

ΠΜΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΘΗΝΩΝ ΕΚΠΑ «Εφαρμοσμένη Νευροανατομία»
Σάββατο 03 Μαρτίου 2018

**ΝΩΤΙΑΙΟΣ ΜΥΕΛΟΣ IV:
Διεγχειρητική
Νευροφυσιολογική
Παρακολούθηση (Δ.Ν.Π.).**

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ, MD, DSc

Intraoperative Neurophysiology

τ.Μέλος Εκπαιδευτικής Επιτροπής Παγκόσμιου Οργανισμού Διεγχειρητικής Νευροφυσιολογίας

Επιστημονικός Συνεργάτης Β' Παν/κής Κλιν. Αναισθησιολογίας, ΠΓΝ ΑΤΤΙΚΟΝ

konsgrap@gmail.com

Τηλ: +30 6987444444

Περιγραφή θέματος

- Σύγκριση με κλινική πράξη
- Δ.Ν.Π. Ορισμός & σκοπός χρήσης
- Σύνοψη πρωτοκόλλων
- Πρωτόκολλα για τον νωτιαίο μυελό
- Ιστορική αναδρομή & εξέλιξη στην παρακολούθηση του ν.μ
- Somatosensory Evoked potentials
- Motor Evoked potentials: mMEP's & D-waves



Σύγκριση Δ.Ν.Π. με τη διάγνωση εργαστηρίου

Σύγκριση Δ.Ν.Π. με τη διάγνωση εργαστηρίου (κλινικά)		
	Εργαστήριο	Διεγχειρητικά
Σκοπός:	Διάγνωση χρόνιας ανωμαλίας	Διάγνωση οξείας δυσλειτουργίας
Χρόνος εξαγωγής μετρήσεων:	Ασήμαντος	Κρίσιμος
Τεχνική:	Τυποποιημένη	Μεμονωμένα βελτιστοποιημένη
Ασφάλεια:	Καθιερωμένες προφυλάξεις	Πρόσθετες προφυλάξεις

Τι είναι η Δ.Ν.Π.

- Η εφαρμογή πολλαπλών ηλεκτρονευροδιαγνωστικών πρωτοκόλλων για την παρακολούθηση της λειτουργικής κατάστασης των νευρικών δομών
- Με σκοπό την ανίχνευση επιπλοκών κατά τη διάρκεια χειρισμών (instrumentation or manipulation) σε πραγματικό χρόνο & σε αναστρέψιμο στάδιο



Γιατί κάνουμε Δ.Ν.Π.

Θεμελιώδης στόχος:

- 1) Βελτιστοποίηση χειρουργικού αποτελέσματος
- 2) Διατήρηση νευρολογικής λειτουργίας

Δηλαδή αποτροπή → μηχανικής βλάβης ή/και
→ ισχαιμίας



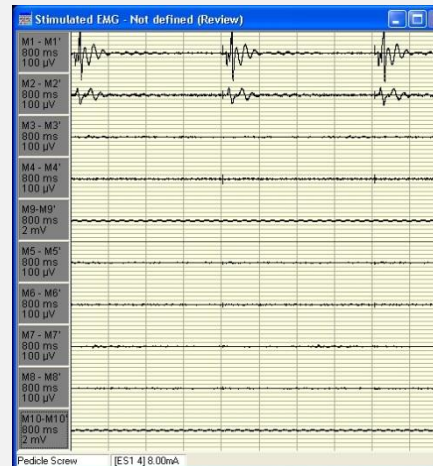
διεγχειρητικά
σε **πραγματικό**
χρόνο & σε
αναστρέψιμο
στάδιο

Πώς επιτυγχάνεται ο στόχος της Δ.Ν.Π.

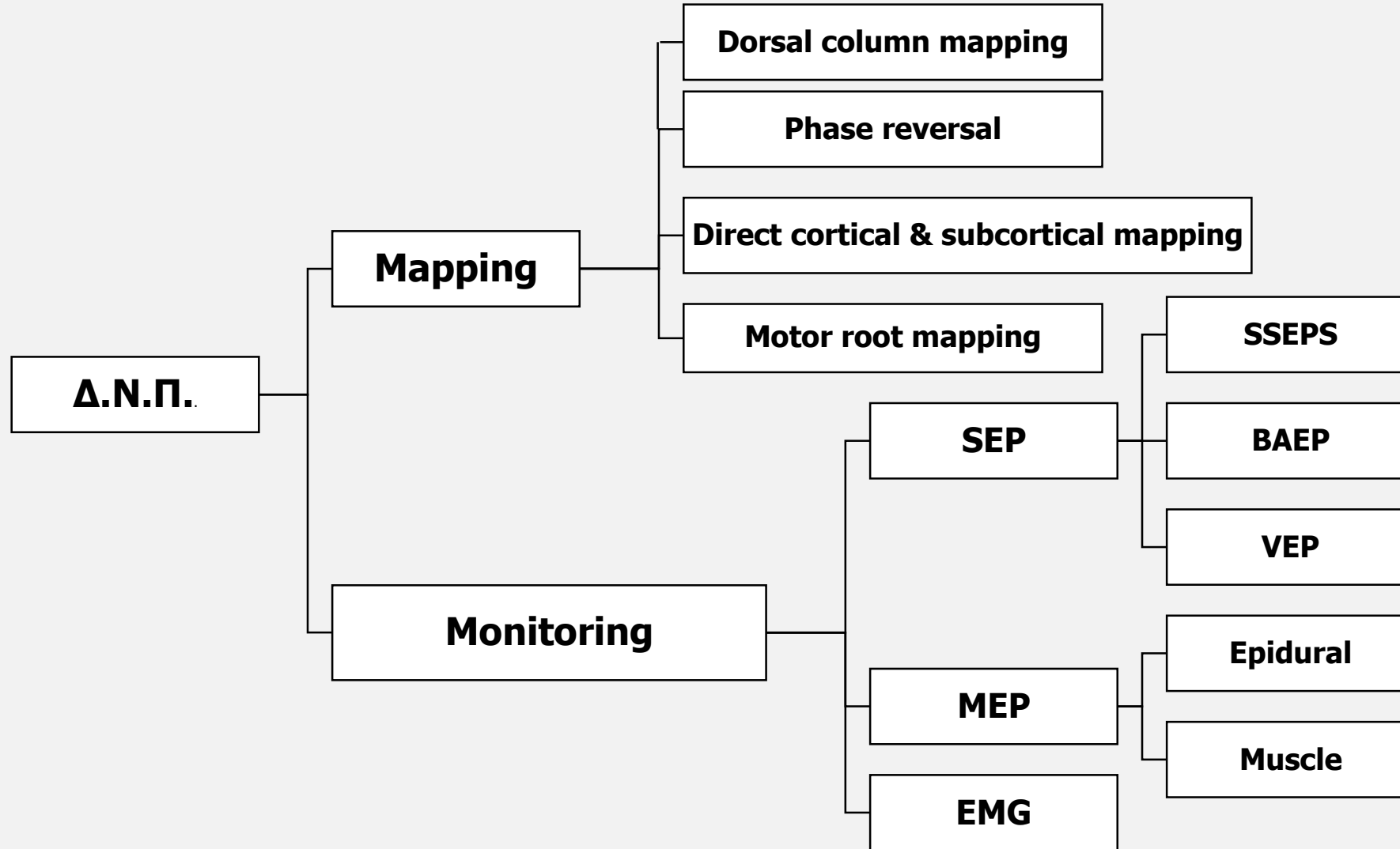
Με την παροχή **πληροφορίας** σε **πραγματικό χρόνο** σχετικά με την λειτουργική κατάσταση των νευρικών δομών που κατά περίπτωση απειλούνται μέσω:

→ monitoring

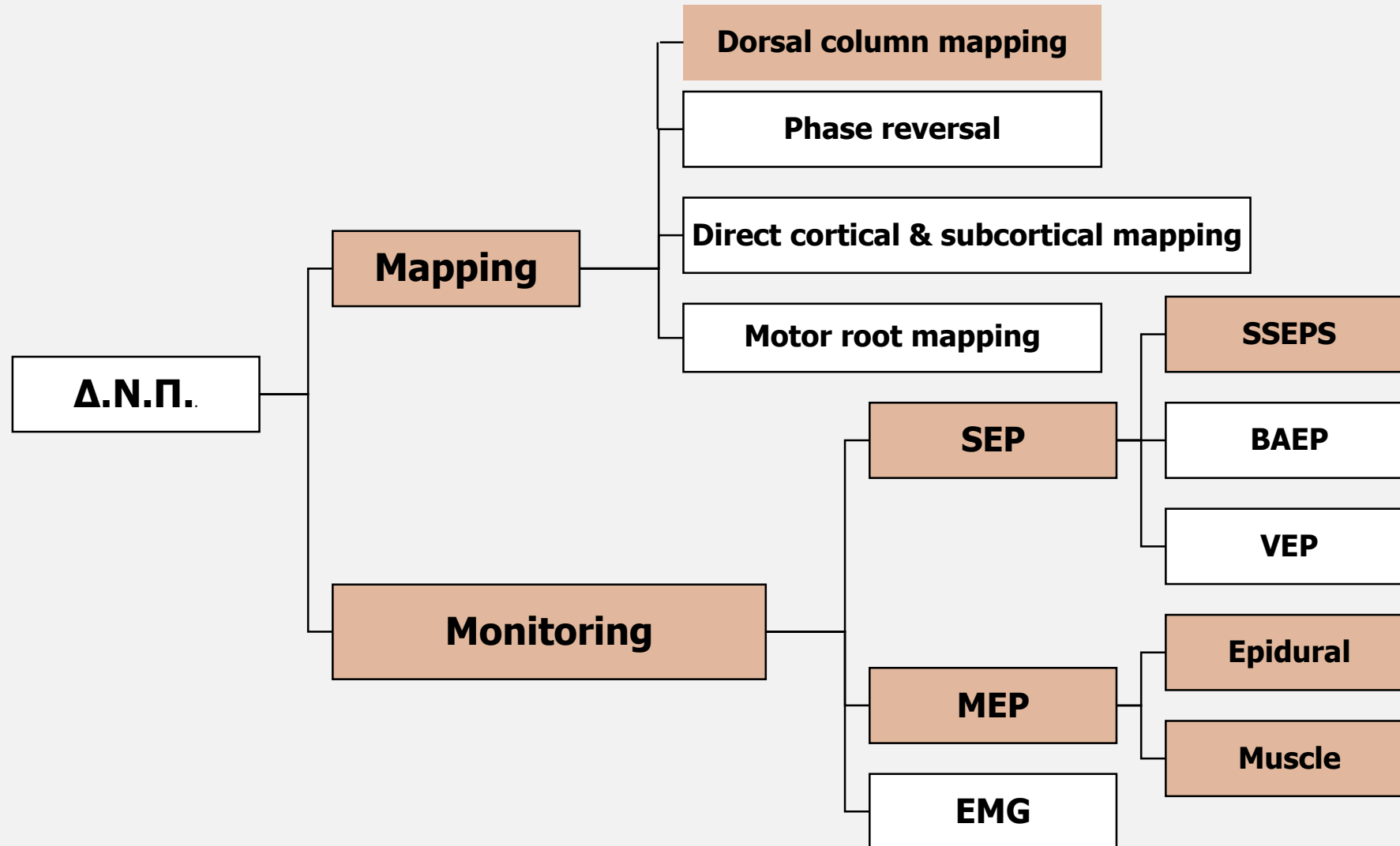
→ mapping



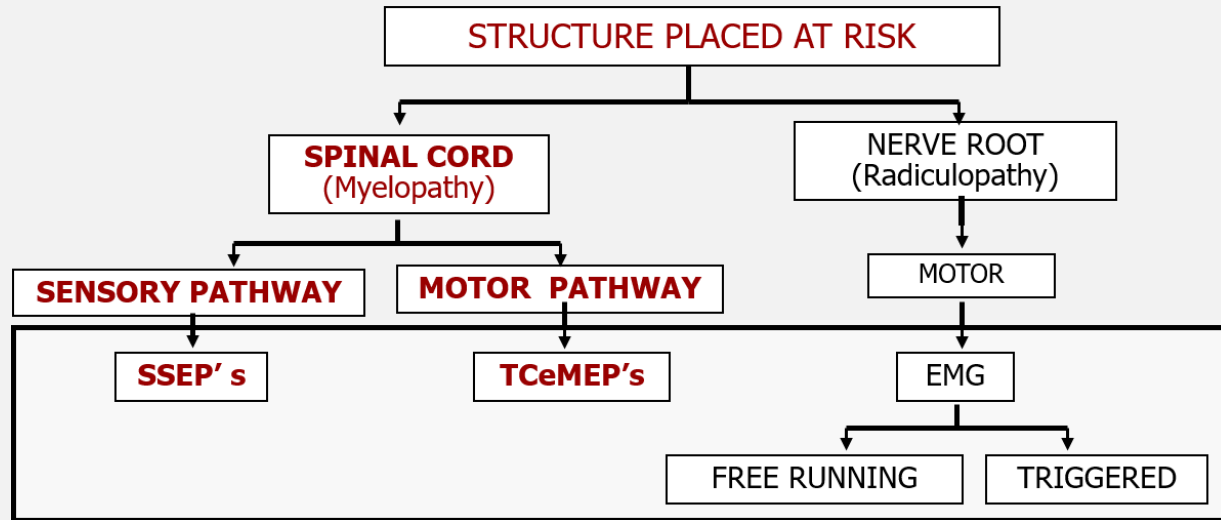
Σύνοψη πρωτοκόλλων Δ.Ν.Π.:



Σύνοψη πρωτοκόλλων Δ.Ν.Π.:



Δ.Ν.Π. & Νωτιαίος Μυελός:



Τα **SSEP's** και τα **TCeMEP's** παρακολουθούν-ελέγχουν διαφορετικές οδούς του νωτιαίου μυελού:

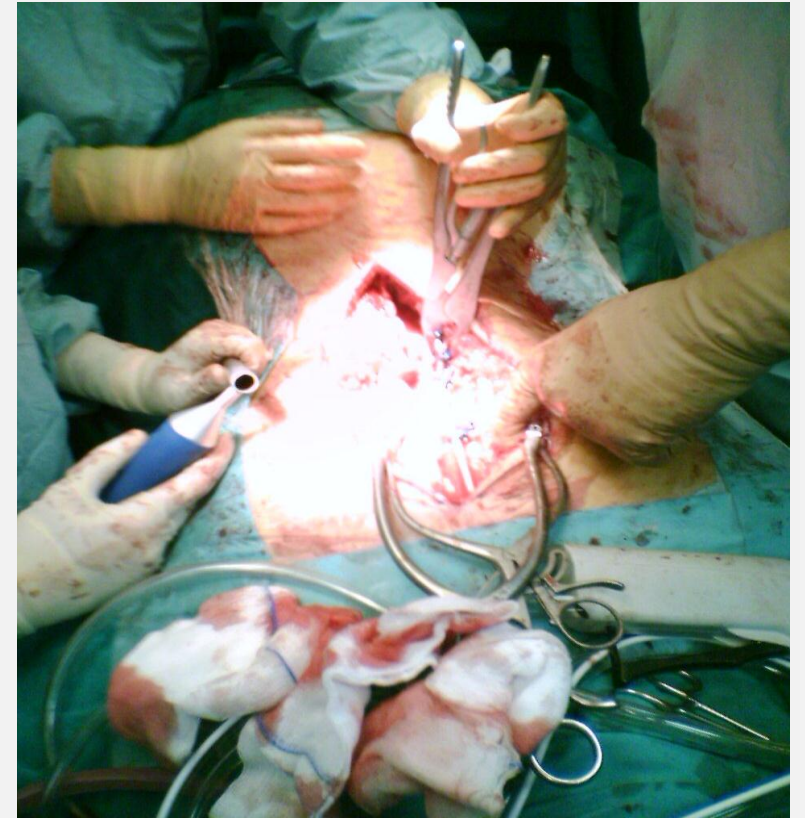
- **SSEP's** αποτυπώνουν την κεντρομόλο αισθητική αγωγιμότητα στις οπίσθιες κολώνες και οπισθοπλάγιες οδούς (posteriolateral tracts).
- **TCeMEP's** αποτυπώνουν την κατιούσα πρόσθια φλοιονωτιαία κινητική αγωγιμότητα.

Ιστορική αναδρομή:

1960's:

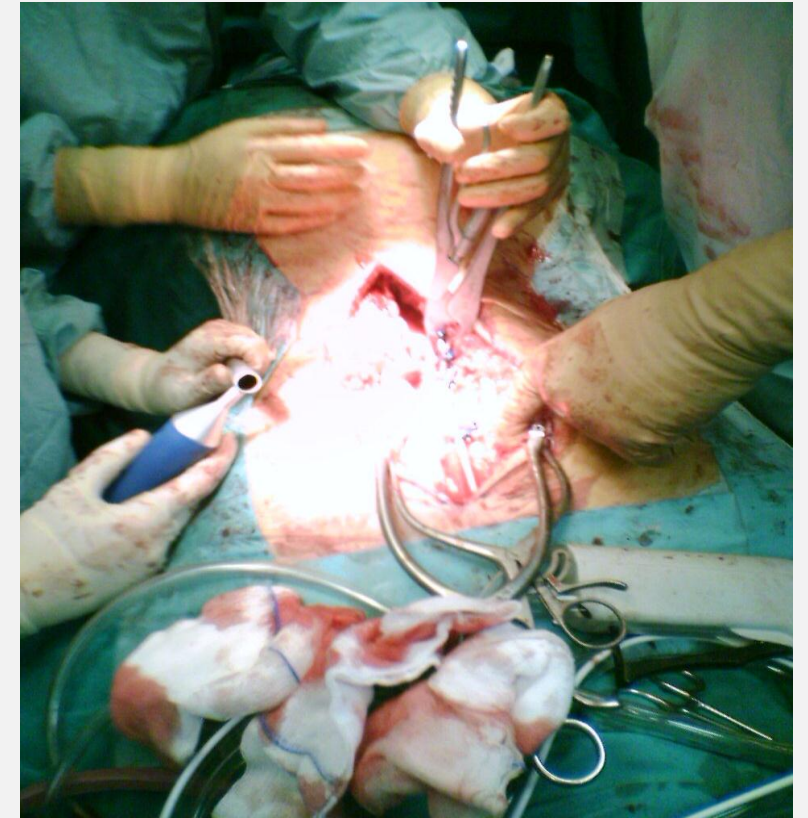
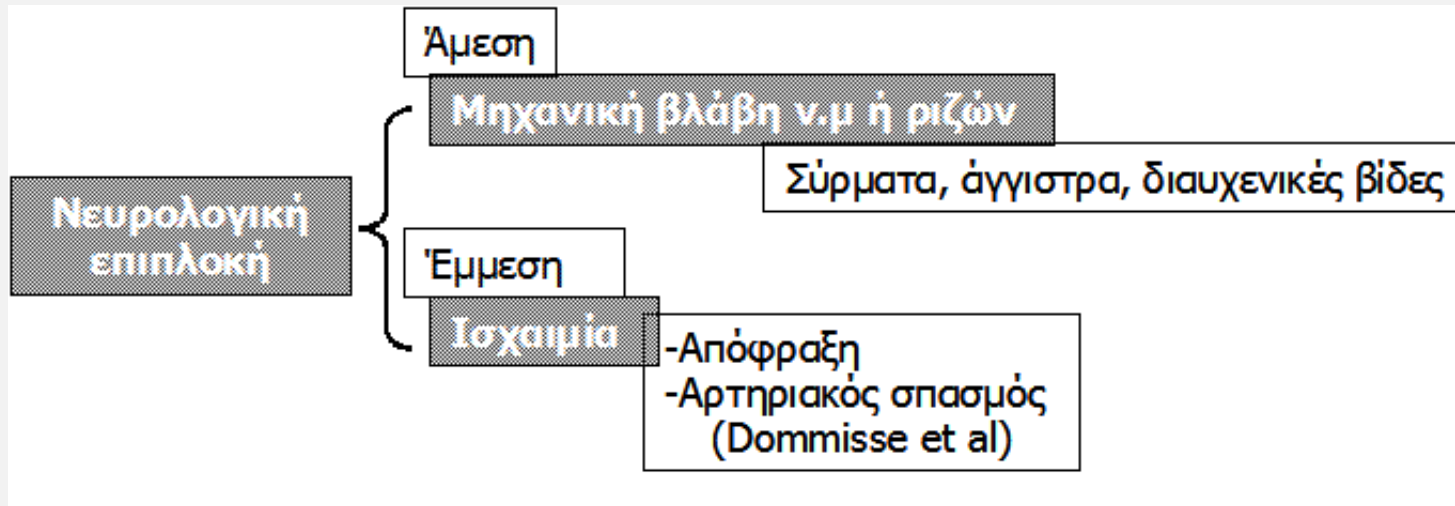
- η αυγή της επιθετικής προσέγγισης στη διόρθωση βαρέων παραμορφώσεων της σπονδυλικής στήλης (π.χ εισαγωγή του συστήματος **Harrington**)

- παρόλη την εξέλιξη & αποτελεσματικότητα των νέων πρακτικών αυξήθηκε ο κίνδυνος των νευρολογικών επιπλοκών



Ιστορική αναδρομή:

1960's:



Ιστορική αναδρομή:

1970's:

- Έκθεση του Scoliosis Research Society (**1974**):

από τις 7800 χειρουργικές πράξεις που αφορούσαν τοποθέτηση υλικού Harrington, οι 87 ασθενείς παρουσίασαν μετεγχειρητικά σημαντικά νευρολογικά προβλήματα.

Report of Morbidity and Mortality Committee. Scoliosis Research Society Annual Meeting, September 1974



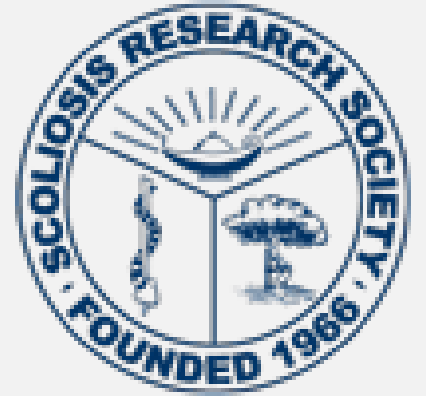
Ιστορική αναδρομή:

1970's:

- Scoliosis Research Society (1976):

επιβεβαιώνει την ανάγκη τόσο για την καλύτερη κατανόηση της φυσιολογίας του νωτιαίου μυελού όσο και για τη βελτίωση των τεχνικών παρακολούθησης του νωτιαίου μυελού κατά τη διάρκεια χειρουργικών επεμβάσεων.

Scoliosis Research Society Morbidity and Mortality Report. Presented at the 11th Annual Meeting of the Scoliosis Research Society, Ottawa, Ontario, Canada, September 4-6. 1976.



Ιστορική αναδρομή:

1970's:

- Εισάγεται το Wake up-test:

Vauzelle C, Stagnara P, Jouvinroux P. Clin Orthop **1973**; 93:173-8

Wake Up
&
Move Your Feet

- 1) Παρέχει μόνο στιγμιαία πληροφορία για την ακεραιότητα του νευρικού συστήματος
- 2) Κίνδυνος αποσωλήνωσης
- 3) Κίνδυνος μόλυνσης του πεδίου
- 4) Επιθετικότητα του ασθενούς σε πρηνή θέση με το τραύμα εκτεθημένο
- 5) Προβλήματα άλλων συστημάτων (ανακοπή κ.α)
- 6) Παρατείνει τη διάρκεια του χειρουργείου

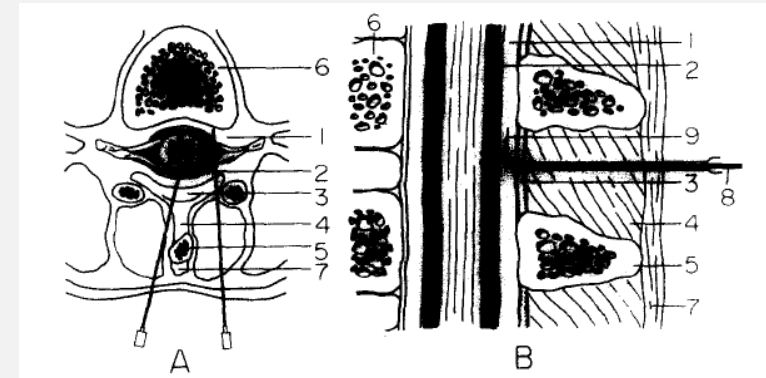
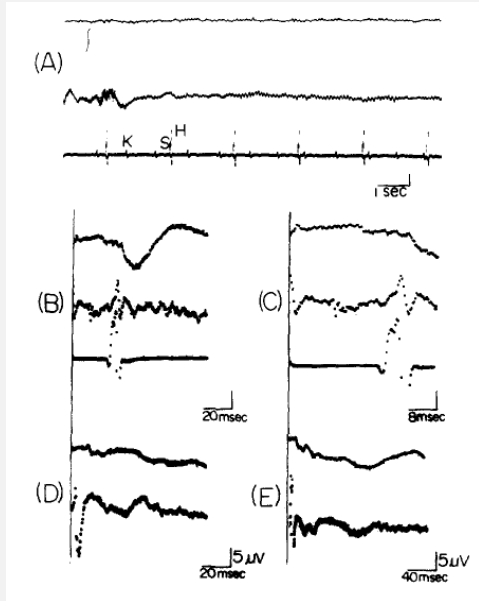
Ιστορική αναδρομή:

1970's:

Wake Up
&
Move Your Feet

- 7) Αναποτελεσματικότητα σε ασθενείς με προβλήματα νοητικά ή ακοής και ξενόγλωσσους
- 8) Η αμνησία του αρρώστου σε αυτή την εμπειρία δεν είναι εγγυημένη
- 9) Αξιολογείται μόνο η κινητική κατάσταση του αρρώστου
- 10) Παρέχει πληροφορία για μαζική κινητικότητα και δεν είναι ευαίσθητο για την εκτίμηση πιο διακριτής κινητικής λειτουργίας
- 11) Εξαρτάται από την ικανότητα του αναισθησιολόγου
- 12) Η βιβλιογραφία αναφέρει Case Reports όπου αν και υπήρξε αρνητικό wake-up test η μετεγχειρητική κλινική εικόνα του ασθενούς το διέψευσε. (European Spine Journal, Volume 14, Number 9, November 2005)

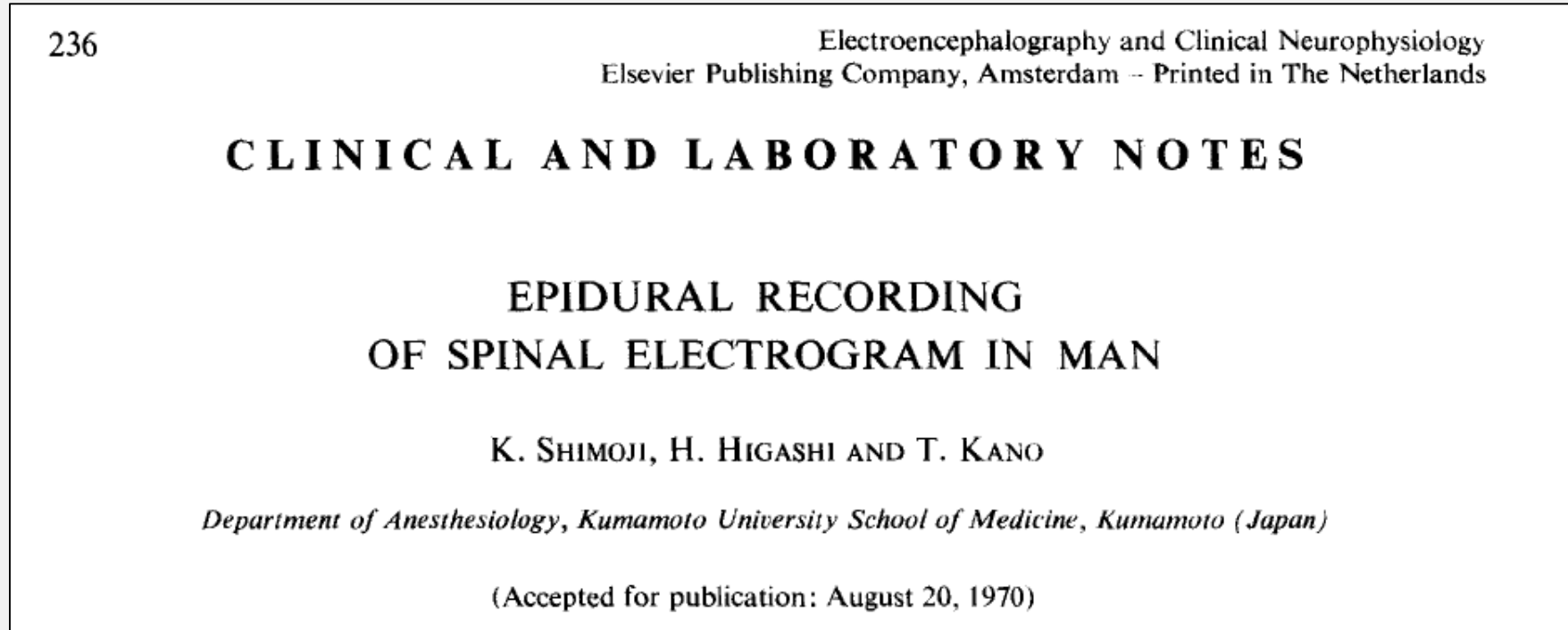
Αναπτύσσονται επεμβατικές & μη
επεμβατικές τεχνικές διεγχειρητικής
νευροφυσιολογικής
παρακολούθησης του νωτιαίου
μυελού



ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Ιστορική αναδρομή:

ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ - SEG



SEG (spinal electrogram):

- Περιφερική διέγερση (ωλενίου και κνημιαίου νεύρου) & Κεντρική καταγραφή (επισκληριδίως)

Ιστορική αναδρομή:

ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ - SEG



- Διάγνωση της παθολογίας του νωτιαίου μυελού
- για τη μελέτη της φυσιολογίας του ανθρώπινου νευρικού συστήματος &
- την επίδραση αναισθητικών φαρμάκων σε αυτό.

→ η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε επιτυχώς για τη μελέτη της επίδρασης των αναισθητικών φαρμάκων στις SEG καταγραφές.

Ιστορική αναδρομή:

ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ – Sp(E)-SCEP

Tamaki T, et al. Jpn J Electroenceph Electromyogr **1972**; 1:196.

Kurokawa T. Jpn J Electroenceph Electromyogr **1972**; 1:64-6.

Spinal cord action potentials evoked by epidural stimulation of the spinal cord.

Kurokawa T.

Jpn J Electroenceph Electromyogr 1972;1:64-66.

Clinical utilization of the evoked spinal cord action potential in spine and spinal cord surgery.

Tamaki T, Yamane T.

Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1975;39:196.



Ιστορική αναδρομή:

ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ – Sp(E)-SCEP

Eur Spine J (2007) 16 (Suppl 2):S140–S146

DOI 10.1007/s00586-007-0416-9

ORIGINAL ARTICLE

History of the development of intraoperative spinal cord monitoring

Tetsuya Tamaki · Seiji Kubota

Accepted: 7 May 2007 / Published online: 1 August 2007

© Springer-Verlag 2007

SCEP (spinal cord evoked potentials):

- Διέγερση & καταγραφή στο νωτιαίο μυελό

Ιστορική αναδρομή:

ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ – Sp(E)-SCEP

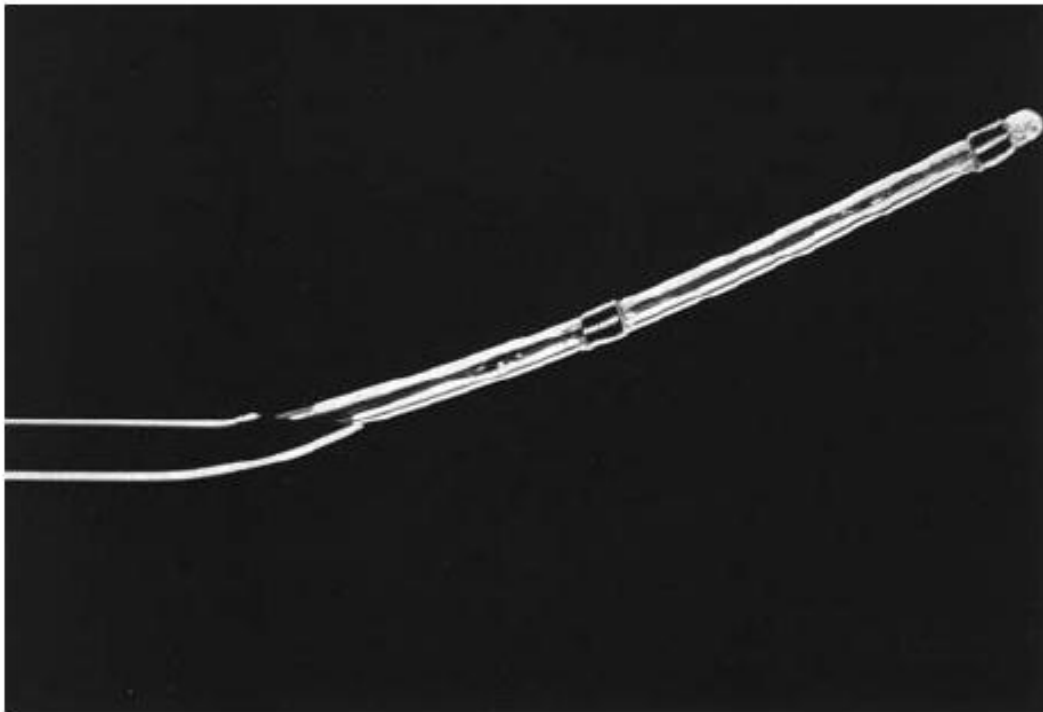


Fig. 1 Flexible tube type bipolar electrode. This electrode can be introduced into the intrathecal space as well as extradural space (from reference 13 with permission)

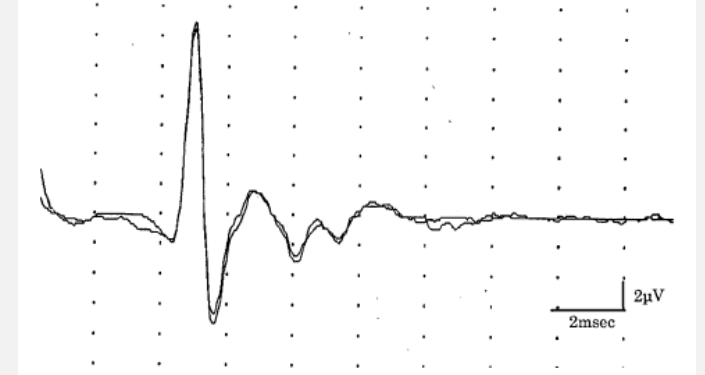


Fig. 2 Spinal cord evoked potential (SCEP) recorded from the level of T12 after stimulating the spinal cord at C7. The potential is consisted with initial spike wave and following polyphasic waves

- the electrode used to deliver stimulation to the spinal cord should be located in the epidural space
- the recording electrode in the intrathecal space.

Ιστορική αναδρομή:

ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ – Sp(E)-SCEP

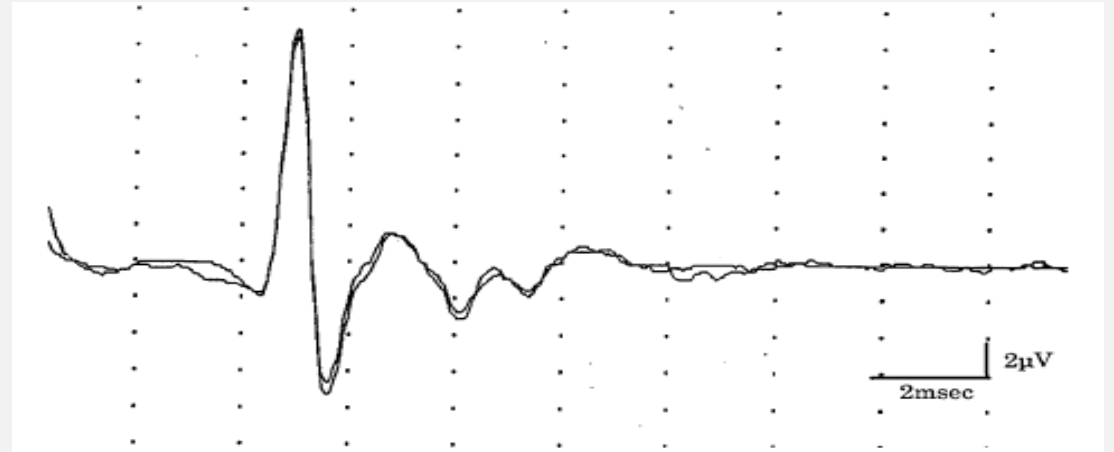


Fig. 2 Spinal cord evoked potential (SCEP) recorded from the level of T12 after stimulating the spinal cord at C7. The potential is consisted with initial spike wave and following polyphasic waves

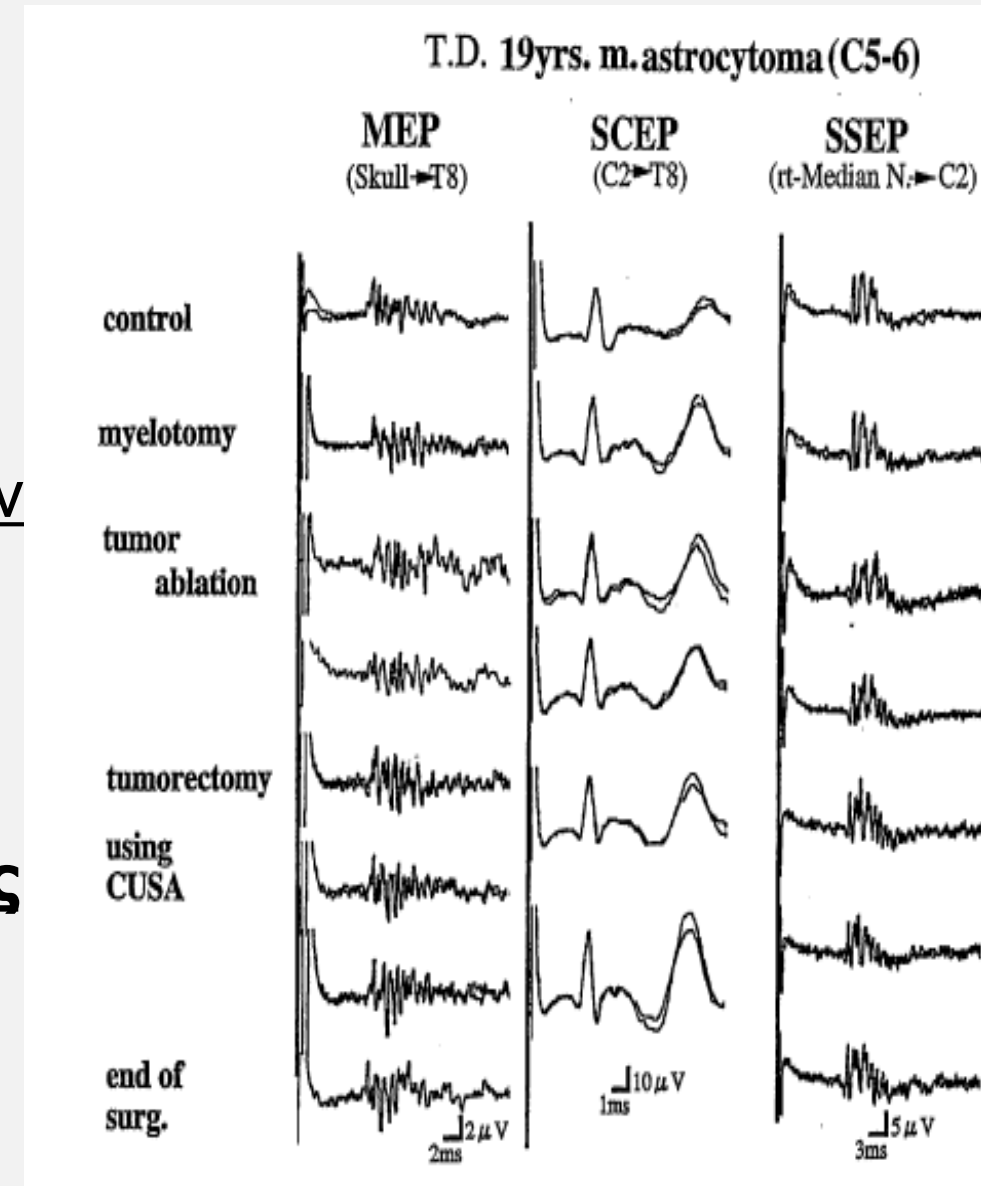
- Αρχικά η παραγωγή του δυναμικού θεωρήθηκε ως η άθροιση των δυναμικών από τις μεγάλης διαμέτρου ίνες που βρίσκονται κυρίως στις οπισθοπλάγιες κολώνες του νωτιαίου μυελού.
- Το πολυφασικό τμήμα κυρίως αντανακλά την δραστηριότητα των οπίσθιων κολωνών, παρόλο που τμήμα αυτών των δυναμικών επηρεάζεται εύκολα από αναισθητικά φάρμακα και ανοξία.

Ιστορική αναδρομή:

ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ – Sp(E)-SCEP

- Επιπροσθέτως ο Shimizu et al (1982) έδειξαν ότι αυτά τα δυναμικά αντιπροσωπεύουν την συγχρονισμένη δραστηριότητα ενδιάμεσων νευρώνων και πρωτογενούς κεντρομόλου εκπόλωσης.

- Αυτές οι παρατηρήσεις δείχνουν ότι τα SCEP αντιπροσωπεύουν το άθροισμα της δραστηριότητας από τις ανιούσες και κατιούσες οδούς στην περιοχή του ηλεκτροδίου καταγραφής.



Ιστορική αναδρομή:

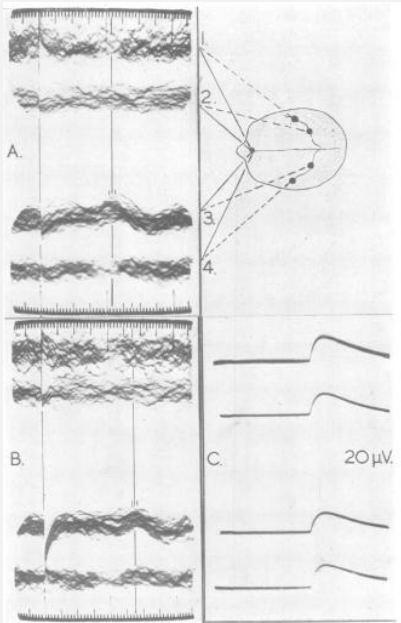
ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ – Sp(E)-SCEP

- Ωστόσο η παρακολούθηση αυτών των δυναμικών δεν μπορεί να αποδώσει ικανοποιητική πληροφόρηση για λειτουργία που σχετίζεται με την κίνηση αφού τα κινητικά δυναμικά αναμειγνύονται με δυναμικά της αισθητικής οδού που έχουν μεγαλύτερο πλάτος.
- Η τεχνική αυτή δεν έγινε ευρέως αποδεκτή εξαιτίας της επεμβατικότητας της

ΜΗ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Ιστορική αναδρομή:

ΜΗ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ – ΚΛΑΣΙΚΑ SSEP's



Spinal cord monitoring during operative treatment of the spine.

Nash CL, Lorig RA, Schatzinger LA, Brown RH.
Clin Orthop Rel Res. 1977;**12**:100–105



- Η τεχνική που χρησιμοποιήθηκε είχε περιγραφεί από τον Dawson το 1947
- Μεθοδολογία: Περιφερική διέγερση (κνημιαίο νεύρο) & καταγραφή της αισθητικής απόκρισης στον αισθητικό φλοιό (τριχωτό της κεφαλής)

Ιστορική αναδρομή:

ΜΗ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ – ΚΛΑΣΙΚΑ SSEP's

Spinal cord monitoring during operative
treatment of the spine.

Nash CL, Lorig RA, Schatzinger LA, Brown RH.
Clin Orthop Rel Res. 1977;**12**:100–105

Twenty-six orthopedic and 8 neurosurgical patients undergoing spine surgery had spinal cord monitoring before, during, and after operation using somatosensory, averaged cortical evoked responses. Although no inherent risks were apparent in the technical application of this form of spinal cord monitoring, there are limitations that have yet to be evaluated. Classically, somatosensory evoked responses have been considered a function of the posterior columns; however, the results of these studies indicate that more than the function of the dorsal columns alone can be evaluated with this technique. In addition, much remains to be learned regarding the changes in signals noted and the corresponding clinical conditions. Techniques more sophisticated than visual evaluation of response patterns must be established and more sophisticated methods of analysis must be developed. Despite the need for more knowledge of the nature of this system and the correlation between evoked responses and clinical conditions, the system has proved to be effective and to have great potential for improving spine and spinal cord surgery

Ιστορική αναδρομή:

ΜΗ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ – ΚΛΑΣΙΚΑ SSEP's

Spinal cord monitoring during operative
treatment of the spine.

Nash CL, Lorig RA, Schatzinger LA, Brown RH.
Clin Orthop Rel Res. 1977;**12**:100–105

Twenty-six orthopedic and 8 neurosurgical patients undergoing spine surgery had spinal cord monitoring before, during, and after operation using somatosensory, averaged cortical evoked responses. Although no inherent risks were apparent in the technical application of this form of spinal cord monitoring, there are limitations that have yet to be evaluated. **Classically, somatosensory evoked responses have been considered a function of the posterior columns;** however, the results of these studies indicate that more than the function of the dorsal columns alone can be evaluated with this technique. **In addition, much remains to be learned regarding the changes in signals noted and the corresponding clinical conditions.** Techniques more sophisticated than visual evaluation of response patterns must be established and more sophisticated methods of analysis must be developed. **Despite the need for more knowledge of the nature of this system and the correlation between evoked responses and clinical conditions, the system has proved to be effective and to have great potential for improving spine and spinal cord surgery**

Ιστορική αναδρομή:

1970 - ΣΥΝΟΨΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

[Spine \(Phila Pa 1976\)](#). 1979 Nov-Dec;4(6):466-70.

Current status of spinal cord monitoring.

[Brown RH](#), [Nash CL Jr](#).

Abstract

Spinal cord monitoring, as currently practiced, requires a source of sensory stimulus, transmitted through filters and amplifiers, to result in an enhanced signal, which is recorded and studied. **Three techniques are under investigation.**

Ιστορική αναδρομή:

1970 - ΣΥΝΟΨΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

[Spine \(Phila Pa 1976\)](#). 1979 Nov-Dec;4(6):466-70.

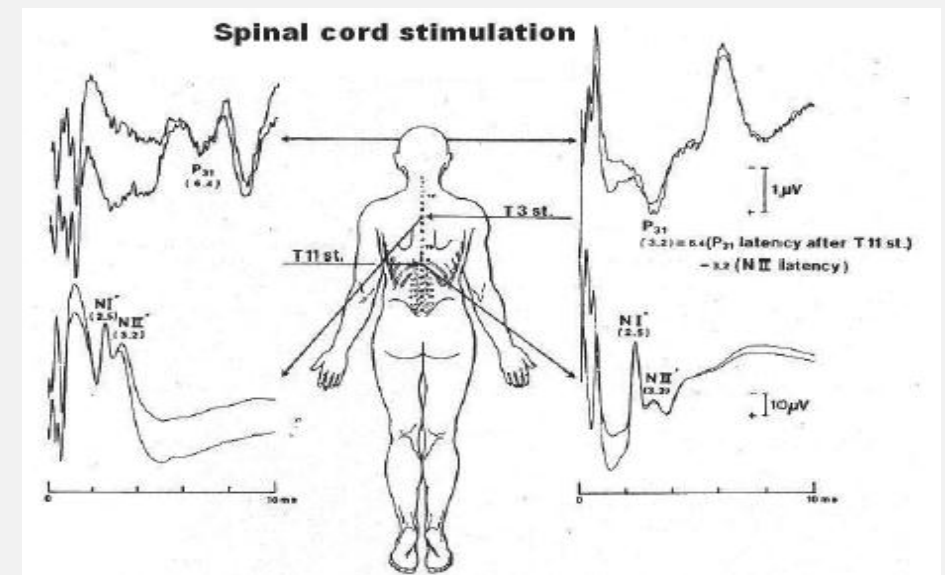
Current status of spinal cord monitoring.

[Brown RH](#), [Nash CL Jr](#).

Abstract

Spinal cord monitoring, as currently practiced, requires a source of sensory stimulus, transmitted through filters and amplifiers, to result in an enhanced signal, which is recorded and studied. **Three techniques are under investigation.**

→ In one, the stimulation and responses are recorded directly from the dura.



Ιστορική αναδρομή:

1970 - ΣΥΝΟΨΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

[Spine \(Phila Pa 1976\)](#). 1979 Nov-Dec;4(6):466-70.

Current status of spinal cord monitoring.

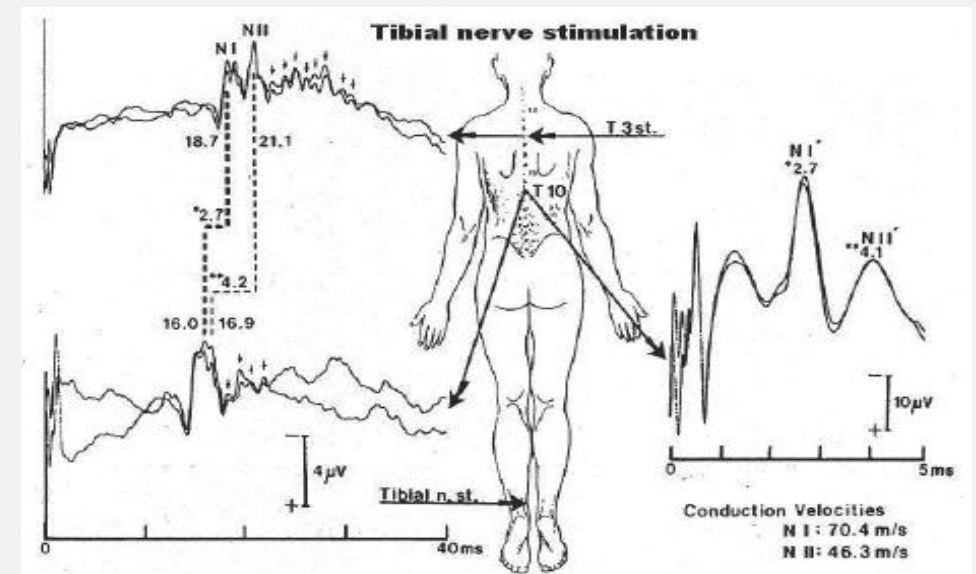
[Brown RH](#), [Nash CL Jr](#).

Abstract

Spinal cord monitoring, as currently practiced, requires a source of sensory stimulus, transmitted through filters and amplifiers, to result in an enhanced signal, which is recorded and studied. **Three techniques are under investigation.**

→ In one, the stimulation and responses are recorded directly from the dura.

→ In another, the stimulus is applied to a peripheral nerve and the response is gathered from vertebral bone.



Ιστορική αναδρομή:

1970 - ΣΥΝΟΨΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

[Spine \(Phila Pa 1976\)](#). 1979 Nov-Dec;4(6):466-70.

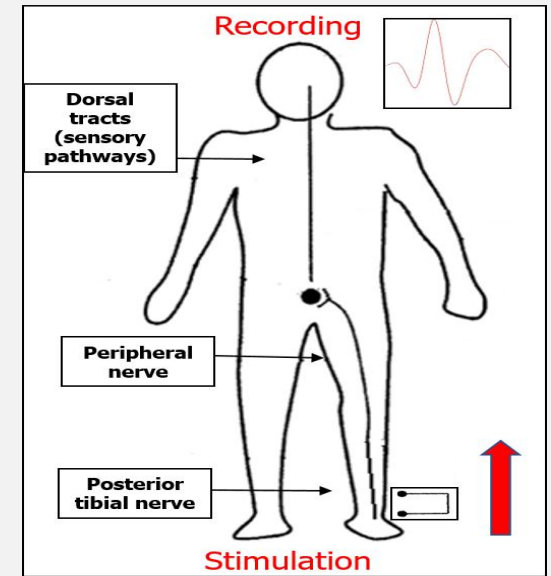
Current status of spinal cord monitoring.

[Brown RH](#), [Nash CL Jr](#).

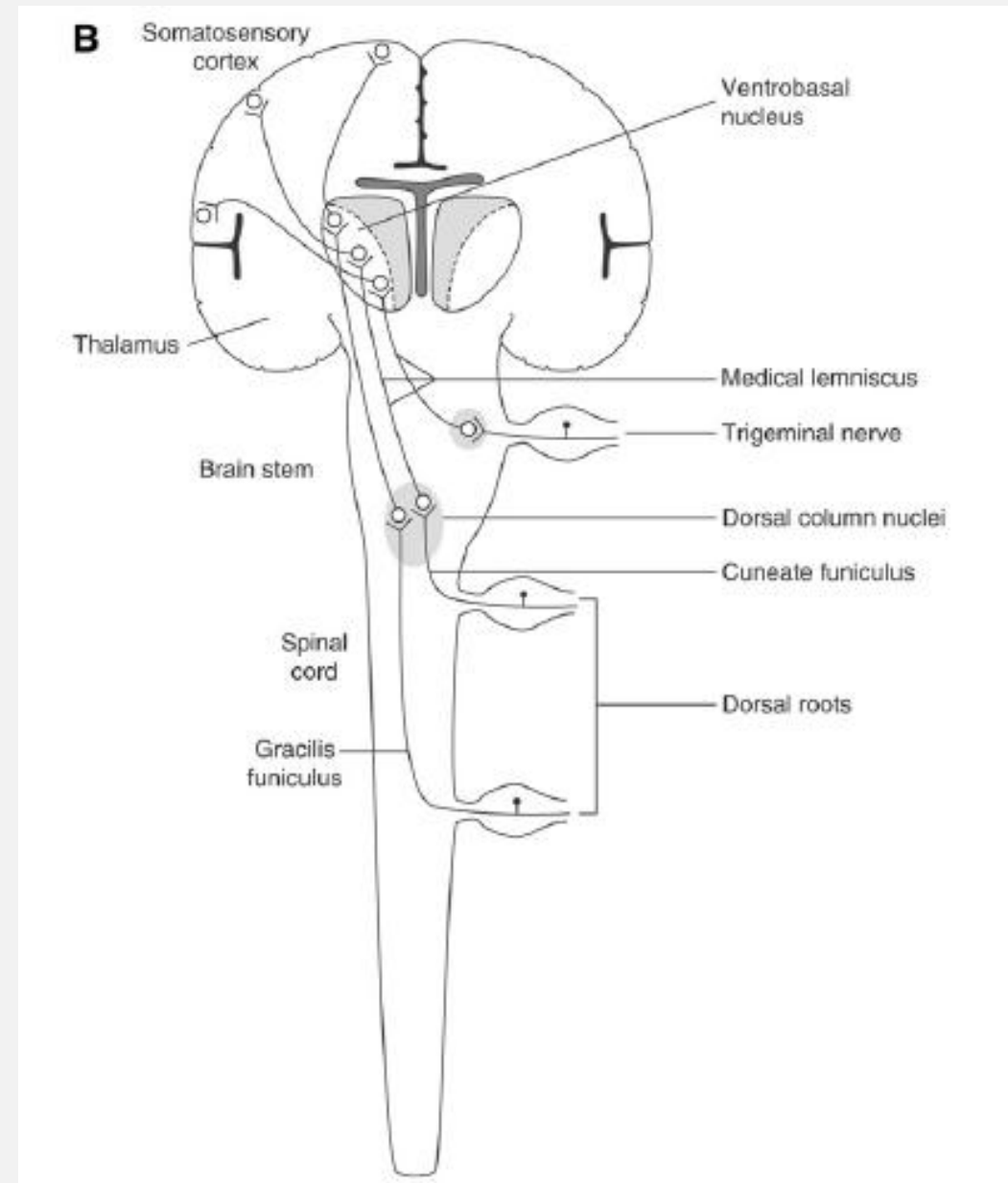
Abstract

Spinal cord monitoring, as currently practiced, requires a source of sensory stimulus, transmitted through filters and amplifiers, to result in an enhanced signal, which is recorded and studied. **Three techniques are under investigation.**

- In one, the stimulation and responses are recorded directly from the dura.
- In another, the stimulus is applied to a peripheral nerve and the response is gathered from vertebral bone.
- The third utilizes responses in the form of cortical evoked potentials, with the stimulus applied to peripheral nerves.



SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

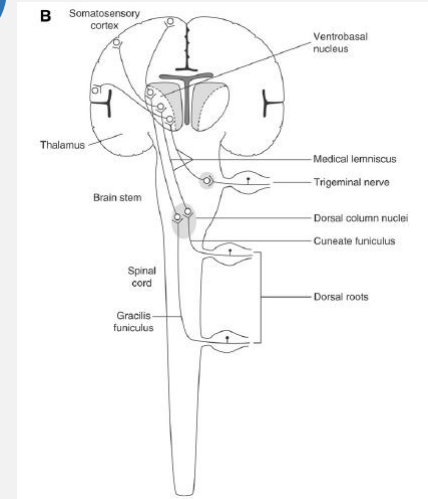


SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

ΑΝΑΤΟΜΙΚΗ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ:

Η αισθητικότητα χωρίζεται σε δύο ανατομικά – λειτουργικά συστήματα:

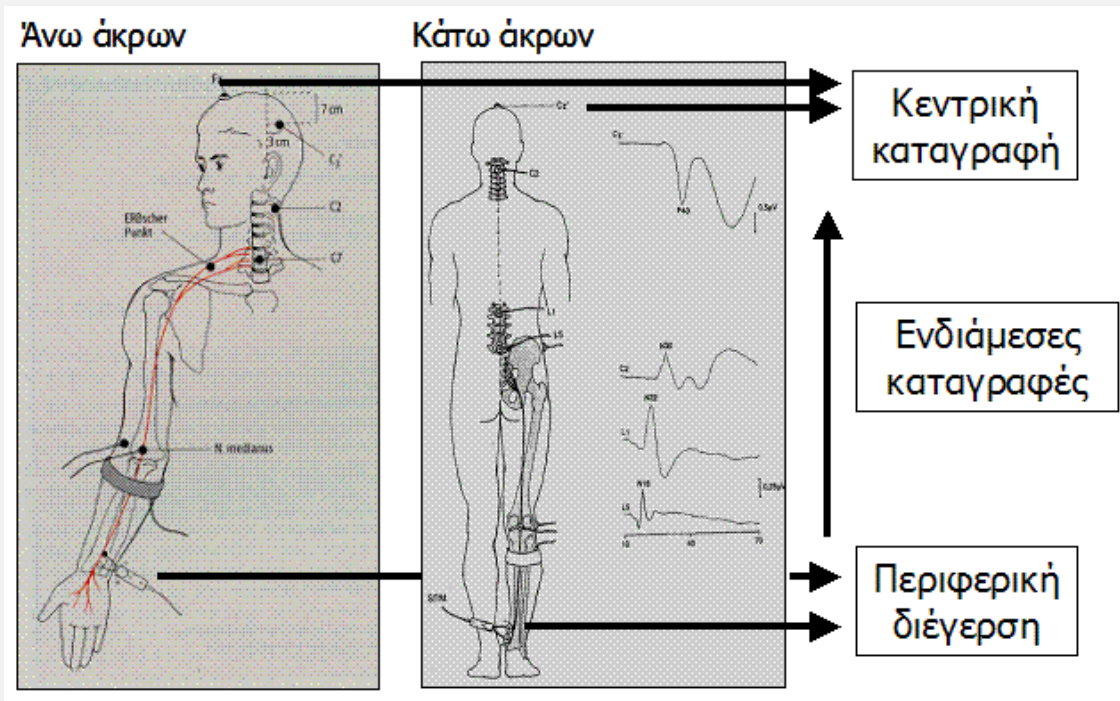
- Επιπολής αισθητικότητα (**νωτιαιοθαλαμική οδός**) για πληροφορία που αφορά αφή, άλγος & θερμοκρασία [not monitorable ?].
- Εν τω βάθει αισθητικότητα (**οδός οπισθίων δεσμών**) για πληροφορία που αφορά αίσθηση των μελών στο χώρο, εν τω βάθει πίεσης και πληροφορίες παλαισθησίας



SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

ΤΙ ΕΙΝΑΙ & ΤΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕ

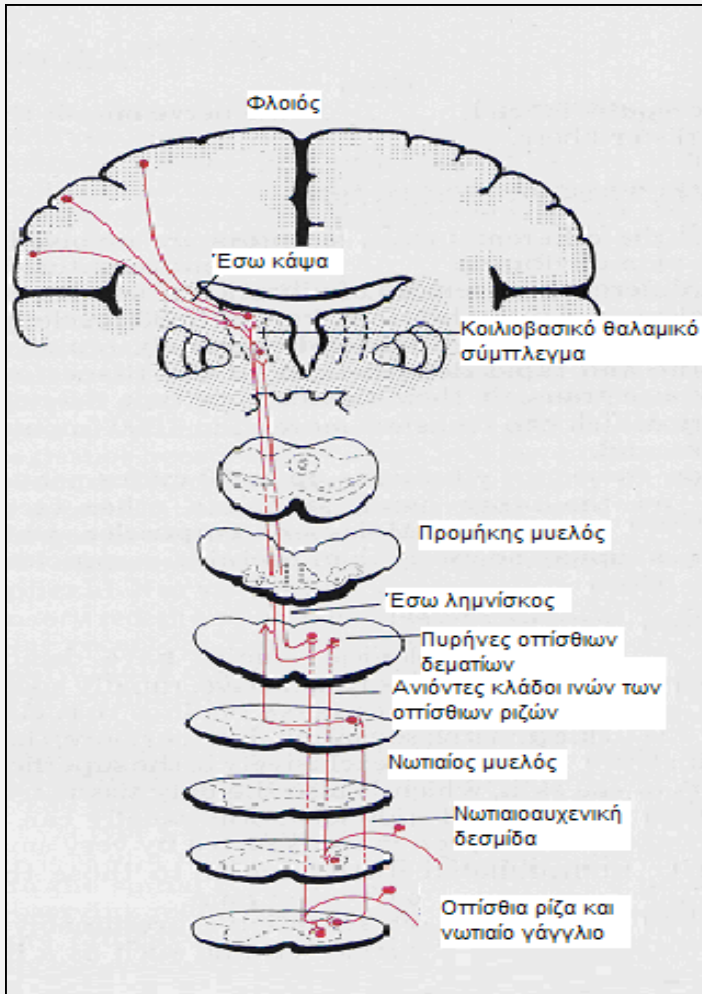
Απόκριση που καταγράφεται κυρίως από τον πρωτεύοντα αισθητικό φλοιό (περιφερικά νεύρα ή την Σ.Σ) ύστερα από ηλεκτρική διέγερση περιφερικών νεύρων.



Ελέγχουν την ακεραιότητα περιφερικών νεύρων, του οπίσθιου τμήματος του νωτιαίου μυελού και διασφαλίζουν τη συνέχεια της κεντρομόλου αισθητικής οδού.

SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

ΤΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕ

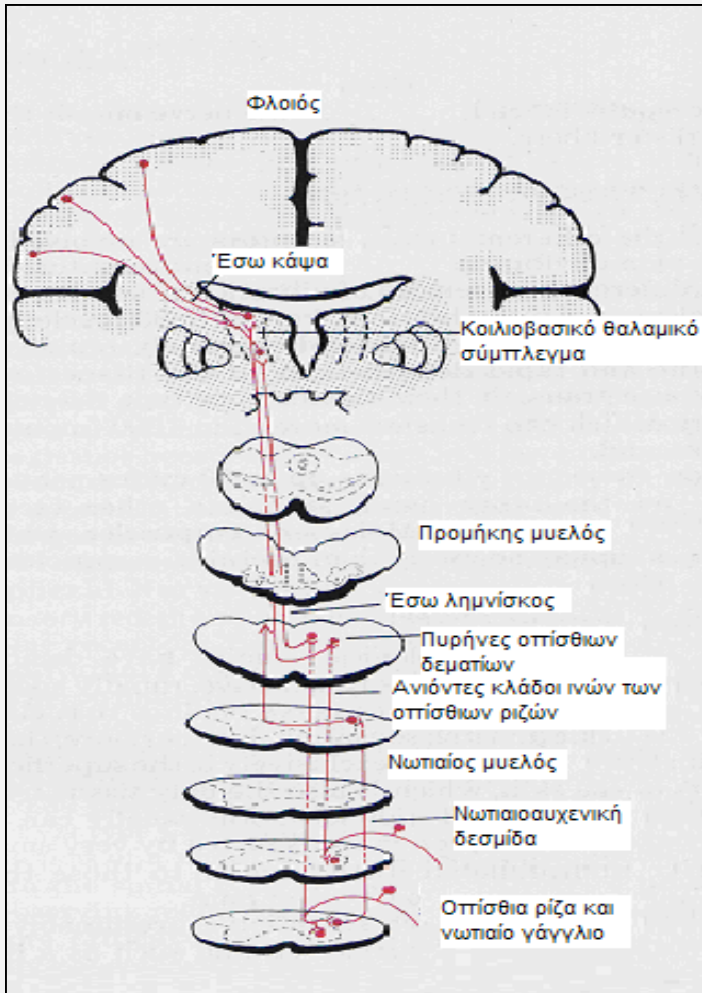


→ Η προκλητή δραστηριότητα άγεται δια μέσου του διεγερόμενου νεύρου και εισέρχεται στον νωτιαίο μυελό μέσω των οπισθίων ριζών.

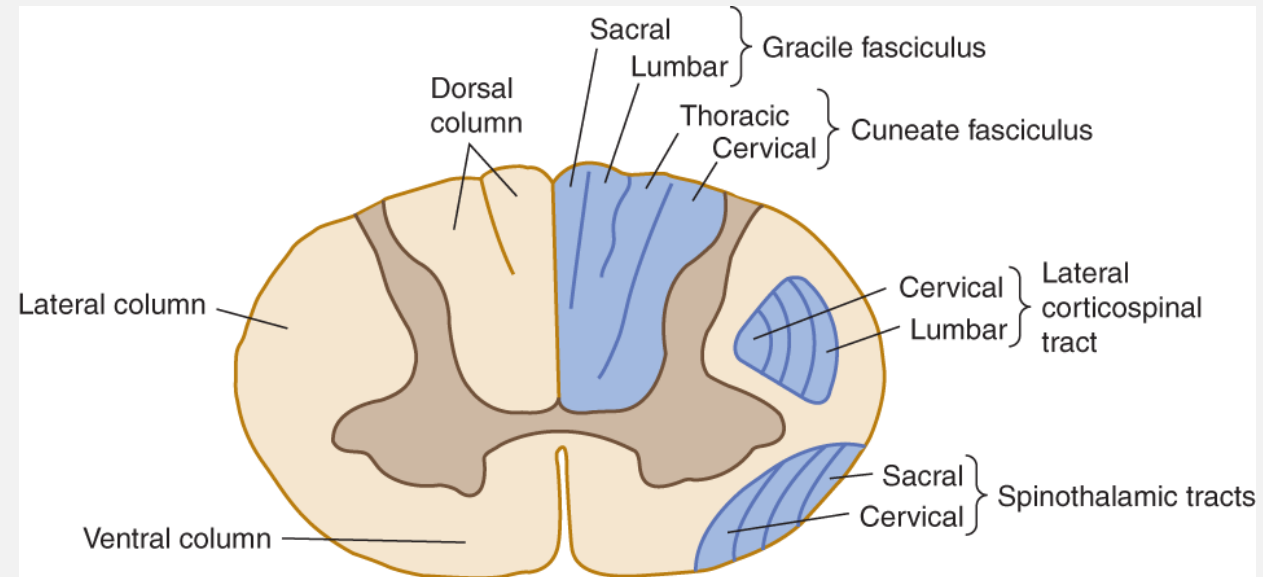
→ Από εκεί οι ανιούσες οδοί μεταφέρουν τις ώσεις στο στέλεχος κατόπιν στο θάλαμο και τελικώς στον πρωτεύοντα αισθητικό φλοιό.

SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

ΤΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕ

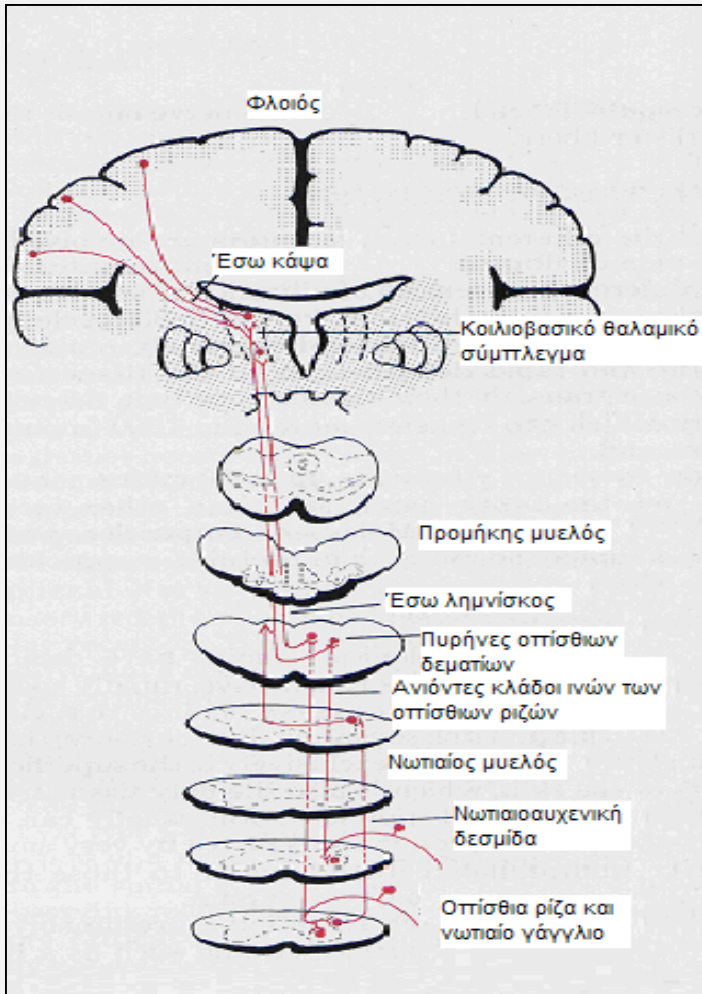


- Η δραστηριότητα εντός του νωτιαίου μυελού μεταφέρεται από τα μεσοραχιαία δερμάτια (ισχνό (Goll) & σφηνοειδές (Burdach)) ως επί το πλείστον και παραμένει σύστοιχα στην πλευρά εισόδου.



SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

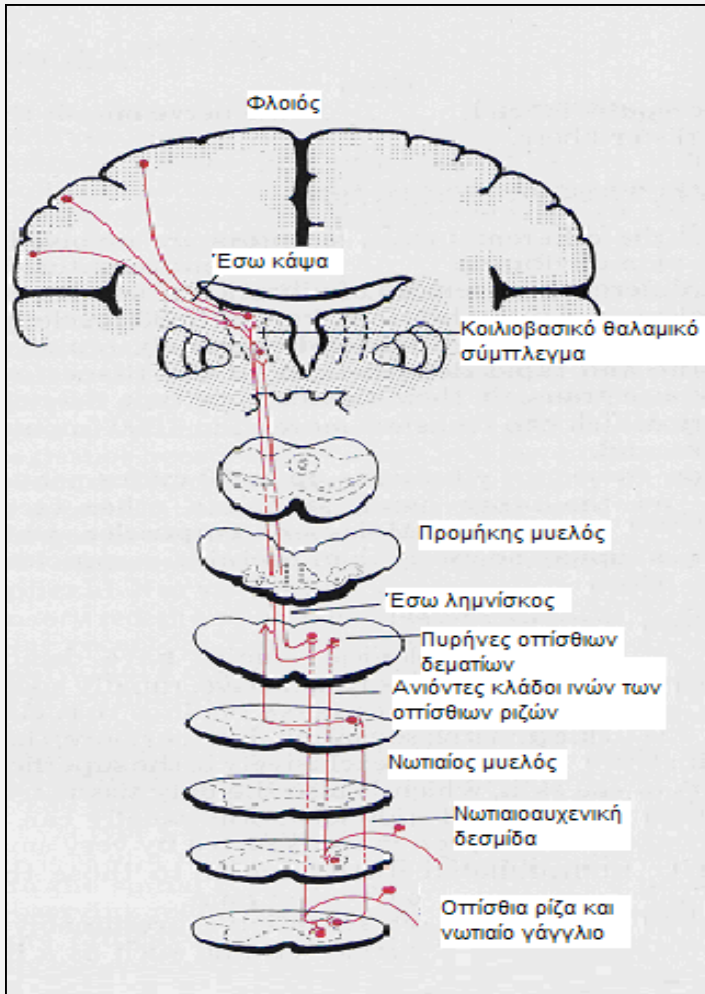
ΤΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕ



- Τα δερμάτια αυτά συνάπτονται έπειτα με τους νευρώνες των αντίστοιχων πυρήνων (τον ισχνό για ίνες από τον κατώτερο κορμό κάτω του Θ6 και του σφηνοειδούς άνω του Θ6) και στη συνέχεια εκπορεύονται οι έσω τοξοειδείς ίνες που χιάζονται στον αποκαλούμενο αισθητικό χιασμό των έσω λημνίσκων, φτάνοντας στον θάλαμο όπου γίνεται μια δεύτερη σύναψη και τερματίζουν στον πρωτογενή αισθητικό φλοιό.

SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

ΤΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕ



- Πληροφορίες υποδοχέων από μυϊκές ατράκτους και αρθρικούς συνδέσμους των κάτω άκρων μεταφέρονται από πλάγια δερμάτια ομόπλευρα στο νωτιαίο μυελό και καταλήγουν στον πυρήνα Z που βρίσκεται πρόσθια και προς τα έσω σε σχέση με τον ισχνό πυρήνα.

SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

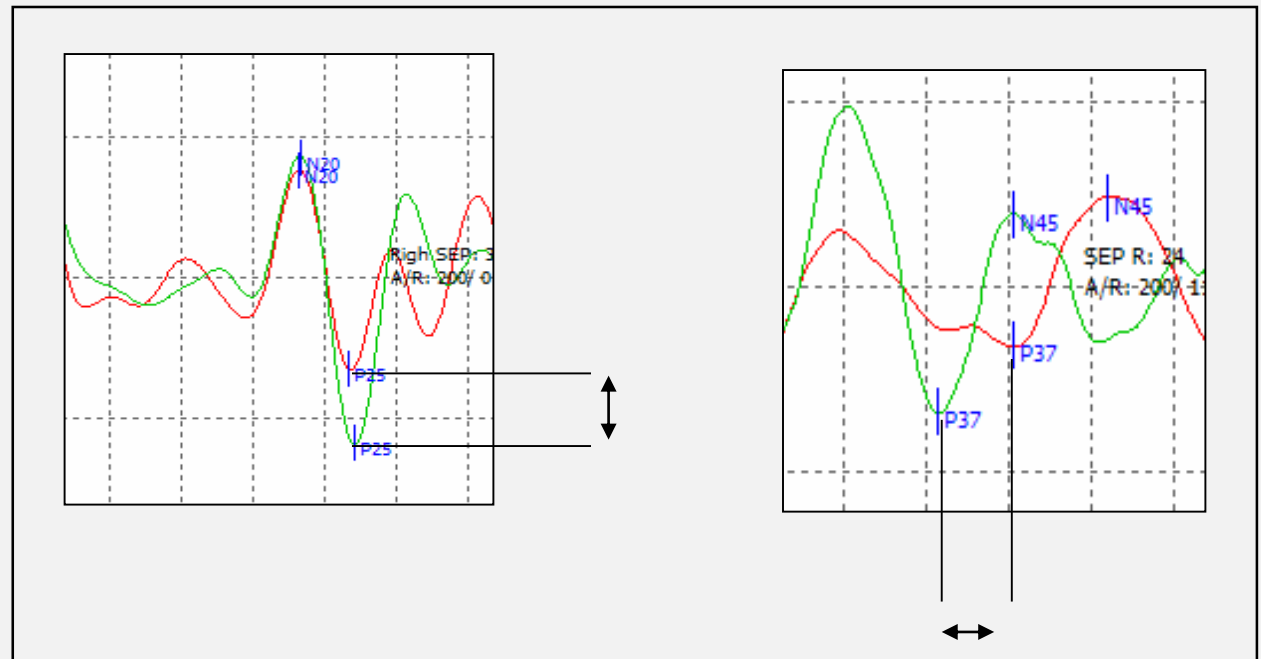
Οι αναφορικές κυματομορφές λαμβάνονται μετά την εισαγωγή του ασθενούς σε γενική αναισθησία και ελέγχονται καθόλη τη διάρκεια της επέμβασης.

- **Warning criteria:**

→ SSEP's: ↓ πλάτους 50%

και/ή

→ ↑ λανθάνοντα χρόνου 10%



SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ– FALSE NEGATIVE ?

[Ann Neurol.](#) **1986** Jan;19(1):22-5.

Postoperative neurological deficits may occur despite unchanged intraoperative somatosensory evoked potentials.

[Lesser RP](#), [Raudzens P](#), [Lüders H](#), [Nuwer MR](#), [Goldie WD](#), [Morris HH 3rd](#), [Dinner DS](#), [Klem G](#), [Hahn JF](#), [Shetter AG](#), et al.

Abstract

We describe 6 patients who demonstrated postoperative neurological deficits despite unchanged somatosensory evoked potentials during intraoperative monitoring. Although there is both experimental and clinical evidence that somatosensory evoked potentials are sensitive to some types of intraoperative mishap, the technique should be employed with an awareness of its possible limitations

SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΕΧΝΙΚΗΣ– FALSE NEGATIVE ?

[Ann Neurol.](#) **1986** Jan;19(1):22-5.

Postoperative neurological deficits may occur despite unchanged intraoperative somatosensory evoked potentials.

[Lesser RP](#), [Raudzens P](#), [Lüders H](#), [Nuwer MR](#), [Goldie WD](#), [Morris HH 3rd](#), [Dinner DS](#), [Klem G](#), [Hahn JF](#), [Shetter AG](#), et al.

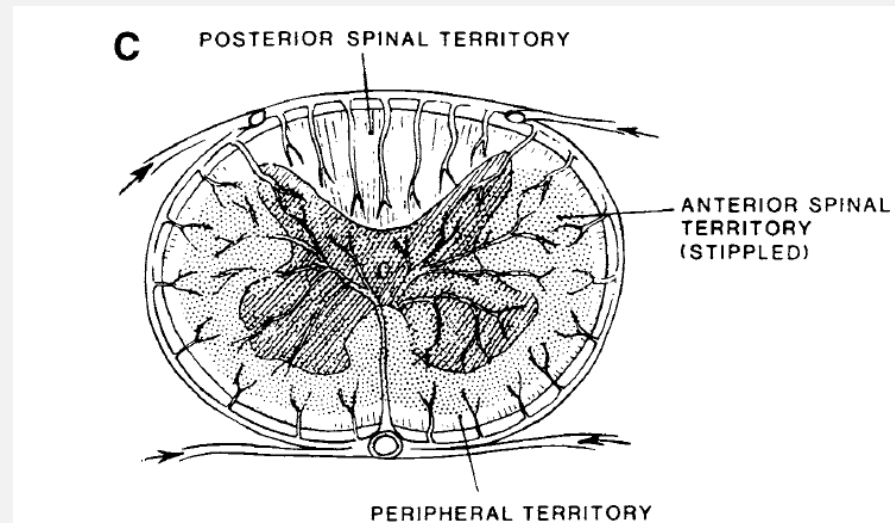
Abstract

We describe 6 patients who demonstrated **postoperative neurological deficits despite unchanged somatosensory evoked potentials** during intraoperative monitoring. Although there is both experimental and clinical evidence that somatosensory evoked potentials are sensitive to some types of intraoperative mishap, the technique should be employed with an awareness of its possible limitations

SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

ΥΠΕΡΜΑΧΟΙ ΤΩΝ SSEP's & MOTOR SYSTEM INJURY

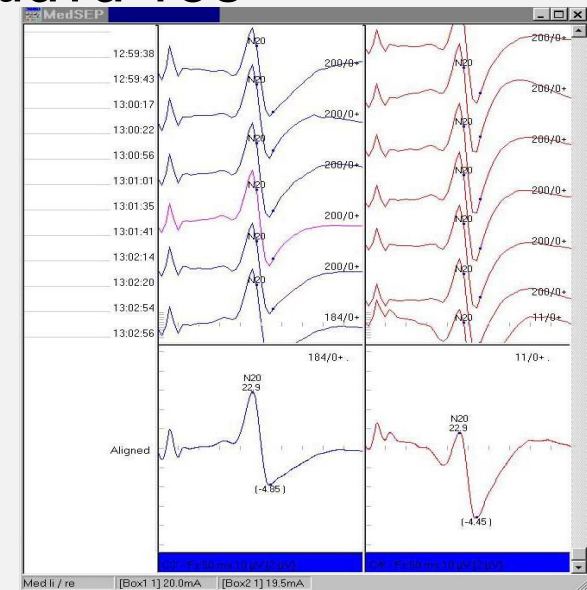
- Η ισχαιμική βλάβη δεν αφορά πάντα αποκλειστικά την πρόσθια ή την οπίσθια κολώνα του νωτιαίου μυελού, έτσι αγγειακές βλάβες στο πρόσθιο τμήμα δύνανται να αντανakλούν σε αλλαγές στα SSEP's.
- Η μηχανική βλάβη του νωτιαίου εκτός των ανατομικών ορίων μιας ενδομυελικής επέμβασης μπορεί να επηρεάσει και τα οπίσθια τμήματα του νωτιαίου.



SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

ΥΠΕΡΜΑΧΟΙ ΤΩΝ SSEP's & MOTOR SYSTEM INJURY

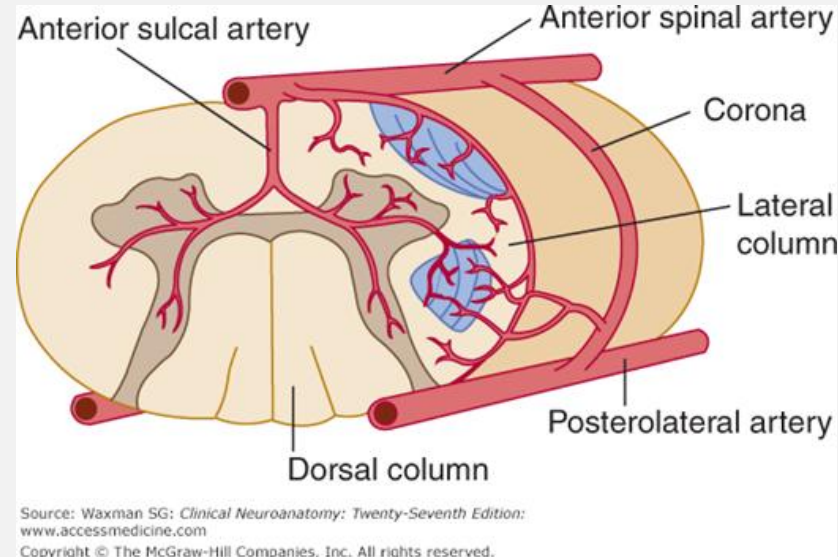
- Οι οδοί που συνεισφέρουν στα SSEP's δεν περιορίζονται αυστηρά στην οπίσθια κολώνα (αλλά και στην πλάγια).
- Προσβολές στο εμπρόσθιο τμήμα του νωτιαίου μυελού μπορεί να προξενήσουν «νωτιαίο shock» και επομένως να επηρεάσουν παροδικά τα SSEP's. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις αναρίθμητες διασυνδέσεις σε διαφορετικά τμήματα του νωτιαίου.



SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ SSEP's & MOTOR SYSTEM INJURY

- Ανατομικός διαχωρισμός μεταξύ της κινητικής και της αισθητικής οδού της οπίσθιας κολώνας, με τις κινητικές δομές να βρίσκονται πρόσθια.
- Η αιμάτωση του εμπρόσθιου τμήματος του νωτιαίου μυελού διαφέρει από αυτή των οπίσθιων κολόνων.



SSEP's (Somatosensory Evoked Potentials)

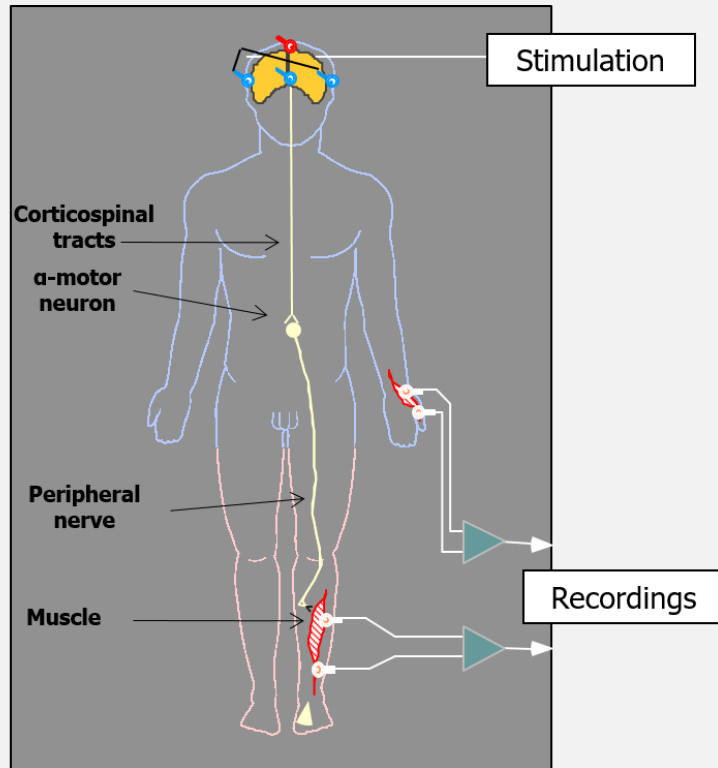
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ SSEP's & MOTOR SYSTEM INJURY

- Το εμπρόσθιο τμήμα του νωτιαίου μυελού πιθανώς να είναι επιλεκτικά ευάλωτο σε ισχαιμία εξαιτίας του λιγότερο εύρωστου αναστομοτικού αγγειακού δικτύου, που δεν ανταποκρίνεται εξίσου καλά με την οπίσθια αγγείωση σε περίπτωση υποαιμάτωσης .
- Επιπροσθέτως, οι κινητικοί νευρώνες στο νωτιαίο μυελό είναι κατά πολύ πιο ευαίσθητοι στην ισχαιμία απ' ότι οι άξονες τις αισθητικής λευκής ουσίας και γι' αυτό είναι επιλεκτικά πιο ευάλωτοι.

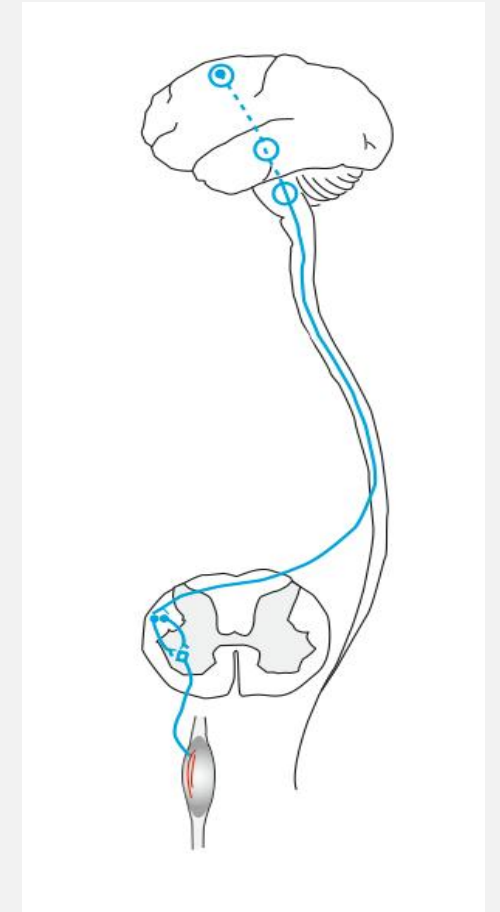
ΑΝΑΓΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΟΔΟΥ

MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΤΙ ΕΙΝΑΙ & ΤΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕ

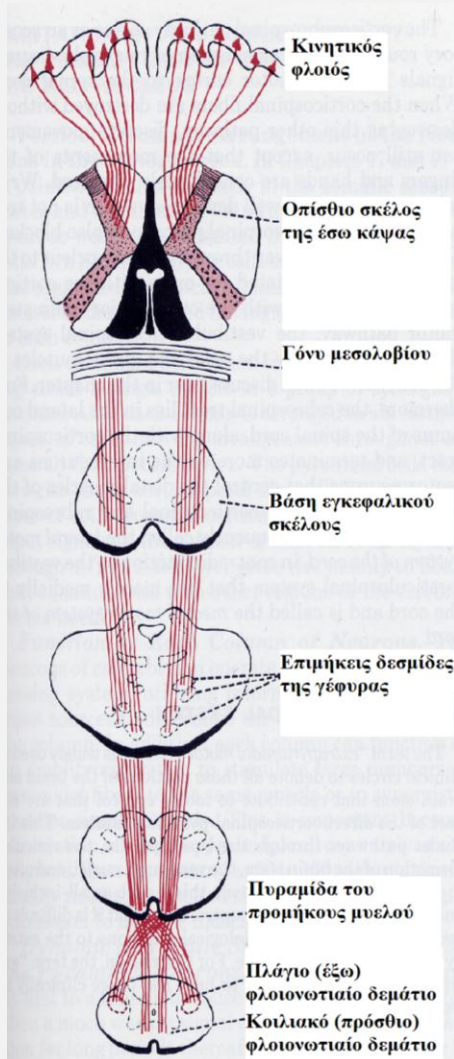


Δυναμικά που καταγράφονται κατά μήκος της φυγόκεντρης οδού μετά από κεντρική ηλεκτρική διέγερση (κινητικού φλοιού).



MEP's (Motor Evoked Potentials)

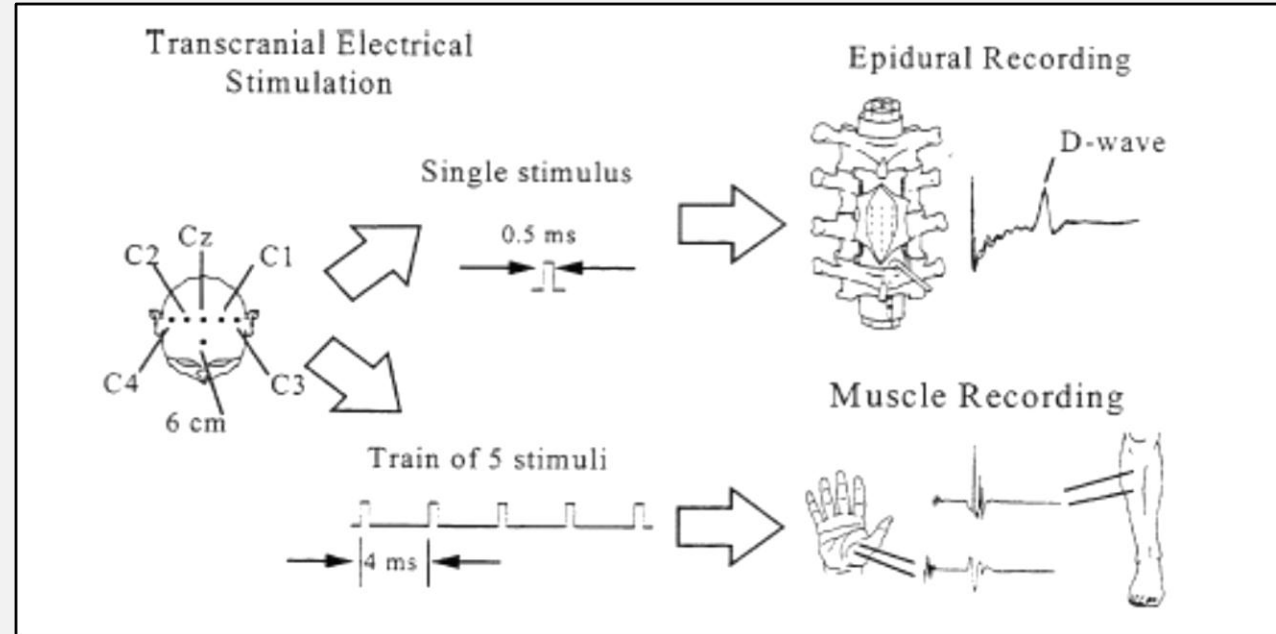
ΤΙ ΕΙΝΑΙ & ΤΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕ



Ελέγχουν την ακεραιότητα του εμπρόσθιου τμήματος του νωτιαίου μυελού και διασφαλίζουν τη συνέχεια της φυγόκεντρης κινητικής οδού.

MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΤΙ ΕΙΝΑΙ & ΤΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕ



Ανάλογα με το εάν η καταγραφή της απόκρισης γίνει σε μύ ή νεύρο χωρίζονται σε **μυογενή** ή **νευρογενή** κινητικά προκλητά δυναμικά.

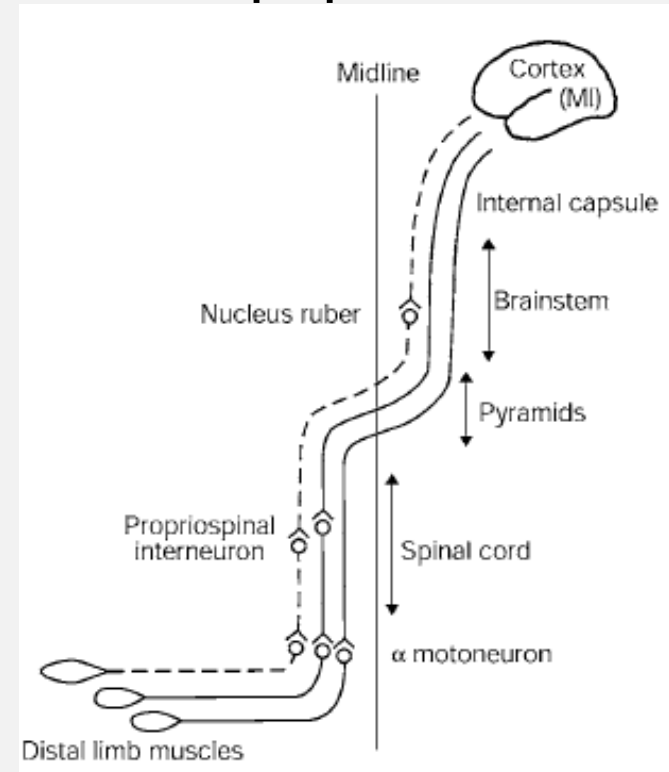
ΑΝΑΤΟΜΙΑ &
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ: ΜΕΡ's
(Motor Evoked
Potentials)

MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΑΝΑΤΟΜΙΑ & ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Η **φλοιονωτιαία οδός** είναι η μοναδική άμεσα κατιούσα σύνδεση ανάμεσα στον φλοιό και τον νωτιαίο μυελό → σημαντική για εκούσια κίνηση

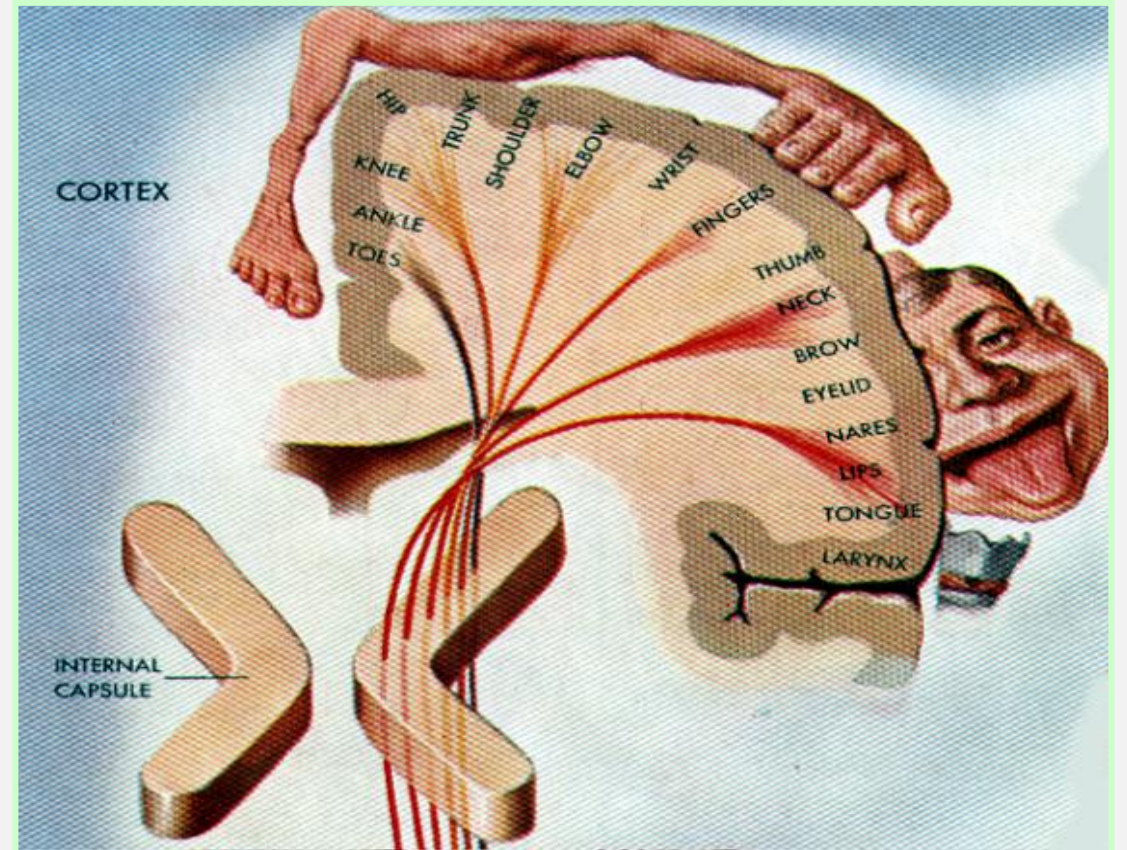
Βλάβες αυτής προκαλούν παράλυση που με το χρόνο καταλήγουν μερικώς σε μόνιμες βλάβες στη μυϊκή ισχύ και στον έλεγχο λεπτών κινήσεων των μυών των άκρων και σε θετικό σημείο Babinski.



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΑΝΑΤΟΜΙΑ & ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

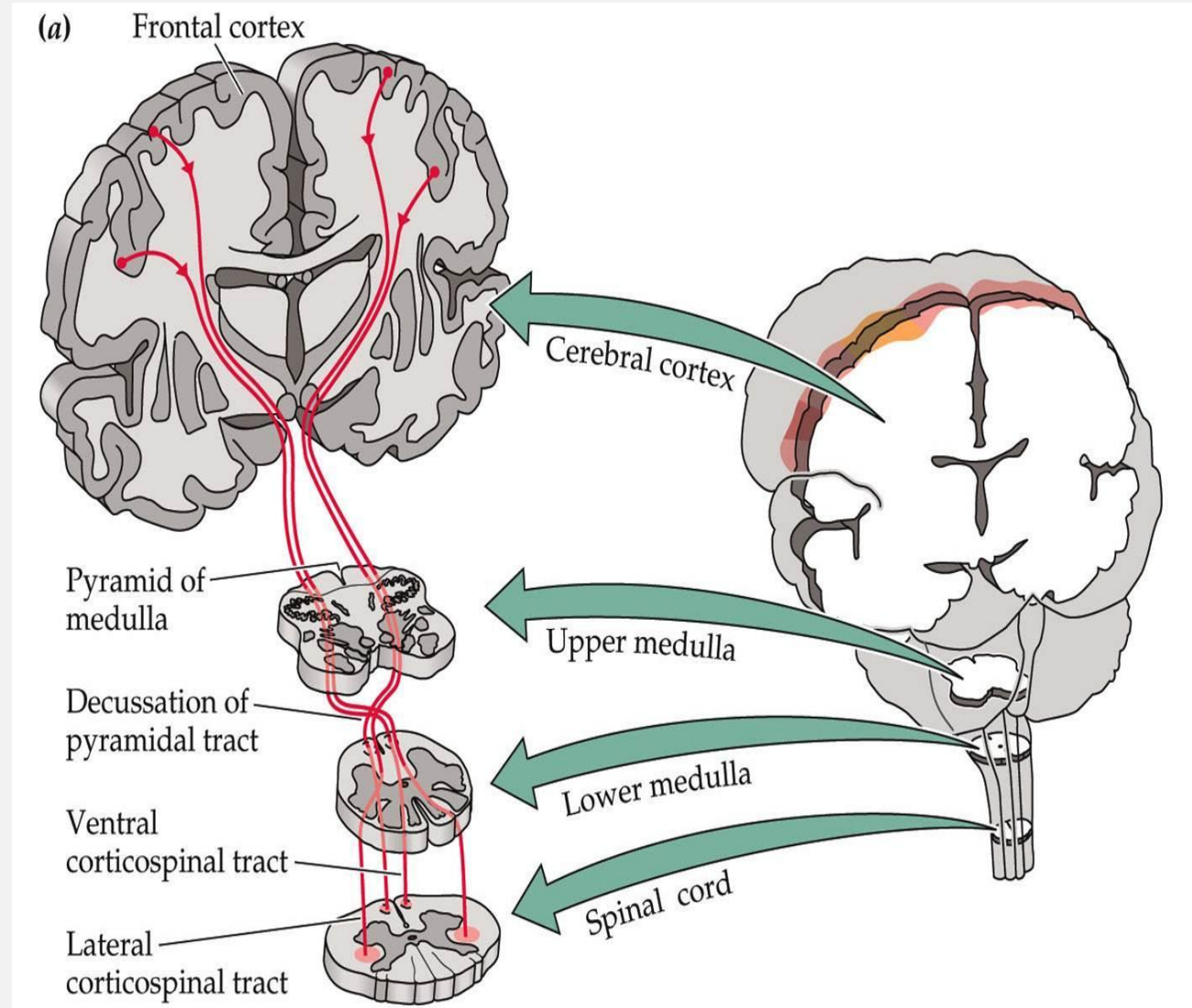
- Οι **φλοϊονωτιαίοι άξονες** κατέρχονται στον ακτινωτό στέφανο από τον πρωτεύοντα κινητικό και μετωπιαίο-κροταφικό φλοιό.
- Συγκλείνουν στο οπίσθιο σκέλος της έσω κάψας και κατέρχονται στη βάση του σκέλους του μέσου εγκεφάλου.



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΑΝΑΤΟΜΙΑ & ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

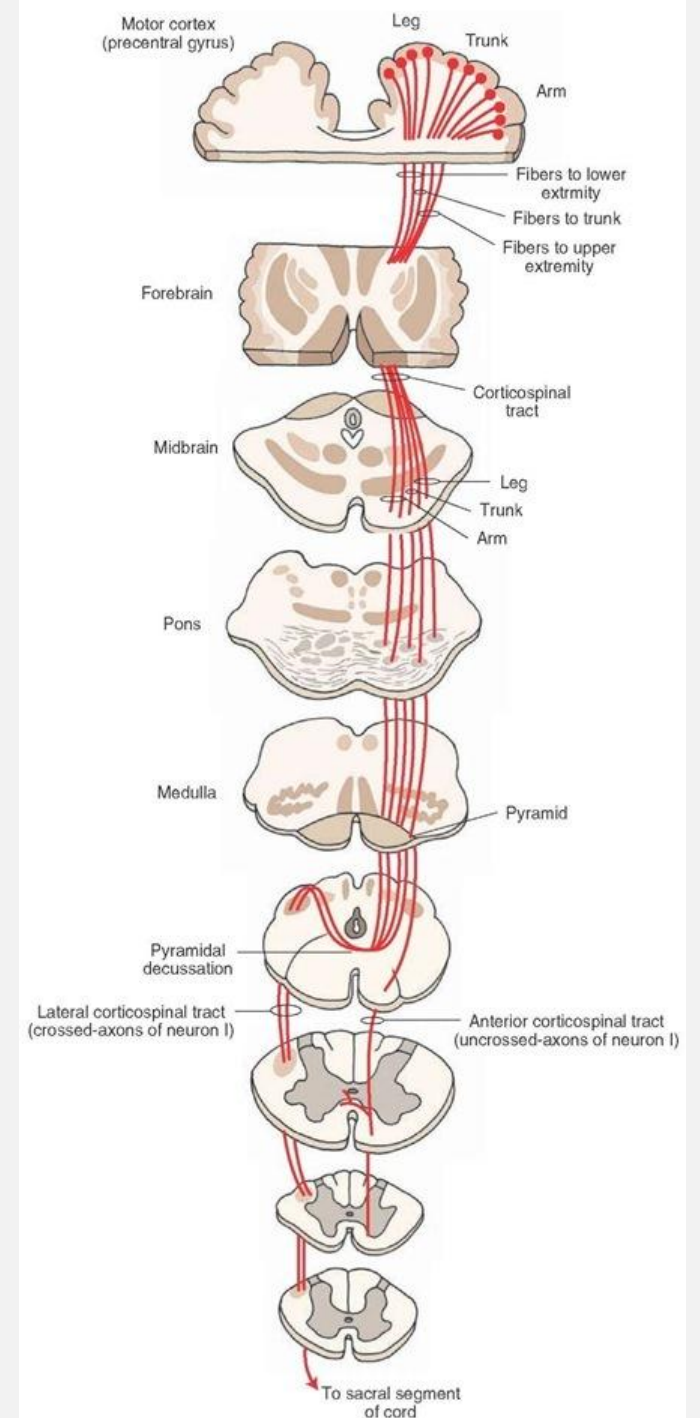
- Συνεχίζονται στη βάση της γέφυρας και στον προμήκη οι δεσμίδες συνενώνονται σε ένα επίμηκες έπαρμα την **πυραμίδα** (εξ' ου και πυραμιδική οδός) &
- κατόπιν στο όριο του προμήκους με τον νωτιαίο μυελό, οι περισσότερες (75-90%) χιάζονται (χιασμός των πυραμίδων) και κατέρχονται ως επί τω πλείστο το **πλάγιο φλοιονωτιαίο δερμάτιο** ενώ λιγότερες κατέρχονται το **πρόσθιο φλοιονωτιαίο δερμάτιο**.



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΑΝΑΤΟΜΙΑ & ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

- Οι μη χιασμένες ίνες κατέρχονται το πρόσθιο φλοιονωτιαίο δεμάτιο ομόζυγα και λιγότερες το πλάγιο φλοιονωτιαίο δεμάτιο.
- Οι περισσότεροι άξονες καταλήγουν σε ενδιάμεσους νευρώνες από όπου οι ώσεις φτάνουν σε κατώτερους κινητικούς νευρώνες μέσω ενδιάμεσων συνάψεων στο **εμπρόσθιο κέρας**.
- Περίπου 2% των ινών (παχιές εμμύελες) συνάπτονται απευθείας στους κατώτερους κινητικούς νευρώνες, ιδίως αυτοί που νευρώνουν πεμακρυσμένους μύες των άκρων συνηγορώντας υπέρ των καταγραφών mMEP στα άκρα.

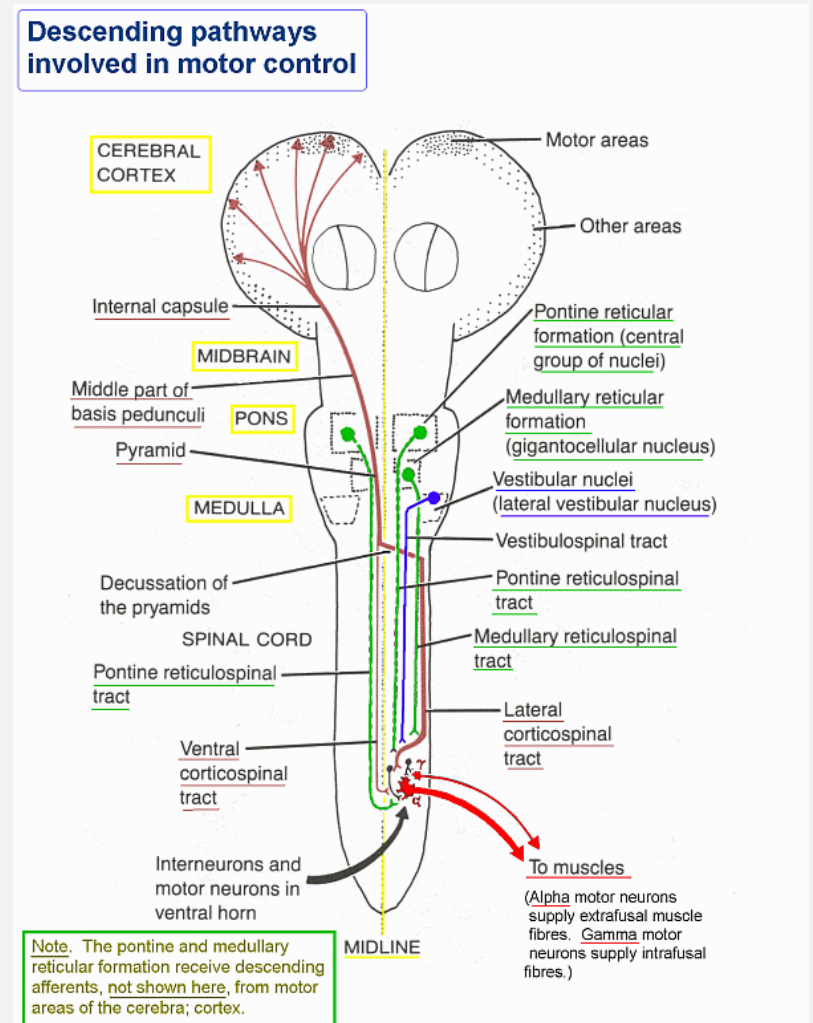


MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΑΝΑΤΟΜΙΑ & ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Το **πλάγιο φλοιονωτιαίο δερμάτιο** είναι πιο σημαντικό για την καταγραφή των MEP's για δύο λόγους:

- 1) Ελέγχει κυρίως μύες των άκρων
- 2) Κατέρχεται καθ' όλο το μήκος του νωτιαίου μυελού ενώ το πρόσθιο φλοιονωτιαίο δερμάτιο σταματά στην ανώτερη θωρακική μοίρα των νωτιαίου μυελού



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΑΝΑΤΟΜΙΑ & ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Έμμεσες κινητικές οδοί:

- Μεταφέρουν φλοιο-στελεχο-νωτιαίες αναμεταδόσεις. Οι αξονές τους κατέρχονται με φλοιονωτιαίες ίνες πριν αποκλίνουν για να συναφθούν με το στέλεχος. Από εκεί ερυθρονωτιαία, αιθουσαιονωτιαία, δικτυονωτιαία και τετραδυμονωτιαία δεμάτια κατέρχονται πρόσθια και πλάγια το νωτιαίο μυελό στη λευκή ουσία. Οι άξονές τους στην πλειοψηφία τους καταλήγουν σε ενδιάμεσους νευρώνες. **Πιθανόν δεν συνεισφέρουν άμεσα στα MEP's αλλά μπορεί να επηρεάσουν τα mMEP's μέσω παρασκηνιακής συναπτικής υποβοήθησης.**
- Η φλοιονωτιαία και οι έμμεσες κινητικές οδοί αποτελούν μαζί τον ανώτερο κινητικό νευρώνα.

MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΑΝΑΤΟΜΙΑ & ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Ιδιοδεκτικό σύστημα (Propriospinal system)

- Είναι ένα δίκτυο νωτιαίων ενδιάμεσων νευρώνων που συνδέονται από ενδότερους άξονες λευκής ουσίας. Δέχεται εισόδους από τον ανώτερο κινητικό νευρώνα, το αισθητικό και άλλα συστήματα προβάλλοντας σε κατώτερους κινητικούς νευρώνες και συνεισφέρει σε πολυσυναπτικά αντανακλαστικά.

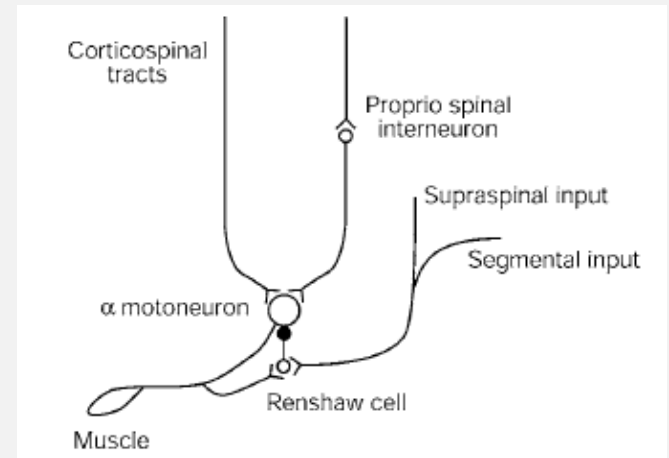
Μπορεί έμμεσα να επηρεάσει τα mMEP's μέσω παρασκηνιακής συναπτικής υποβοήθησης.

MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΑΝΑΤΟΜΙΑ & ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

Κατώτερος κινητικός νευρώνας

- Αποτελείται από νωτιαίους και στελεχιαίους κινητικούς νευρώνες και τους περιφερικούς τους άξονες. Είναι ή τελική κοινή οδός για τη μυϊκή νεύρωση.
- Οι κατώτεροι κινητικοί νευρώνες ενσωματώνουν συνάψεις από τον ανώτερο κινητικό νευρώνα, ιδιοδεκτικές, αισθητικές και νευροτροποποιητικές.



ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ
& ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ:
ΜΕΡ's (Motor Evoked
Potentials)

MEP's (Motor Evoked Potentials)

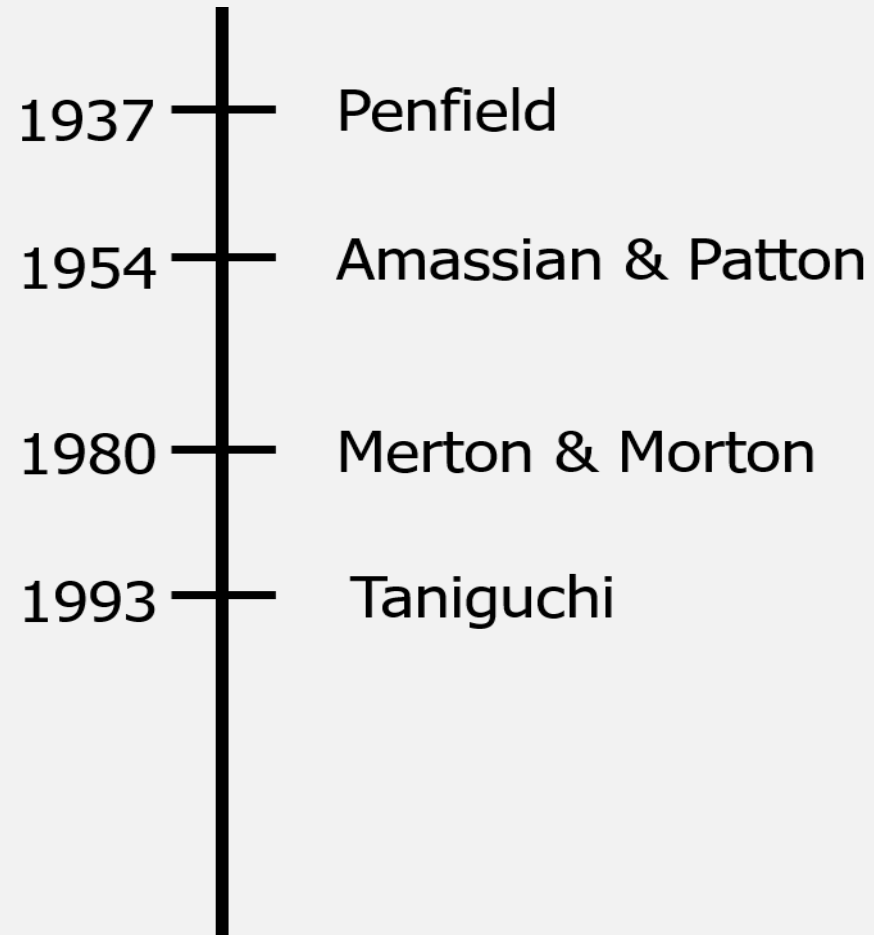
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

- Τεχνικές δυσκολίες, κυρίως σχετιζόμενες με την παραγωγή ικανοποιητικής ενεργοποίησης της κινητικής οδού του νωτιαίου μυελού του αρρώστου υπό γενική αναισθησία, καθυστέρησαν τη χρήση της παρακολούθησης του νωτιαίου κινητικού συστήματος.



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ – ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΟΡΟΣΗΜΑ



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΝΩΤΙΑΙΟΥ ΜΥΕΛΟΥ

- Η άμεση διέγερση του νωτιαίου μυελού **δεν ενεργοποιεί επιλεκτικά συγκεκριμένες οδούς** και είναι αποθαρρυντική μέθοδος για παρακολούθηση της κεντρικής κινητικής οδού.



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΝΩΤΙΑΙΟΥ ΜΥΕΛΟΥ

- ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΝΩΤΙΑΙΟΥ ΜΥΕΛΟΥ → ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΕ ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΟ ΝΕΥΡΟ
(Owen et al, 1988)

Μελέτες έδειξαν ότι τα σήματα που καταγράφηκαν με αυτή την τεχνική εν τέλει ήταν **κυρίως αντίδρομα αισθητικά δυναμικά της οπίσθιας κολώνας**



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ ΝΩΤΙΑΙΟΥ ΜΥΕΛΟΥ

- ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΝΩΤΙΑΙΟΥ ΜΥΕΛΟΥ → ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΕ ΜΥ

- Η καταγραφή των σημάτων διευκολύνεται από παλίνδρομη αγωγιμότητα εντός των οπισθίων κολονών από όπου αμφοτερόπλευροι κλάδοι σχηματίζουν διεγερτικές συνάψεις με α κινητικούς νευρώνες και **όχι μέσω αγωγιμότητας από τη φλοιονωτιαία οδό.**

- Γι' αυτό και αυτά τα σήματα **παραμένουν σταθερά ακόμα και με βλάβη της φλοιονωτιαίας οδού** που προκαλεί παραπληγία.

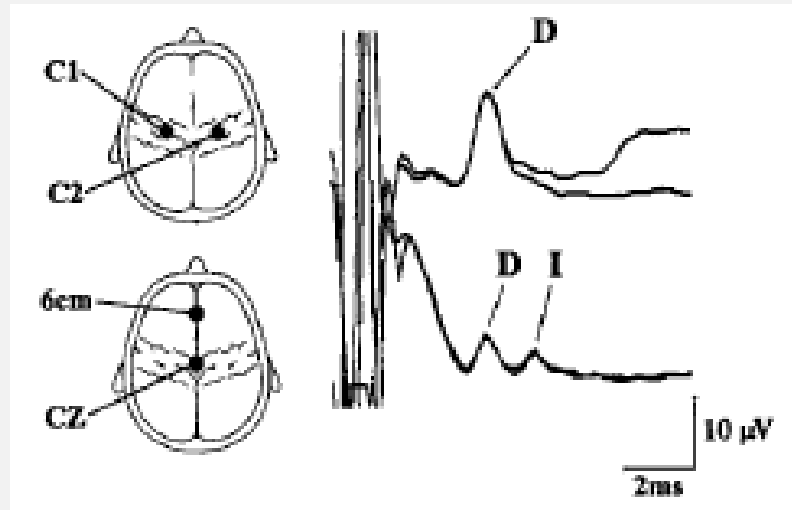


MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

- Η ηλεκτρική διακρανιακή διέγερση ενεργοποιεί διάφορα νευρωνικά συστήματα αλλά **αποτελεσματικά επιλέγει τα φλοιονωτιαία** (και φλοιοπρομηκικά) δερμάτια, τα οποία αποκλειστικά άγουν τα δυναμικά ενεργείας στους κατώτερους κινητικούς νευρώνες χωρίς συνάψεις.



MEP's (Motor Evoked Potentials)

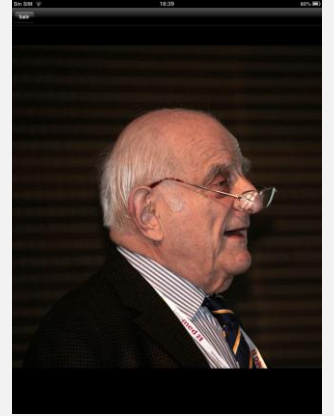
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ

ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

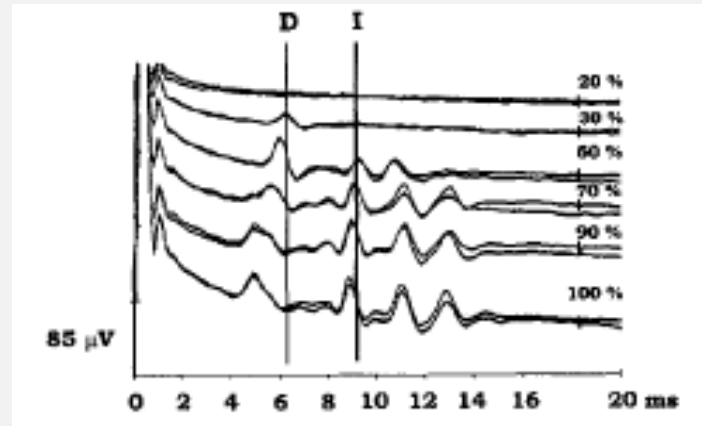
- Οι μεγάλοι παχείς εμμύελοι άξονες από τον πρωτεύοντα κινητικό φλοιό είναι μάλλον οι βασικές ίνες που μεταφέρουν τα κινητικά προκλητά δυναμικά γιατί:
 - 1) οι σχετικά συγχρονισμένες γρήγορης αγωγιμότητας ταχύτητες καθιστούν δυνατή την καταγραφή των κυμάτων D και I
 - 2) αυτές είναι που απευθείας διεγείρουν τους κατώτερους κινητικούς νευρώνες
- Η διακρανιακή διέγερση προτείνεται για μερ παρακολούθηση

MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ – D waves



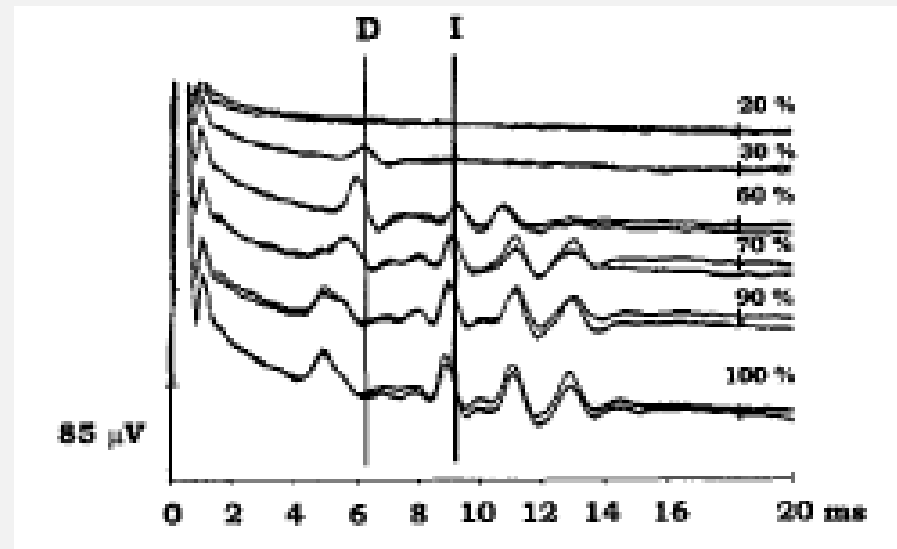
- Διακρανιακός ηλεκτρικός ερεθισμός της κινητικής οδού στον άνθρωπο εκλύει **κύματα D και I** στις κατιούσες οδούς.
- Τα κύματα D αντανakλούν την άμεση ενεργοποίηση των αξόνων των πυραμιδικών κυττάρων που αποτελούν το φλοιονωτιαίο δεμάτιο ενώ τα κύματα I αντανakλούν την ενδιάμεση ενεργοποίηση αυτών των πυραμιδικών νευρώνων από συναπτική μετάδοση μέσω ενεργοποιημένων φλοιϊκών διανευρώνων (Amassian et al 1987)



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ – I waves

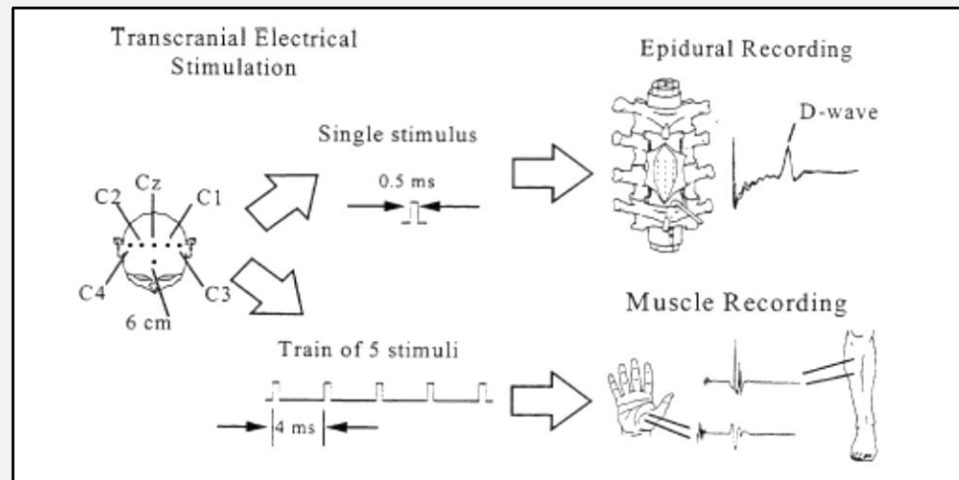
- Ανάλογα με τον αριθμό των συνάψεων μεταξύ των διανευρώνων υπάρχουν και αντίστοιχα κύματα I (η καταγραφή τους είναι άμεσα εξαρτώμενη από το επίπεδο αναισθησίας)



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ – mMEP's

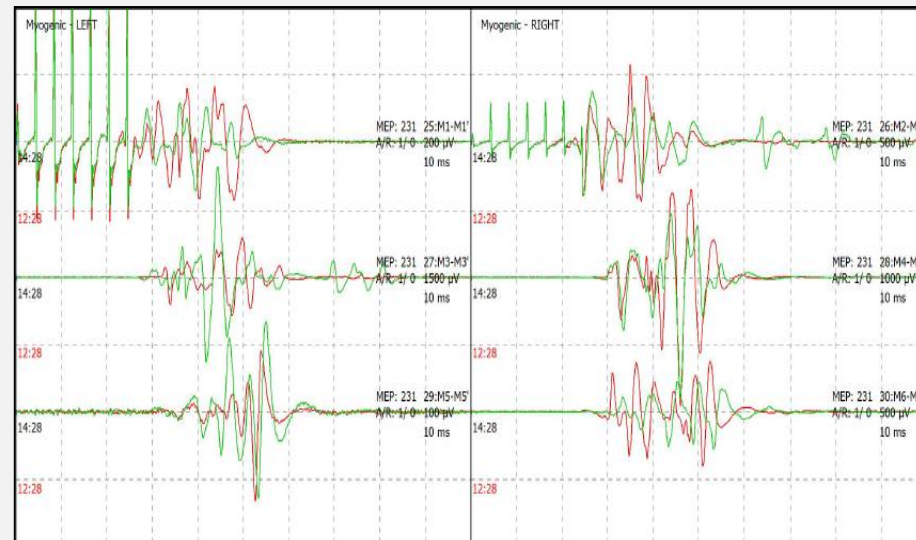
- Όταν ο Taniguchi (1993) εισήγαγε την διακρανιακή multipulse technique κατέστη δυνατή η καταγραφή μυογενών δυναμικών.
- Για την παραγωγή μυογενών MEP's απαιτείται συναπτική μετάδοση του πρόσθιου κέρατος που διευκολύνεται από την train διέγερση



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ – mMEP's

- Η train διέγερση απαιτείται για την αξιόπιστη καταγραφή μυογενών δυναμικών υπό γενική αναισθησία.
- Τα δυναμικά μετασυναπτικής διεγερσιμότητας στα κύτταρα του εμπρόσθιου κέρατος αθροίζονται ώστε να επιτευχθεί ο ουδός για την πυροδότηση

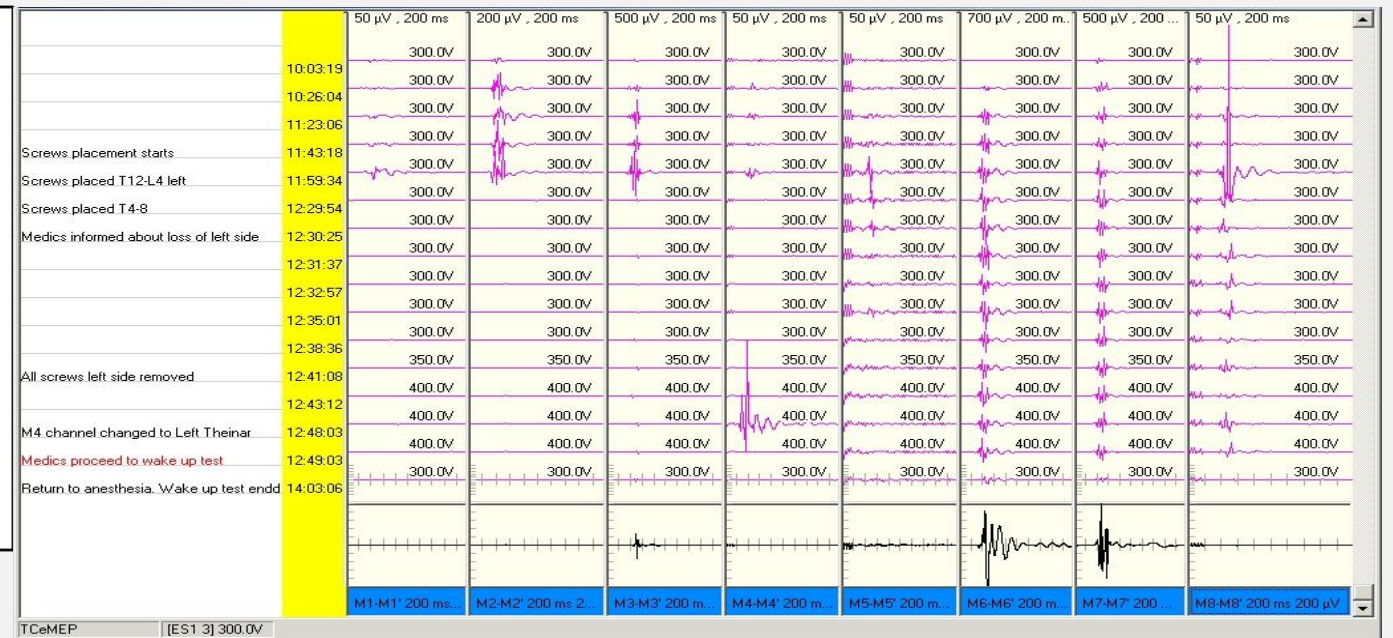
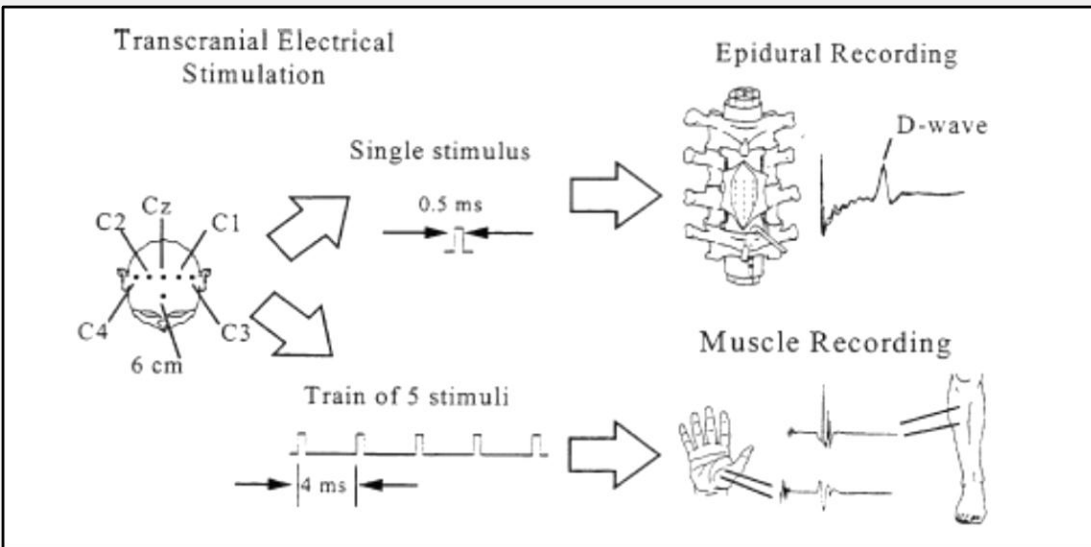


ΤΕΧΝΙΚΕΣ
ΔΙΑΚΡΑΝΙΑΚΗΣ
ΔΙΕΓΕΡΣΗΣ

MEP's (Motor Evoked Potentials)

Myogenic MEP's

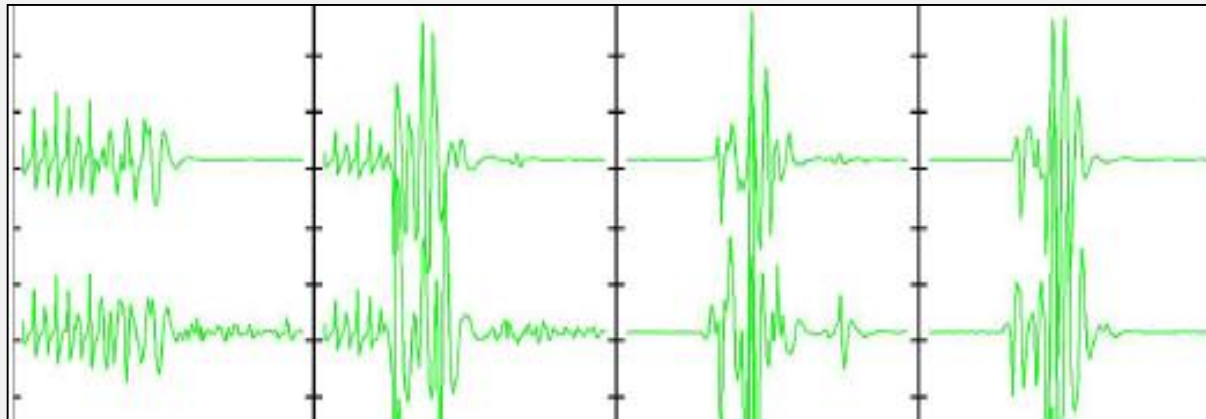
- Απόκριση που καταγράφεται από διάφορες μυϊκές ομάδες, ύστερα από ηλεκτρική διακρανιακή διέγερση (pulse train) του κινητικού φλοιού.



MEP's (Motor Evoked Potentials)

Myogenic MEP's

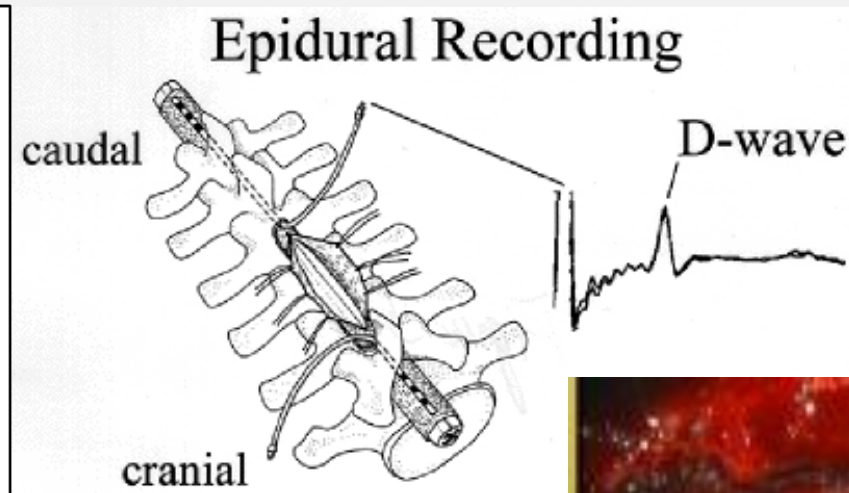
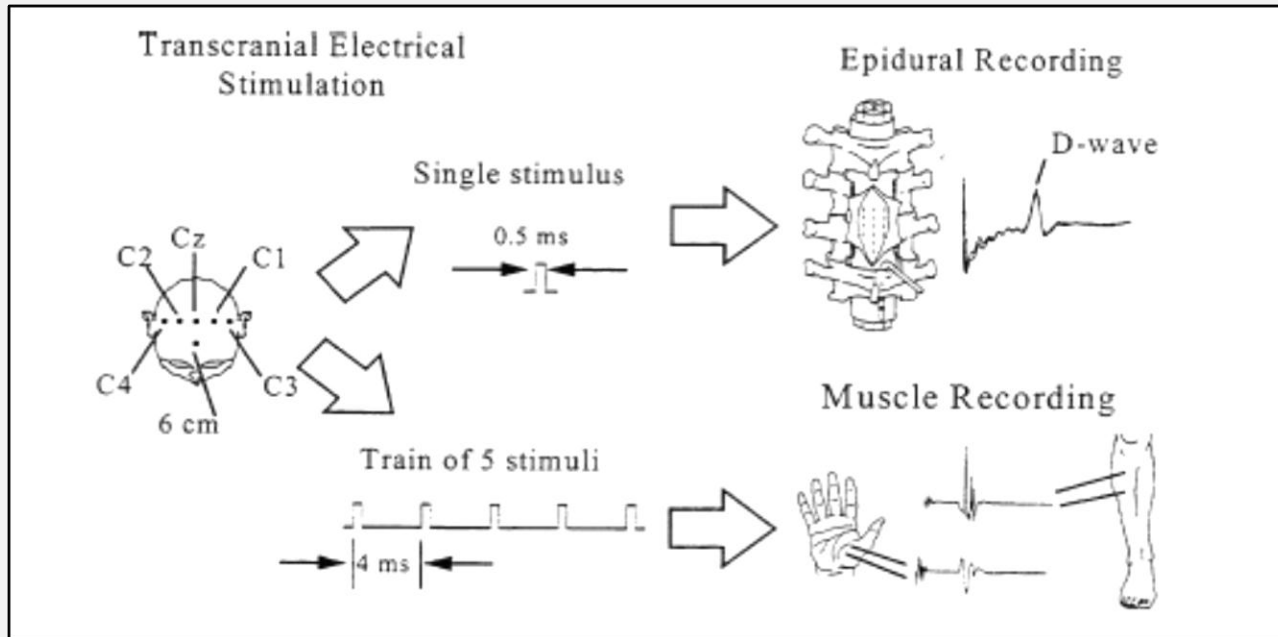
- Η απόκριση είναι ένα σύνθετο μυϊκό δυναμικό δράσης
- Είναι ευαίσθητα στα αναισθησιολογικά φάρμακα
- Κριτήριο συναγερμού: ύπαρξη ή μη ύπαρξη απόκρισης
- Πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται **σε συνδιασμό** με τα SSEP's ως gold standard για την παρακολούθηση του νωτιαίου μυελού



MEP's (Motor Evoked Potentials)

- **D-Waves ή nMEP's (Neurogenic Motor Evoked Potentials)**

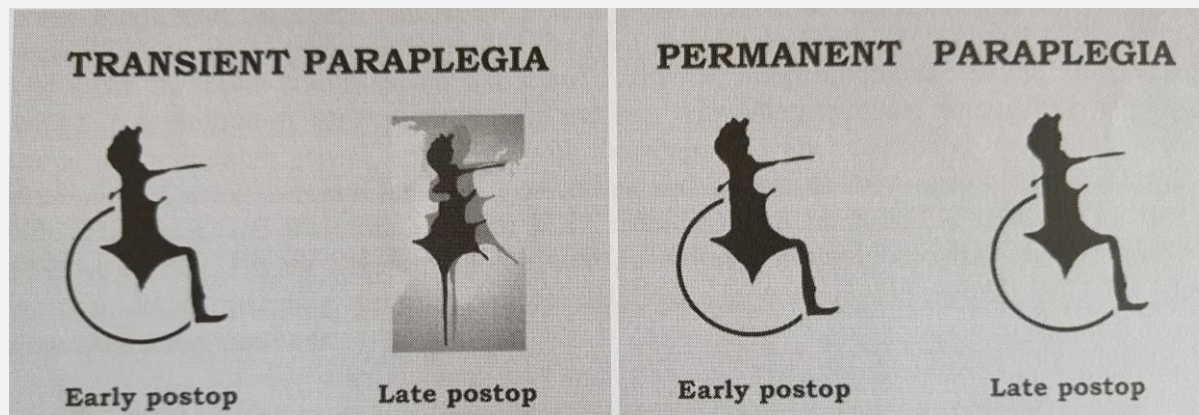
- Απόκριση που καταγράφεται από τον νωτιαίο μυελό, ύστερα από ηλεκτρική διακρανιακή διέγερση του κινητικού φλοιού.



MEP's (Motor Evoked Potentials)

- **D-Waves ή nMEP's (Neurogenic Motor Evoked Potentials)**

- Η απόκριση είναι ένα σύνθετο φλοιονωτιαίο δυναμικό δράσης (με ταχύτητα αγωγής ~ 50m/sec)
- Είναι σχετικά ανθεκτικά στα αναισθησιολογικά φάρμακα
- Πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται **ως επι τω πλείστον** σε ενδομυελικούς όγκους πάνω από το T10 και πάντα σε συνδυασμό με τα mMEP's



MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ D-Waves & mMEP's ΣΕ ΕΝΔΟΜΥΕΛΙΚΟΥΣ ΟΓΚΟΥΣ

- Κατά την αντιμετώπιση ενδομυελικών όγκων προτείνεται ο συνδιασμός των τεχνικών αυτών, όπως και η χρήση των SSEP's.

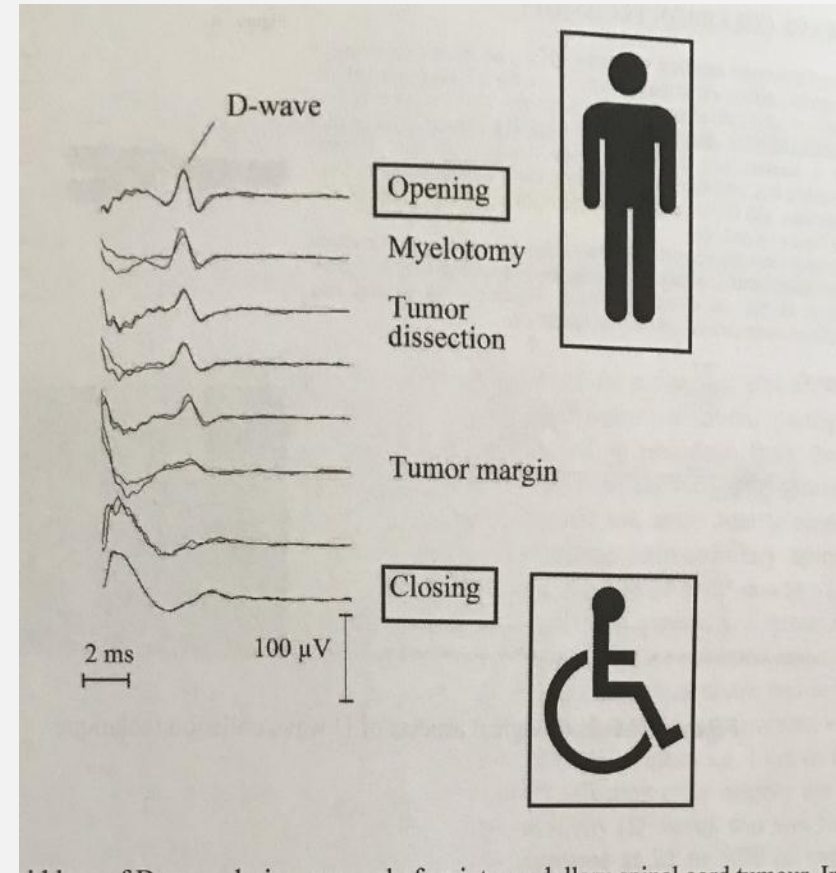
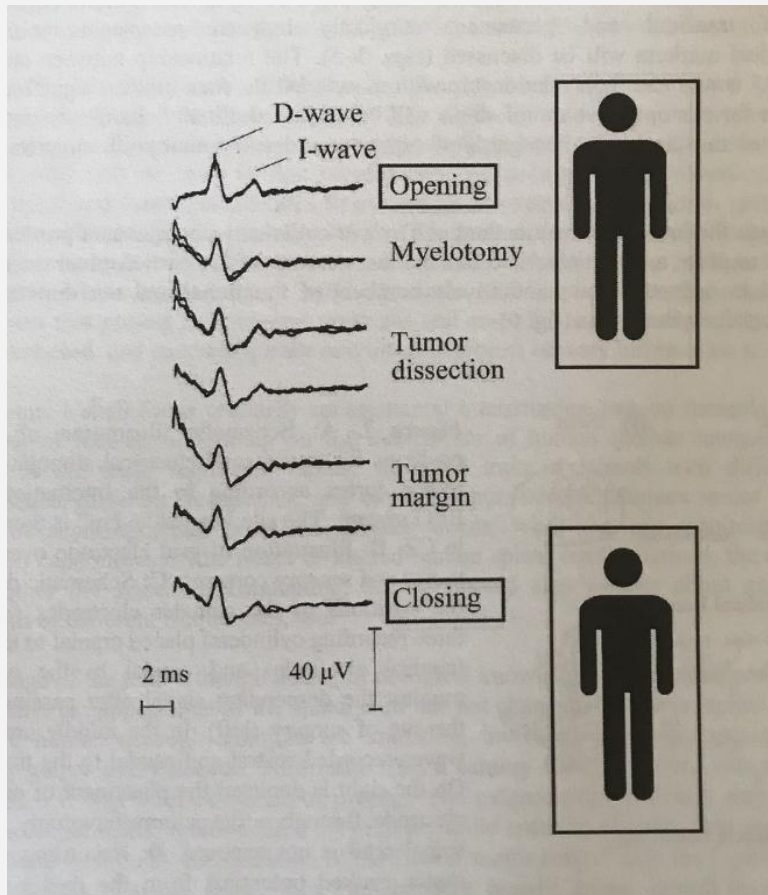
Table 1 Principles of combined MEP data interpretation and corrective measures (from ref. [45])

D-wave	Muscle MEPs	Corrective measures	Predicted outcome
Unchanged	Present	None	Unchanged
Unchanged or above 50%	Present with minor changes (decreased amplitude or increased threshold)	Transiently move surgical manipulation to a different area; warm irrigation; correct hypotension	Unchanged
Unchanged or above 50%	Lost uni- or bilaterally	All the above, then transiently stop surgery and/or improve spinal cord blood flow (local irrigation with papaverine). If mMEPs do not re-appear, abandon surgery in selective cases; as a rule surgery can proceed	Transient motor deficit (affecting the involved extremity)
Decreased >50%	Lost bilaterally	Stop surgery immediately. If D-wave does not recover, abandon surgery	Permanent motor deficit
Unmonitorable	Lost bilaterally	All the above. If mMEPs do not recover, abandon surgery	Cannot differentiate between transient and permanent motor deficit

MEP's (Motor Evoked Potentials)

ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ D-Waves & mMEP's ΣΕ ΕΝΔΟΜΥΕΛΙΚΟΥΣ ΟΓΚΟΥΣ

- Κατά την αντιμετώπιση ενδομυελικών όγκων προτείνεται ο συνδιασμός των τεχνικών αυτών, όπως και η χρήση των SSEP's.



**“Bad neuromonitoring
is worse than
no neuromonitoring”**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ

konsgpap@gmail.com