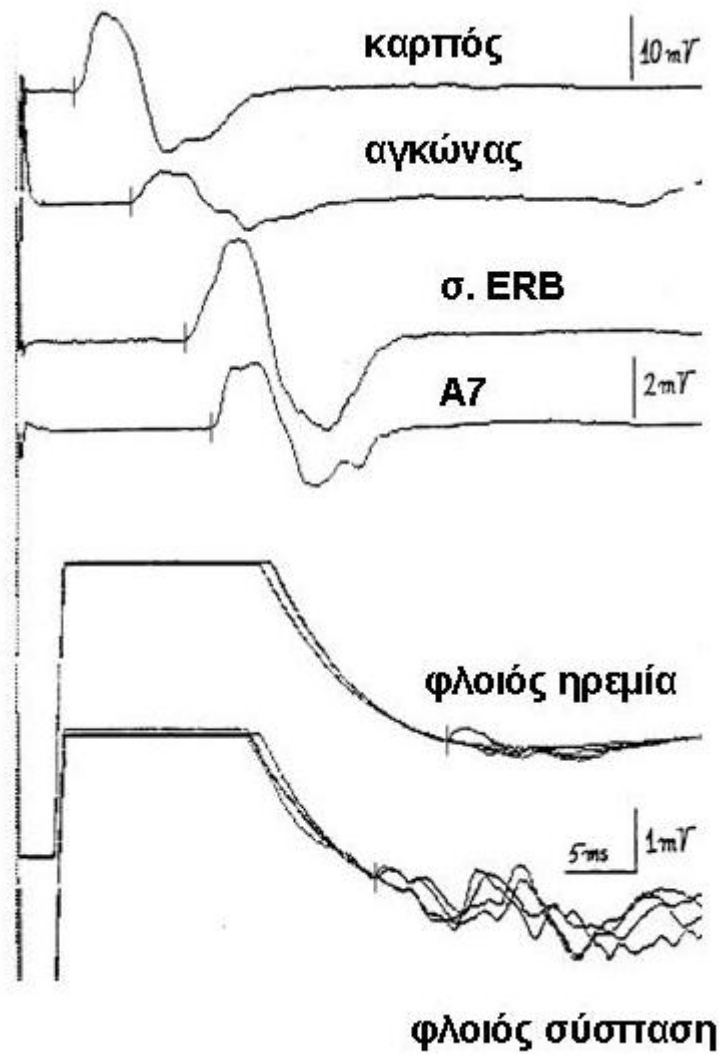
Μέτρηση του ΚΚΧ του βραχ.
καμπτήρα του μεγάλου
δακτύλου με χρησιμοποίηση
του κύματος-F



Φυσιολογική εξέταση



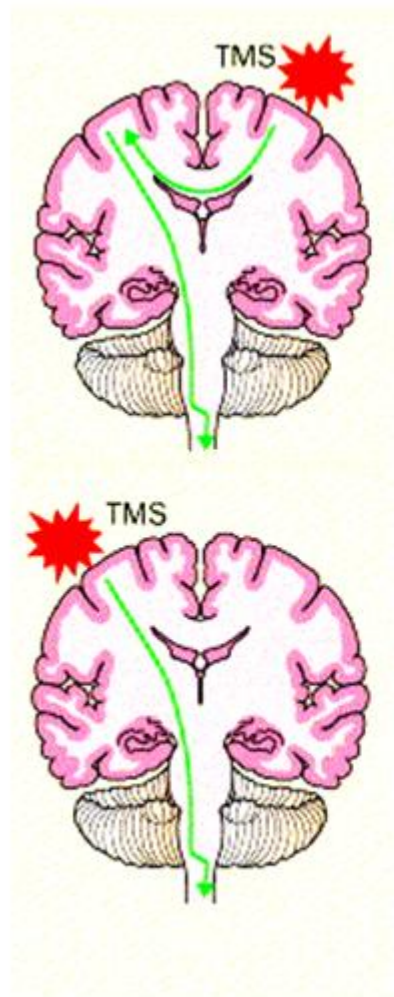
Κατά πλάκας σκλήρυνση



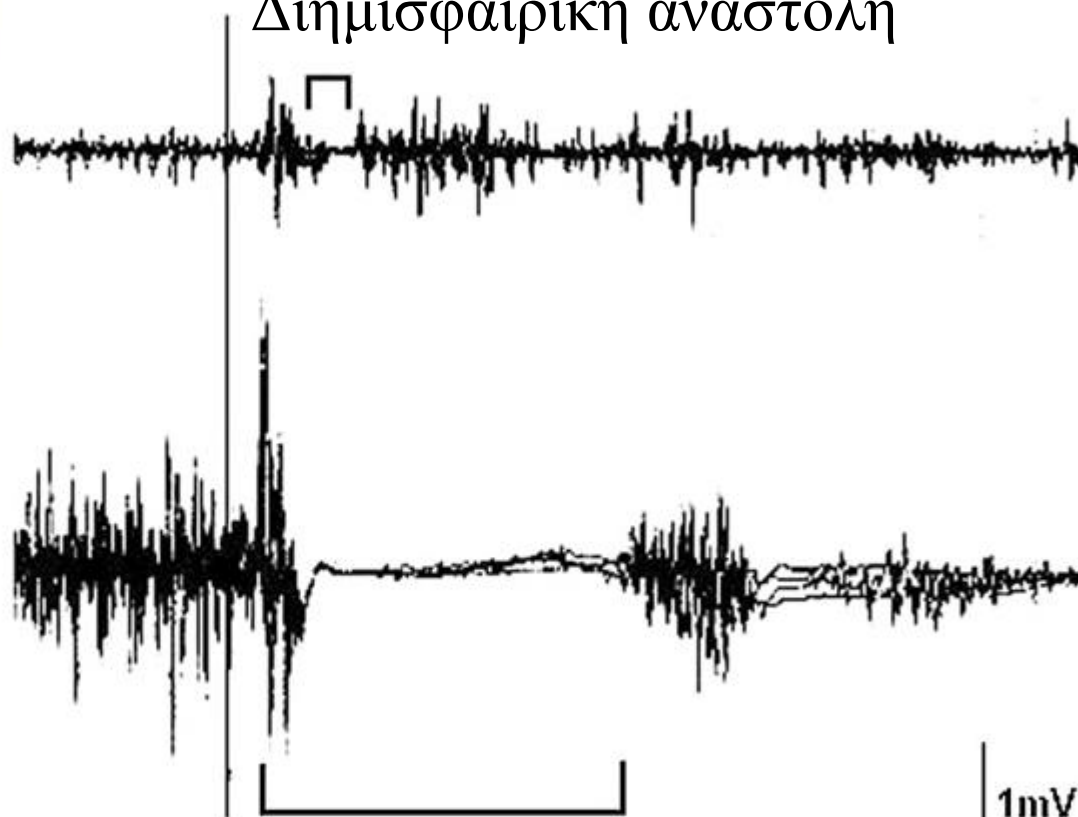
Καταγραφή από τον βραχύ απαγωγό του αντίχειρα

ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΙΚΟΥ ΦΛΟΙΟΥ

- Ουδός (διέγερσης) του κινητικού φλοιού
- Λόγος του ύψους ή του ολοκληρώματος της μυϊκής απάντησης με ερεθισμό του φλοιού προς την απάντηση με ερεθισμό του περιφερικού νεύρου (MEP/M)
- Σιωπηλή περίοδος
- Διημισφαιρική (διαμεσολοβιακή) αναστολή
- Διέγερση ή αναστολή με διπλό (ομόπλευρο) ή συνδυασμένο (αμφοτερόπλευρο) ερεθισμό

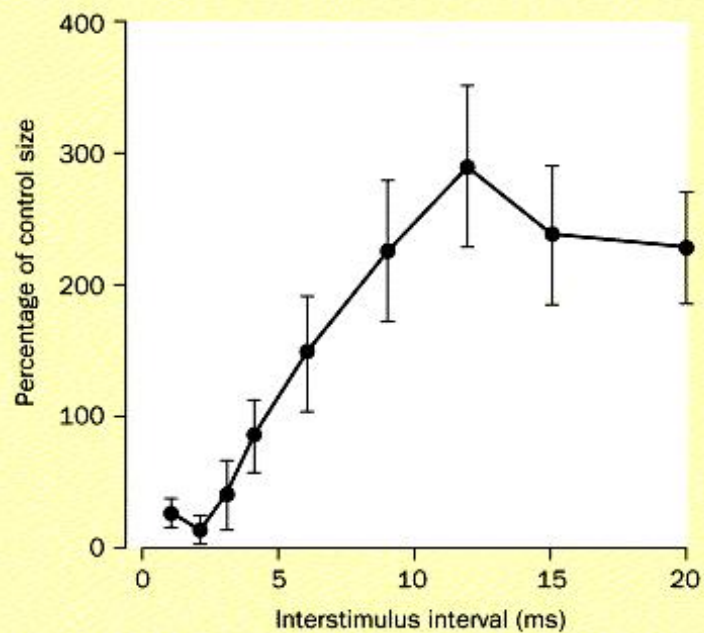
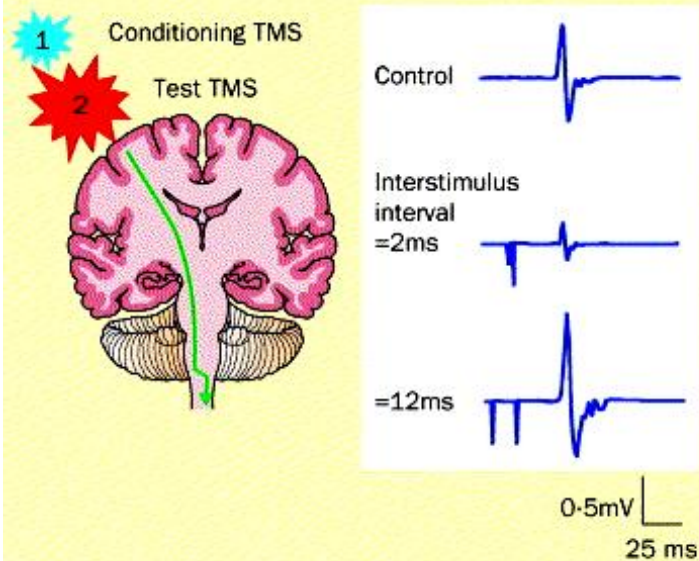
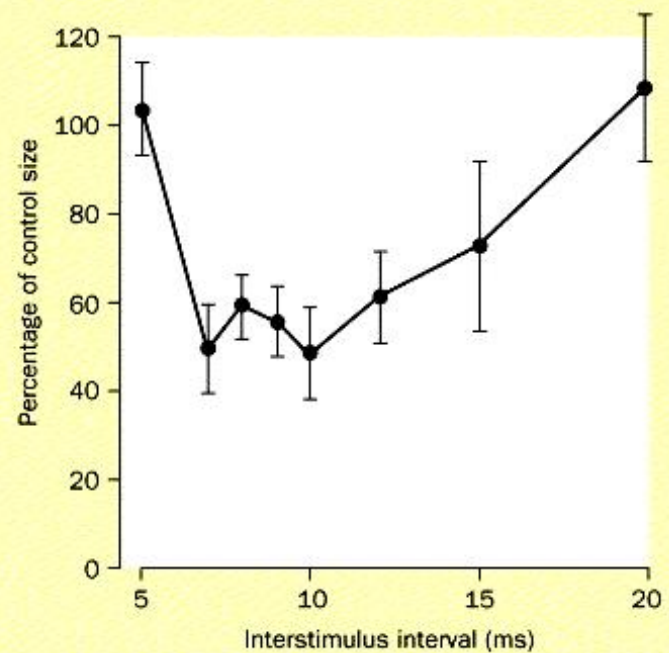
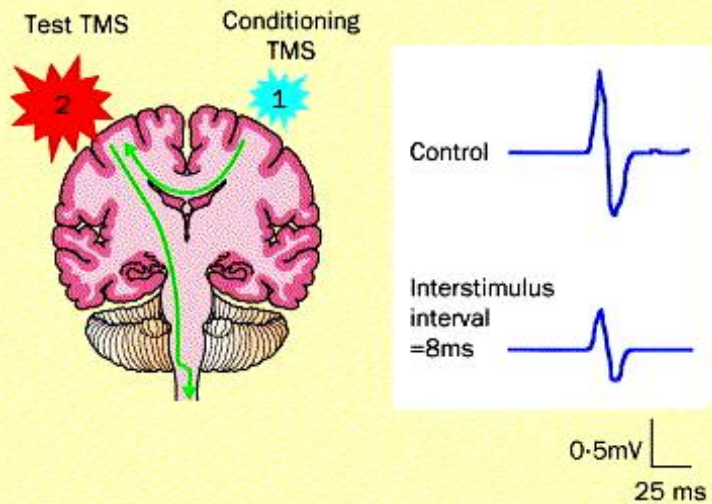


Διημισφαιρική αναστολή



Σιωπηλή περίοδος

1mV
30ms

A**B**

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΦΛΟΙΟΥ

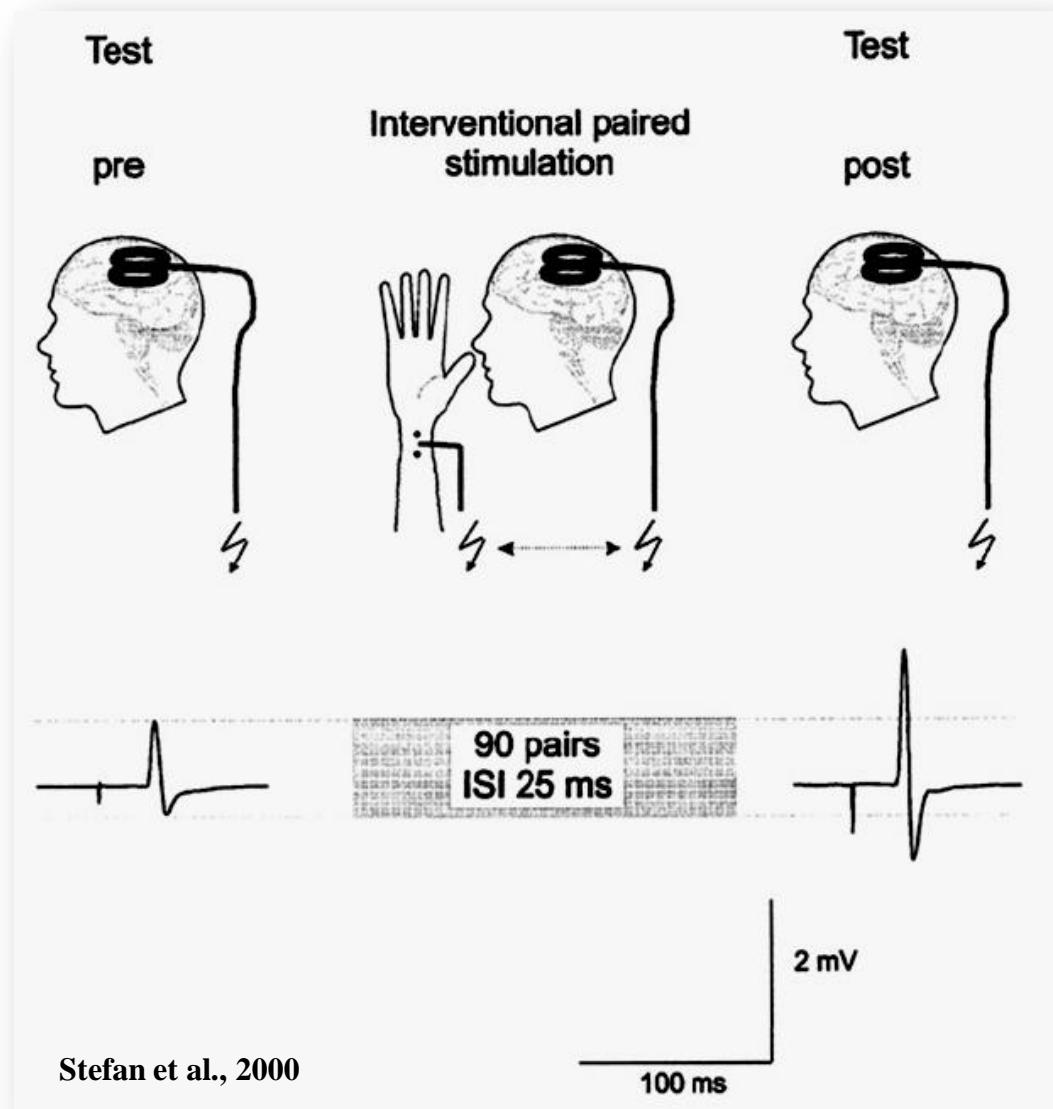
Table 1. Summary of Noninvasive Methods for Excitation and Inhibition

Method	Excitatory Mode	Inhibitory Mode
rTMS	high frequency, ≥ 5 Hz	low frequency, 0.2–1 Hz
TBS	intermittent	continuous
tDCS	anodal	cathodal
PAS	synchronous heterosynaptic stimulation	asynchronous heterosynaptic stimulation

ΔΙΠΛΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ

Ένα κατάλληλο αισθητικό ερέθισμα (στη συγκεκριμένη περίπτωση, ηλεκτρικός ερεθισμός του μέσου νεύρου) εφαρμόζεται έτσι ώστε να συμπέσει χρονικά με τον μαγνητικό ερεθισμό της κινητικής περιοχής της άκρας χειρός.

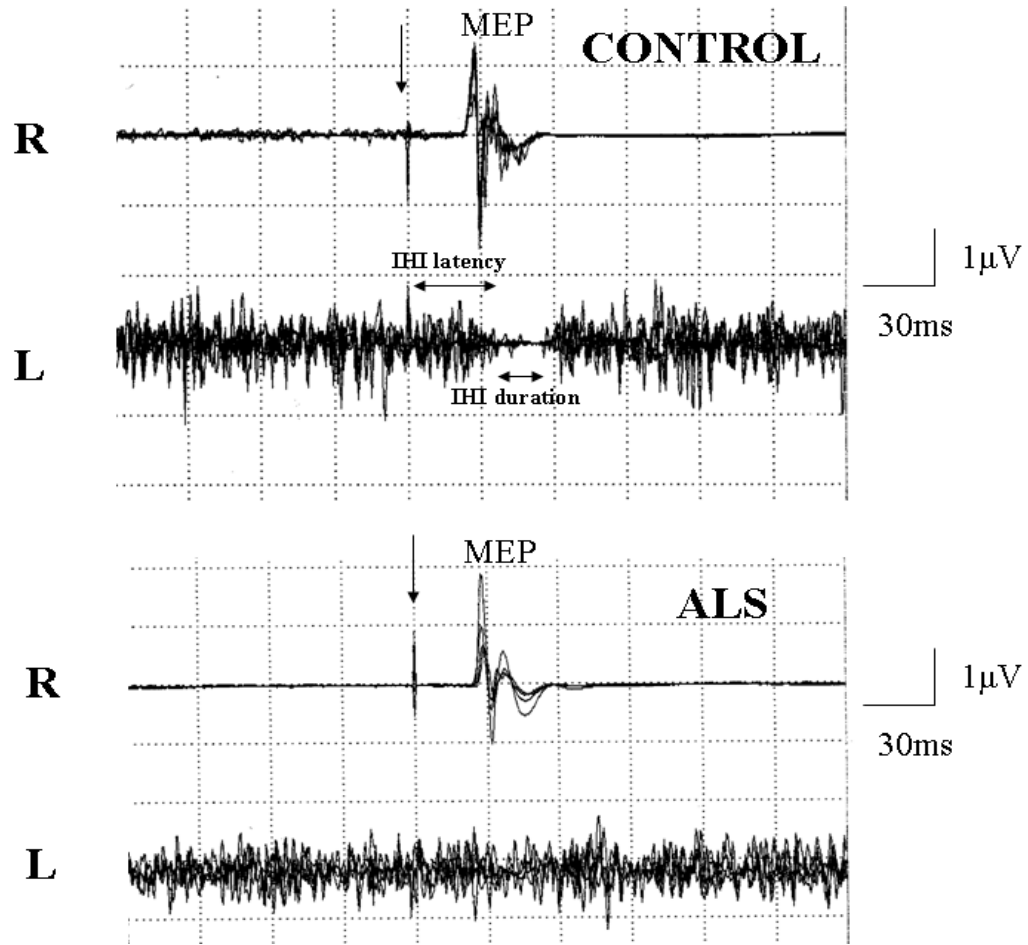
Ο τέτοιου τύπου διαλείπων ερεθισμός ανά 25ms (90 ζεύγη) προκαλεί παρατεταμένη αύξηση της διεγερσιμότητας, όπως αυτή φαίνεται με την αύξηση του ύψους του MEP.



TMS measure	Abnormal findings	Diseases and symptoms
CMCT ¹⁸	Long	MS, ²⁰ ALS, stroke, ²¹ secondary parkinsonism, ²² secondary dystonia, ²² brain injury, SCI or CS ²³
MEP ¹⁵	Dispersed	MS, stroke ²⁴
	Small or absent	MS, ALS, stroke, ^{19,21} brain injury, SCI or CS, ²⁵ hydrocephalus, Bell's palsy ²⁶
MEP with triple stimulation technique ²⁹	Large	Parkinson's disease, dystonia ^{26,27,28}
	Central conduction failure*	MS, ALS (with upper-neuron damage), stroke, secondary parkinsonism, brain injury, SCI or CS, hydrocephalus
Silent period ³⁰	Long	MS, stroke†, ³¹ brain injury, ³² SCI or CS, polyradiculitis, demyelinating polyneuropathy, ³³ epilepsy ³⁴
	Short	ALS, Parkinson's disease, ^{22,35} dystonia, ^{26,27} agenesis of corpus callosum
	Absent	SCI or CS ³⁶
Interhemispheric conduction ^{37,38}	Long latency‡	MS, stroke, brain injury (with transcallosal lesion), dysgenesis of corpus callosum, hydrocephalus
	Reduced interhemispheric inhibition Interhemispheric inhibition absent	MS, ALS ^{39,40} Stroke (with transcallosal lesion), dysgenesis of the corpus callosum, hydrocephalus
Motor cortex excitability	High motor threshold§ ^{32,41,42}	MS, stroke, agenesis of corpus callosum, brain injury, spinal cord injury, CS
	Low motor threshold§	ALS, ²⁵ hydrocephalus, ⁴⁴ epilepsy ⁴⁵
	Increased intracortical inhibition	Early-stage ALS ^{46,47,48}
	Decreased intracortical inhibition	Parkinson's disease, ^{35,49,50} SCI or CS, epilepsy
	Enlarged cortical representation	Dystonia ^{22,28}

CMCT=central motor conduction time; MS=multiple sclerosis; ALS=amyotrophic lateral sclerosis; SCI=spinal cord injury; CS=cervical spondylosis; MEP=motor evoked potential.

*Central conduction failure indicates smaller size of the test MEP than that of control examined by TST. †Prolonged duration with normal MEP and CMCT may be observed in the motor syndrome with exaggerated inhibition within the motor cortex, resembling motor neglect. ‡The latency for transcallosal inhibition (ipsilateral silent period) following single-pulse TMS (figure 4). §High or low value of the motor threshold indicates that they are higher or lower compared with intact hemisphere or normal individuals.



CORPS CALLEUX. — On constate un assez grand nombre de corps granuleux occupant tout le deuxième quart de cet

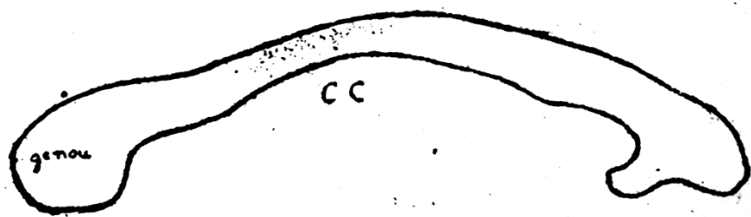
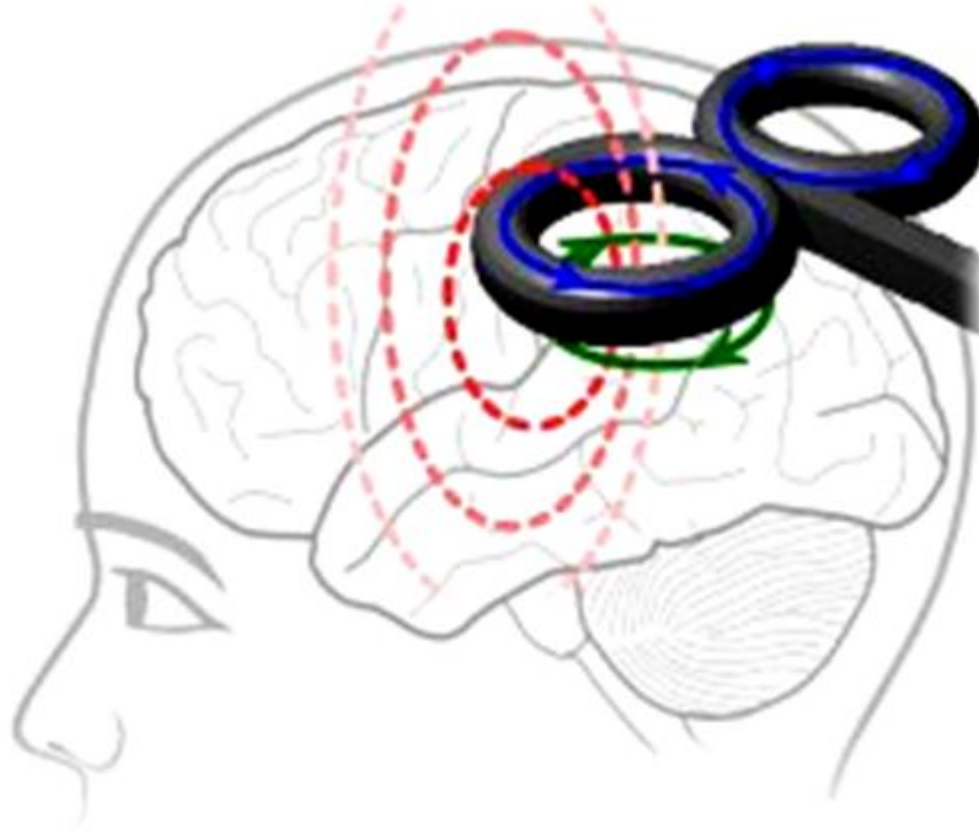


Fig. 5. — Corps calleux. Coloration au Soudan.
 organe en allant d'avant en arrière. Ces granulations sont plus nombreuses vers la face supérieure du corps calleux.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ, ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΙΕΓΕΡΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΠΥΡΑΜΙΔΙΚΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ

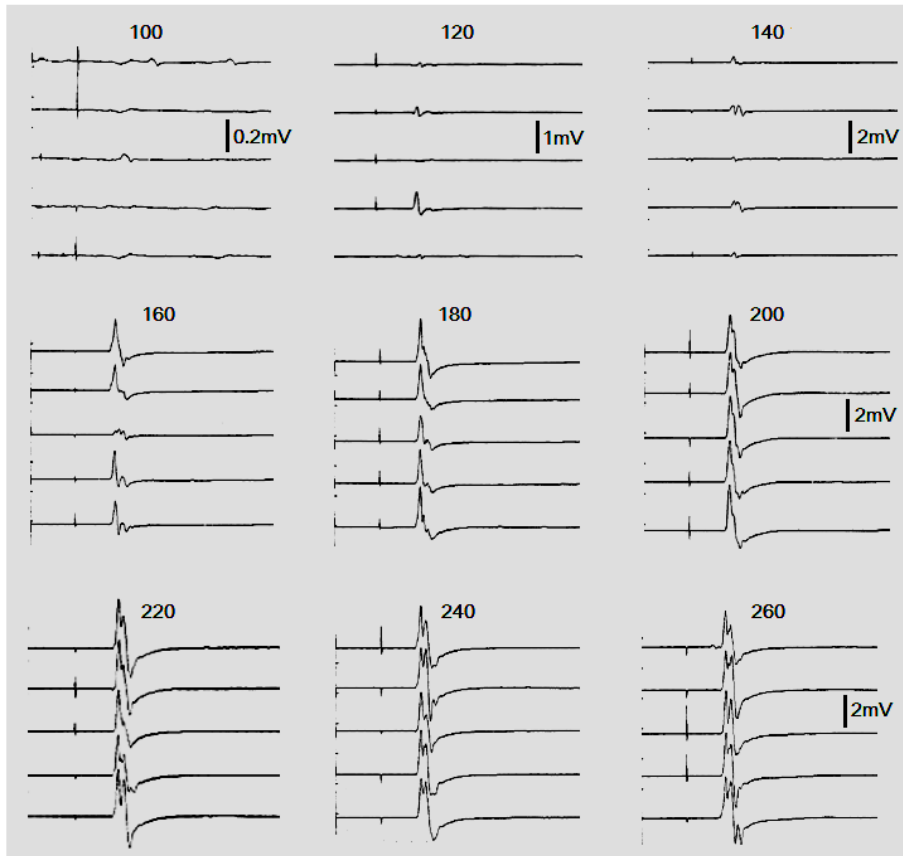


- ηλεκτρικό ρεύμα στο πηνίο
- - - μαγνητικό πεδίο
- ηλεκτρικό ρεύμα στο φλοιό.

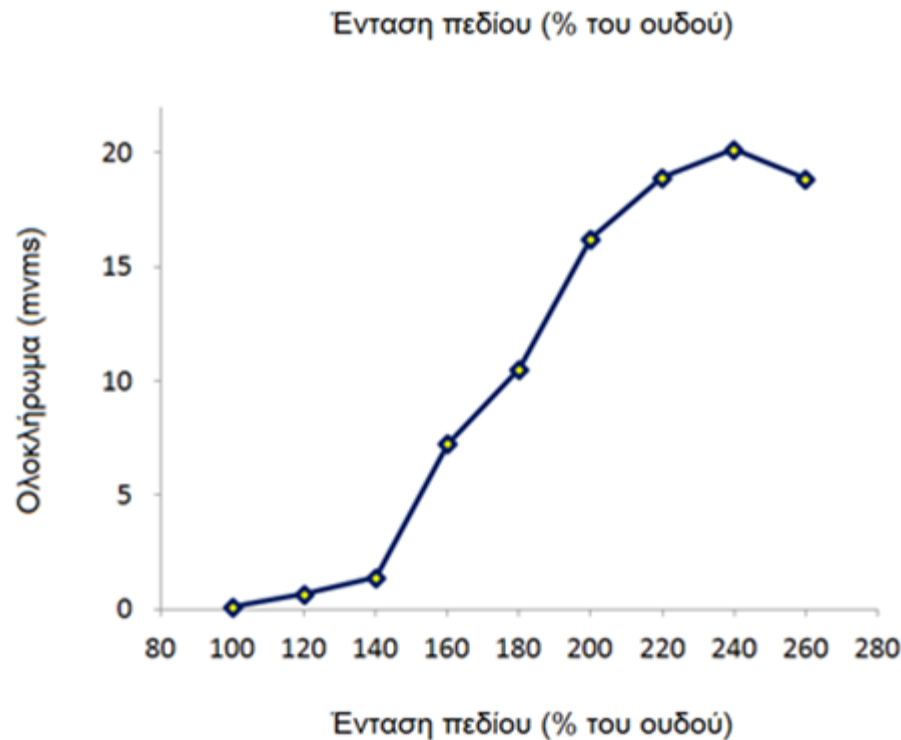
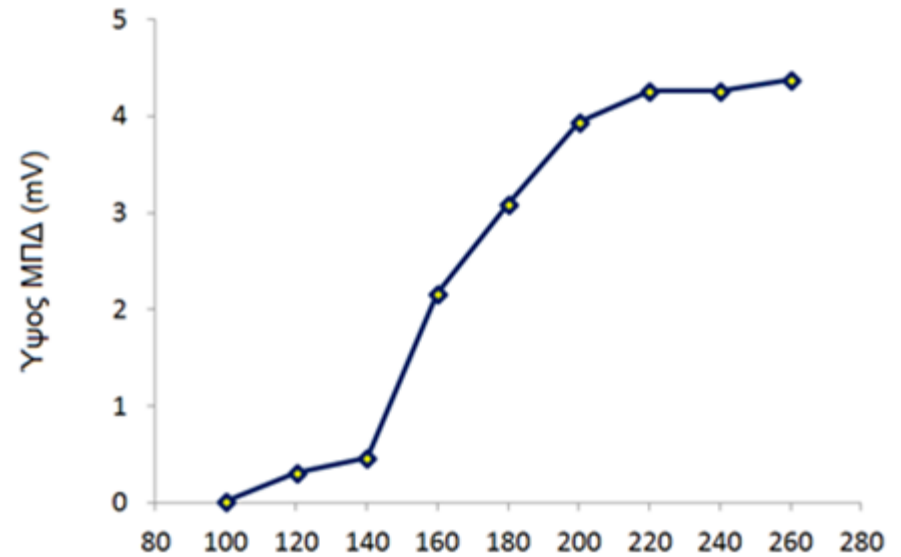
ΣΧΕΣΗ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΟΣ / ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ

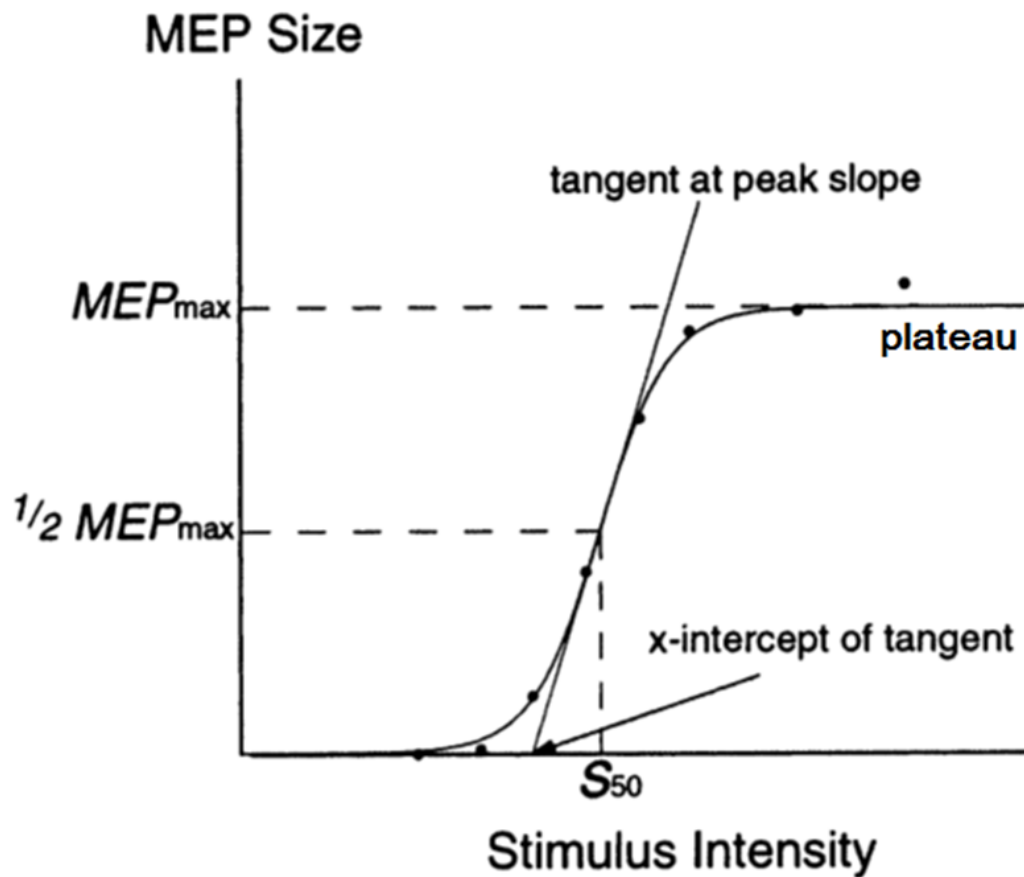
Ερεθισμός στο σημείο μέγιστης πυκνότητας νευρώνων με σταδιακά αυξανόμενη ένταση.

Η αύξηση του ύψους των ΜΠΔ εξαρτάται από την κατανομή των νευρώνων στο φλοιό και τη διεγερσιμότητά τους



Ερεθισμός από το επίπεδο του ουδού,
 με διαδοχικά αυξανόμενη, κατά 20%,
 ένταση πεδίου.
 5 ερεθισμοί σε κάθε επίπεδο έντασης.



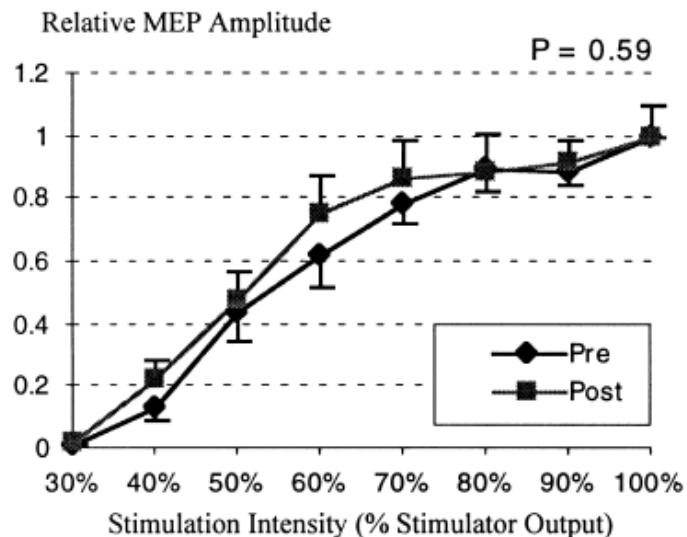


Εξίσωση Boltzmann

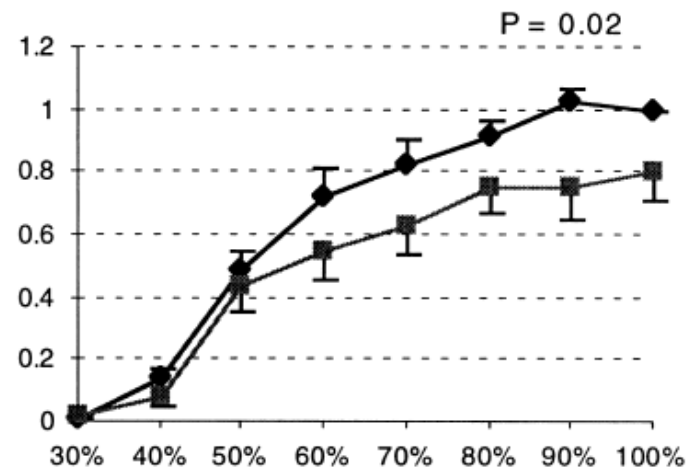
$$MEP(S) = \frac{MEP_{max}}{1 + \exp[(S_{50}-S)/K]}$$

S_{50} = το ερέθισμα που παράγει MEP ίσο με το 50% του MEP_{max} .

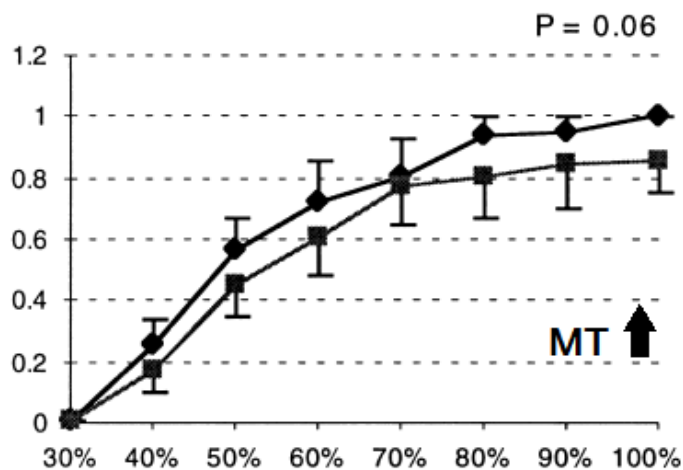
K = παράμετρος της κλίσης. Το $1/K$ είναι ευθέως ανάλογο της μέγιστης κλίσης η οποία βρίσκεται στο σημείο S_{50} της καμπύλης.



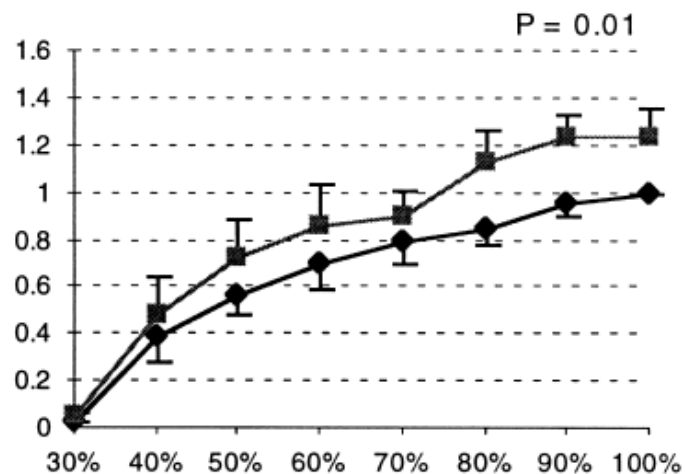
PLACEBO



LORAZEPAM



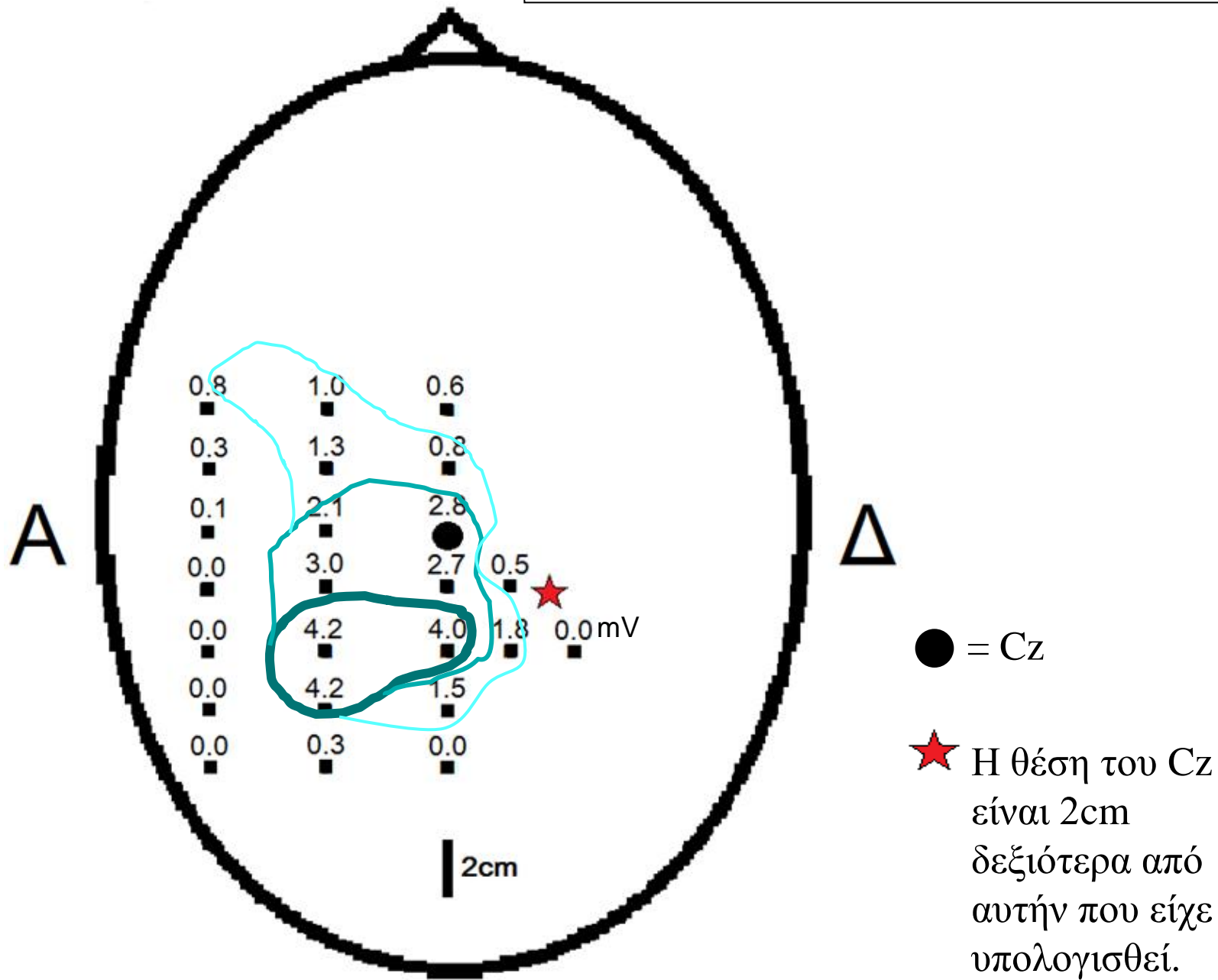
LAMOTRIGINE



AMPHETAMINE

F - wave #

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ Δ. ΒΑΑ



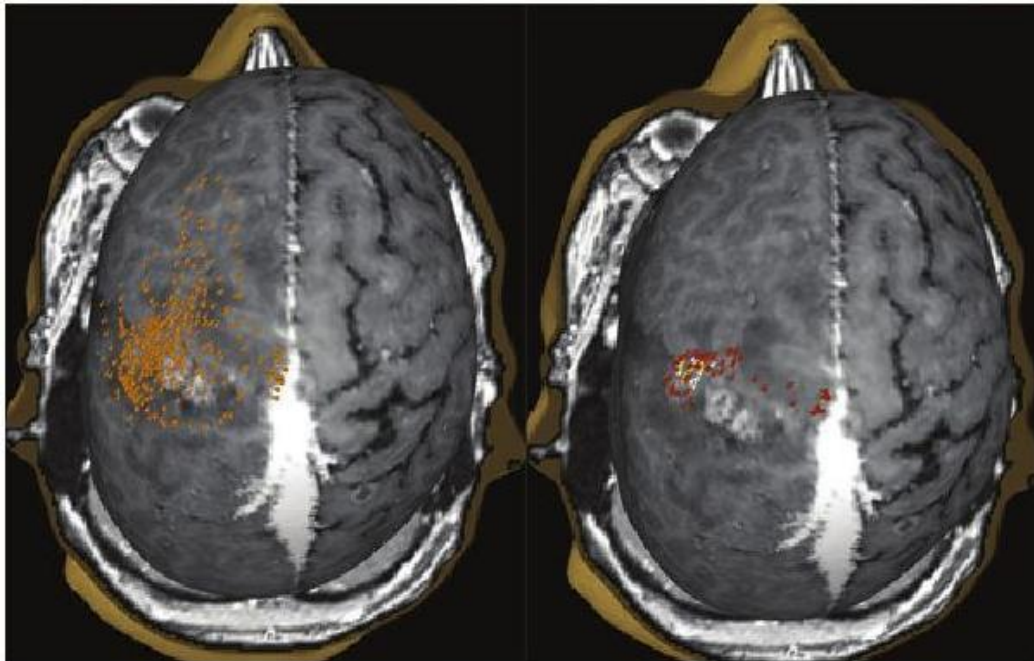
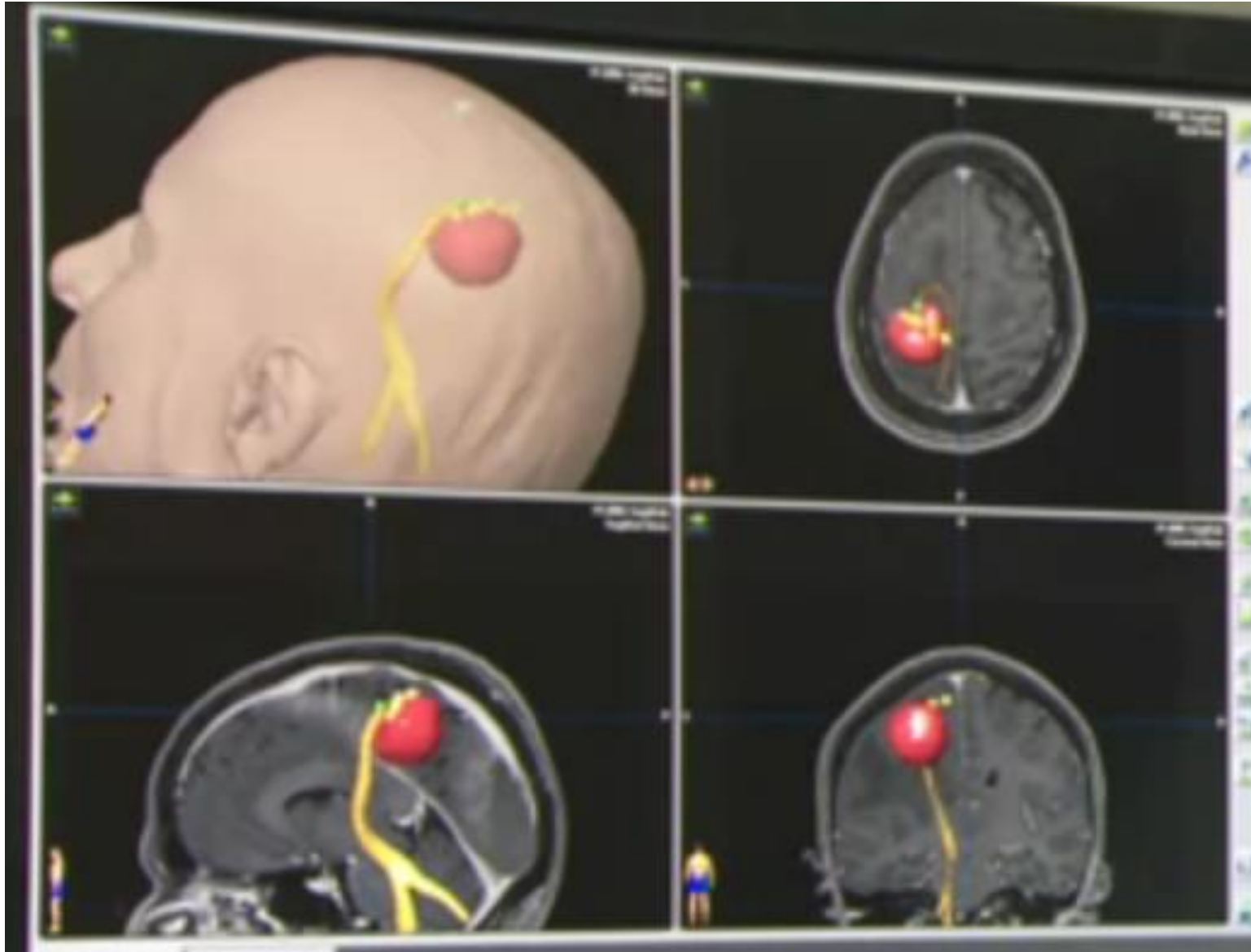
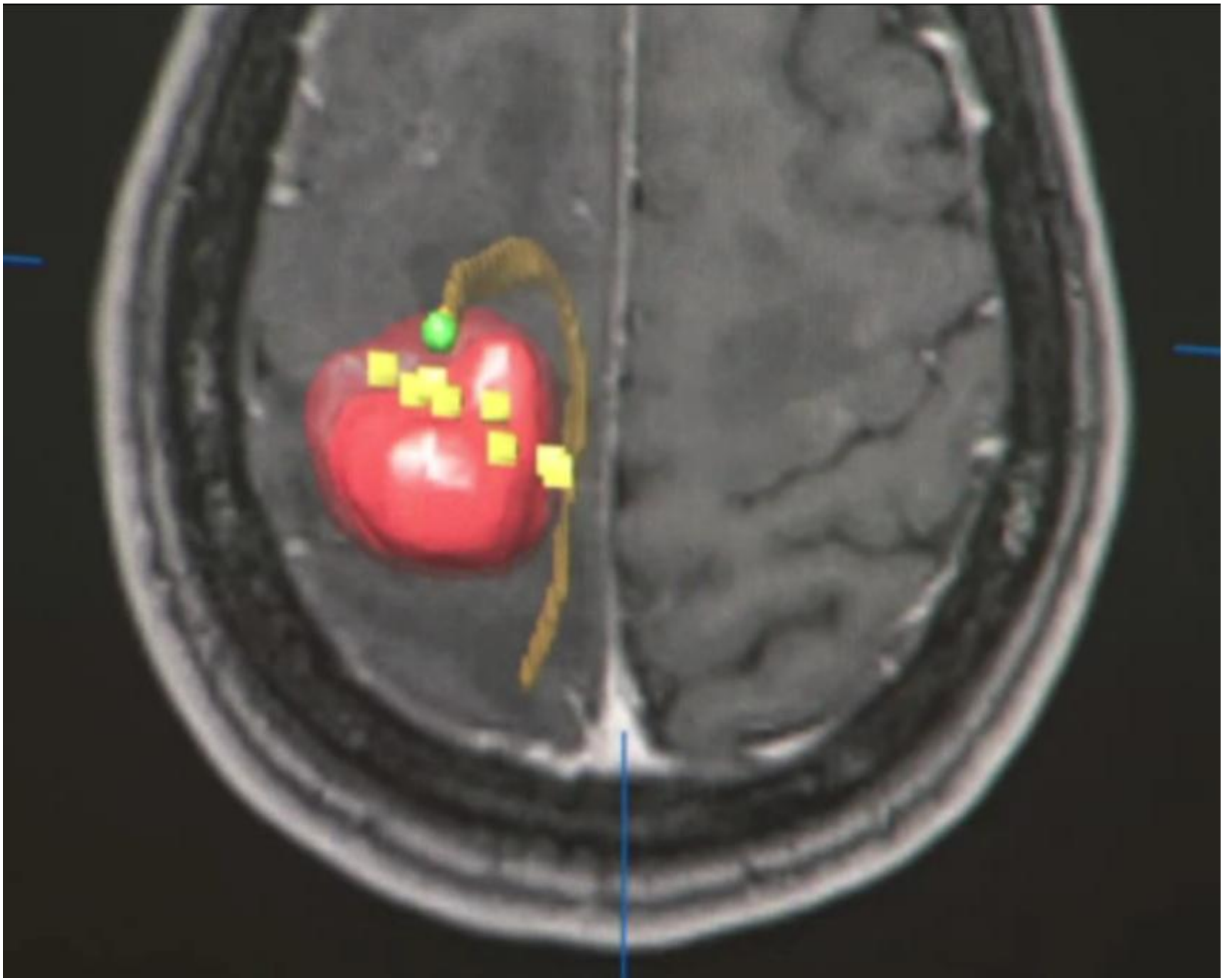


Figure 1.

Upper: The "E-field navigation" TMS system in use. Reflective spheres are attached to the patient's head (modified elastic headband) and to the TMS coil. The stimulator coil is shown placed against the patient's head. The motor output is recorded by surface electrodes attached to the face, arm, and leg. The anatomical map of the patient's brain and the MEP output tracings are shown on the computer screens in the upper left corner. Lower: A 3D reconstruction of an MRI study, navigational view, obtained in a 63-year-old woman suffering from a mild hemiparesis of her right side due to a tumor in the central region of the left hemisphere. All spots stimulated with nTMS on the left hemisphere are displayed in the left panel. The image in the right panel displays only the spots where a muscle response was observed (MEP > 50 μV peak-to-peak amplitude). Three different hand muscles (APB, first dorsal interosseus, and abductor digiti minimi) and 1 leg muscle (TA) were recorded. The color coding corresponds to the intensity of the response, in which red indicates small responses (MEP 50–499 μV), yellow indicates medium responses (MEP 500–999 μV), and white indicates large responses (MEP \geq 1000 μV). This mapping makes it evident that the precentral gyrus has been displaced frontally and that the center of gravity for the hand muscle representation is located immediately adjacent frontolaterally to the tumor. The responses close to the midline are from the leg (TA).

Navigated Brain Stimulation for presurgical mapping and tractography





Repetitive navigated transcranial magnetic stimulation (rTMS) is now increasingly used for preoperative language mapping in patients with lesions in language-related areas of the brain.

J Neurosurg 2015;123:212

- Presurgical planning with NBS enabled execution of a more aggressive surgical strategy in more than 75% of the cases. ²
- Localization of motor function by Navigated Brain Stimulation was a key element in the decision to resect rather than biopsy. ¹
- The confidence in anatomical location of motor eloquent tissue potentially offers the capability to deploy less extensive DCS, leading to significantly smaller craniotomies. ^{1,2}
- NBS as an adjunct to DCS, results in a 35% increase or greater in the rate of gross total resection. ^{1,2}
- Presurgical mapping with NBS led to more complete resections resulting in a seven month (45%) extension in progression free survival in low grade gliomas (p=.05). ²

1. *Preoperative motor mapping by navigated transcranial magnetic brain stimulation improves outcome for motor eloquent lesions . Krieg SM, Ringel F, et. al Neuro-Oncology. 2014 Feb 9.*
2. *Navigated transcranial magnetic stimulation improves the treatment outcome in patients with brain tumors in motor eloquent locations. Frey D, P Vajkoczy, T Picht, et. al Neuro-Oncology. 2014 Jun 12.*