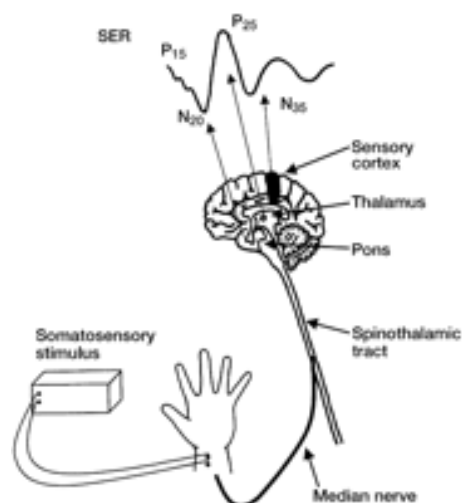


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**« ΣΩΜΑΤΟΑΙΣΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΚΛΗΤΑ
ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΣΤΗΝ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ »**



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:
ΒΑΦΙΝΗ ΜΑΡΙΑΝΝΑ
ΓΟΥΛΑ ΜΑΡΙΑΝΝΑ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :
Δρ.ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα τελευταία είκοσι έτη παρουσιάζεται αυξημένο ενδιαφέρον για τη μελέτη των εγκεφαλικών διαδικασιών, οι οποίες προκαλούνται από συγκεκριμένα γεγονότα. Ονομάζουμε Βιωματικά Δυναμικά - ΒΔ (Event Related Potentials - ERP), τις διαφορές δυναμικού που μετρούμε, συνήθως στη δερματική επιφάνεια του κεφαλιού, οι οποίες προκαλούνται ως προετοιμασία ή ως απόκριση σε συγκεκριμένο γεγονός, το οποίο συμβαίνει είτε στον εξωτερικό φυσικό κόσμο, είτε λαμβάνει χώρα ως ψυχολογική διαδικασία. Τα διακρίνουμε σε Προκλητά Δυναμικά - ΠΔ (Evoked Potentials - EP), όταν το ερέθισμα, το γεγονός, προέρχεται απ' τον εξωτερικό κόσμο, και σε Εκπεμπόμενα Δυναμικά (Emitted Potentials) όταν σχετίζονται με μία ψυχολογική διαδικασία.

Εφόσον τα ΠΔ αντικατοπτρίζουν την εγκεφαλική δραστηριότητα σχετιζόμενη με ένα εξωτερικό ερέθισμα, μπορούμε να τα μελετήσουμε μέσω προδιαγεγραμμένων πειραματικών διαδικασιών στο εργαστήριο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα ΣΠΔ είναι μια διαγνωστική μέθοδος η οποία μας επιτρέπει να εντοπίζουμε βλάβες του ΚΝΣ και του ΠΝΣ. Η εφαρμογή τους είναι εύκολη και δεν προκαλεί πόνο ή δερματικούς ερεθισμούς στους ασθενείς. Η συμβολή τους στη φυσικοθεραπεία είναι αρκετά σημαντική, αφού ουσιαστικά είναι η αντικειμενική εκτίμηση της πορείας των ασθενών. Μέσα από την καταγραφή των ΣΠΔ μπορούμε να παρακολουθήσουμε την εξέλιξη της πορείας μιας πάθησης ή της υγείας των ασθενών. Βέβαια, μια τέτοια καταγραφή, εκτελείται σε ειδικά διαγνωστικά κέντρα και από προσωπικό που είναι ειδικά εκπαιδευμένο – φυσίατροι και νευρολόγοι. Στις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν διαπιστώνουμε επίσης ότι τα ΣΠΔ είναι ιδιαίτερα χρήσιμα κατά τη διάρκεια νευροχειρουργικών επεμβάσεων του νωτιαίου μυελού ή και ορθοπεδικών επεμβάσεων, ώστε να αναγνωριστούν έγκαιρα και να αποφευχθούν μόνιμες βλάβες κατά την διάρκεια της επέμβασης. Σε σχέση με την επιστήμη και την κλινική εφαρμογή της Φυσικοθεραπείας από την ανάλυση της παρούσας εργασίας διαπιστώνεται ότι μπορεί να συμπεριληφθεί η καταγραφή των ΣΠΔ στις διαγνωστικές εξετάσεις της εκτίμησης της βλάβης, αλλά και της παρακολούθησης της αποκατάστασης στις εξετάσεις ρουτίνας πρώτης γραμμής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	Σελ. 1
Πρόλογος.....	Σελ. 1
Συνοτομογραφίες.....	Σελ.5
Κατάλογος εικόνων.....	Σελ.6
Εισαγωγή.....	Σελ.7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

1.1 Γενικά.....	Σελ.8
1.2 Το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα.....	Σελ.9
1.3 Το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα.....	Σελ.10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΡΟΚΛΗΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ

2.1 Ορισμός.....	Σελ 11
2.2 Η χρησιμότητα των προκλητών δυναμικών.....	Σελ 11
2.3 Κατηγορίες προκλητών δυναμικών.....	Σελ 12
2.4 α.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	Σελ.13
2.4 . α.2 Τα χαρακτηριστικά των προκλητών δυναμικών.....	Σελ.13
2.4. β. Το σήμα.....	Σελ.14
2.5 α Διάδοση σήματος κατά μήκος μιας οδού.....	Σελ.14
2.5 α1. Αγωγή νευρικού παλμού – Γενικά.....	Σελ.14
2.5 α2. Ιδιότητες των αμμύελων νευραξόνων.....	Σελ.15
2.5 α. 3. Ιδιότητες εμμύελων ινών.....	Σελ.15
2.5.α 4. Φαινόμενα κατωφλιού – Δυναμικά δράσης (action potentials).Σελ.	16
2.5.α 5. Νευρική αγωγή κατά μήκος ομοιόμορφων αξόνων.....	Σελ.17
2.5 α. 6. Αγωγή σε εμμύελες νευρικές ίνες.....	Σελ.18
2.5. α7. Αγωγή παλμού ηλεκτρικού δυναμικού κατά μήκος ενός αγωγίμου όγκου (νεύρου).....	Σελ.18

2.5 β Καταγραφή δυναμικών στην επιφάνεια του σώματος	
2.5 .β.1 Περιφερικά νεύρα.....	Σελ. 21
2.5 . β.2 Κρανιακά νεύρα.....	Σελ. 21
2.5 γ Σχέση νευρικού υποστρώματος με απόκριση.....	Σελ. 21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΩΜΑΤΟΑΙΣΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΚΛΗΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ

3.1 Ορισμός και χρησιμότητα.....	Σελ.24
3.2 Περιγραφή της διαδικασίας.....	Σελ.25
3.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.....	Σελ.28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΩΜΑΤΟΑΙΣΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΚΛΗΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ.....	Σελ.29
--	---------------

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗ

5.1 α. Ιδιότητες θορύβου και κατάσταση του εξεταζόμενου.....	Σελ.38
5.1 β. Ηλικία.....	Σελ.38
5.1 γ. Φύλο.....	Σελ.39
5.1 δ. Θερμοκρασία.....	Σελ.39
5.1 ε. Μορφομετρικές διαφορές.....	Σελ.40
5.1 στ. Νευρολογικές ανωμαλίες.....	Σελ.40

5.2 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΦΥΓΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΑΠΟ ΤΕΧΝΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	Σελ.40
--	---------------

A. Πρωτόκολλο καταγραφής Σωματοαισθητικών Προκλητών Δυναμικών.....	Σελ.41
B. Στατιστική επεξεργασία.....	Σελ.42

5.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΟΑΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ

Γενικά.....	Σελ.43
A. Εντοπισμός βλαβών στη νευρική οδό με τα Σωματοαισθητικά Προκλητά Δυναμικά.....	Σελ.43
B. Δυνατότητες βελτίωσης της ειδικότητας.....	Σελ.44

5.4 ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΟΑΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ

5.4.1 Μέγεθος κεφαλιού (φυσιολογικός πληθυσμός).....	Σελ.45
α. Πλάτος δυναμικού.....	Σελ.45
β. Λανθάνων χρόνος.....	Σελ.48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συζήτηση - Συμπεράσματα.....	Σελ.52
Βιβλιογραφία-Αρθογραφία.....	Σελ.53

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

- § **ΑΠΔ** : Ακουστικά Προκλητά Δυναμικά
- § **ΒΔ** : Βιωματικά Δυναμικά
- § **ΕΔ** : Εκπεμπόμενα Δυναμικά
- § **ΗΕΓ** : Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα
- § **ΗΚΓ** : Ηλεκτροκαρδιογράφημα
- § **Θ10 – Θ11** : δέκατος και ενδέκατος Θωρακικός σπόνδυλος
- § **ΚΝΣ** : Κεντρικό Νευρικό Σύστημα
- § **ΚΠΔ** : Κινητικά Προκλητά Δυναμικά
- § **ΜΤ** : Μαγνητική Τομογραφία
- § **ΝΣ** : Νευρικό Σύστημα
- § **ΟΠΔ** : Οπτικά Προκλητά Δυναμικά
- § **Ο5** : πέμπτος Οσφυϊκός σπόνδυλος
- § **ΠΔ** : Προκλητά Δυναμικά
- § **ΠΝΣ** : Περιφερικό Νευρικό Σύστημα
- § **ΣΚΠ** : Σκλήρυνση Κατά Πλάκας
- § **ΣΠΔ** : Σωματοαισθητικά Προκλητά Δυναμικά
- § **ΣΣ** : Σπονδυλική Στήλη
- § **DBS** : Deep Brain Stimulation
- § **EDSS** : Expanded Disability Status Scale
- § **Υ.Ε.ΣΠΔ** : υψηλής επαναληπτικότητας ΣΠΔ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Το νευρικό κύτταρο.....	σ.10
Εικόνα 2.1 Κυματομορφές σε φυσιολογική και παθολογική καταγραφή.....	σ.14
Εικόνα 3.1 Φυγόκεντρη-κινητική διέγερση και καταγραφή ΠΔ άνω άκρων..	σ.21
Εικόνα 3.2 Κεντρομόλος καταγραφή ΠΔ.....	σ.22
Εικόνα 5.1 Διαδικασία καταγραφής των Σ. Π. Δ.....	σ.39
Εικόνα 5.2 Κλινικό σύστημα καταγραφής και ανάλυσης ΣΠΔ.....	σ.42
Εικόνα 5.3 Συσχέτιση καταγραφών ΣΠΔ και επεξεργασία παραμέτρων.....	σ.43
Εικόνα 5.4 Τοποθέτηση ηλεκτροδίου στο μέσο νεύρο για την σωστή διέγερσή του.....	σ.45
Εικόνα 5.5 Συσκευή που ρυθμίζει την ένταση του ερεθίσματος.....	σ.45
Εικόνα 5.6 Τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στο κέντρο του κρανίου και στον μετωπιαίο λοβό για την καταγραφή των ερεθισμάτων των ΣΠΔ.....	σ.46
Εικόνα 5.7 Τοποθέτηση ηλεκτροδίου για γείωση και καλύτερη καταγραφή των ερεθισμάτων.....	σ.46
Εικόνα 5.8 Πρόγραμμα επεξεργασίας βιοσημάτων σε Ηλεκτρονικό Υπολογιστή.....	σ.51

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1 Ηλεκτρονική παρομοίωση νευρικού άξονα.....	σ.16
Σχήμα 2.2 Δημιουργία και αγωγή του ηλεκτρικού παλμού.....	σ.17
Σχήμα 2.3 Αγωγή νευρικού παλμού.....	σ.18
Σχήμα 2.4 Δυναμικό σε εξωτερικό σημείο κυττάρου.....	σ.19
Σχήμα 2.5 α) Διφασικό, β) Τριφασικό δυναμικό αγωγής.....	σ.20
Σχήμα 2.6 Το δίπολο.....	σ.21
Σχήμα 2.7 Πεδία από πηγές (a) μεγάλης, (b) μικρής απόστασης.....	σ.23
Σχήμα 3.1 ΣΠΔ άνω άκρων με καταγραφή των αποκρίσεων στο σημείο Erb (EP) και στον εγκέφαλο (N14, N20).....	σ.28

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1.....	σ.47
Διάγραμμα 2.....	σ.48
Διάγραμμα 3.....	σ.49
Διάγραμμα 4.....	σ.50

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία είκοσι έτη παρουσιάζεται αυξημένο ενδιαφέρον για τη μελέτη των εγκεφαλικών διαδικασιών, οι οποίες προκαλούνται από συγκεκριμένα γεγονότα. Ονομάζουμε Βιωματικά Δυναμικά - ΒΔ (Event Related Potentials - ERP), τις διαφορές δυναμικού που μετρούμε, συνήθως στη δερματική επιφάνεια του κεφαλιού, οι οποίες προκαλούνται ως προετοιμασία ή ως απόκριση σε συγκεκριμένο γεγονός, το οποίο συμβαίνει είτε στον εξωτερικό φυσικό κόσμο, είτε λαμβάνει χώρα ως ψυχολογική διαδικασία. Τα διακρίνουμε σε Προκλητά Δυναμικά - ΠΔ (Evoked Potentials - EP), όταν το ερέθισμα, το γεγονός, προέρχεται απ' τον εξωτερικό κόσμο, και σε Εκπεμπόμενα Δυναμικά (Emitted Potentials) όταν σχετίζονται με μία ψυχολογική διαδικασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Όλες οι λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος ρυθμίζονται από το νευρικό σύστημα, το οποίο σε συνεργασία με άλλα συστήματα, όπως το αναπνευστικό, το πεπτικό κλπ., ελέγχει και συντονίζει τα εξωτερικά και εσωτερικά ερεθίσματα του ανθρώπινου οργανισμού. Έτσι ο οργανισμός μας, ανατομικά και λειτουργικά, αποτελεί ενιαίο σύνολο, όπου η ακεραιότητα του νευρικού μας συστήματος είναι μέγιστης σπουδαιότητας για την ομαλή λειτουργία του.

Το νευρικό σύστημα (ΝΣ) αποτελείται από μια ιδιαίτερα πολύπλοκη συνάθροιση κυττάρων, μέρος της οποίας σχηματίζει ένα δίκτυο επικοινωνίας και ένα άλλο μέρος της σχηματίζει ένα στρώμα στήριξης. Το δίκτυο επικοινωνίας της σχηματίζεται από νευρώνες (σχήμα 1). Τα κύτταρα που συμμετέχουν σε αυτή τη λειτουργία είναι εξειδικευμένα αφ' ενός στη λήψη πληροφοριών, αφ' ετέρου στη λήψη αποφάσεων και τη μετάδοση σημάτων σε άλλους νευρώνες ή σε κύτταρα-τελεστές. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος περιέχει 10^{12} νευρώνες. Τα ερυστικά κύτταρα του ΝΣ περιλαμβάνουν τη νευρογλοία ("κόλλα των νευρών"). Αυτά τα κύτταρα βοηθούν στη διατήρηση ενός κατάλληλου τοπικού περιβάλλοντος για τους νευρώνες ή επενδύουν στους νευράξονες, αυξάνοντας τη ταχύτητα αγωγής της κεντρικής ώσης. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος έχει 10 φορές περισσότερα νευρογλοιακά κύτταρα απ' ό τι νευρώνες.

Επιπρόσθετα, το κεντρικό νευρικό σύστημα, και μάλιστα ο φλοιός του εγκεφάλου, αποτελεί την έδρα ανώτερων πνευματικών λειτουργιών (όπως η σκέψη, η βούληση, η μνήμη, η συνείδηση, οι συναισθηματικές καταστάσεις κλπ.), που συντελούν στη συγκρότηση της προσωπικότητας του ατόμου. Τα βασικά όργανα που απαρτίζουν το νευρικό σύστημα είναι ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός με τα εγκεφαλικά και νωτιαία νεύρα και τα γάγγλια τους, ενώ ο κύριος ιστός αυτών των οργάνων είναι ο νευρικός.

Το νευρικό σύστημα διαιρείται :

- α) στο εγκεφαλονωτιαίο ή ζωικό και
- β) στο αυτόνομο ή φυτικό νευρικό σύστημα.

Η διαίρεση αυτή είναι λειτουργικής κυρίως φύσης και μεταξύ των δυο μερών υπάρχει στενή ανατομική και φυσιολογική αλληλεξάρτηση.

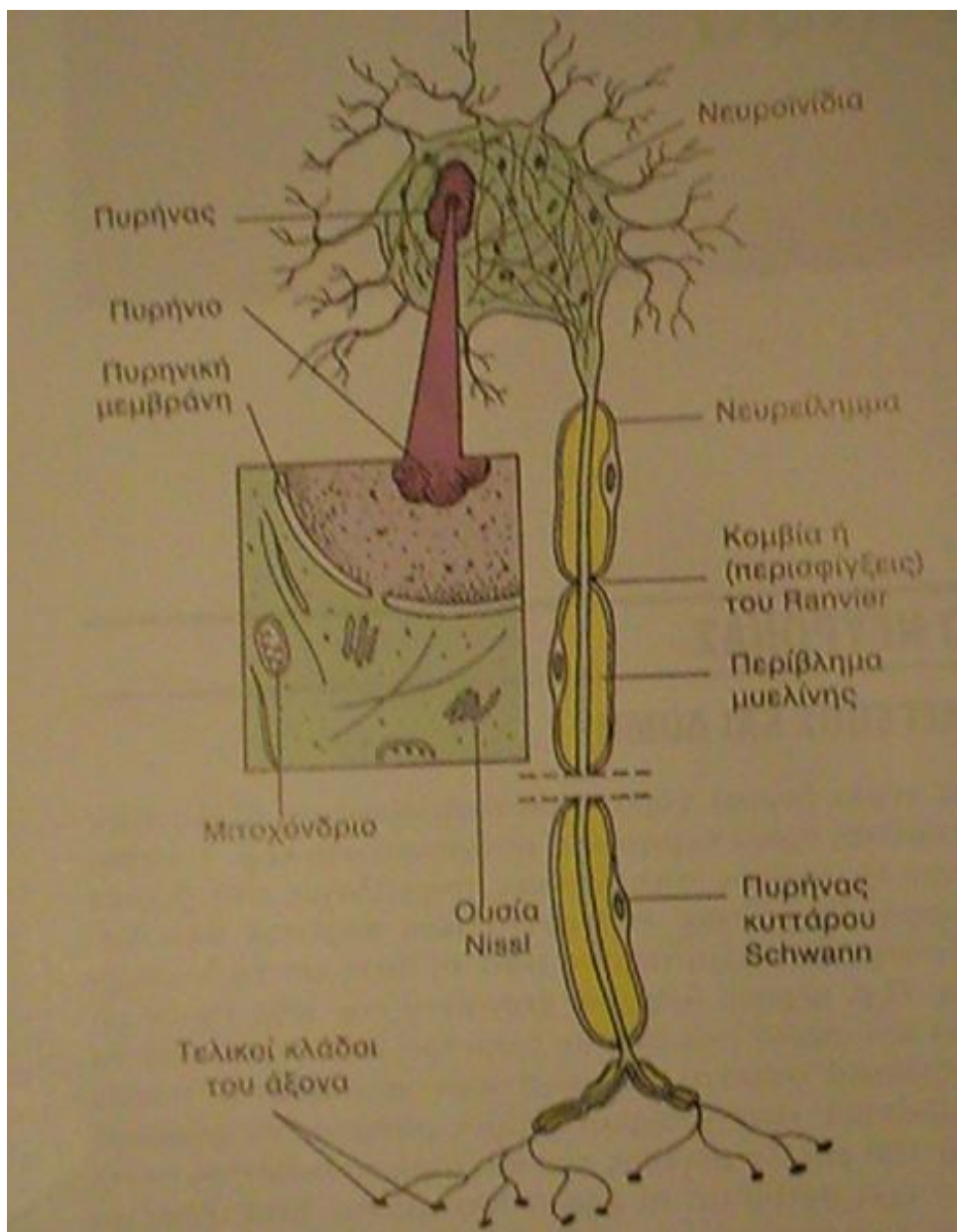
Το εγκεφαλονωτιαίο σύστημα υποδιαιρείται σε δυο κύρια μέρη :

- I. Το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) ή Α' νευρώνας, που περιλαμβάνει τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό, και
- II. Το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (ΠΝΣ) ή Β' νευρώνας, που αποτελείται από τα εγκεφαλικά και τα νωτιαία νεύρα με τα νευρικά γάγγλια τους.

1.2α ΤΟ ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (ΚΝΣ)

Στο κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός είναι τα κύρια κέντρα, όπου γίνεται η διαπλοκή, η συσχέτιση και η ολοκλήρωση των νευρικών πληροφοριών. Για το λόγο αυτό, τόσο εσωτερικά, όσο και εξωτερικά είναι πολύ καλά προφυλαγμένο από ένα υγρό, το εγκεφαλονωτιαίο υγρό, αλλά και από τα οστά του κρανίου και της σπονδυλικής στήλης.

Το ΚΝΣ απαρτίζεται από έναν πολύ μεγάλο αριθμό νευρικών κυττάρων, τα οποία περιβάλλονται και στηρίζονται από ειδικό ιστό, που ονομάζεται νευρογλοία. Εσωτερικά είναι οργανωμένο σε φαιά και σε λευκή ουσία. Η φαιά αποτελείται από τα νευρικά κύτταρα, ενώ η λευκή ουσία αποτελείται από νευρικές ίνες.



Εικόνα 1.1. Το νευρικό κύτταρο

1.2β ΤΟ ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΟ ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (ΠΝΣ)

Το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (ΠΝΣ) είναι η φυσική συνέχεια του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (ΚΝΣ). Η περιφερική μοίρα του εγκεφαλονωτιαίου νευρικού συστήματος αποτελείται από 43 ζεύγη νεύρων, τα οποία χρησιμεύουν για τη μεταβίβαση των νευρικών ώσεων προς το κέντρο και την περιφέρεια. Από τα 43 ζεύγη νεύρων τα 12 εκφύονται από τον εγκέφαλο και τα 31 από το νωτιαίο μυελό. (Φραγκοράπτης, 2002)

1.3. ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΕ ΒΛΑΒΗ

Μια βλάβη σε νευρικό ιστό προκαλεί αποκρίσεις από τους νευρώνες και από τη νευρογλοία. Σοβαρή βλάβη προκαλεί κυτταρικό θάνατο. Εάν χαθεί ένας νευρώνας δεν μπορεί να αντικατασταθεί, γιατί οι νευρώνες είναι πλήρως διαφοροποιημένοι και δεν υπόκεινται πλέον σε κυτταρική διαίρεση. Οι περισσότεροι νευρώνες ολοκληρώνουν τη διαφοροποίησή τους πριν από τη γέννηση, αν και τα νευρογλοιακά κύτταρα εξακολουθούν να διαιρούνται ακόμη και στον ενήλικο οργανισμό. Για τον λόγο αυτό, οι περισσότεροι όγκοι του ΚΝΣ, πιθανολογείται ότι προέρχονται περισσότερο από πρόδρομα νευρογλοιακά κύτταρα παρά από νευρώνες. (Robert Berne, Matthew Levy, 1996)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΡΟΚΛΗΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Το ερέθισμα προς μια από τις πέντε αισθήσεις μεταφέρεται με τα αισθητήρια ή αισθητικά νεύρα στον εγκέφαλο. Για τη μεταφορά του και την επεξεργασία του στον εγκέφαλο διεγείρονται κύτταρα. Η ηλεκτρική δραστηριότητα αυτών των κυττάρων προκαλεί στην επιφάνεια του δέρματος δυναμικά. Από αυτά τα δυναμικά, τα «προκαλούμενα» ή «προκληθέντα» (evoked), όπως ονομάστηκαν από το αρχικό ερέθισμα, επικράτησε το επίθετο «προκλητά», δηλαδή αυτά που μπορούν να προκληθούν. (B. Πρώιμος, 2005)

Τα προκλητά δυναμικά (ΠΔ) είναι φλοιϊκά δυναμικά του νευρικού συστήματος με εκλεκτική αποκοπή και σταθερό λανθάνοντα χρόνο και εκλύονται μετά από διέγερση των οπτικών, ακουστικών ή σωματοαισθητικών κεντρομόλων οδών. Η αύξηση του λανθάνοντα χρόνου αυτών των δυναμικών υποσημαίνει βλάβη στη συγκεκριμένη οδό που εξετάζεται, αλλά είναι μη ειδική. (Harrison, 2001)

Στη νευροφυσιολογία ένα ΠΔ (ή «προκλητή απάντηση») είναι ένα ηλεκτρικό δυναμικό που καταγράφει ερεθίσματα, τα οποία είναι αδύνατο να διακριθούν με συνηθισμένες μεθόδους όπως είναι το Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) και το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ). Τα ΠΔ φθάνουν μέχρι 5 μV , δηλαδή αποτελούν μικρό ποσοστό των δυναμικών του ΗΕΓ (5 μέχρι 100 μV), που δίνει το σύνολο των εγκεφαλικών κυττάρων, (ανεξάρτητα από την ανωτέρω διέγερση των αισθήσεων). Για το λόγο αυτό τα ΠΔ είναι δύσκολο να διακριθούν και να μετρηθούν.

2.2 Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ

Τα προκλητά δυναμικά μπορούν να επιδείξουν βλάβες σε πολλές περιοχές της λευκής ουσίας και είναι ιδιαίτερα χρήσιμα, εάν ο ασθενής έχει κλινικές ενδείξεις μίας μόνο βλάβης ή παραπονείται για ασαφή συμπτώματα με αμφίβολη οργανική βάση. Η ακριβής εντόπιση είναι δύσκολη, επειδή ο γενεσιουργός μηχανισμός πολλών προκλητών δυναμικών είναι άγνωστος (Harrison, 2001).

Πιο συγκεκριμένα, χρησιμεύουν στην περιγραφή φυσιολογικών νευρικών λειτουργιών, την αποκάλυψη παθολογικών λειτουργιών, τον εντοπισμό της παθολογικής κατάστασης μέσα στην αγωγή οδό, στην πρώιμη διάγνωση αλλά και στην παρακολούθηση της εξέλιξης παθολογικών καταστάσεων που μπορούν να επηρεάσουν την αγωγή των νευρικών ινών εστιακά ή διάχυτα (σκλήρυνση κατά πλάκας, αγγειακά επεισόδια, όγκοι, εκφυλιστικά νοσήματα, τραύματα κλπ.). Εντοπίζουν την παρουσία ασθένειας ή εκφυλισμού, και μπορούν να βοηθήσουν στον καθορισμό των τραυματισμένων νεύρων.

Η κυριότερη χρησιμότητα των Π.Δ. έγκειται στην διάγνωση ασθενειών. Έτσι Π.Δ. έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία στον τομέα της επιληψίας. Ο συσχετισμός των μεταβολών μεταξύ Π.Δ. και κλινικών συμπερασμάτων μπορεί να βοηθήσει στη μελέτη της φυσιοπαθολογίας της επιληψίας. Χρήση των Π.Δ. γίνεται επίσης για την αναγνώριση ασθενών που πάσχουν από Alzheimer και την διάκρισή τους από άλλες ασθένειες. Επίσης χρησιμοποιούνται για την μελέτη της επίδρασης φαρμάκων που χορηγούνται για την νόσο αυτή.

Τα Π.Δ. εφαρμόζονται κυρίως για τον εντοπισμό ψυχιατρικών ασθενειών όπως η σχιζοφρένεια και η παράνοια. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό είναι συνήθως η στατιστική μελέτη των κορυφώσεων των κυματομορφών (P300, P600 κλπ.). Τη στατιστική μελέτη των κορυφώσεων των Π.Δ. συνοδεύει συνήθως γραφική αναπαράσταση των κυματομορφών που αποτελούν το συνολικό μέσο όρο (grand average) κάθε απαγωγής για όλους τους εξεταζόμενους κάθε κατηγορίας ασθενών ή υγιών ατόμων. Οι συνολικοί μέσοι όροι δεν αποτελούν αξιόπιστο μέσο γιατί αποκόπτουν και εξομαλύνουν πολλές πληροφορίες των Π.Δ., παρουσιάζοντας ενίοτε εντελώς διαφορετική εικόνα από αυτή που πραγματικά έχει μια κατηγορία ασθενών.

Τα Π.Δ. όμως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για ερευνητικούς σκοπούς στην κλινική νευροφυσιολογία. Λόγω υψηλού χρονισμού τους, παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την εγκεφαλική λειτουργία. Διάφορες νοητικές διεργασίες όπως η αντίληψη, η προσοχή, η γλωσσική επεξεργασία και η μνήμη, λαμβάνουν χώρα σε χρονικές περιόδους της τάξεως δεκάδων χιλιοστών του δευτερολέπτου. Οι περισσότερες τυπικές τεχνικές απεικόνισης απαιτούν την διατήρηση της δραστηριότητας του εγκεφάλου για κάποια δευτερόλεπτα και έτσι αδυνατούν να συλλάβουν τις διαδικασίες αυτές. Οι καταγραφές με Π.Δ., όμως παρέχουν απεικονίσεις με ακρίβεια χιλιοστών του δευτερολέπτου, οπότε αποτελούν ιδανική μεθοδολογία για τη μελέτη των πτυχών συγχρονισμού τόσο των φυσιολογικών όσο και των παθολογικών γνωστικών διεργασιών. Για την παρατήρηση των Π.Δ. κατασκευάζονται χάρτες με την κατανομή δυναμικού στην δερματική επιφάνεια του κεφαλιού, που στην απλούστερη περίπτωση μπορεί να λάβει τη μορφή ισοδυναμικών επιφανειών. Η τοπογραφική αναπαράσταση των Π.Δ. μέσω χαρτών προσδίδει μεγαλύτερη δυνατότητα εποπτείας των εξελισσόμενων γεγονότων στην επιφάνεια του κεφαλιού. Τα συστατικά των Π.Δ. μπορούν να μελετηθούν σχετικά εύκολα ως προς τη χωρική τους κατανομή.

Τα Π.Δ. αξιοποιούνται επίσης σε πειραματικό στάδιο σε διάφορες εφαρμογές όπως η εξέταση του βαθμού αναισθησίας που επιτυγχάνεται η οποία μέχρι στιγμής εφαρμόζεται σε ζώα.

2.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ

Υπάρχουν τέσσερις κυρίως κατηγορίες ΠΔ ανάλογα με το είδος του εξωτερικού ερεθίσματος που τα προκαλεί.

- § Οπτικά προκλητά δυναμικά (Visual Evoked Potentials - VEP) όταν γίνεται οπτικός ερεθισμός, όπως εμφάνιση συγκεκριμένης εικόνας, λάμπεις.
- § Ακουστικά προκλητά δυναμικά (Auditory Evoked Potentials - AEP) όταν τα ερεθίσματα σχετίζονται με την ακοή, όπως ήχοι, λέξεις, τόνοι διάφορων συχνοτήτων.
- § Σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά (Somatosensory Evoked Potentials - SEP): Τα εξωτερικά ερεθίσματα είναι μικρής διάρκειας και έντασης ηλεκτρικά ρεύματα που ερεθίζουν κάποια συγκεκριμένα νεύρα.
- § Κινητικά προκλητά δυναμικά (Motor Evoked Potentials - MEP): Αυτά μπορούν να εντοπίσουν διαταραχές σε ένα κινητικό μονοπάτι του

εγκεφάλου ή του νωτιαίου μυελού. Συνήθως δεν χρησιμεύουν στη διάγνωση της πολλαπλής σκλήρυνσης.

Τα Π.Δ. διαχωρίζονται, επίσης, σε εξωγενή και ενδογενή ανάλογα με το πώς σχετίζονται με το εξωτερικό ερέθισμα. Τα εξωγενή έχουν να κάνουν με την φύση του εξωτερικού ερεθίσματος (ένταση, συχνότητα κλπ.) και σχετίζονται με την ακεραιότητα των αισθητηριακών οδών. Παρατηρούνται σε χρόνο μικρότερο των 100 msec από την παραγωγή του ερεθίσματος. Αντίθετα τα ενδογενή έχουν τη βάση τους στην ψυχολογική επίδραση του εξωτερικού ερεθίσματος στον άνθρωπο καθώς σχετίζονται με διάφορα στάδια νοητικής επεξεργασίας των εξωτερικών ερεθισμάτων στο ΚΝΣ. Παρατηρούνται σε χρόνο μεγαλύτερο των 70msec. Αλλάζουν ανάλογα με το αν το ερέθισμα είναι γνωστό ή άγνωστο, αν είναι δυσάρεστο ή ευχάριστο, αν θυμίζει στον εξεταζόμενο μία προγενέστερη προσωπική του εμπειρία κλπ.

Η μελέτη των ΠΔ γίνεται πιο συστηματοποιημένη αν στηριχθεί κανείς στα επί μέρους συστατικά που έχουν τα σήματα αυτά. Αυτά τα συστατικά είναι μερικές κυματομορφές του συνολικού σήματος, οι οποίες καθορίζονται βάσει:

- § Κορυφώσεων (αρνητικών ή θετικών) του πλάτους δυναμικού
- § Της χρονικής στιγμής της οποίας κατά προσέγγιση λαμβάνει χώρα η κορύφωση
- § Του χρονικού εύρους το οποίο καταλαμβάνει η μερική κυματομορφή που περιέχει τη συγκεκριμένη κορύφωση.

(Σκουλαρίκης Γ., 2006).

2.4.α.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ Π.Δ.

Τα πλεονεκτήματα της καταγραφής των Π.Δ. είναι ότι μπορεί να μελετηθεί η λειτουργική κατάσταση κάποιου νευρικού υποσυστήματος και να μετρηθεί η νευρική δραστηριότητα αντικειμενικά, μέσω μιας μη επεμβατικής μα και ιδιαίτερα σύντομης διαδικασίας. Επιπλέον διαπερνά τις δομές ολόκληρων σωμάτων χωρίς την δημιουργία μεγάλων ηλεκτρικών πεδίων επιφάνειας. Τα μειονεκτήματα της καταγραφής των Π.Δ. είναι ο δαπανηρός και ο ογκώδης εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση της διαγνωστικής αυτής μεθόδου καθώς και το κόστος εξέτασης για τον εξεταζόμενο.

2.4.α.2 Τα χαρακτηριστικά των Π.Δ. είναι :

- α. Το χαμηλό πλάτος δυναμικού (0.1 - 20 μ V)
- β. Ο μικρός λανθάνων χρόνος μετά την διέγερση (μέχρι και 100 ms).
- γ. Η πραγματική “εξαφάνισή” τους μέσα σε ηλεκτρικό θόρυβο, ο οποίος προέρχεται από πηγές εξωτερικές του σώματος (εξωγενής θόρυβος) ή και εσωτερικές διαφορετικές από το εξεταζόμενο σύστημα (ενδογενής θόρυβος).

2.4.β. Το σήμα

Έτσι ονομάζεται η ηλεκτρική νευρική δραστηριότητα που σχετίζεται με την συλλογή, διάδοση και επεξεργασία της διέγερσης.

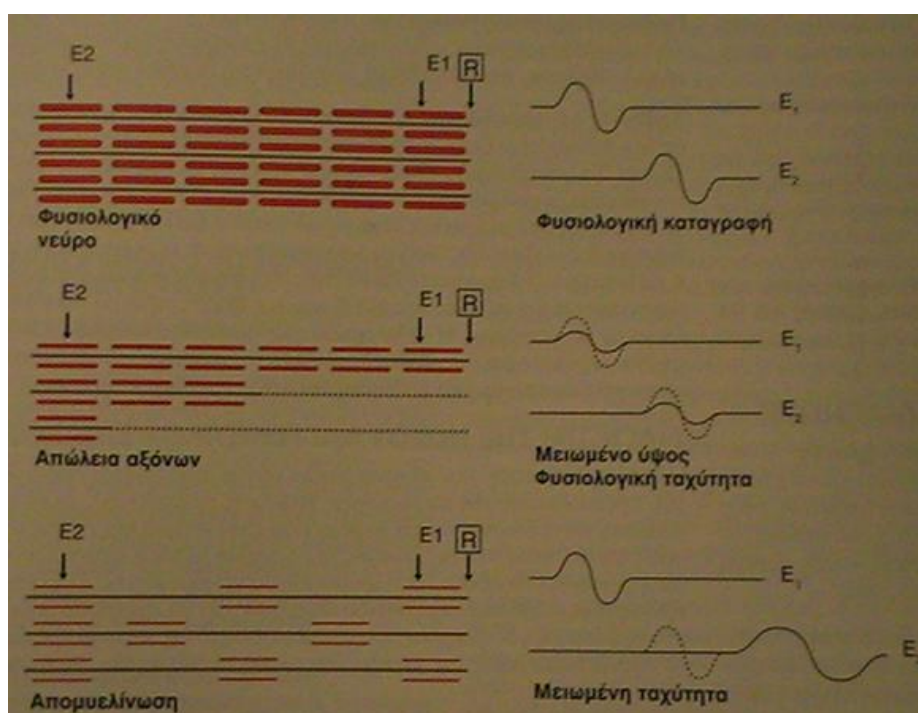
α. Η ηλεκτρική δραστηριότητα στην επιφάνεια του κεφαλιού έχει σχέση άμεσα με τις διαδικασίες στα νευρικά κύτταρα και τις νευρικές οδούς.

β. Ορισμένοι παράγοντες επιτρέπουν την δημιουργία αλλά και μεταβίβαση από τις ενεργές περιοχές που είναι ηλεκτρικές πηγές δυναμικού στα πεδία της επιφάνειας του κεφαλιού. Τέτοιος παράγοντας είναι και η εύκολη σχετικά διάδοση ρευμάτων από τον εγκέφαλο στην επιφάνεια μέσω του εγκεφαλονωτιαίου υγρού, του κρανίου και του δέρματος.

2.5.α. Διάδοση σήματος κατά μήκος μιας οδού

2.5.α. 1 Αγωγή νευρικού παλμού – γενικά

Όλα τα περιφερικά νεύρα στις απολήξεις τους κάτω από το δέρμα καταλήγουν σε κύτταρα τα οποία ονομάζονται «υποδοχείς». Όταν τα κύτταρα αυτά με την επίδραση ενός εξωτερικού αιτίου (διέγερσης) αποπολωθούν με κατάλληλο μηχανισμό πέρα από κάποια τιμή δυναμικού (ηρεμίας) και επαναπολωθούν στην συνέχεια πυροδοτούν τις νευρικές ίνες με τις οποίες συνδέονται. Τελικά άγεται κεντρικότερα ηλεκτρικός παλμός μέσω των νευρικών ινών που αποτελούν την εκάστοτε νευρική οδό (εικόνα2).



Εικόνα 2.1 Κυματομορφές σε φυσιολογική και παθολογική καταγραφή

Ένας απλός τρόπος για να καταγράψει κανείς ηλεκτρικά σήματα της δραστηριότητας μιας ομάδας νευρικών ινών είναι να διεγείρει τη μια άκρη με έναν συγκεκριμένο παλμό και σε κάποια απόσταση να τοποθετηθούν ηλεκτρόδια καταγραφής. Με κατάλληλη μόνωση των νευρικών ινών και γειωμένο το ηλεκτρόδιο E1 καταγράφουμε την διαφορά δυναμικού μεταξύ του E1 και E2. Η μεταφορά ενός παλμού μέσα από ένα νεύρο δημιουργεί μια ροή ηλεκτρικού ρεύματος στο υγρό μέσο που το περιβάλλει. Η ροή αυτή έχει φορά από το E2 στο E1 ανεβάζοντας το δυναμικό στο E2 σχετικά με το E1 για μια μικρή χρονική περίοδο. Τα ρεύματα που δημιουργούνται από πολλές ίνες ταυτόχρονα υπερπροστίθενται στον ενδοκυττάριο χώρο και δημιουργούν δυναμικό δράσης (action potential). Από το σήμα διαπιστώνουμε ότι όταν η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι μεγάλη και η ένταση του ερεθίσματος ικανή να διεγείρει όλες τις ίνες, τότε το δυναμικό δράσης έχει πολλές κορυφές. Ο χρόνος μεταξύ των διαφόρων κορυφών εξαρτάται από τις ταχύτητες αγωγής μέσα στις ίνες. Η σχέση επίσης μεταξύ ταχύτητας αγωγής και διαμέτρου της ίνας είναι γραμμική. Επιπλέον για τις εμμύελες ίνες η απόσταση μεταξύ δυο γειτονικών κόμβων Ranvier αυξάνει καθώς αυξάνει η διάμετρος της ίνας.

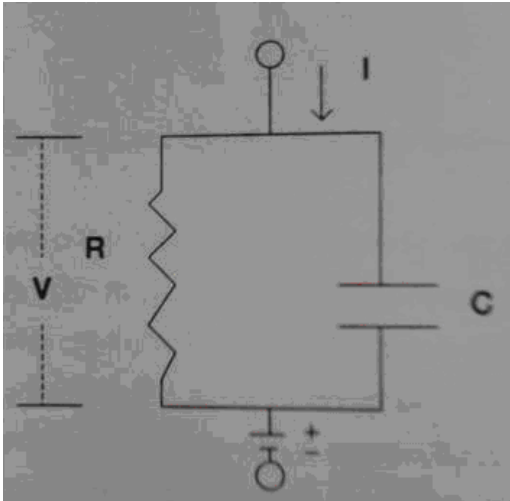
2.5.α . 2 Ιδιότητες των αμύελων νευραξόνων

Με τη βοήθεια ενός μικροηλεκτροδίου το οποίο μπορεί να βυθιστεί μέσα σε έναν άξονα μπορεί να διαπιστωθεί ότι το δυναμικό του αξοπλάσματος είναι χαμηλότερο από αυτό του εξωκυττάρου χώρου και σταθερό. Ονομάζεται “δυναμικό ηρεμίας” και σύμφωνα με τον νόμο του Ohm αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει ροή ρεύματος από το αξόπλασμα όταν αυτό είναι σε ηρεμία. Αντίθετα όταν ένας παλμός εφαρμόζεται στο αξόπλασμα το ηλεκτρόδιο καταγράφει ένα δυναμικό που είναι μεγαλύτερης τιμής από αυτό της ηρεμίας. Το δυναμικό αυτό είναι ανεξάρτητο της θέσης του ηλεκτροδίου μέσα στο αξόπλασμα, γεγονός που δείχνει ότι οδεύει μέσα στο χώρο αυτό με σταθερό ύψος. Έχουν πραγματοποιηθεί πολλές προσεγγίσεις εξομοίωσης του νευρικού άξονα. Έτσι ο I.Tasaki σε σχετικές του μελέτες αλλά και άλλοι ερευνητές έχουν περιγράψει το σύστημα αυτό με ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Εδώ τελικά το συνολικό ρεύμα που διαρρέει το ανάλογο ηλεκτρονικό σύστημα πυκνωτή αντίσταση είναι $I=C*dV/Dt +V/R$. Με το ρεύμα, τη χωρητικότητα και την αντίσταση σταθερά η μεταβολή της τάσης V δίνεται από τη σχέση $V=I*R*(1-e^{-t/RC})$ όπου RC η σταθερά χρόνου του κυκλώματος που προσεγγιστικά είναι 1 – 2.5 msec. Η αντίσταση τώρα και η χωρητικότητα ανά μονάδα μήκους είναι $r_m = R_m/\pi*D$ και $C_m = \pi*D*C_m$ όπου D είναι η διάμετρος της ίνας.

2.5.α. 3 . Ιδιότητες εμμύελων ινών

Μεγάλες ίνες σε πολλά νεύρα έχουν εξωτερικά του αξοπλάσματος ένα παχύ στρώμα που ονομάζεται μυελίνη. Αυτό διακόπτεται από περιοχές που δεν υπάρχει καθόλου σχηματίζοντας έτσι κόμβους κατά μήκος του άξονα που ονομάζονται κόμβοι Ranvier. Το πλάτος τους είναι 0.5-1 μ. έχει παρατηρηθεί ότι το στρώμα της μυελίνης έχει πολύ μεγάλη αντίσταση και δρα μονωτικά ενώ διεγείρονται τα τμήματα της ίνας που δεν έχουν μυελίνη. Με πειράματα που έγιναν διαπιστώθηκε ότι καταγράφεται και στη περιοχή μυελίνης μια σχετικά μεγάλη ροή ρεύματος η οποία αποτελούταν από δυο κορυφές που αντιστοιχούσαν σε εξωτερική ροή και ένα ασθενές ρεύμα εισροής. Με διάταξη όπως του σχήματος 1 διαπιστώθηκε ότι η

ροή του ρεύματος αποτελείται από μια εξωτερική ροή, μια εσωτερική και πάλι μια εξωτερική διαδοχικά. Δεδομένου ότι στο στρώμα της μυελίνης έχουν μόνο εξωτερική ροή και ότι όσο ρεύμα εξέρχεται τόσο πρέπει να εισέρχεται βγαίνει το συμπέρασμα ότι το ρεύμα που αντισταθμίζει την εξωτερική ροή εισέρχεται από τους δυο γειτονικούς κόμβους Ranvier με αμελητέα επίδραση των πιο απομακρυσμένων κόμβων. Οι κόμβοι επομένως είναι τα σημεία όπου έχουν την κατά μήκος διέγερση μιας εμμύελης ίνας. Απαραίτητη προϋπόθεση για την αγωγή δυναμικού είναι η ύπαρξη μιας κατάλληλης διέγερσης που με ορισμένη ένταση και διάρκεια μπορεί να ξεπεράσει ένα κατώφλι ώστε να δημιουργηθεί ένα δυναμικό δράσης .



Σχήμα 2.1 Ηλεκτρονική παρομοίωση νευρικού άξονα

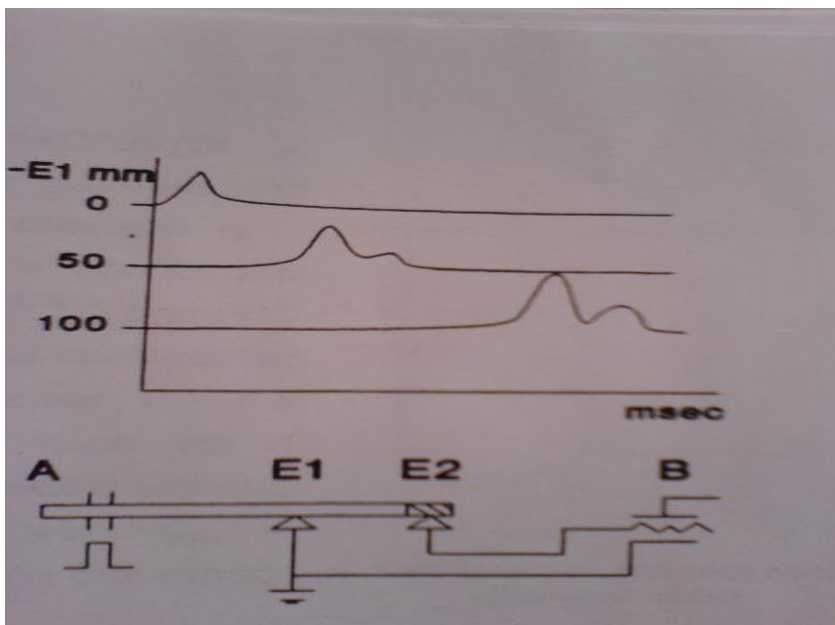
2.5.α.4. Φαινόμενα κατωφλιού-Δυναμικά δράσης (action potentials)

Όλα τα εξωτερικά ερεθίσματα δεν διεγείρουν τις νευρικές ίνες προκαλώντας αγωγή δυναμικού δράσης. Έτσι το αν ένα μεμβρανικό δυναμικό εξελιχθεί σε τέτοιο εξαρτάται από τον μηχανισμό διέγερσης. Ορίζουμε σαν μεμβρανικό δυναμικό κατωφλίου το υψηλότερο δυναμικό το οποίο εάν εφαρμοσθεί σαν παλμός φθείρεται γρήγορα χωρίς να παραχθεί δυναμικό δράσης. Σαν βάση μέτρησης χρησιμοποιείται το επίπεδο του δυναμικού ηρεμίας που συχνά ονομάζεται κατώφλι αποπόλωσης. Όταν ο παλμός είναι πολύ μικρής διάρκειας τότε χρειάζεται μεγάλη ένταση διέγερσης έτσι ώστε να αυξηθεί το δυναμικό 15 mV πάνω από αυτό που έχει στην κατάσταση ηρεμίας. Γενικά λόγω των μεγάλων χωρητικότητων των κόμβων Ranvier απαιτούνται διεγέρσεις μεγάλης έντασης και μικρής χρονικής διάρκειας. Η παραγωγή του δυναμικού δράσης μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μια αυτοκαταλυτική διαδικασία. Έτσι όταν η χρονική διάρκεια του παλμού είναι ικανοποιητικά μεγάλη, η απόκριση στο σημείο της διέγερσης τείνει να αυξήσει το μεμβρανικό δυναμικό μαζί με την εφαρμοζόμενη διέγερση. Αν η εξωτερική πηγή ρεύματος διατηρείται, αυτή η διαδικασία τελικά αυξάνει το μεμβρανικό δυναμικό σε ένα κρίσιμο σημείο. Αν ο εφαρμοζόμενος παλμός αποσυρθεί πριν από το κρίσιμο σημείο το δυναμικό επιστρέφει σε αυτό της ηρεμίας, αλλιώς δημιουργείται το δυναμικό δράσης (action potential). Η σχέση του κατωφλίου έντασης και χρονικής διάρκειας του παλμού δεν είναι τυχαία. Όταν ένας τετραγωνικός παλμός εφαρμοστεί τότε το μεμβρανικό δυναμικό αυξάνει εκθετικά και πρέπει να φτάσει την κρίσιμη τιμή V_c στο τέλος του παλμού. Έτσι στη γνωστή σχέση $V_c = I \cdot R \cdot (1 - e^{-T/RC})$,

T η διάρκεια του παλμού, I η ένταση του ρεύματος και RC η σταθερά χρόνου της μεμβράνης. Από αυτή τη σχέση έχουμε $T=RC \log(I/1-(V_c/R))$ που είναι προσεγγιστική μιας και υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ ρεύματος διέγερσης και απόκρισης της μεμβράνης. Για τις εμμύελες ίνες η παραπάνω σχέση δεν ισχύει γιατί το σύστημα περιπλέκεται πάρα πολύ με τους κόμβους. Υπάρχει όμως ένας εμπειρικός τύπος: $S=b(1+(\sigma/T))$ όπου S είναι η τάση κατωφλίου, b η τάση ηρεμίας και σ μια σταθερά.

2.5.α.5. Νευρική αγωγή κατά μήκος ομοιόμορφων αξόνων

Σε έναν άξονα στον οποίο υπάρχει ένα δυναμικό δράσης η κορυφή του αντιστοιχεί σε αύξηση του μεμβρανικού δυναμικού 100 – 120 mV ενώ η κρίσιμη τιμή της αποπόλωσης, η αναγκαία για να δημιουργηθεί δυναμικό δράσης, είναι 12 – 15 mV (σχήμα 2). Ακόμα η αντίσταση της μεμβράνης στην ενεργοποιημένη περιοχή είναι πολύ μικρότερη από αυτή στην λεγόμενη κατάσταση ηρεμίας. Αυτό διευκολύνει την αλλαγή των συγκεντρώσεων των ιόντων μέσα και έξω από την μεμβράνη. Έτσι όταν σε ένα τμήμα του άξονα εφαρμοστεί μέσα από κάποια σύναψη ή ηλεκτρόδιο ηλεκτρικός παλμός αυτή η περιοχή γίνεται αυτομάτως ενεργή. Μέσω όμως του κυκλώματος που συνδέει όλα τα τμήματα του άξονα και το γειτονικό τμήμα ενεργοποιείται. Με την επανάληψη του φαινομένου διαδίδεται η δραστηριότητα κατά μήκος όλου του άξονα. Η όλη διαδικασία λειτουργεί επειδή υπάρχει το εξωτερικό αγώγιμο ρευστό μέσο. Η αγωγή θα σταματήσει μόνο όταν με κάποιο τρόπο η ίνα απομονωθεί από το περιβάλλον της. Το πεδίο δυναμικού στον περιβάλλοντα χώρο γύρω από τον άξονα μπορεί να υπολογιστεί με την βοήθεια του νόμου του Ohm σε έναν αγώγιμο όγκο.

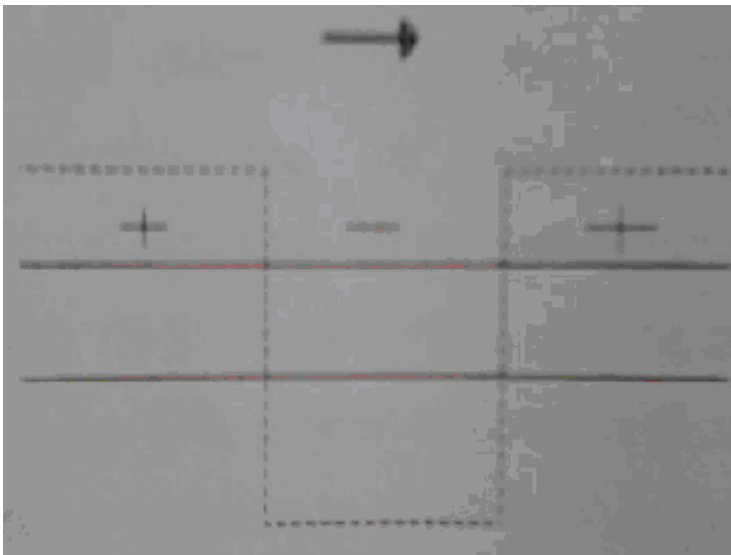


Σχήμα 2.2 Δημιουργία και αγωγή του ηλεκτρικού παλμού

2.5.α.6 . Αγωγή σε εμμύελες νευρικές ίνες

Φυσικό είναι η διάδοση νευρικών παλμών σε τέτοιες ίνες να διαφέρει λόγω της ύπαρξης των κόμβων του Ranvier. Είδαμε ότι η διέγερση των ινών αυτών πραγματοποιείται στους κόμβους με αποτέλεσμα όταν όλοι οι κόμβοι βρίσκονται σε ενεργώ κατάσταση η δραστηριότητα να απλωθεί από κόμβο σε κόμβο κατά μήκος της ίνας. Το πρόβλημα όμως βρίσκεται στον εντοπισμό του τρόπου με τον οποίο διαδίδεται από κόμβο σε κόμβο. Παρατηρήθηκε ότι τα ρεύματα που καταγράφονται σε δύο διαφορετικά σημεία φτάνουν την μέγιστη τιμή σε διαφορετικό χρόνο και μειώνονται με διαφορετική κλίση.

Αυτό είναι συνέπεια της διαρροής ρεύματος διαμέσου του μυελινικού στρώματος. Έτσι δεν μπορεί να θεωρηθεί πιθανό το γεγονός ότι ο παλμός “πηδά” από κόμβο σε κόμβο χωρίς να υπάρχει καμία διεργασία ενδιάμεσα στους κόμβους. Εδώ το δυναμικό στον περιβάλλοντα χώρο είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί. Οι καταγραφές που έχουν γίνει κοντά σε κόμβους έχουν δείξει ότι το πεδίο διαφέρει κατά τις διάφορες διευθύνσεις. Μεγαλύτερο δυναμικό εμφανίζεται σε αποστάσεις πολύ κοντινές στον κόμβο.

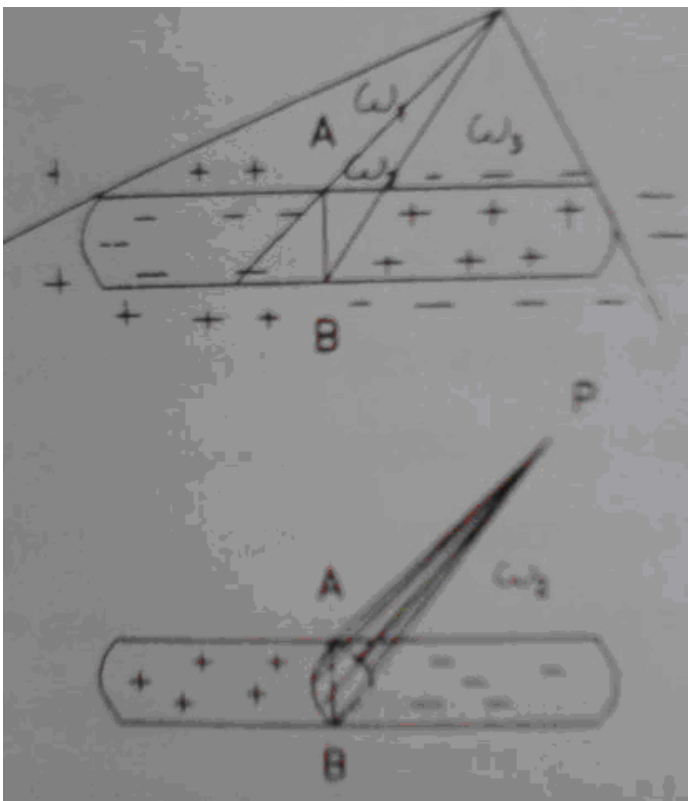


Σχήμα 2.3 Αγωγή νευρικού παλμού

2.5.α.7 Αγωγή παλμού ηλεκτρικού δυναμικού κατά μήκος ενός αγώγιμου όγκου (νεύρου).

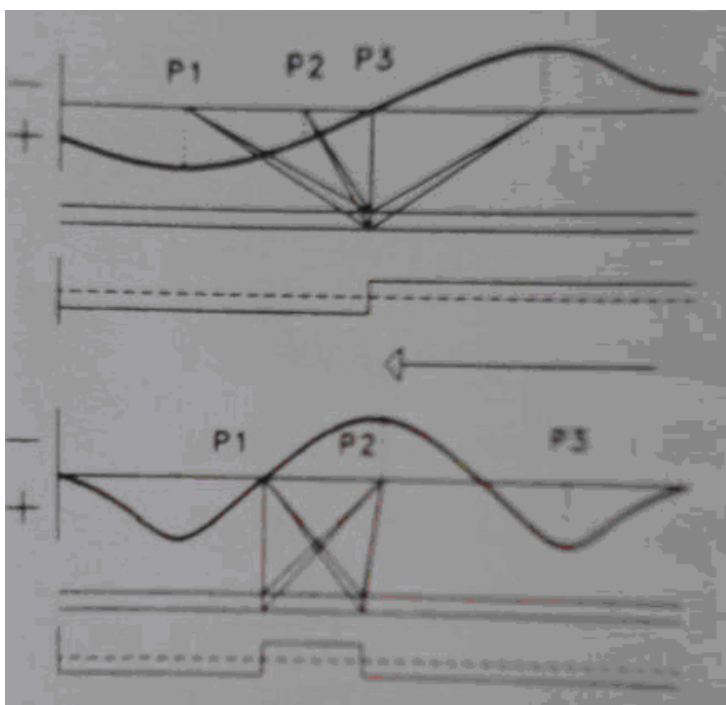
Εάν τοποθετήσουμε ένα ενεργό ηλεκτρόδιο εξωκυτταρικά σε μια δεσμίδα νεύρων και ένα δεύτερο ηλεκτρόδιο σε μακρινή απόσταση, τότε θα καταγράψουμε μια διαφορά δυναμικού που οφείλεται στον αριθμό των παλμών που πλησιάζει και προσπερνά το πρώτο ηλεκτρόδιο που ονομάζεται και ενεργό. Η διαφορά αυτή δυναμικού είναι δύσκολο να ερμηνευτεί για τρεις κυρίως λόγους. Ο πρώτος είναι γιατί είναι δύσκολο να εντοπίσουν τις ενεργές νευρικές ίνες από τις υπόλοιπες της δέσμης, των οποίων τα δυναμικά απλώνονται σε όλο το σώμα. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι όσο αυξάνεται η απόσταση μεταξύ ενεργού ηλεκτροδίου και αυτού της αναφοράς, το δυναμικό γίνεται χαμηλότερο. Τέλος, ο τρίτος λόγος είναι ότι η σχέση

που συνδέει την διαφορά του δυναμικού μέσα και έξω από την μεμβράνη και το ρεύμα που οφείλεται στην αλλαγή αυτή είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και ξεφεύγει από το αντικείμενο της παρούσης ανάλυσης. Ωστόσο μπορούμε να κάνουμε κάποιες απλοποιήσεις με βάση ένα μοντέλο, ώστε να μπορέσουμε να εξηγήσουμε την πηγή αυτών των δυναμικών. Ας υποθέσουμε ότι στιγμιαία ένα κύτταρο σε σχήμα κυλίνδρου του οποίου η επιφάνεια η οποία αντιστοιχεί στην κυτταρική μεμβράνη είναι φορτισμένη με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα 4. Η γραμμή AB αντιπροσωπεύει το μέτωπο κύματος το οποίο είναι υπεύθυνο για την αποπόλωση και την επαναπόλωση της κυτταρικής μεμβράνης και είναι το όριο στο οποίο το διαμεμβρανικό δυναμικό αλλάζει έστω ξαφνικά. P είναι το σημείο στο οποίο μετράται το δυναμικό. Η στερεά γωνία Ω χωρίζεται σε τρεις $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$, εκ των οποίων μόνο η Ω_2 συνεισφέρει στο δυναμικό που μετράται στο P, μιας και τα δυναμικά που οφείλονται στις Ω_1 και Ω_3 αλληλοαναιρούνται. Αυτά αναφέρονται, όπως προαναφέρθηκε, στιγμιαία. Νευρικός παλμός όμως, είναι ένα κύμα που ταξιδεύει με μια σταθερή ταχύτητα αλλάζοντας έτσι με ένα συστηματικό τρόπο και την στερεά γωνία που φαίνεται από το P. Το επόμενο σχήμα (5) δείχνει τον υπολογισμό της αλλαγής του δυναμικού που οφείλεται α) σ' ένα απλό μέτωπο κύματος και β) σ' ένα παλμό που ταξιδεύει από δεξιά προς τα αριστερά με μια σταθερή ταχύτητα. Στην περίπτωση α) P1 – P5 είναι οι θέσεις που τοποθετείται ένα κατάλληλο ηλεκτρόδιο που καταγράφει τις διαφορές του δυναμικού καθώς το μέτωπο πλησιάζει, περνά και φεύγει από το σημείο κοντά στο ηλεκτρόδιο. Η ίδια καμπύλη θα προκύψει εάν θεωρηθεί ακίνητο το κύμα και κινούμενο με την ίδια ταχύτητα το ηλεκτρόδιο αλλά με αντίθετη κατεύθυνση. Το δυναμικό μπορεί να σχεδιαστεί σε εξάρτηση με το χρόνο ή με την απόσταση, ανάλογα με όποιο μέγεθος θέλουμε να είναι σταθερό.



Σχήμα 2.4 Δυναμικό σε εξωτερικό σημείο κυττάρου

Στην περίπτωση (β) έχουμε μια διαφορά δυναμικού όπως αυτή αναμένεται από έναν νευρικό παλμό. Το τριφασικό κύμα (+ - +) της διαφοράς δυναμικού διαγράφεται λόγω του ότι το κύμα αποπόλωσης και επαναπόλωσης είναι πολύ κοντά και έτσι και τα δύο συνεισφέρουν στο δυναμικό. Αριστερά του P1 το πρώτο τμήμα του παλμού κυριαρχεί και έτσι το δυναμικό είναι θετικό. Στο P1 οι δυο στερεές γωνίες που αντιστοιχούν στο κύμα αποπόλωσης και επαναπόλωσης είναι ίσες και έτσι το δυναμικό είναι 0. Στο P2 υπάρχει μόνο η συνεισφορά από το αρνητικό τμήμα του παλμού και συνεπώς το δυναμικό είναι αρνητικό. Στο P3, τέλος, το κύμα επαναπόλωσης κυριαρχεί και το δυναμικό είναι ξανά θετικό. Στην πράξη β) γραφική παράσταση το τελευταίο θετικό τμήμα είναι πολύ μικρότερο και μακρύτερο από το πρώτο λόγω του ότι το κύμα επαναπόλωσης είναι πιο αργό από το κύμα αποπόλωσης. Τα περιφερικά νεύρα γενικά αποτελούνται από νευρικές ίνες που σχηματίζουν δεμάτια. Η ενεργοποίηση αυτών των ινών εξαρτάται από την διάμετρό τους και από το εάν είναι μυελωμένες. Η μεγαλύτερη διάμετρος σημαίνει και παχύτερο στρώμα μυελίνης. Γενικά μεγαλύτερες ίνες έχουν υψηλότερες ταχύτητες αγωγής και χαμηλότερο κατώφλι ενεργοποίησης. Με την διέγερση ενός νεύρου δεν ενεργοποιούνται όλες οι ίνες. Έτσι με πρώτες τις μεγαλύτερες αυξανόμενης της έντασης του ερεθίσματος αυξάνεται και ο αριθμός ενεργών ινών.



Σχήμα 2.5 α) Διφασικό, β) Τριφασικό δυναμικό αγωγής

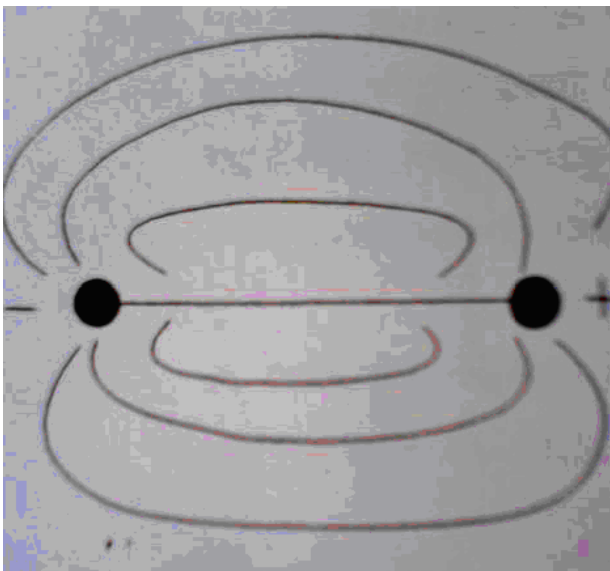
2.5.β. Καταγραφή δυναμικών στην επιφάνεια του σώματος

2.5.β.1 Περιφερικά νεύρα

Για την καταγραφή ηλεκτρικών σημάτων στην επιφάνεια του δέρματος χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια συνήθως με μορφή μικρών δίσκων σε κατάλληλες θέσεις κοντά στα σημεία αγωγής παλμών μέσα στο νεύρο ή κοντά σε πυρήνες παραγωγής δυναμικών ώστε η αντίσταση μεταξύ δέρματος και ηλεκτροδίου να είναι όσο το δυνατόν πιο μικρή. Τα υπό καταγραφήν σήματα ακολούθως ενισχύονται από κατάλληλες συσκευές με ένα κέρδος περίπου 10,000 - 50,000 και φιλτράρονται έτσι ώστε να περιοριστεί στο ελάχιστο ο ηλεκτρικός θόρυβος που υπεισέρχεται στο σήμα λόγω άλλων παραγόντων. Το μέσο πεδίο των φίλτρων κυμαίνεται από 1 Hz έως και 5 KHz.

2.5.β.2 Κρανιακά νεύρα

Η πιο συνηθισμένη τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, αφού έχει άμεση εξάρτηση από το υπόστρωμα, είναι στην επιφάνεια του κεφαλιού για την καταγραφή και μελέτη αγωγής κατά μήκος των κρανιακών νεύρων ή και επεξεργασμένων σημάτων από πυρήνες του στελέχους ή και σε διάφορες περιοχές του φλοιού.



Σχήμα 2.6 Το δίπολο

2.5.γ. Σχέση νευρικού υποστρώματος με απόκριση

Όπως αναλυτικά παρουσιάστηκε τα νεύρα έχουν ηλεκτρικά πεδία με τα οποία σχετίζονται. Είναι γεγονός επίσης ότι οι περιοχές των θετικών και των αρνητικών φορτίων είναι διαχωρισμένες πάνω στην επιφάνεια ενός νευρώνα (generator). Ένα ηλεκτρικό πεδίο γενικά ακολουθεί τον νόμο του Ohm στην κατανομή του στο χώρο $E = Q/R^2$. Η έντασή του είναι ανάλογη του φορτίου και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης από τα φορτία. Υπάρχει επίσης ροή ρεύματος μεταξύ των διαχωρισμένων περιοχών αρνητικών και θετικών φορτίων (σχήμα 2.6). Στην

επιφάνεια του κεφαλιού η ένταση του πεδίου και η κλίση του εξαρτώνται κυρίως από την απόσταση της πηγής και τον προσανατολισμό της. Έτσι :

- 1) τα πεδία που βρίσκονται σε μικρές αποστάσεις (near field) χαρακτηρίζονται από παρουσία σε μικρή έκταση στην επιφάνεια και μεγάλη κλίση
- 2) τα πεδία που προέρχονται από πηγές μεγάλης απόστασης χαρακτηρίζονται από μεγάλη έκταση και μικρή κλίση (σχήμα 2.7 α)

Επίσης η διάδοση μέσω του εγκεφαλονωτιαίου υγρού, τις μεμβράνες που περιβάλλουν τον εγκέφαλο και τα οστά του κρανίου προκαλούν πτώση του πλάτους του πεδίου και τοπική διασπορά στην επιφάνεια που είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη λόγω κυρίως των αγωγιμοτήτων που παρουσιάζουν (σχήμα 2.7 β).

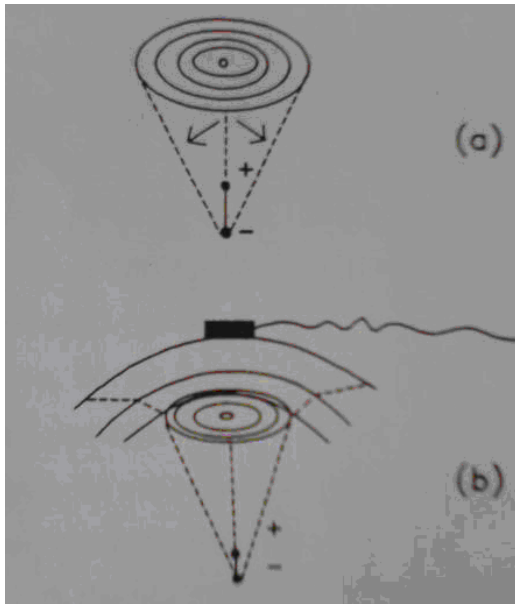
Στην πράξη όμως, οι νευρικές πηγές και οι διαδικασίες στις πηγές των επιφανειακών πεδίων, όπως ήδη παραπάνω περιγράφηκαν, δεν είναι γνωστές. Αυτό που γνωρίζουμε είναι η τελική καταγραφή των πεδίων στην επιφάνεια του κεφαλιού. Είναι δυνατή όμως η αντίστροφη προσέγγιση; Είναι δυνατόν δηλαδή με τη βοήθεια του καταγραφόμενου δυναμικού στην επιφάνεια του κεφαλιού να προσδιορίσει κανείς τις πηγές του και τις διαδικασίες που σε αυτές λαμβάνουν χώρα;

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που υπεισέρχονται στην προσπάθεια αυτή :

- α) Η ύπαρξη πεδίων που αλληλοκαλύπτονται στον χώρο και τον χρόνο και προέρχονται από πολλαπλές πηγές που ενεργοποιούνται ταυτόχρονα.
- β) Η ύπαρξη εκτός από τα ανοικτά και κλειστά πεδία αφού η γεωμετρία, το μέγεθος και ο συγχρονισμός των νευρικών κέντρων δεν επιτρέπουν πάντα την δημιουργία εξωτερικών μακροσκοπικών πεδίων στην επιφάνεια .
- γ) Οι ελλειπίες γνώσεις πάνω στον ανθρώπινο εγκέφαλο και στις υποκειμενικές διαφορές ανάμεσα σε κάθε εξεταζόμενο.

Τελικά είναι πολύ δύσκολο να προσεγγίσει κανείς τη θέση μιας νευρικής πηγής δυναμικού παρά τις προσπάθειες που έχουν γίνει. Παρόλα όμως τα παραπάνω στοιχεία που περιορίζουν αρκετά τις τελικά χρησιμοποιούμενες πληροφορίες των ΠΔ, μπορούν όμως να αποτελέσουν ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο στον έλεγχο του νευρικού συστήματος και του εγκεφάλου. Έτσι μια φυσιολογική καταγραφή Προκλητών Δυναμικών μας πληροφορεί :

- α . Ότι ένα ερέθισμα μετατράπηκε κατάλληλα και μεταβιβάστηκε στον εγκέφαλο.
- β . Η νευρική δραστηριότητα που παράγεται από την μεταβίβαση του ερεθίσματος έφθασε σε συγκεκριμένα σημεία σταθμούς σε συγκεκριμένους χρόνους.
- γ . Η ταχύτητα διάδοσης ήταν φυσιολογική.
- δ . Ο συγχρονισμός των νευρικών ινών που έχει άμεση σχέση με την διάρκεια του προκλητού δυναμικού ήταν καλός.
- ε . Πληροφορίες για τον αριθμό των αγωγίμων ινών αφού το πλάτος του καταγραφόμενου δυναμικού σχετίζεται με τον αριθμό των ενεργών ινών.



Σχήμα 2.7 Πεδία από πηγές (a) μεγάλης, (b) μικρής απόστασης

Αντίθετα μια μη φυσιολογική καταγραφή ΠΔ μπορεί με μεγάλη ευαισθησία να μας πληροφορήσει για :

- α. πιθανά τεχνικά προβλήματα στη διέγερση και την καταγραφή,
- β. βλάβες που προκαλούν μη φυσιολογική μετάδοση του ερεθίσματος κατά μήκος μιας οδού. (Κουτσογιάννης Κ. ,1993)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΩΜΑΤΟΑΙΣΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΚΛΗΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ

3.1 Ορισμός και χρησιμότητα

Τα Σωματοαισθητικά Προκλητά Δυναμικά (ΣΠΔ) αποτελούν αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας και είναι μια ευαίσθητη μέθοδος που ελέγχει και διαχωρίζει ασθένειες ανάμεσα στο περιφερικό και κεντρικό νευρικό σύστημα. Η μέθοδος συνδυάζεται με τα αποτελέσματα από μια δοκιμασία ταχύτητας της αγωγιμότητας των νεύρων, η οποία μετράει την νευρική λειτουργία στα άκρα. Εντοπίζει κυρίως δισκοπάθειες, νευροπάθειες, όγκους, εκφυλιστικά νοσήματα κ.τ.λ., καθώς επίσης μπορεί να διαγνώσει νευρομυϊκές και απομυελυνωτικές παθήσεις, καθώς και μερική ή ολική καταστροφή των νευρικών ριζών μετά από τραυματισμό σε ασθενείς με Σκλήρυνση Κατά Πλάκας (ΣΚΠ). Επίσης, μπορεί να καταγράψει το δυναμικό της λειτουργίας της περιφέρειας και τα γεγονότα που συμβαίνουν κεντρικά και προέρχονται από τη Σπονδυλική Στήλη (ΣΣ), το εγκεφαλικό στέλεχος, το θάλαμο και τον εγκεφαλικό φλοιό και να παρακολουθήσει τις αντιδράσεις των ασθενών κατά τη διάρκεια επεμβάσεων στην αυχενική και θωρακική μοίρα.

Τα ευρήματα των ΣΠΔ, μπορούν να βοηθήσουν στην ανίχνευση και στον εντοπισμό των αλλοιώσεων των κεντρικών σωματοαισθητικών μονοπατιών, αλλά δεν είναι παθογνωμικά συγκεκριμένων ασθενειών. Στη ΣΚΠ η παρουσία σωματοαισθητικών ανωμαλιών μπορεί να αποκαλύψει υποκλινικές αλλοιώσεις που συμπεριλαμβάνουν τα κεντρικά σωματοαισθητικά μονοπάτια και επιπλέον, βοηθούν στην πρώιμη διάγνωση. Σε ασθενείς με διαγνωσμένη ΣΚΠ η επίπτωση της ανωμαλίας των ΣΠΔ είναι περίπου 80% εκτιμώντας ότι στην κατηγορία της πιθανής ΣΚΠ η απόδοση είναι περίπου 30%. Επομένως, η ερμηνεία των ηλεκτροφυσικών αποτελεσμάτων πρέπει πάντα να εξετάζεται σε κλινικό πλαίσιο.

Τα ΣΠΔ είναι ευρέως χρησιμοποιημένα στην κλινική διάγνωση απ' το 1970 καθώς και στην ενδοχειρουργική νευροφυσιολογία. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε μόνα τους, είτε μαζί με τα κινητικά ΠΔ, τα οποία καταγράφουν έγκαιρα κάποιες αλλοιώσεις της σπονδυλικής στήλης. Κάποιες φορές όμως, μπορούν να επηρεαστούν από τα υψηλά επίπεδα αναισθητικού και τη χαμηλή πίεση του αίματος και για το λόγο αυτό να μην μπορούν να αναγνωρίσουν το πρόβλημα.

Η καταγραφή των ενδοχειρουργικών ΣΠΔ με ή χωρίς τα κινητικά προκλητά δυναμικά, μπορεί να είναι κατάλληλη για τους παρακάτω τύπους χειρουργείων :

- 1) Χειρουργεία σπονδυλικής στήλης (ΣΣ)
 - α . αποσυμπίεση της ΣΣ όπου η λειτουργία της είναι σε κίνδυνο
 - β . μετακίνηση όγκων ΣΣ
 - γ . χειρουργείο σαν αποτέλεσμα τραυματισμού ΣΣ
 - δ . διόρθωση σκολίωσης ή δυσπλασίας ΣΣ
- 2) Ενδοκρανιακές εγχειρήσεις
 - α . διέγερση εγκεφάλου
 - β . αποσυμπίεση των κρανιακών νεύρων (π.χ. οπτικών)
 - γ . μετακίνηση όγκων που επηρεάζουν τα κρανιακά νεύρα
 - δ . χειρουργείο ως αποτέλεσμα τραυματισμού του εγκεφάλου

3) Αγγειακά χειρουργεία

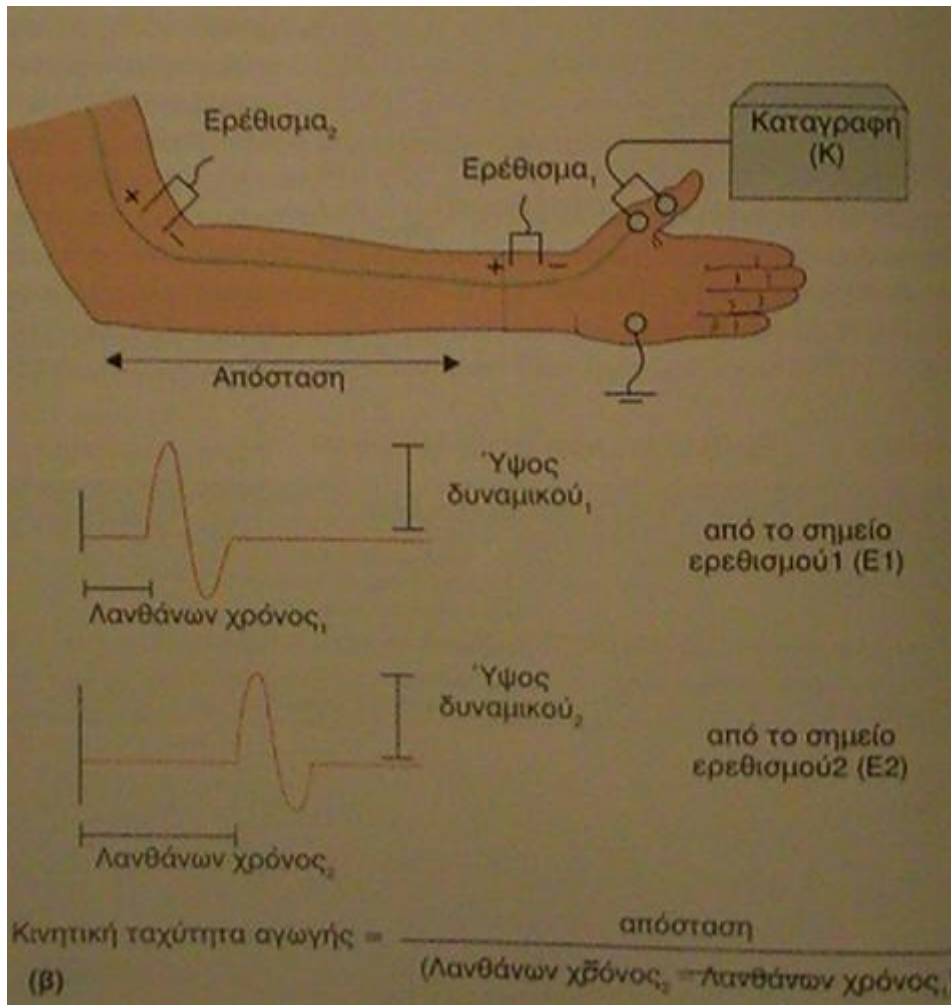
α . αρτηριογραφία κατά τη διάρκεια της οποίας υπάρχει ένα τεστ απόφραξης της καρωτιδικής αρτηρίας.

Τα ΣΠΔ ή Δερματοαισθητικά Προκλητά Δυναμικά (ΔΠΔ) θεωρούνται ιατρικά απαραίτητα για τις επόμενες ενδείξεις :

- 1) εντοπίζουν μυελοπάθεια άγνωστης αιτιολογίας
- 2) αξιολογούν επείγουσες χειρουργικές επεμβάσεις σε τραύματα ΣΣ, σε ασθενείς με συγκεκριμένες δομικές καταστροφές στο σωματοαισθητικό τους σύστημα.
- 3) διαχειρίζονται ασθενείς με παρεγκεφαλιδονωτιαίο εκφυλισμό.

3.2 Περιγραφή της διαδικασίας

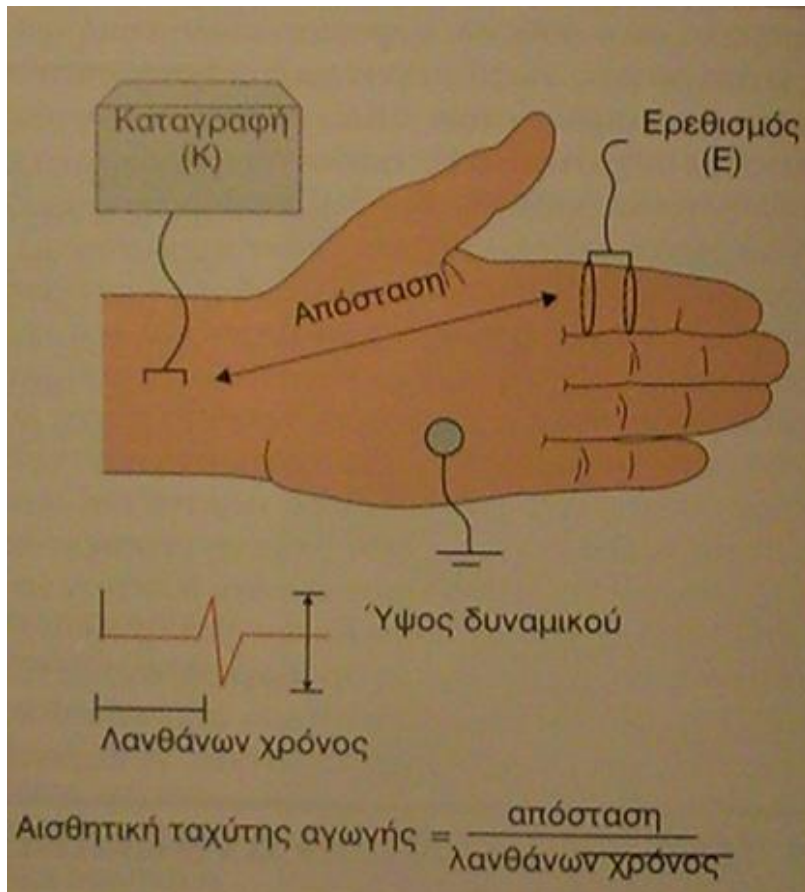
Τα ΣΠΔ καταγράφουν τη μεταφορά των νευρικών ώσεων από τα άκρα στον εγκέφαλο με ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο φλοιό του εγκεφαλικού ημισφαιρίου, ετερόπλευρα στο εφαρμοσμένο ερέθισμα. Τα ηλεκτρόδια πρέπει να τοποθετηθούν σε διάφορα σημεία πάνω στο κρανίο. Γίνεται μια σταθερή μέτρηση στη περιοχή της κεφαλής μέσω ΗΕΓ για να καθοριστούν τα σωστά σημεία. Κατά τη τοποθέτηση ηλεκτροδίων, χρησιμοποιείται ένα ειδικό υγρό, το οποίο είναι υπεύθυνο για την προστασία του δέρματος, ενώ τα ηλεκτρόδια σταθεροποιούνται στην επιφάνεια του δέρματος με αυτοκόλλητη ταινία (εικόνα 1).



Εικόνα 3.1 Φυγόκεντρη-κινητική διέγερση και καταγραφή ΠΔ άνω άκρων

Στα άνω ή στα κάτω άκρα συμβαίνουν ήπια ηλεκτρικά ερεθίσματα που μπορεί να προκαλέσουν αίσθημα παλμού, σύσπαση ή αίσθημα καψίματος. Αν και το ερέθισμα μπορεί να είναι ασυνήθιστο ή ελαφρώς δυσάρεστο, οι περισσότεροι ασθενείς δεν το θεωρούν επίπονο. Το ερέθισμα διαρκεί περίπου 2 λεπτά και όλη η διαδικασία περίπου 30 λεπτά. Μετά τη δοκιμασία τα ηλεκτρόδια αφαιρούνται με ακετόνη ώστε η κεφαλή να καθαριστεί.

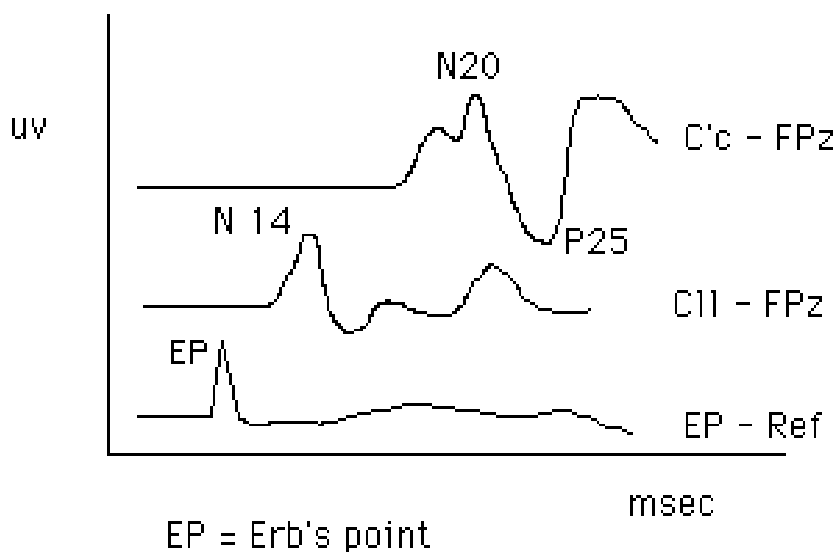
Για το άνω άκρο εφαρμόζονται δύο ηλεκτρόδια στην εσωτερική επιφάνεια του καρπού, κοντά στον αντίχειρα. Αυτά τα ηλεκτρόδια θα λάβουν χρονομετρημένους ηλεκτρικούς παλμούς που θα προκαλέσουν ακούσια σύσπαση του αντίχειρα. Ένα πρόσθετο αισθητήριο ηλεκτρόδιο, εφαρμόζεται στην οπίσθια επιφάνεια του ώμου, κοντά στο συνδετικό σημείο της κλείδας. Παρόμοια με τα ΟΠΔ, ο υπολογιστής χρονομετρά τους ηλεκτρικούς παλμούς και παίρνει τις απαντήσεις από το κατάλληλο ηλεκτρόδιο που βρίσκονται στο κranίο. Επιπλέον καθορίζει τον ακριβή χρόνο που χρειάζεται το ερέθισμα για να φτάσει στον άλλο βραχίονα (εικόνα 2).



Εικόνα 3.2 Κεντρομόλος καταγραφή ΠΔ

Οι τεχνικές προστίθενται η μία πάνω στην άλλη αθροιστικά (averaging), για να διευκολύνουν την καταγραφή αυτών των μικρών δυναμικών. Στο άνω άκρο το ερέθισμα συνήθως εφαρμόζεται στο μέσο ή ωλένιο νεύρο, ενώ στο κάτω άκρο εφαρμόζεται συνήθως στο κνημιαίο νεύρο (εικόνα 3). Η διέγερση του μέσου νεύρου στο καρπό καταγράφει μια απάντηση στο βραχιόνιο πλέγμα σε περίπου 9 msec (N9), στο σφηνοειδή πυρήνα σε 12 msec (N12) και στο σωματοαισθητικό φλοιό σε 20 msec (N20). Τα φυσιολογικά ΣΠΔ, αποκαλύπτονται από τη διέγερση του μέσου νεύρου και καταγράφονται στο σημείο Erb (EP). Το σημείο του Erb μπορεί να υπολογίζει την απάντηση του περιφερικού συστήματος για να ελέγξει μεταβλητές όπως η ηλικία, η θερμοκρασία, η δύναμη των άκρων κ.τ.λ. Μπορεί επίσης να υπολογίσει τις λανθάνουσες καταστάσεις στο ΚΝΣ για να δώσει ένα κεντρικό χρονοδιάγραμμα της διαδικασίας (λανθάνων χρόνος). Ο λανθάνων χρόνος μετριέται από το σημείο του Erb μέχρι το N20 και συγκρίνεται με φυσιολογικές πληροφορίες (σχήμα 6).

SOMATOSENSORY EVOKED POTENTIAL RECORDS



Σχήμα 3.1 ΣΠΔ άνω άκρων με καταγραφή των αποκρίσεων στο σημείο Erb (EP) και στον εγκέφαλο (N14, N20)

3.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Τα θετικά και τα αρνητικά σημεία των ΠΔ έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο και ισχύουν και για τα ΣΠΔ. Έτσι σε αυτή την παράγραφο προστίθενται κάποια εξίσου σημαντικά στοιχεία που αντιπροσωπεύουν μόνο τα ΣΠΔ.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι τα ΣΠΔ καταγράφουν συνεχώς αισθητικά νευρολογικά μονοπάτια και κατά τη διάρκεια μιας επέμβασης. Έχει αποδειχθεί η αποτελεσματικότητά τους ιδιαίτερα στην καταγραφή των μονοπατιών της ραχιαίας επιφάνειας της ΣΣ. Αυτό μειώνει τον κίνδυνο πιθανής απόφραξης της κυκλοφορίας του αίματος ή ένας ασθενής βρίσκει τις αισθήσεις του πολύ πιο εύκολα μετά την διαδικασία.

Από την άλλη πλευρά, η χρήση των ΣΠΔ περιορίζεται επειδή ενώ τα ηλεκτρόδια είναι συνδεδεμένα με την λειτουργία της ΣΣ, δεν αναγνωρίζουν πιθανές αλλαγές στα νευρολογικά, κινητικά μονοπάτια. Υπήρξαν περιπτώσεις στις οποίες τα ΚΠΔ έδειξαν αλλαγές, ενώ τα ΣΠΔ παρέμειναν αμετάβλητα. Ωστόσο υπάρχει ένδειξη ότι οι καταγραφές μπορεί να διακόπτονται από τα αναισθητικά ή την πίεση του αίματος. Για το λόγο αυτό τα ΣΠΔ απαιτούν εκπαιδευμένο προσωπικό για την ορθή τους χρήση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΩΜΑΤΟΑΙΣΘΗΤΙΚΑ ΠΡΟΚΛΗΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΑ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

Τα ΣΠΔ, όπως προαναφέρθηκε, είναι μια διαγνωστική μέθοδος η οποία μας επιτρέπει να εντοπίζουμε βλάβες του ΚΝΣ και του ΠΝΣ. Η εφαρμογή τους είναι εύκολη και δεν προκαλεί πόνο ή δερματικούς ερεθισμούς στους ασθενείς. Η συμβολή τους στη φυσικοθεραπεία είναι αρκετά σημαντική, αφού ουσιαστικά είναι η αντικειμενική εκτίμηση της πορείας των ασθενών. Μέσα από την καταγραφή των ΣΠΔ μπορούμε να παρακολουθήσουμε την εξέλιξη της πορείας μιας πάθησης ή της υγείας των ασθενών. Βέβαια, μια τέτοια καταγραφή, εκτελείται σε ειδικά διαγνωστικά κέντρα και από προσωπικό που είναι ειδικά εκπαιδευμένο – φυσίατροι και νευρολόγοι.

Η εφαρμογή της χειρουργικής τεχνολογίας ξεκίνησε το 1970 και συνεχίστηκε για την θεραπεία σοβαρών σπονδυλικών δυσμορφιών. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη της ενδοχειρουργικής παρακολούθησης της ΣΣ με ορθοπεδικές σπονδυλικές εγχειρήσεις. Το 1972, ο Tamaki και συνεργάτες (2007) μετά από μια άμεση διέγερση με ΣΠΔ στην ΣΣ, ανακάλυψαν πόσο χρήσιμη είναι αυτή η μέθοδος και αποτέλεσαν το εναρκτήριο λάκτισμα για την εξέλιξη των ΠΔ σε αυτό τον τομέα. Ακολουθώντας τα βήματά τους, το 1980 η Merton και ο Morton διέγειραν μια εγκεφαλική περιοχή και κατάφεραν να παρακολουθήσουν το κινητικό μονοπάτι.

Τα τελευταία χρόνια, λόγω της μεγάλης ανάπτυξης του μηχανικού και του λογισμικού μέρους του Η/Υ, πραγματοποιήθηκαν ιδιαίτερες παρακολουθήσεις των κινητικών λειτουργιών. Επιπλέον, επειδή καμία μέθοδος από μόνη της δεν μπορεί να καλύψει επαρκώς τις πολύπλοκες λειτουργίες της ΣΣ, οι συνδυασμοί των διαθέσιμων τεχνολογιών θεωρούνται απαραίτητοι για την πρακτική και αποτελεσματική ενδοχειρουργική παρακολούθηση.

Ο Labrom και οι συνεργάτες το 2005 έκαναν μια αναδρομική μελέτη από 434 διαδοχικούς ασθενείς που υποβλήθηκαν σε χειρουργική διόρθωση της σκολίωσης, ενώ παρακολουθούνται για θεσιακή διαταραχή του βραχιόνιου πλέγματος. Ο στόχος είναι να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα της παρακολούθησης των σποραδικών σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών ωλένιου νεύρου (SSEP's) για την ανίχνευση ζημιάς του βραχιόνιου πλέγματος που προκλήθηκε από τη μη σωστή θέση του ασθενούς κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης σκολίωσης. Η συνεχής παρακολούθηση διεγχειρητικών SSEP για τη λειτουργία του νωτιαίου μυελού έχει επίσης αναφερθεί, και είναι ευρέως αποδεκτή ως το πρότυπο για τη χειρουργική διόρθωση της δυσμορφίας του νωτιαίου μυελού για να εντοπίζονται και να αποφεύγονται οι νευρολογικοί τραυματισμοί. Η χρήση των SSEP's για την παρακολούθηση της λειτουργίας διεγχειρητικών νεύρων ωλένης ως δείκτης λειτουργίας του βραχιόνιου πλέγματος γίνεται όλο και πιο αποδεκτή ως έγκυρη και χρήσιμη τεχνική για την ελαχιστοποίηση διεγχειρητικών τραυματισμών κατά τη διάρκεια της διόρθωσης νευρολογικής δυσμορφίας. Διεξήχθη μια αναθεώρηση για να εκτιμηθεί η επίδραση της παρακολούθησης SSEP ωλένιου νεύρου, ως μέτρο της λειτουργίας του βραχιόνιου πλέγματος, κατά τη διάρκεια της πρόσθιας, οπίσθιας, ή συνδυασμένη χειρουργικής προσέγγισης. Το είδος της σκολίωσης, το είδος της εγχείρησης και της τοποθέτησης, καθώς και των χειρουργικών συμβάντων σε σημειωμένη μείωση επέκτασης ,

συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, και επίσης ένα τεστ μαθητών πραγματοποιήθηκε για σημαντικές διαφορές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι συνολικά 27 ασθενείς είχαν μείωση επέκτασης ωλένιου νεύρου $> = 30\%$, με αποτέλεσμα ένα σημείο επιπολασμού 6,2% για θεσιακή διαταραχή του βραχιόνιου πλέγματος κατά τη διάρκεια της τοποθέτησης για όλες τις χειρουργικές επεμβάσεις σκολίωσης. Μια σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε μεταξύ των τύπων θέσης, με επιρροεείς λογιστική τοποθέτησης για ένα υψηλότερο ποσοστό διαταραχής του βραχιόνιου πλέγματος σε σχέση με προσέγγιση πρόσθιας τοποθέτησης ($P < 0,01$). Δεν υπάρχει στατιστική διαφορά ως προς το είδος της παρούσας σκολίωσης και της συχνότητας διαταραχής του βραχιόνιου πλέγματος ($P < 0,01$). Συμπερασματικά, η αποφυγή νευρολογικών τραυματισμών του βραχιόνιου πλέγματος κατά την επέμβαση σκολίωσης γίνεται με την έγκαιρη ανίχνευση με την παρακολούθηση των SSEPs του ωλένιου νεύρου.

Ο MacDonald και οι συνεργάτες έκαναν μια μελέτη με αντικείμενο την παρακολούθηση χειρουργικής επέμβασης σκολίωσης με συνδυασμό πολλαπλών παλμών διακρανιακής ηλεκτρικής κίνησης και του φλοιού των σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών από την άνω μέχρι τα κάτω άκρα. Έγινε λοιπόν μια αναδρομική μελέτη με στόχο να εκτιμηθεί η αξία, η ταχύτητα, και η ασφάλεια των συνδυασμένων διακρανιακών παλμών πολλαπλών ηλεκτροκινητήρων για τη διέγερση προκλητών δυναμικών και ο έλεγχος σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών κατά τη διάρκεια χειρουργικής επέμβασης σκολίωσης. Για τη μελέτη αυτή, 33 χειρουργικές επεμβάσεις σκολίωσης σε νευρολογικά κανονικούς ασθενείς υπό προποφόλη / φαιντανύλη αναισθησία παραλείποντας νευρομυϊκό αποκλεισμό που ελέγχθηκαν με τέσσερα άκρα πολλαπλών παλμών διακρανιακού ηλεκτροκινητήρα μυϊκής διέγερσης προκλητών δυναμικών και φλοιώδη σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά, και όχι ως κριτήρια επεκτασιμότητας, παράλληλα (ίδια κατεύθυνση) αλλαγή χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό συστημικής αλλοίωσης και μη παράλληλη (ένα ή δύο άκρων), επιδείνωση για τον εντοπισμό εστιακού νευρολογικού συμβιβασμού. Κλινική παρατήρηση και διεγχειρητική ηλεκτροεγκεφαλογραφία χρησιμοποιήθηκαν για να αξιολογηθούν οι ανεπιθύμητες ενέργειες. Τα αποτελέσματα έδειξαν στιγμιαία κινητικά προκλητά δυναμικά και γρήγορα αναπαραγωγίμα φλοιώδη σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά και προέβλεψαν συνολική ανατροφοδότηση κάθε 0,8 - 6,7 λεπτά (διάμεσος, 2,4 λεπτά) χωρίς δυσμενείς επιπτώσεις. Παράλληλες (συστηματικές) αλλαγές χωρίς συναγερούς ή έλλειμμα συμπεριλάμβαναν κινητικά προκλητά δυναμικά στο ξεθώριασμα ή προσωρινή απώλεια και σωματοαισθητικά προκλητά ποδιού, και δυναμικά πλάτης κάτω από το 50% της αρχικής, κατ'ανώτατο όριο, ή οι μέσες διεγχειρητικές τιμές σε 10% έως 37% των περιπτώσεων. Τρεις μη παράλληλες αλλαγές επήλθαν., 1) απότομα διμερείς σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά ποδιού κατά 20% σε μείωση κατά 30%, χωρίς αλλαγή κινητικών προκλητών δυναμικών κατά τη διάρκεια των οργάνων αυθόρμητης επίλυσης πάνω από 30 λεπτά, με παροδικά μετεγχειρητικά αισθητήρια συμπτώματα, 2) σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά του δεξιού χεριού και με μείωση κινητικών προκλητών δυναμικών κατά τη διάρκεια υπεραπαγωγής που αποκαταστάθηκαν μετά από επανατοποθέτηση, χωρίς έλλειμμα, 3) απότομη απώλεια διμερείς κινητικών προκλητών δυναμικών του ποδιού προηγείται κατά 30% έως 60%, μείωση σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών κατά τη διάρκεια ανάκαμψης αποκαθίσταται γρήγορα μετά την απελευθέρωση των οργάνων, χωρίς έλλειμμα. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι ότι σε ασθενείς με φυσιολογικά νευρολογικά επίπεδα, οι συνδυασμένες μέθοδοι είναι ασφαλής και γρήγορες, και θα

μπορούσαν να βελτιώσουν την ευαισθησία και την εξειδίκευση της παρακολούθησης της σκολίωσης. Έλεγχοι του χεριού διευκολύνουν τη διαφοροποίηση μεταξύ των συστημικών αλλαγών και των εστιακών νευρολογικών συμβιβασμών.

Το 2000 τελέστηκε μια έρευνα από τον Mugiore F και τους συνεργάτες με θέμα την Ανατομική καταγωγή του τραχήλου της μήτρας N13 δυνατοτήτων που προκλήθηκαν από διέγερση άνω άκρου . Υπάρχει ευρεία συναίνεση, με βάση τις συγκλίνουσες ενδείξεις, ότι N13 όταν καταγράφεται σε χαμηλότερα επίπεδα του τραχήλου της μήτρας έχει μια τμηματική μετασυναπτική προέλευση στην φαιά ουσία του καλωδίου του τραχήλου της μήτρας και ότι λόγω του προσανατολισμού του πεδίου του δίπολου, το CV6 πρόσθιο αυχενικό παραγωγικό θα πρέπει να χρησιμοποιείται όταν το διαγνωστικό πρόβλημα απαιτεί ότι αυτό το δυναμικό πρέπει να εκτιμηθεί επιλεκτικά από την άποψη της καθυστέρησης και εύρους. Η διαγνωστική χρησιμότητα της κάτω αυχενικής N13 εγγραφής στη διαφοροποίηση του ραχιαίου κέρατου και των βλαβών στα CV6-CV8 μεταμερή επίπεδα έχει επικυρωθεί σε όλα τα είδη των βλαβών του τραχήλου της μήτρας. Δυστυχώς, σαφή συμπεράσματα δεν ισχύουν για την καταγραφή του N13 δυναμικού στο ανώτερο επίπεδο της τραχήλου της μήτρας. Επί του παρόντος, αυτό το στοιχείο δεν θεωρείται ότι παρέχει αρκετά αξιόπιστες πληροφορίες, εκτός από τις καταγραφείσες P13-P14 του τριχωτού της κεφαλής, που πρέπει να χρησιμοποιείται συστηματικά για τη διάγνωση των κρανιοαυχενικών βλαβών.

Στην παρούσα μελέτη ,που έγινε από τον Kimura T.και τους συνεργάτες (2001) γίνεται αναφορά στην πηγή πρωτογενούς προβλητών φλοιώδη μαγνητικών πεδίων (N20m) που προκαλούνται από διεγερτικές κινήσεις του δείκτη του χεριού προς την κατεύθυνση κέντρο-πλευρικά στον τομέα 3b στον άνθρωπο. Αναλύεται η κυκλοφορία του αντίστοιχο σημερινού δίπολου (ECD) γύρω από την κορυφή της ανταπόκρισης N20m πρωτογενούς φλοιού που προκλήθηκε από τη διέγερση του δείκτη του χεριού . Σωματοαισθητικά προκλητά μαγνητικά πεδία με μέσο όρο 10.000 εποχών έχουν καταγραφεί πάνω από το χέρι ετερόπλευρα από την πλευρά διέγερσης. Σε οκτώ από τους 11 εθελοντές, ο εντοπισμός ενός ECD για N20m υπολογίστηκε διαδοχικά για τις περιόδους αιχμής 2.4ms γύρω N20m με καλή ακρίβεια (καλής προσαρμογής > 0,95, συσχετισμός > 0.95). Η αναλογία σήματος μέση προς θόρυβο του 46,8 αρκούσε για να εκτιμηθεί η κυκλοφορία ECD περίπου 1mm. Η ECD κινήθηκε προς την πρόσθια, πλάγια και μικρότερη κατεύθυνση και η μέση εκδρομή του ECD ήταν 8,4 mm. Αυτή η κατεύθυνση και η απόσταση του ECD κινήματος N20m στη μελέτη αυτή υπήρχαν παρόμοια στοιχεία με εκείνα των ερεθισμάτων των μέσω νευρών στον καρπό (Neurosci.Lett 280 (2000) 25). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η απόσταση του ECD κινήματος N20m είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος της προβαλλόμενης επιφάνειας και αντανακλούν μια διαδοχική ενεργοποίηση της πυραμιδικής μεσολάβησης κυττάρων στο σωματοαισθητικό φλοιό του εγκεφάλου από οριζόντιες συνδέσεις που φτάνουν μέχρι την φλοιώδη επιφάνεια.

Το 2004 ο Wang L και οι συνεργάτες ολοκλήρωσαν μια μελέτη με θέμα τις δυνατότητες του τριχωτού της κεφαλής στον τομέα του ανθρώπινου εγκεφάλου: χωρικές επιπτώσεις και χρονική σχέση στη διέγερση του δάχτυλου. Στην παρούσα μελέτη, η χωρική έκταση και οι προσωρινές χωρικές συσχετίσεις της ανθρώπινης αντίδρασης του εγκεφάλου διερευνήθηκαν από ηλεκτρική τόνωση του αντίχειρα (D1) και μικρό δάκτυλο (D5) υπό επώδυνα και μη επώδυνα επίπεδα έντασης .Υψηλής πυκνότητας (124-ch) σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά (SEPs)

καταγράφηκαν (-50 έως 450 ms) από 15 υγιείς άνδρες εθελοντές. Πρώιμες (0-50 ms), και τελικές φάσεις (150-450 ms) των απαντήσεων αναλύθηκαν. Στάδια αιχμής 33 ms, 42 ms, 210 ms, 328 ms για D1, και 33 ms, 44 ms, 240 ms, 350 ms για D5 είχαν απομονωθεί από μία συμπιεσμένη κυματομορφή, οι σχέσεις μέσα στις φάσεις και στα στάδια μελετήθηκαν χρησιμοποιώντας τοπογραφία, εστιακά μέγιστη επεκτασιμότητα (FA, ενιαία και κεντρική τοποθεσία σε 0,2 cm²) και μέγεθος περιοχής (AM, FA και επεκτασιμότητα των γειτονικών τεσσάρων σημείων σε μια περιοχή περίπου 9,9 cm² της περιοχής). Στην πρώιμη φάση, η απάντηση της FA σε 33ms ήταν σημαντικά υψηλότερη κατά την επώδυνη από ό, τι μη επώδυνη διέγερση και για τους δύο D1 και D5. Προς το τέλος της φάσης D1 (210 ms και 328 ms), και D5 (240 ms και 350 ms), οι χωρικοί τομείς της ενεργοποίησης ήταν σημαντικά διευρυμένοι από μη επώδυνη σε επώδυνη διέγερση. Όσον αφορά την προσωρινή χωρική σχέση, D1 σε 33ms της πρώιμης φάσης έδειξε σημαντική συσχέτιση μεταξύ της αρνητικής μέγιστη καταβόθρας και τη θετική μέγιστη πηγή, βάσει και των δύο μη επώδυνων και επώδυνων ερεθισμάτων. Για την τελική φάση, οι δυνατότητες AM σε N2 συσχετίζονται με εκείνη του P2 και για τις δύο D1 και D5 υπό επώδυνη διέγερση. Το συντονιστικό αποτελέσματα των αγώνων του ετερόπλευρου πρώιμου δυναμικού δείχνει ένα ρηχό δίπολο στον πρωτογενή τομέα των σωματοαισθητικών SI, ενώ η μεγάλη έκταση στο χώρο σε AM δείχνει ένα βαθύ δίπολο για τις πιθανολογούμενες ενεργοποιήσεις προσαγωγού υπό επώδυνη διέγερση. Το ότι δεν παρατηρήθηκε συσχετισμός μεταξύ πρώιμης και όψιμης δραστηριότητας αφήνει να εννοηθεί ότι οι δύο ενεργοποιήσεις λειτουργούν ανεξάρτητα κατά την πρώιμη SI και τελική φάση επεξεργασίας των προκλητών πόνου.

Το 2008 επιτεύχθηκε μια εξίσου σημαντική μελέτη από τον Nociti V και τους συνεργάτες με θέμα, τα σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά και τις επιδόσεις τους στην κίνηση των άνω άκρων στην σκλήρυνση κατά πλάκας. Σκοπός της παρούσας πολυκεντρικής μελέτης ήταν η αξιολόγηση της πολυδιάστατης σχέσης μεταξύ παραμέτρων σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών (SEP's), της προοπτικής του ασθενή και τα κλινικά μέτρα της βλάβης των άνω άκρων σε ασθενείς με σκλήρυνση κατά πλάκας (MS). Μελετήθηκαν διαδοχικά 39 ασθενείς με MS. Για μέσου νεύρου SEP's έχουν αποκτήσει τις αντιδράσεις N9, P14, N20 και N9-P14 και P14-N20 αφάνειες στην κυρίαρχη πλευρά. Χρησιμοποιήθηκε επίσης ένα επικυρωμένο με γνώμονα τον ασθενή ερωτηματολόγιο (Ειδικές Ανάγκες του Βραχίονα, ώμου και χέρι), καθώς και μια δοκιμασία ποσοτικοποίησης επιδεξιότητας. Τα συνοπτικά αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν έναν σημαντικό χρόνο για την ολοκλήρωση της δοκιμής ($p < 0,00006$) σε ασθενείς με μη φυσιολογικά SEP's. Ασθενείς με μη ανιχνεύσιμες N20 ή P14 αντιδράσεις ολοκλήρωσαν τη δοκιμή σε ένα σημαντικό μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ό, τι οι ασθενείς με ανιχνεύσιμες αντιδράσεις ($p < 0,0006$ και $p < 0,001$). Όσον αφορά την προοπτική των ασθενών (αξιολογήθηκε με το ερωτηματολόγιο) παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές σε ασθενείς με αντιδράσεις P14 ($p < 0,01$). Συμπερασματικά τα στοιχεία μας παρέχουν περαιτέρω χρήσιμες πληροφορίες για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων SEP's, που είναι μέσου νεύρου SEPs που σχετίζονται με την απόδοση των άνω άκρων σε ασθενείς με MS. Τα στοιχεία αυτά αυξάνουν τη σημασία των SEPs τόσο στην κλινική πρακτική όσο και σε πειραματικές μελέτες για την σκλήρυνση κατά πλάκας.

Ο Brooke και οι συνεργάτες (2000) διεξήγαγαν μια έρευνα, η οποία κατέγραψε την διαφοροποίηση των αντανάκλαστικών Hoffmann (H) των άνω άκρων και σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών μέσω της κίνησης. Στα ανθρώπινα

κάτω άκρα , τα μεγέθη των δύο Η αντανακλαστικών και των πρωτογενή σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών (SEPs) από ηλεκτρόδια κεφαλής, μειώνονται κατά την ενεργή και / ή παθητική κίνηση. Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζονται και στα άνω άκρα και ειδικότερα υποθέσαμε ότι η επέκταση του μέσου νεύρου, στον κερκιδικό καμπτήρα της άκρας χείρας που προκαλούνται αντανακλαστικά Η και τα φλοιώδη SEPs μειώνονται με παθητική κίνηση από τον καρπό και κάτω. Τα αποτελέσματα έδειξαν ($P < 0,05$) ότι είτε η κυκλοφορία εξασθένησε σημαντικά στα μεσαίων μεγέθη SEPs που προκλήθηκαν από τη διέγερση του αγκώνα ή του καρπού και το αντανακλαστικό μεγεθών εξασθένησε με την κίνηση του καρπού. Έτσι, το άνω άκρο δείχνει παρόμοια κίνηση που προκαλείται από τη διαφοροποίηση του κάτω άκρου. Αυτές οι διαλείψεις της ταχείας διεξαγωγής μονοπατιών (των??) αισθήσεων έχουν συνεπεία στη κίνηση αυτή καθ'αυτή, που μπορεί να είναι ένα βασικό επίπεδο ελέγχου της κίνησης. Μετά από αυτό το βασικό επίπεδο, πιο πολύπλοκες διαμορφώσεις μπορούν τότε να καθορίζονται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ενεργών εργασιών της κίνησης.

Ο Hilde. Feys και οι συνεργάτες (2005) , ερεύνησαν την αποτελεσματικότητα των σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών στην πρόβλεψη της αποκατάστασης του βραχίονα μετά από stroke. Σκοπός της μελέτης αυτής η πρόβλεψη της ανάκτησης του βραχίονα σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο που βασίζεται γενικά στην κλινική εξέταση. Ωστόσο, νευροφυσιολογικά μέτρα μπορούν να έχουν προγνωστική αξία. Η παρούσα μελέτη έγινε για να εκτιμηθεί ο ρόλος των σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών στην πρόβλεψη ανάκτησης του βραχίονα και να διαπιστωθεί αν στα μέτρα αυτά προστίθενται περαιτέρω στοιχεία για την πρόβλεψη που έχει αποκτηθεί από την κλινική εξέταση . Για την εξέταση συγκεντρώθηκαν 64 ασθενείς που είχαν πάθει εγκεφαλικό επεισόδιο και παρουσίασαν κινητικά ελλείμματα του βραχίονα και εξετάστηκαν από την πάσχουσα πλευρά σε 3 κλινικές μεταβλητές (κινητική απόδοση , μυικό τόνο ,και η συνολική αναπηρία). Οι κλινικές και νευροφυσιολογικές εξετάσεις είχαν γίνει κατά την έναρξη της μελέτης (2 έως 5 εβδομάδες μετατραυματικά), και σε περίπου 2 μήνες μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο. Περαιτέρω κλινική παρακολούθηση πραγματοποιήθηκε 6 και 12 μήνες μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα νευροφυσιολογικά μέτρα κατά την οξεία φάση ήταν ελάχιστα χρήσιμα μόνο στην ανάκτηση κινητήρα του βραχίονα σε 2, 6, και 12 μήνες μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο. Σε 2 μήνες, η απουσία των προκλητών δυναμικών ανέφεραν πολύ κακή έκβαση. Η πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης έδειξε ότι τα σωματοαισθητικά προκλητά σε συνδυασμό με την κλινική εξέταση αύξησαν τη δυνατότητα πρόβλεψης αποκατάστασης βραχίονα σε μακροπρόθεσμη βάση. Στην οξεία φάση, ο συνδυασμός των εξωτερικών κινητικών βοηθημάτων και των σωματοαισθητικών προκλητών ήταν καλύτερα σε θέση να προβλέψουν τα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα μακράς διάρκειας, σύμφωνα με τις μεταβλητές που λήφθηκαν σε 2 μήνες, είχαν προβλεφθεί καλύτερα με την ενσωμάτωση των τριών κλινικών μέτρων. Συμπερασματικά τα αποτελέσματα των νευροφυσιολογικών μέτρων και μόνο έχουν περιορισμένη αξία στην πρόβλεψη μακράς διάρκειας. Ωστόσο, η ακρίβεια έχει βελτιωθεί σημαντικά με τη συνδυασμένη χρήση των δύο αυτών μέτρων

Το 2002 πραγματοποιήθηκε μια έρευνα από τον Slater και τους συνεργάτες του με στόχο την εκτίμηση της αξία των σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών για τη λειτουργική αποκατάσταση των άνω άκρων σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο και για την πρόβλεψη της ανάκτησης των άνω άκρων αλλά και να καθοριστεί αν κάποιο από αυτά μπορεί να προβλέψει τη σοβαρότητα του ελλείμματος, ώστε να μπορεί να καταγραφεί το μέγεθος του εγκεφαλικού επεισοδίου. Η πρόβλεψη ανάκτησης στο άνω άκρο των ασθενών με εγκεφαλικό επεισόδιο βασίζεται γενικά στην κλινική εξέταση. Ωστόσο, νευροφυσιολογικά μέτρα μπορούν να έχουν προγνωστική αξία. Για τις μετρήσεις συγκεντρώθηκαν 22 ασθενείς που είχαν προσβληθεί για πρώτη φορά από εγκεφαλικό επεισόδιο και παρουσίασαν κινητικά ελλείμματα στο βραχίονα όπου εξετάστηκαν από 3 κλινικές μεταβλητές (κινητική απόδοση, το μυϊκό τόνο, και η συνολική αναπηρία). Στην Medical Research Council [MRC] κλίμακα και Barthel(δείκτης αποτελεσμάτων) έγιναν κάποιες νευροφυσιολογικές και κλινικές εξετάσεις κατά την έναρξη της μελέτης (πρώτη εβδομάδα) και 3 μήνες μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο μέσος όρος δείκτης Barthel ήταν σημαντικά υψηλότερος μετά από 3 μήνες από την πρώτη εβδομάδα, ενώ χαμηλότερος σε σύγκριση με κενοτοπιώδες έμφρακτο (lacunar) εγκεφαλικό επεισόδιο, τόσο κατά την πρώτη εβδομάδα όσο και μετά από 3 μήνες από το εγκεφαλικό επεισόδιο. Σημαντικά παρατεταμένη N (20) λανθάνουσα, χαμηλής αιχμής-να-πλάτους αιχμής (PPA), και χαμηλή αναλογία πλάτους βρέθηκαν σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο σε σύγκριση με άτομα ελέγχου. Καμιά από τις νευρολογικές παραμέτρους δεν ήταν διαφορετικές σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο μεταξύ της πρώτης εβδομάδας και του τρίτου μήνα. Το σκορ στην MRC ήταν συσχετίζονται καλά με την έκβαση MRC και Barthel(δείκτης αποτελεσμάτων) μετά από 3 μήνες. N (20) λανθάνουσα συσχετίζεται με την έκβαση MRC φιλοξενούμενων, αλλά δεν με τα αποτελέσματα του δείκτη αποτέλεσμα Barthel. Είναι ενδιαφέρον, το N (20) λανθάνουσα ήταν σημαντικά διαφορετική σε κενοτοπιώδες έμφρακτο (lacunar) εγκεφαλικό επεισόδιο. Το συμπέρασμα της έρευνας που προέκυψε έδειξε ότι η δύναμη των μυών (Μέσος MRC) είναι ο κύριος προάγγελος σε ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο. PPA είναι το κύριο συστατικό SSEPs με υψηλή προγνωστική αξία σε εγκεφαλικό επεισόδιο. Η SSEPs N (20) λανθάνουσα κατάσταση μπορεί να προβλέψει (έστω και κατά προσέγγιση) το μέγεθος του εγκεφαλικού του μυοκαρδίου.

Πραγματοποιήθηκε μια άλλη έρευνα από τον Hirata και τους συνεργάτες(2004) που στηρίχτηκε στις σχέσεις μεταξύ διάμεσου νεύρο σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών και τα επίπεδα της ζημίας του νωτιαίου μυελού σε ασθενείς με τετραπληγία. Στόχοι αυτής της έρευνας είναι να παρατηρήσουν εάν υπάρχει σχέση μεταξύ του επιπέδου της ζημίας από τον Νωτιαίο Μυελό μέσω σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών(SSEP) από ηχογραφήσεις του μέσου νεύρου σε ασθενείς με τετραπληγία. Η αποκατάστασης έγινε σε εξωτερικά Ιατρεία στο πανεπιστημιακό νοσοκομείο στη Βραζιλία. Στην έρευνα αυτή πήραν μέρος δεκατέσσερα άτομα με τετραπληγία και 8 υγιή άτομα αξιολογήθηκαν. Ηλεκτροφυσιολογική εκτίμηση του μέσου νεύρου πραγματοποιήθηκε από προκλητά δυναμικά. Το επίπεδο της ζημίας που προέκυψε N (9), N (13),N (20) αναλύθηκε με βάση την παρουσία ή την απουσία απαντήσεων. Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των απαντήσεων αυτών ήταν η καθυστέρηση και το πλάτος. Τα αποτελέσματα ήταν N (9) απαντήσεις όπου βρέθηκαν σε όλους τους ασθενείς με τετραπληγία, N (13) απαντήσεις δεν βρέθηκαν ασθενείς με τετραπληγία, N (20) απαντήσεις δεν βρέθηκαν σε ασθενείς με τετραπληγία C5,

αλλά ήταν παρούσα στο C6 και C7. Το διάστημα ερεθισμού αντίδρασης τους ήταν παρόμοιος με υγιή άτομα ($P > 0,05$), αλλά τα πλάτη μειώθηκαν ($P < 0,05$). Συμπερασματικά αυτή η μελέτη δείχνει ότι οι απαντήσεις των σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών (SSEP) εξαρτώνται από το επίπεδο της ζημίας, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα άτομα με C6 και C7 επίπεδα της ζημίας, τόσο πλήρεις και ημιτελείς, παρουσίασε SSEP εγγραφών στην φλοιώδη περιοχή. Έδειξε επίσης μία σχέση μεταξύ του επιπέδου των ΚΝΜ αξιολογούνται από την Ασία και το μέσο νεύρο απαντήσεις SSEP, μέσω της λανθάνουσας και ηχογραφήσεις πλάτος

Ο Celnik P και οι συνεργάτες την ίδια χρονιά (2004) ,ερεύνησαν τη λειτουργικότητα των καθηκόντων, στο άνω άκρο σε ασθενείς με χρόνια εγκεφαλικό επεισόδιο. Ο στόχος της έρευνας είναι ότι η σωματοαισθητική διέγερση θα ενισχύσει τα αποτελέσματα της κατάρτισης λειτουργικών καθηκόντων στο άνω άκρο αμέσως μετά την πράξη, και 1 ημέρα αργότερα σε ασθενείς με χρόνια υποφλοιώδες έμφρακτο (subcortical) εγκεφαλικό επεισόδιο. Ο σχεδιασμός θα γίνει με τυφλή και τυχαιοποιημένη μελέτη. Συμμετέχουν ασθενείς με χρόνια εγκεφαλικό επεισόδιο. ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ : Τρεις ξεχωριστές συνεδρίες της κατάρτισης με κινητήρα του οποίου προηγείται σε (1) σύγχρονη διέγερση περιφερικού νεύρου,(2) χωρίς διέγερση, ή (3) ασύγχρονη διέγερση περιφερικού νεύρου. Οι κύριες μετρήσεις είναι η Jepsen-Taylor Χέρι Function Test (ώρα JTHFT) και υπερδιέγερση corticomotor δοκιμαστεί με διακρανιακή μαγνητική διέγερση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά από την πρακτική εξοικείωση, κατά την οποία όλοι οι ασθενείς φτάνουν σε ένα επίπεδο επιδόσεων, όπου μειώθηκε η διέγερση περιφερικού νεύρου και JTHFT χρόνο κατά 10% μετά την μετά-οροπέδιο εξοικείωση. Αυτή η συμπεριφορά συνοδεύτηκε από μια συγκεκριμένη μείωση του μεσολάβητη γ-αμινοβουτυρικού οξέος και ενδοκαρδιακή αναστολή στον κινητήρα του εγκεφαλικού φλοιού. Αυτά τα ευρήματα δεν παρατηρήθηκαν μετά από παρόμοια πρακτική υπό την επιρροή της, χωρίς διέγερση ή ασύγχρονη διέγερση περιφερικού νεύρου. Συμπερασματικά η σωματοαισθητική διέγερση μπορεί να ενισχύσει την κατάρτιση των λειτουργικών καθηκόντων στο χέρι, σε ασθενείς με χρόνια αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο.

Ο Park BK και οι συνεργάτες (2003),κατέγραψαν απαντήσεις μέσω σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών του μέσου νεύρου και τη κινητική λειτουργία των άνω άκρων στην ημιπάρεση . Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να περιγράψει τη σχέση μεταξύ των παραμέτρων για το μέσο νεύρο και τα κλινικά μέτρα για κινητική αναπηρία και σωματική αναπηρία στα άνω άκρα που έχει παρουσιαστεί σε ασθενείς με ημιπάρεση. SEP αξιολογήσεις διενεργήθηκαν σε 28 μακροχρόνια επιζώντες εγκεφαλικού επεισοδίου. Σε όλο τον κόσμο επιζώντες εγκεφαλικού επεισοδίου με διατηρημένα SEPs εμφάνισαν σημαντικά χαμηλότερη κινητική και σωματική αναπηρία από αυτούς με απόντες κυματομορφές. Ανάμεσα αυτών με διατηρημένες κυματομορφές, το SEP πλάτος παρουσίασε μια αδύναμη συσχέτιση με σημαντικό βαθμό κινητικής αναπηρίας στα άνω άκρα. Η συσχέτιση μεταξύ του πλάτους της SEP και σωματικής αναπηρίας δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Σε αντίθεση με προηγούμενες εκθέσεις, μέσου νεύρου SEP φαίνεται να έχει μια αδύναμη συσχέτιση με τα κλινικά μέτρα για την λειτουργία των άνω άκρων σε ημιπάρεση.

Την ίδια χρονιά (2003)ο Waberski TD και οι συνεργάτες μελέτησαν την άμεση αναδιοργάνωση του φλοιού μετά από τοπική αναισθησία του αντίχειρα: εντοπισμός πηγής σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών στον άνθρωπο .Παρατηρήθηκαν ψυχοσωματικές αλλαγές μετά την αναισθησία του αντίχειρα και δημιουργήθηκε το ερώτημα εάν τα λειτουργικά σύνορα μεταξύ του αντίχειρα και του δείκτη είναι

λειτουργικός διακριτά. Παρουσιάστηκε μια μελέτη εντοπισμού πηγής, με αντίστοιχη δίπολη μοντελοποίηση σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών (SEPs) μετά από μηχανική διέγερση της γροθιάς, του δεύτερου και τρίτου ψηφίου πριν και κατά τη διάρκεια της αναισθησίας του αντίχειρα. Η πηγή ανασυγκρότησης βασίστηκε σε 96 SEP καταγραφές. Κατά τη διάρκεια της αναισθησίας του αντίχειρα η απόσταση μεταξύ του φλοιού αναπαράστασης του αντίχειρα και του δεύτερου και τρίτου ψηφίου αμέσως μειώθηκε. Αυτό δείχνει μια μετατόπιση του φλοιού αναπαράστασης του δεύτερου και του τρίτου ψηφίου προς τη περιοχή της αναισθησίας του αντίχειρα. Έτσι, σε αυτό το συγκεκριμένο έργο, τα σημερινά αποτελέσματα δεν επιβεβαιώνουν την υπόθεση λειτουργικών συνόρων του φλοιού εκπροσώπησης μεταξύ του αντίχειρα και του δείκτη.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει μια πρόσφατη μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Shea KG και τους συνεργάτες(2010) που αναφέρετε στις δυσμορφίες του βραχιόνιου πλέγματος και στη διαδικασία Woodward για τη διόρθωση της παραμόρφωσης του Sprengel .Η δυσμορφία του Sprengel είναι η πιο συχνή κληρονομική δυσμορφία του ώμου. Μια γνωστή επιπλοκή της διόρθωσης της δυσμορφίας είναι η παράλυση του βραχιόνιου πλέγματος. Σε αυτή τη μελέτη χρησιμοποιήθηκε παρακολούθηση σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών (SSEP) κατά τη διάρκεια της διόρθωσης της δυσμορφίας του Sprengel και προσδιορίστηκε ένας πρώιμος τραυματισμός του βραχιόνιου πλέγματος . Η εγχείρηση αυτή τροποποιήθηκε, και έτσι απεφεύχθη η μόνιμη ζημία νεύρων. Συνιστάτε να χρησιμοποιείται η παρακολούθηση των SSEP κατά της διαδικασίας διόρθωσης της παραμόρφωσης του Sprengel.

Το 2006 ο Kamel IR και οι συνεργάτες ερεύνησαν τη χρήση των σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών για να καθοριστεί η σχέση μεταξύ θέσης του ασθενούς και επικείμενη ζημία νεύρων των άνω άκρων κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης στη σπονδυλική στήλη: μια αναδρομική ανάλυση.Η παρακολούθηση των σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών (SSEP) χρησιμοποιείται για την πρόληψη της βλάβης των νεύρων κατά τη διάρκεια της χειρουργικής διαδικασίας της σπονδυλικής στήλης και την ανίχνευση μεταβολών στη λειτουργία νεύρων άνω άκρου. Ενώ αλλαγές στην αγωγιμότητα των άκρων SSEP μπορούν να προκαλέσουν επικείμενη ζημία νεύρων. Μελετήθηκε η επίδραση της λειτουργικής τοποθέτησης των νεύρων των άνω άκρων αναδρομικά σε 1000 διαδοχικές χειρουργικές επεμβάσεις στη σπονδυλική στήλη όπου έγινε χρήση των SSEP. Η συντριπτική πλειονότητα (92%) αλλαγών των άνω άκρων SSEP επιφυλάχθηκε τροποποιώντας τη θέση του βραχίονα και ως εκ τούτου κατατάσσονται ως σχετιζόμενες με θέση. Η συχνότητα εμφάνισης της θέσης που σχετίζονται με αλλαγές των άνω άκρων SSEP υπολογίσθηκαν και συγκρίθηκαν για πέντε διαφορετικές χειρουργικές θέσεις: ύπτια χέρια έξω, ύπτια χέρια μέσα, πλάγια θέση, επιρρεπής χέρια μέσα και η επιρρεπής «Σούπερμαν» θέση. Η συνολική επίπτωση της θέσης που σχετίζεται με αλλαγές άνω άκρων SSEP ήταν 6,1%. Η πλάγια θέση (7,5%) και η επιρρεπής «Σούπερμαν» θέση (7,0%) είχαν σημαντικά πιο συχνή επίπτωση της θέσης που σχετίζεται με αλλαγές άνω άκρων SSEP ($P < 0,0001$, Z-test) σε σύγκριση με τις άλλες θέσεις (1,8% -3,2 %). Κανένας ασθενής με περιστρεφόμενη αλλαγή SSEP δεν ανέπτυξε ένα νέο μετεγχειρητικό έλλειμμα στα επηρεασμένα άκρα. SSEP παρακολούθηση είναι σημαντική για τον προσδιορισμό περιφερική νευρική βλάβης των άνω άκρων.

Οι μελέτες που πραγματοποίησαν ο Al-Rawi MA και οι συνεργάτες (2009) τόνισαν την αξία των σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών, προς τη λειτουργική αποκατάσταση των άνω άκρων σε ασθενείς με αγγειακό εγκεφαλικό

επεισόδιο .Σκοπός των ερευνών ήταν η αναγνώριση της αξία των σωματοαισθητικών προκλητών δυναμικών (SSEPs) στην πρόβλεψη ανάκτησης της κίνησης των άνω άκρων και να διαπιστωθεί αν κάποιο από τα συστατικά SSEPs μπορεί να προβλέψει τη σοβαρότητα του ελλείμματος, έτσι ώστε να μπορεί να καταγραφεί το μέγεθος του εγκεφαλικού επεισοδίου. Συνολικά, 22 ασθενείς, οι οποίοι έπαθαν εγκεφαλικό επεισόδιο για πρώτη φορά και παρουσίαζαν εμφανές έλλειμμα κίνησης του βραχίονα, εξετάστηκαν σε σχέση με 3 κλινικές μεταβλητές (απόδοση κίνησης, τον μυϊκό τόνο, και η συνολική αναπηρία) και για SSEPs. Κλινικές (Medical Research Council (MRC) κλίμακας και Barthel αποτελέσματα) και νευροφυσιολογικές εξετάσεις έγιναν κατά την έναρξη της μελέτης (πρώτη εβδομάδα μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο) και 3 μήνες μετά το εγκεφαλικό επεισόδιο .Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν σημαντική χαμηλή βαθμολογία(κλίμακα MRC) την πρώτη εβδομάδα έναντι μετά από 3 μήνες από κενοτοπιώδες έμφρακτο (lacunar) εγκεφαλικό επεισόδιο και σε ασθενείς με μεγάλο αγγείου σε σχέση με εγκεφαλικό επεισόδιο τόσο κατά την πρώτη εβδομάδα και μετά από 3 μήνες. Ο μέσος όρος δείκτης Barthel ήταν σημαντικά υψηλότερος μετά από 3 μήνες σε σχέση με την πρώτη εβδομάδα, ενώ ήταν σημαντικά χαμηλότερος σε υποφλοιώδες έμφρακτο (subcortical) εγκεφαλικό επεισόδιο, σε σύγκριση με κενοτοπιώδες έμφρακτο (lacunar) εγκεφαλικό επεισόδιο. Σημαντικά μεγαλύτερη N (20) αφάνεια, χαμηλή από κορυφή σε κορυφή επέκταση (PPA), και η χαμηλή αναλογία επέκτασης βρέθηκαν σε ασθενείς με αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, σε σύγκριση με τα ελεγχόμενα άτομα. Καμία από τις νευροφυσιολογικές παραμέτρους δεν ήταν διαφορετικές σε ασθενείς με αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο μεταξύ της πρώτης εβδομάδας και τρίτο μήνα. Η βαθμολογία MRC και PPA συσχετίστηκαν επίσης με το αποτέλεσμα MRC και Barthel αποτελέσματα μετά από 3 μήνες. Είναι ενδιαφέρον ότι η N (20) λανθάνουσα ήταν σημαντικά διαφορετική σε κενοτοπιώδες έμφρακτο (lacunar) εγκεφαλικό επεισόδιο από υποφλοιώδες έμφρακτο (subcortical) εγκεφαλικό επεισόδιο . Το συμπέρασμα που απορρέει από αυτή την έρευνα είναι ότι η μυϊκή δύναμη (MRC σκορ) αποτελεί το βασικό παράγοντα πρόβλεψης σε ασθενείς με αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο. Η SSEPs N (20) λανθάνουσα μπορεί να προβλέψει (ακόμη και κατά προσέγγιση) το μέγεθος του εγκεφαλικού εμφράγματος

Κλείνοντας το κεφάλαιο αυτό, και από τις έρευνες που αναφέρθηκαν παραπάνω, διαπιστώνουμε ότι τα ΣΠΔ είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στο χώρο της νευρολογίας καθώς και κατά τη διάρκεια νευροχειρουργικών επεμβάσεων του νωτιαίου μυελού ή και ορθοπεδικών επεμβάσεων, ώστε να αναγνωριστούν έγκαιρα και να αποφευχθούν μόνιμες βλάβες κατά την διάρκεια της επέμβασης.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗ

5.1.α. Ιδιότητες θορύβου και κατάσταση του εξεταζόμενου

Ο βιοηλεκτρικός θόρυβος μπορεί να επιδράσει στην δυνατότητα μέτρησης, τον χρόνο της εξέτασης, στην ακρίβεια και τον προσδιορισμό των παραμέτρων. Για τα ΣΠΔ που καταγράφονται στην κορυφή του κεφαλιού το κύριο πρόβλημα είναι η ηλεκτρομυϊκή δραστηριότητα της οποίας η ενέργεια είναι κυρίως μεταξύ των 50 και 250 Hz κάτι που μπορεί ισχυρά να επικαλύψει το φάσμα καταγραφής των ΣΠΔ των πρώτων msec. Το πρόβλημα αυτό για να αντιμετωπιστεί απαιτεί και την συνεργασία του εξεταζόμενου κάτι που και να συμβαίνει μπορεί να διατηρεί τον θόρυβο υψηλό αποκλείοντας την εξέταση. Συχνά έτσι καταφεύγει κανείς και στην γενική αναισθησία αφού και στον φυσιολογικό ύπνο ο θόρυβος τέτοιου είδους παραμένει. Ο ύπνος και η αναισθησία δεν επηρεάζουν τα ΣΠΔ. .

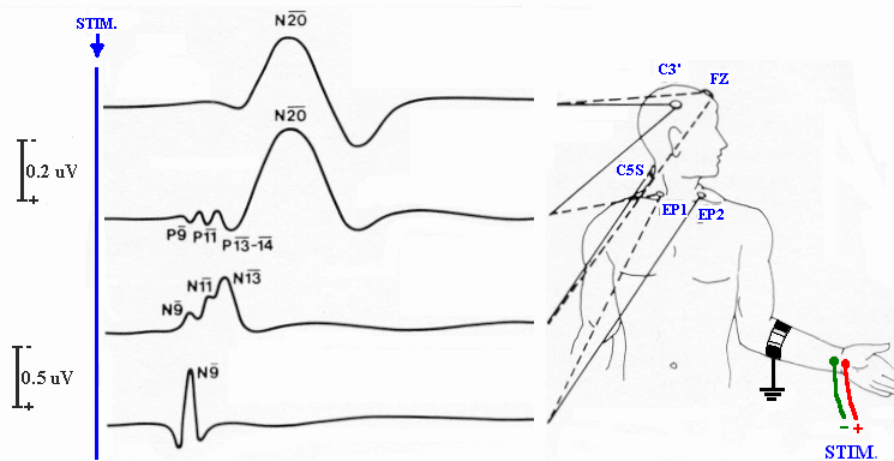
Τα Υ.Ε.ΣΠΔ δυναμικά επηρεάζονται λιγότερο από τον παραπάνω θόρυβο, αφού το φάσμα τους είναι μεταξύ του 1 και των 15 Hz. Εδώ έτσι παραμένει μόνο ο θόρυβος από τα προβλήματα επαφής των ηλεκτροδίων που προκαλούν χαμηλής συχνότητας θόρυβο. Έντονο πρόβλημα μπορεί να παρουσιαστεί όμως από τους ρυθμούς του Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (8-13 Hz), που μπορεί να εισέλθουν στην καταγραφόμενη απόκριση. Δραστική μείωση σε ανεκτά όρια επιτυγχάνεται με την οπτική προσοχή του εξεταζόμενου η οποία συμπιέζει τους ρυθμούς αυτούς. Η επίδραση του ύπνου και της αναισθησίας εδώ κάνει τα δυναμικά αυτά μη αποδεκτά σε ευρεία κλίμακα. Η προσοχή επιδρά ευεργετικά στα φλοιϊκά ΣΠΔ αλλά όχι στα στελεχιαία αυξάνοντας τα πλάτη των δυναμικών. Αυτό συμβαίνει γιατί τα δυναμικά αυτά δεν είναι πλήρως εξωγενή αλλά εξαρτώνται κατά πολύ από την κατάσταση του εξεταζόμενου.

5.1.β. Ηλικία

Η ηλικία αλλά και το φύλο έχει παρατηρηθεί να προκαλούν μεταβολές στις παραμέτρους των ΣΠΔ μόνο. Αυτό συμβαίνει γιατί:

1. Παράγονται αρκετά ψηλά στη νευρική οδό για να εκφράσουν νευρολογικές διαφορές,
2. Είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε λεπτές μεταβολές όγκου και εξέλιξης αξιοσημείωτων νευρικών γεγονότων και
3. Σε πιο κεντρικές περιοχές εμφανίζονται κυρίως εσωτερικές μεταβολές (υψηλών νοητικών διαδικασιών) από ότι στα ΣΠΔ.

Η επίδραση της ηλικίας μπορεί να χωριστεί σε αποτελέσματα ωρίμανσης σε μικρά παιδιά και εκφύλισης σε ηλικιωμένους. Εκτεταμένα δεδομένα τέτοιων αλλοιώσεων συμβαίνουν μέχρι την ηλικία των 2 ετών με επίδραση στην μορφολογία, το πλάτος και τον χρόνο. Πιθανολογείται ότι αποτελούν μακροσκοπικές εικόνες εξέλιξης όπως η σταδιακή εμμύελωση των κεντρικών νευρικών οδών και η εξέλιξη λειτουργίας του ΚΝΣ. Οι αποκρίσεις του στελέχους είναι πιο αργές στα μικρά παιδιά από ότι στα νεογέννητα. Στους εξεταζόμενους μεγάλης ηλικίας υπάρχει μια αύξηση του λανθάνοντος χρόνου λόγω των εκφυλίσεων που λαμβάνουν χώρα, αλλά πρέπει να δίνεται πάντα προσοχή ακόμη και στην επίδραση της συχνής ημιπληγίας στις ηλικίες αυτές.



Εικόνα 5.1 Διαδικασία καταγραφής των Σωματοαισθητικών Προκλητών Δυναμικών

5.1.γ. Φύλο

Οι επιδράσεις του φύλου αναφέρονται συχνά στα κύματα N1 και N2 αλλά και στις διακυματικές διαφορές. Είναι μάλιστα μεγαλύτερες των 0,2 msec. Οι αιτίες δεν είναι σαφείς αλλά οι ερμηνείες που δίνονται έχουν σχέση με νευρολογικές διαφορές όπως το μήκος των οδών, τη διάμετρο των νευρών, τον αριθμό και την οργάνωσή τους. Οι διαφορές αυτές είναι συχνά μικρές μα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν στην νευρολογική χρήση κυρίως των ΣΠΔ για την αποφυγή σφαλμάτων. Τα στοιχεία για τα φλοιϊκά ΣΠΔ είναι ελλιπή στον τομέα αυτό χωρίς αυτό φυσικά να σημαίνει ότι και εδώ δεν μπορεί να υπάρχουν διαφορές.

5.1.δ. Θερμοκρασία

Τα αργά κυρίως κύματα επηρεάζονται από τις υψηλές κυρίως θερμοκρασίες ενώ οι χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν παράταση στους λανθάνοντες χρόνους. Μεγάλη σημασία έχει το γεγονός αυτό στα νεογέννητα, σε ασθενείς σε κώμα ή με τοξική επίδραση και κατά τη διάρκεια νευροχειρουργικής παρακολούθησης. Στη κλινική ρουτίνα προβλήματα αποκλίσεων λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας είναι μάλλον σπάνια.

5.1.ε. Μορφομετρικές διαφορές

Από ιδιαίτερα πρόσφατες μελέτες έχει εκτιμηθεί όπως και σε όλα τα ΠΔ ότι οι ανθρωπομετρικές διαφορές (δηλαδή οι ανατομικές διαφορές πχ το ύψος, το μέγεθος του κεφαλιού κλπ) μεταξύ των διαφόρων εξεταζομένων επιφέρουν διασπορά στις παραμέτρους των ΣΠΔ. Το μέγεθος – κλειδί εδώ είναι η ακτίνα του κεφαλιού η οποία είναι ανάλογη και με εσωτερικές διαφορές στα μήκη των νευρικών οδών. Αρχικά στις διαφορές αυτές αποδόθηκαν και οι παραπάνω επιδράσεις του φύλου. Όμως κατάλληλες έρευνες με τη βοήθεια ακτινοδιαγνωστικών μεθόδων, έχουν αναδείξει την ακτίνα του κεφαλιού ανάλογη του μήκους του στελέχους και γενικά της οδού να επιδρά στη μετατόπιση των λανθάνοντων χρόνων προς μεγαλύτερες τιμές, αφού είχαν αποκλειστεί κατάλληλα διαφορές λόγω φύλου. Η εκτίμηση των αποκλίσεων αυτών είναι πολύ σοβαρή στην περίπτωση που εξετάζονται μικρά παιδιά των οποίων τα μορφομετρικά μεγέθη κατέχουν την πρώτη θέση μεταξύ των υπολοίπων παραγόντων διασποράς στον φυσιολογικό πληθυσμό.

5.1.στ. Νευρολογικές ανωμαλίες

Πριν γίνει κάθε καταγραφή πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι όταν ο κλινικός στόχος είναι η νευρική αγωγή, νευρολογικοί παράγοντες μπορεί να δράσουν σαν πηγές σύγχυσης και διασποράς και αντιστρόφως, όταν ο στόχος είναι ο νευρολογικός έλεγχος, απώλεια στην αισθητικότητα μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ερμηνείας και εκτίμησης των παραμέτρων. Έτσι είναι απαραίτητη η συνεχής επαγρύπνηση με στόχο τον έλεγχο και την συνεκτίμηση όλων των παραγόντων αποκλίσεων των παραμέτρων.

5.2 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΦΥΓΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΑΠΟ ΤΕΧΝΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

A. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ

Όλοι οι παραπάνω τεχνικοί παράγοντες οι οποίοι επιδρούν στην καταγραφή των ΣΠΔ προκαλούν, όπως ήδη τονίστηκε, διασπορά στις τιμές των παραμέτρων ανάμεσα στον φυσιολογικό πληθυσμό. Έτσι, η τυπική απόκλιση από την μέση φυσιολογική τιμή κάθε παραμέτρου είναι σχετικά μεγάλη με αποτέλεσμα η ευαισθησία της μεθόδου να είναι μικρή. Αυτό συμβαίνει γιατί παθολογίες που πιθανόν να προκαλούν αποκλίσεις δεν είναι δυνατόν να ανιχνευτούν μιας και η απόκλιση των φυσιολογικών τιμών θα τις υπερκαλύπτει. Το αυστηρό πρωτόκολλο είναι η πιο ουσιαστική δυνατότητα περιορισμού των τεχνικών παραγόντων διασποράς. Πιο ειδικά, ορίζεται από την αρχή της διαδικασίας των καταγραφών των ΣΠΔ η θέση των ηλεκτροδίων, το είδος της διέγερσης, οι παράμετροι διέγερσης, οι παράμετροι καταγραφής, ο αριθμός καταγραφών, η κατάσταση εξεταζομένου, ένα όσο το δυνατόν χαμηλότερο όριο στην αντίσταση των ηλεκτροδίων με το δέρμα αλλά και η μέθοδος αναγνώρισης της μορφολογίας και εκτίμησης των παραμέτρων. Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει αναλυτικά (ενδεικτικά) ένα κλασσικό πρωτόκολλο καταγραφής ΣΠΔ (εικόνα 7).

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΣΩΜΑΤΟΑΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΔΙΕΓΕΡΣΗ : τετραγωνική ΔΙΑΡΚΕΙΑ : 0,1 msec ΕΝΤΑΣΗ : 6,9 mA ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟΤΗΤΑ : 1 Hertz ΦΙΛΤΡΑ : ΝΑΙ ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ : 200 ΧΡΟΝΟΣ ΣΑΡΩΣΗΣ : 100 msec ΑΠΟΡΡΙΨΗ ΘΟΡΥΒΟΥ : ΝΑΙ
--

Οι βιολογικοί παράγοντες αποκλίσεων έτσι όπως παρουσιάστηκαν, μπορούν να περιοριστούν με την σωστή ομαδοποίηση του φυσιολογικού δείγματος. Είναι απαραίτητο για κάθε μέθοδο, όπως έχει τονιστεί, οι συγκρίσεις κάθε καταγραφής να γίνονται σε σχέση με την μέση τιμή των παραμέτρων ενός φυσιολογικού δείγματος το οποίο έχει οργανωθεί από την έναρξη των καταγραφών (εικόνα 8). Πιο ειδικά, επιλέγονται άτομα με κανένα νευρολογικό πρόβλημα και εξετάζονται με ΣΠΔ. Οι τιμές των παραμέτρων που καταγράφονται ορίζουν την μέση φυσιολογική τιμή αλλά και την τυπική απόκλιση. Τιμές παραμέτρων που θα αποκλίνουν από την φυσιολογική τιμή πέρα από δυο τυπικές αποκλίσεις θεωρούνται παθολογικές.

Οι συστηματικές αυτής αποκλίσεις, οι οποίες σύμφωνα με τα παραπάνω οφείλονται σε βιολογικά χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου δεν είναι δυνατόν να συμπεριληφθούν στην εκτίμηση αυτή. Έτσι κάθε φορά δημιουργείται η ανάγκη να δημιουργείται φυσιολογικά δείγματα καθορισμένων ομάδων ανάλογα με την ηλικία και με το φύλο. Με τον τρόπο αυτό παράμετροι κάποιου εξεταζόμενου θα συγκρίνονται με τιμές φυσιολογικού δείγματος το οποίο αποτελείται από άτομα αυτής ηλικίας και φύλου. Η θερμοκρασία είναι πολύ εύκολο να ελεγχθεί με την επιδίωξη συγκεκριμένων συνθηκών στο χώρο εξέτασης αλλά και τον κλινικό έλεγχο του εξεταζόμενου, ο οποίος είναι αναγκαίο να διενεργείται κάθε φορά πριν γίνει η καταγραφή των ΣΠΔ. Στον έλεγχο αυτό μπορεί να αποκαλυφθεί και οποιοδήποτε άλλο νευρολογικό ή ορθοπεδικό πρόβλημα που μπορεί να υπάρχει έτσι ώστε να ληφθούν υπόψη στην τελική εκτίμηση των ΣΠΔ. Έτσι μπορεί να αποφύγει κανείς τα προβλήματα που μπορεί να δημιουργήσει η ηλικία, το φύλο, η θερμοκρασία και τα τυχόν νευρολογικά ή και ορθοπεδικά προβλήματα του εξεταζόμενου αλλά παραμένουν οι αποκλίσεις λόγω ανθρωπομετρικών διαφορών.



Εικόνα 5.2 Κλινικό σύστημα καταγραφής και ανάλυσης ΣΠΔ

B. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η παραπέρα βελτίωση αυτής ευαισθησίας αυτής μεθόδου μπορεί να γίνει με την στατιστική επεξεργασία των τιμών των παραμέτρων στο φυσιολογικό δείγμα λαμβάνοντας υπόψιν και αυτής ανθρωπομετρικές διαφορές. Έρευνες που έχουν δημοσιευτεί μέχρι σήμερα προσπαθούν να συσχετίσουν αυτές τιμές των παραμέτρων με των ύψος των εξεταζομένων. Η συσχέτιση είναι ισχυρή μα όχι απαραίτητα γραμμική αυτής συνήθως παρουσιάζεται. Έτσι, όταν καταγράφονται ΣΠΔ από άτομα με μεγάλο ύψος οι λανθάνοντες χρόνοι παρουσιάζονται φυσιολογικά παρατεταμένοι και τα πλάτη των κορυφών συμπιεσμένα. Η ερμηνεία που δίνεται βασίζεται στο μεγαλύτερο μήκος αυτής αισθητικής νευρικής οδού στα άτομα αυτά, και στην μεγαλύτερη απόσταση των πηγών των δυναμικών από τα ηλεκτρόδια καταγραφής στην επιφάνεια του κεφαλιού.

Οι τακτικές που παρουσιάστηκαν παραπάνω μπορούν να περιορίσουν σε μεγάλο βαθμό την τυπική απόκλιση των φυσιολογικών τιμών των παραμέτρων και να αυξήσουν δραματικά την ευαισθησία αυτής μεθόδου. Η προσέγγιση αυτή που έχει μέχρι σήμερα επιχειρηθεί είναι καθαρά “φαινομενολογική” παρ’ όλες αυτής προσπάθειες ερμηνείας των αποτελεσμάτων των συσχετίσεων. Πιο ειδικά σημειώνονται οι σχέσεις με αυτής διάφορους παράγοντες, αυτής αυτές αναδεικνύονται από την στατιστική έρευνα, χωρίς συχνά να λαμβάνεται υπόψιν το υπόστρωμα αλλά και το είδος αυτής συσχέτισης που θεωρείται αυθαίρετα γραμμικό (εικόνα 9). Κεντρικός στόχος αυτής παρούσας εργασίας είναι να επιχειρηθεί ανάλυση των παραμέτρων των ΣΠΔ βασισμένη στο νευροανατομικό υπόστρωμα του νευρικού κυρίως αισθητικού συστήματος και αυτής νόμους του Ηλεκτρομαγνητισμού που διέπουν την παραγωγή των δυναμικών στην επιφάνεια του κεφαλιού όταν το ηχητικό ερέθισμα με την μορφή ηλεκτρικών ώσεων μεταφέρεται μέσα από την οδό κεντρικότερα αυτής τον φλοιό του εγκεφάλου. Για τον λόγο αυτό και με βάση τα νευροφυσιολογικά και τεχνικά δεδομένα

σχεδιάστηκε, υπολογίστηκε και χρησιμοποιήθηκε ένα θεωρητικό μοντέλο για την ερμηνεία αυτής παραγωγής του τελικού ηλεκτρικού σήματος αυτής αυτό καταγράφεται στην επιφάνεια. Οι παράμετροι και οι μεταβλητές του μοντέλου είναι αυτές που μπορούν να δώσουν την εξάρτηση ή όχι των ΣΠΔ από παράγοντες διασποράς, αυτής αυτοί που ήδη έχουν περιγραφεί, αλλά και κυρίως την μορφή αυτής σχέσης αυτής.



Εικόνα 5.3 Συσχέτιση καταγραφών ΣΠΔ και επεξεργασία παραμέτρων

5.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΟΑΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ

Γενικά

Από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν είναι γνωστοί οι περιορισμοί που έχουν τα ΣΠΔ όσον αφορά την νευρολογική τους χρήση. Πιο ειδικά, με την βοήθεια των μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμενων μεθόδων όχι μόνο δεν είναι δυνατή η αναγνώριση μιας βλάβης στην αισθητική οδό, μα ούτε και ο ακριβής προσδιορισμός της θέσης και της έκτασής της, στοιχεία ιδιαίτερα χρήσιμα για την παραπέρα αντιμετώπισή της.

Α. Εντοπισμός βλαβών στην νευρική οδό με τα ΣΠΔ

Για παράδειγμα η εικόνα ενός μικρού νευρινώματος στην κυματομορφή των ΣΠΔ είναι η φυσιολογική έμφαση ενός κύματος (πχ N1) και η πιθανή ακόμη παράταση του λανθάνοντος χρόνου των κυμάτων N1 και N2 καθώς και P1 και P2. Ένα μενιγγίωμα ή η Κατά Πλάκας Σκλήρυνση είναι δυνατόν να έχουν την ίδια εικόνα. Είναι δηλαδή πιο ακριβής και σωστή η χρήση του προσδιορισμού μιας τέτοιας απόκλισης σαν να προέρχεται από κάποια “νευρολογική βλάβη” παρά σαν από «νευρίνωμα», «εξωτερική πίεση της νευρικής οδού από κάταγμα» κλπ. Από

την άλλη πλευρά έχουν εντοπιστεί αλλοιώσεις στη μορφολογία αλλά και αποκλίσεις στις παραμέτρους σε ένα μεγάλο αριθμό βλαβών κατά μήκος του περιφερικού αλλά κυρίως και του κεντρικού νευρικού συστήματος. Επιπλέον, δεν υπάρχει ξεκάθαρη διαπιστωμένη σχέση μεταξύ μεγέθους της απόκλισης στις παραμέτρους των ΣΠΔ και της έκτασης του πιθανού όγκου. Η πληροφορία αυτή έχει πολύ μεγάλη σημασία αφού η πρόγνωση, ή η εξέλιξη της βλάβης εξαρτάται από πολλά χαρακτηριστικά της όπως η θέση, το σχήμα, οι ιδιαίτερες επιδράσεις στην αγωγή της νευρικής οδού και την τροφοδοσία σε αίμα.

B. Δυνατότητες βελτίωσης της ειδικότητας

Όπως έχει τονιστεί, τα ΣΠΔ είναι πολύ χρήσιμα στον εντοπισμό βλαβών του κεντρικού συστήματος. Τέτοιες βλάβες δεν είναι μόνο οι χωροκατακτητικές, αλλά και οι απομυελινωτικές, οι αγγειακές και οι εκφυλιστικές (Brodal). Αν και μια επιλεκτική πτώση της νευρικής αγωγής πχ. στις υψηλές συχνότητες οφείλεται συνήθως στον κοχλία μπορεί κάλλιστα να είναι αποτέλεσμα βλάβης ψηλότερα μέσα στην νευρική οδό και στον εγκέφαλο. Έχουν βρεθεί χαρακτηριστικές αλλοιώσεις στις ζώνες των υψηλών συχνοτήτων των πυρήνων, οφειλόμενες σε βλάβες νευραξόνων του εγκεφάλου. Η πιο πιθανή αιτία εδώ είναι η υψηλότερη ταχύτητα μεταβολισμού στις ίνες αυτές. Βλάβες κεντρικότερες του νεύρου δίνουν συνήθως πολύ ασθενή κλινικά συμπτώματα.

Απαραίτητο είναι, μετά την ευαισθησία, να αναβαθμιστεί και η ειδικότητα της μεθόδου για την διαφορική της χρήση στην διάγνωση ορισμένων παθήσεων. Από τις μέχρι τώρα ανατομικές έρευνες είναι γνωστή η χωροταξική οργάνωση της περιφερικής σωματοαισθητικής οδού. Σύμφωνα με την θεωρία του Bekesy και τις μικροηλεκτρονικές καταγραφές κάθε τμήμα του νεύρου αποκρίνεται και σε διαφορετική συχνότητα με τις αντίστοιχες ίνες να άγουν και συγκεκριμένες συχνότητες. Αντίστοιχα και οι παρεμβαλλόμενοι πυρήνες της οδού αποτελούν πιστή απεικόνιση της κατανομής του.

Ομάδες συχνοτήτων ακολουθούν διαφορετικές διαδρομές (γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό) και ενεργοποιούν συγκεκριμένα τμήματα κάθε πυρήνα καθώς το ερέθισμα κατευθύνεται κεντρικότερα.

Με βάση αυτή την εικόνα, ενισχύεται η τοποθέτηση ότι τα κύματα που θα αποτελούν την τελική καταγραφή των ΣΠΔ δεν θα προέρχονται κάθε ένα μόνο από έναν πυρήνα αλλά από περισσότερους ταυτόχρονα ενεργούς, λόγω διαφορετικών συχνοτήτων. Με τον τρόπο αυτό είναι μάλιστα δυνατόν να εξηγηθούν ευρήματα πολύ-εστιακά όπως συμβαίνει στις αποκλίσεις των παραμέτρων σε νόσους όπως η ΣΚΠ. Μια μοντελοποίηση με βάση την παραδοχή αυτή (των πολλαπλών ενεργών πυρήνων και διαδρομών) είναι ιδιαίτερα σημαντική για τον επιλεκτικό έλεγχο της ακουστικής οδού κατά τμήματα ή ομάδες ινών, με στόχο την αποκάλυψη της ταυτότητας ή της έκτασης διάφορων παθολογιών που προκαλούν αποκλίσεις στις παραμέτρους των ΣΠΔ.



Εικόνα 5.4 Τοποθέτηση ηλεκτροδίου στο μέσο νεύρο για την σωστή διέγερσή του

5.4 ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΤΩΝ ΣΠΑ

5. 4.1 ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΕΦΑΛΙΟΥ (ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ)

5. 4.1.α. Πλάτος δυναμικού



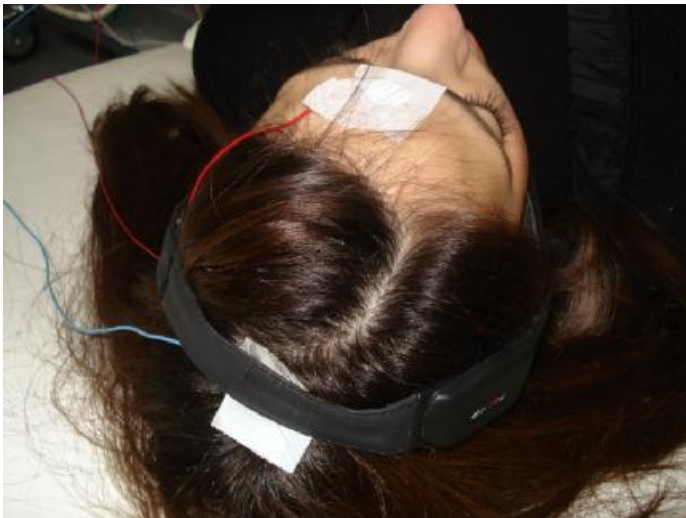
Εικόνα 5.5 Συσσκευή που ρυθμίζει την ένταση του ερεθίσματος

Στο ίδιο άτομο οι διαφορές στα πλάτη βρέθηκε να μην εξαρτώνται από το αν η διέγερση παρέχεται στο δεξί ή στο αριστερό χέρι (εικόνα 10, και εικόνα 11). Ο πίνακας 1 περιέχει τα πλάτη των κυμάτων (αριστερός βραχίονας), για όλους τους εξεταζόμενους σε σχέση με το ύψος τους. Τα πλάτη παρουσίασαν μια μεγάλη

διασπορά γύρω από την μέση τιμή, από 3,8 μV έως και 5.60 μV , ενώ η το ύψος όπως εκτιμήθηκε κάθε φορά κυμαίνεται από 165 έως 176 cm. Είναι φανερό ότι τα πλάτη δυναμικού μειώνονται καθώς αυξάνει η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων καθώς και η επιλεγμένη θέση της γείωσης – ηλεκτροδίου αναφοράς (εικόνα 12, και εικόνα 13). Για την συσχέτιση αυτών των δυο έχουν χρησιμοποιηθεί γραμμικές συναρτήσεις συσχέτισης (διάγραμμα 1 – 4). Εμείς αποφύγαμε να το κάνουμε αυτό αφού δεν υπάρχει καμία θεωρητική στήριξη μιας τέτοιας προσέγγισης. Αντίθετα τα πειραματικά δεδομένα συσχετίστηκαν με μία συνάρτηση της μορφής:

$$y = a + b X \quad (1)$$

θεωρώντας τις πηγές δυναμικού στο στέλεχος σαν διπολικές. Έτσι το αναμενόμενο πλάτος δυναμικού y για ένα άτομο με ύψος ίσο με ύψος X μπορεί να υπολογισθεί με την παραπάνω εξίσωση.



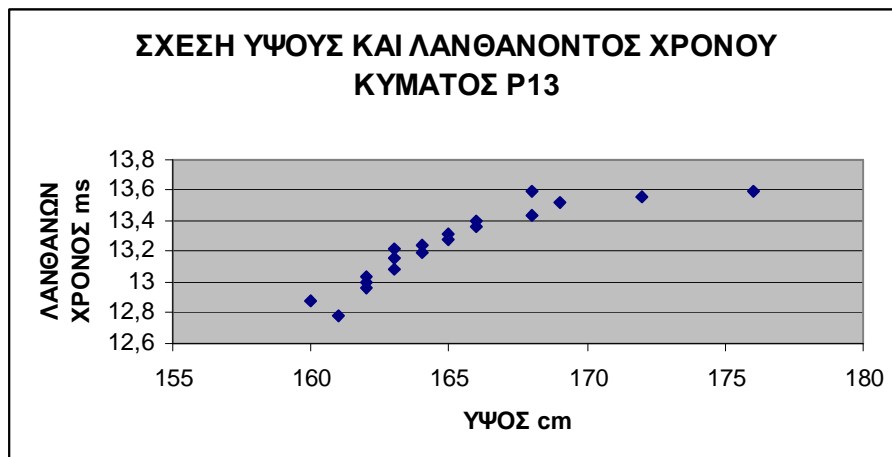
Εικόνα 5.6 Τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στο κέντρο του κρανίου και στον μετωπιαίο λοβό για την καταγραφή των ερεθισμάτων των ΣΠΔ



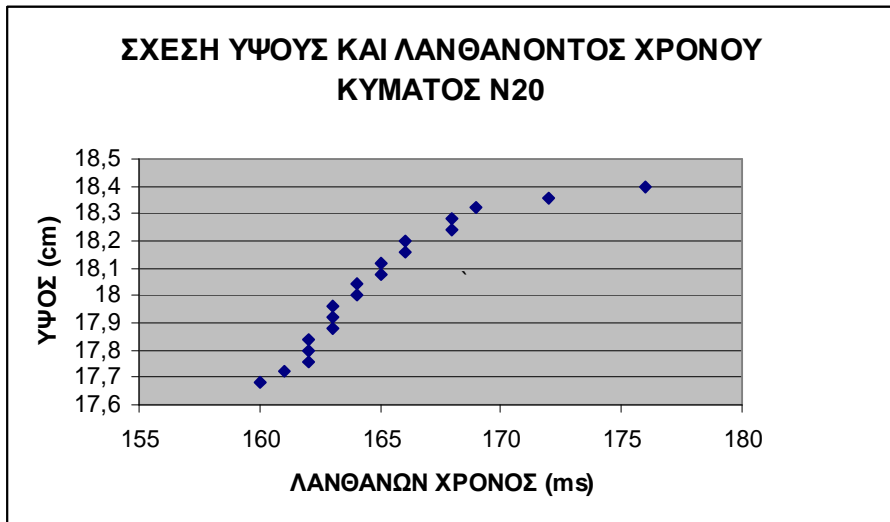
Εικόνα 5.7 Τοποθέτηση ηλεκτροδίου για γείωση και καλύτερη καταγραφή των ερεθισμάτων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΛΑΘΑΝΟΝΤΕΣ ΧΡΟΝΟΙ ΚΑΙ ΠΛΑΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΚΥΜΑΤΑ P13, N20 ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ

ΥΨΟΣ	P13		N20		Πλάτος Δυναμικού
cm	msec				μ V
176	13,6		18,4		3,8
172	13,56		18,36		4,1
169	13,52		18,32		4,0
168	13,6		18,28		4,1
168	13,44		18,24		4,0
166	13,4		18,2		4,3
166	13,36		18,16		4,1
165	13,32		18,12		4,5
165	13,28		18,08		4,9
164	13,24		18,04		4,7
164	13,2		18		4,8
163	13,16		17,96		4,9
163	13,22		17,92		5,0
163	13,08		17,88		5,1
162	13,04		17,84		5,0
162	13		17,8		5,3
162	12,96		17,76		5,4
161	12,78		17,72		5,5
160	12,88		17,68		5,6



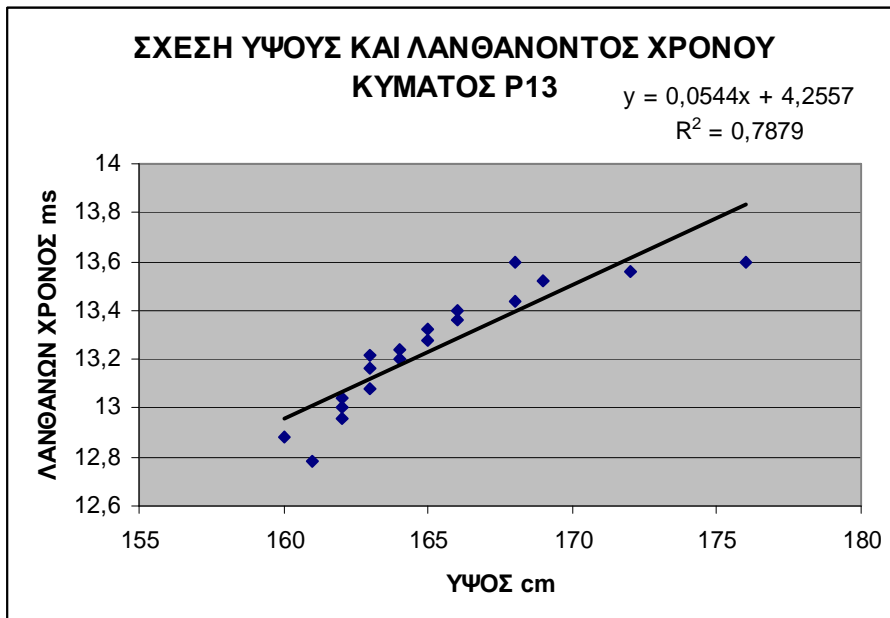
Διάγραμμα 1



Διάγραμμα 2

5. 4.1.β. Λανθάνων χρόνος

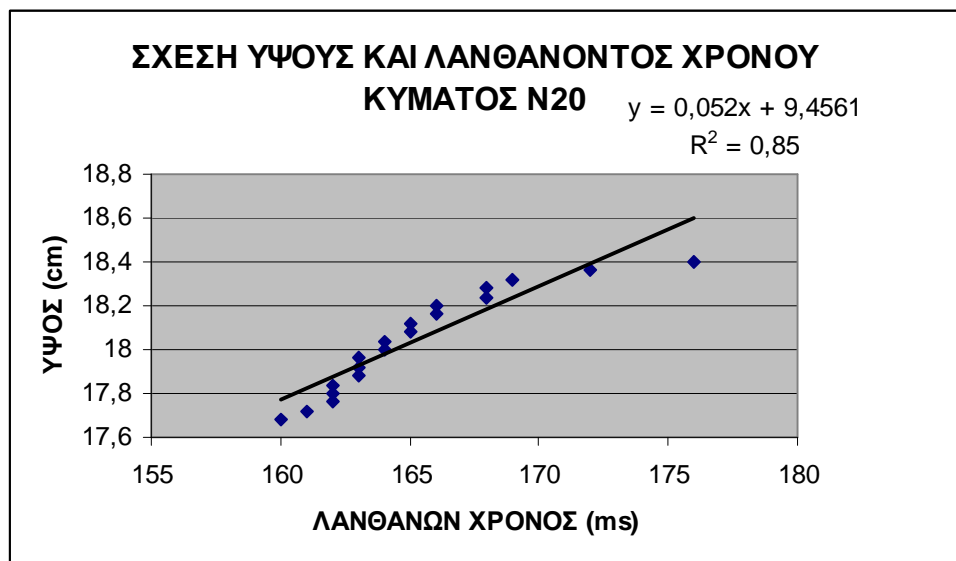
Ο πίνακας 1 περιέχει επίσης τους λανθάνοντες χρόνους της πέμπτης κορυφής (P13) των ΣΠΔ. Η μέση τιμή του δείγματος ήταν 13.2 msec με τυπική απόκλιση 0.25 msec. Τα σημεία στο διάγραμμα (διάγραμμα 1-2) παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά μα σαφή ένδειξη ότι ο λανθάνων χρόνος αυξάνεται όταν το ύψος αυξάνει. Βασιζόμενοι στη μοντελοποίηση που ήδη έχει παρουσιαστεί χρησιμοποιήθηκε γραμμική συνάρτηση συσχέτισης της μορφής



Διάγραμμα 3

$$L_v = a + b R \quad (2)$$

Η καλύτερη δυνατή προσαρμογή πραγματοποιήθηκε για $a= 4.2$ και $b= 0.0544$ με συντελεστή συσχέτισης $r= 0.79$ (διάγραμμα 3). Η κανονικοποίηση των λανθανόντων χρόνων με βάση ένα τυπικό μέγεθος κεφαλής πραγματοποιήθηκε ακολουθώντας τα ίδια βήματα όπως και στα πλάτη δυναμικού. Ο πίνακας 2 παρουσιάζει τις κανονικοποιημένες τελικές τιμές των λανθανόντων χρόνων των εξεταζομένων που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη. Και εδώ παρουσιάζεται σημαντική μείωση της τιμής της τυπικής απόκλισης (0.20 msec) σε σχέση με την τυπική απόκλιση των αρχικών πραγματικών τιμών (0.25 msec). Τα αποτελέσματά μας είναι συμβατά με την εξίσωση που έχει χρησιμοποιηθεί για την μοντελοποίηση των χρόνων των ΣΠΔ. Έτσι τα ολικά δυναμικά ενέργειας κινούνται μέσα στην νευρική οδό με μια μέση ταχύτητα 30 m/sec. Η μέση συναπτική καθυστέρηση είναι τουλάχιστον 4,2 msec. Τελικά η εξίσωση για τον λανθάνοντα χρόνο του κύματος N20 γίνεται:



Διάγραμμα 4

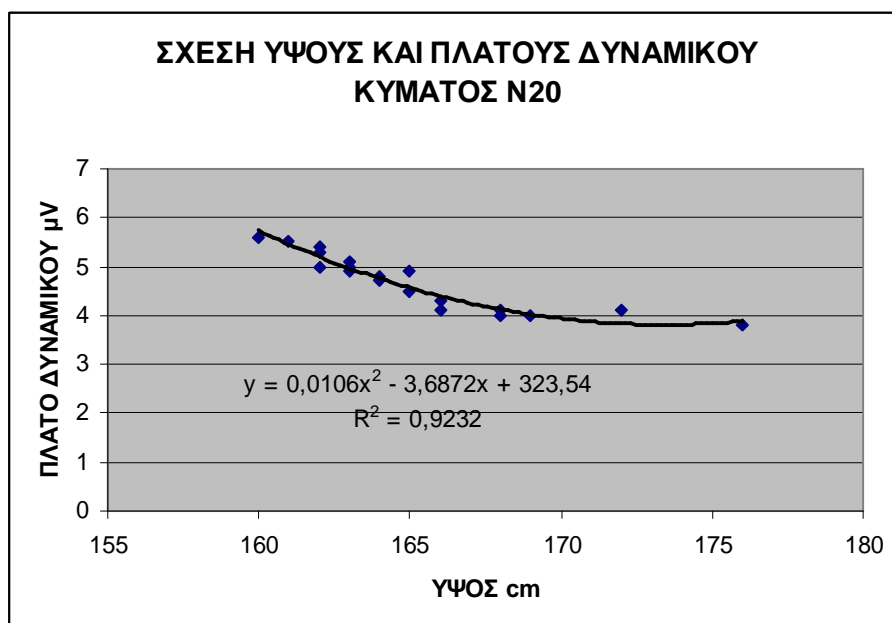
$$L_v = 23,64 + 0,13(1,60) + KR / 30 \quad (3)$$

Τα πλάτη δυναμικού της κορυφής N20 παρουσιάζουν επίσης μεγάλη διασπορά (πίνακας 2). Και εδώ έγινε προσαρμογή των τιμών του πλάτους με μια συνάρτηση της ίδιας μορφής (1) θεωρώντας τις πηγές δυναμικού μέσα στο στέλεχος διπολικού τύπου (διάγραμμα 5).

Με βάση τις παραπάνω εξισώσεις μπορούμε να έχουμε τις νέες τιμές στις μετρημένες παραμέτρους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΛΑΘΑΝΟΝΤΕΣ ΧΡΟΝΟΙ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥ

ΥΨΟΣ	P13	N20
cm	msec	
176	13,6	18,4
172	13,56	18,36
169	13,52	18,32
168	13,6	18,28
168	13,44	18,24
166	13,4	18,2
166	13,36	18,16
165	13,32	18,12
165	13,28	18,08
164	13,24	18,04
164	13,2	18
163	13,16	17,96
163	13,22	17,92
163	13,08	17,88
162	13,04	17,84
162	13	17,8
162	12,96	17,76
161	12,78	17,72
160	12,88	17,68



Διάγραμμα 5
Συνολικά λοιπόν μπορούμε να δούμε:

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ

	ΥΨΟΣ	P13	N20	Πλάτος Δυναμικού
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	165,2	13,2	18,0	4,7
ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	4,0	0,25	0,26	0,6

ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΤΙΜΩΝ

	ΥΨΟΣ	P13	N20
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	165,2	13,2	18,0
ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	4,0	0,20	0,21

Με βάση τα παραπάνω η μείωση στην τιμή της τυπικής απόκλισης των κανονικοποιημένων τιμών είναι σαφής με αποτέλεσμα την αύξηση της ευαισθησίας και τελικά της διαγνωστικής αξίας της μεθόδου στη βάση των ανθρωπομετρικών διαφορών. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι για παραπέρα ανάλυση και ανάδειξη χαρακτηριστικών των καταγεγραμμένων ΣΠΔ μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξειδικευμένα προγράμματα σε Η/Υ τα οποία ξεφεύγουν από του στόχους της παρούσας εργασίας (εικόνα 14).



Εικόνα 5.8 Πρόγραμμα επεξεργασίας βιοσημάτων σε Ηλεκτρονικό Υπολογιστή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα προκλητά δυναμικά (ΠΔ) είναι φλοιϊκά δυναμικά του νευρικού συστήματος με εκλεκτική αποκοπή και σταθερό λανθάνοντα χρόνο και εκλύονται μετά από διέγερση των οπτικών, ακουστικών ή σωματοαισθητικών κεντρομόλων οδών. Η αύξηση του λανθάνοντα χρόνου αυτών των δυναμικών υποσημαίνει βλάβη στη συγκεκριμένη οδό που εξετάζεται, αλλά είναι μη ειδική. Από ιδιαίτερα πρόσφατες μελέτες έχει εκτιμηθεί όπως και σε όλα τα ΠΔ ότι οι ανθρωπομετρικές διαφορές (δηλαδή οι ανατομικές διαφορές πχ το ύψος, το μέγεθος του κεφαλιού κλπ) μεταξύ των διαφόρων εξεταζομένων επιφέρουν διασπορά στις παραμέτρους των ΣΠΔ. Το μέγεθος – κλειδί εδώ είναι το ύψος του εξεταζομένου που είναι ανάλογο και με εσωτερικές διαφορές στα μήκη των νευρικών οδών. Αρχικά στις διαφορές αυτές αποδόθηκαν και οι παραπάνω επιδράσεις του φύλου. Όμως κατάλληλες έρευνες με τη βοήθεια ακτινοδιαγνωστικών μεθόδων, έχουν αναδείξει το ύψος του σώματος ανάλογο του μήκους της οδού, να επιδρά στη μετατόπιση των λανθανόντων χρόνων προς μεγαλύτερες τιμές, αφού είχαν αποκλειστεί κατάλληλα διαφορές λόγω φύλου.

Στην παρούσα εργασία μελετήσαμε 20 φυσιολογικά άτομα, νεαρής ηλικίας και ίδιου φύλου (κορίτσια) έτσι ώστε να επιτευχθεί η κανονικοποίηση των τιμών των παραμέτρων (των κυμάτων) που εκτιμώνται στα ΣΠΔ με στόχο την αύξηση της διαγνωστικής αξίας της εξέτασης. Αφού καταγράφηκε το ακριβές ύψος των εξεταζομένων συσχετίστηκαν στατιστικά οι τιμές που καταγράφηκαν με το ύψος και τελικά με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας η μείωση στην τιμή της τυπικής απόκλισης των κανονικοποιημένων τιμών είναι σαφής με αποτέλεσμα την αύξηση της ευαισθησίας και τελικά της διαγνωστικής αξίας της μεθόδου στη βάση των ανθρωπομετρικών διαφορών. Με τον ίδιο τρόπο αν ληφθούν υπόψη όλοι οι βιολογικοί παράγοντες διασποράς των τιμών των ΣΠΔ η μεθοδολογία ανάλυσης της λειτουργικότητας του ΠΝΣ και του ΚΝΣ είναι ένα ιδιαίτερα αξιόπιστο εργαλείο στην καθημερινή κλινική ρουτίνα.

Σε σχέση με την επιστήμη και την κλινική εφαρμογή της Φυσικοθεραπείας από το γενικό μέρος της παρούσας εργασίας διαπιστώνεται ότι μπορεί να συμπεριληφθεί η καταγραφή των ΣΠΔ στις διαγνωστικές εξετάσεις εκτίμησης της βλάβης αλλά και της παρακολούθησης της αποκατάστασης στις εξετάσεις πρώτης γραμμής.

Για τους παραπάνω λόγους οι Φυσιοθεραπευτές θα πρέπει να μελετήσουν και να εξοικειωθούν στην καταγραφή των ΣΠΔ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A. ΒΙΒΛΙΑ

1. Αναγνωστοπούλου Ι. Σοφία, 2003, Νευροανατομία, εκδ. Παρισιάνος, Αθήνα, σελ 34
2. Δρ. Γιόφτσος, Μυστίδης Ισαάκ, 2005, Φυσικοθεραπευτική Αξιολόγηση, ΤΕΙ Λαμίας, σελ 159
3. Καλφάκης Αλ. Νικόλαος, 2002, Νευρολογία, εκδ. Παρισιάνος, Αθήνα σελ 33-35
4. Κουτσογιάννης Κωνσταντίνος, 1993, Φυσικομαθηματικό μοντέλο συσχέτισης νευροανατομικού υποστρώματος και απόκρισης ακουστικών προκλητών δυναμικών, Διδακτορική διατριβή, Πάτρα
5. Κουτσογιάννης Κωνσταντίνος, 2002, Τεχνολογία στις επιστήμες υγείας και Πρόνοιας, εκδ. "ΕΛΛΗΝ", Αθήνα, σελ 65
6. Πρώιμος Βασίλης, 2005, Ιατρική Φυσική, τόμος 2 Ηλεκτρισμός, εκδ Παν/μίου Πατρών
7. Σκουλαρίκης Σ. Γρηγόρης, 2006, Μελέτη της Συνδεσιμότητας περιοχών του εγκεφάλου με εφαρμογή υπολογιστικών μεθόδων και δεδομένα ηλεκτροεγκεφαλογραφίας, Διπλωματική εργασία, Αθήνα, σελ 37-38, 42-43
8. Τομαρα Β., 2001, Εγχειρίδιο Νευρολογίας, Ιατρικές εκδ. Λίτσας, Αθήνα, σελ 9-10
9. Φραγκοράπτης Δ. Ελευθ., 2002, Φ/θ σε βλάβες του ΠΝΣ, εκδ. Γεωργακίδου Θεσ/νίκη, σελ 3-5
10. Harrison, 2001, Εσωτερική Παθολογία- Συνοδό Εγχειρίδιο, εκδ. Παρισιάνου, Αθήνα, σελ 1040-1041
11. Robert, Matthew Levy, 1996, Φυσιολογία του εγκεφάλου και του ΝΣ, εκδ

ΑΡΘΟΓΡΑΦΙΑ

B. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΑΡΘΡΑ

1. Jou IM, Tai TW, Tsai CL, Tsai TM, Yung WS, Jung YC, 2007 Sep, Spinal somatosensory evoked potential to evaluate neurophysiologic changes associated with postlaminotomy fibrosis; an experimental study, Spine, 32 (19): 2111 - 2118
2. Leocani L, Rovaris M, Boneschi FM, Medaglini S, Rossi P, Martinelly V, Amadio S, Comi G, 2006 Sep, Multimodal evoked potentials to assess the evolution of multiple sclerosis: a longitudinal study, J Neurol Neurosurg Psychiatry, 77 (9): 1030 - 1035
3. Schmidt GN, Scharein E, Siegel M, Muller J, Debener S, Nitzschke R, Engel A, Bischoff P, 2007 Apr, Identification of sensory blockade by somatosensory and pain - induced evoked potential, Anesthesiology, 106 (4): 707 - 714
4. Slater R, Cantarella A, Gallella S, Worley A, Boyd S, Meek J, Fitzgerald M, 2006 Apr, Cortical pain responses in human infants, J Neurosci, 26 (14):

3662 - 3666

5. Taday EC, Olree KS, Horch KW, 2006 jul, Differential activation of nerve fibers with magnetic stimulation in humans, BMC Neurosci, 7: 58
6. Park BK, Chae J, Lee YH, Yang G, Labatia I. Electromyogr Clin Neurophysiol. 2003 Apr/May;43(3):169-79
7. Gavrilenko T, Gantchev GN Int J Psychophysiol. 1992 Dec;13(3):299-303
8. Wild-Wall N, Sangals J, Sommer W, Leuthold H. Psychophysiology.2003 Jan;40(1):7-16
9. Kurusu K, Kitamura J. Clin Neurophysiol. 1999 Dec;110(12):2014-9
10. Shea KG, Apel PJ, Showalter LD, Bell WL. Muscle Nerve. 2010 Feb;41(2):262-4
11. Kamel IR, Drum ET, Koch SA, Whitten JA, Gaughan JP, Barnette RE, Wending WW Anesth Analg. 2006 May;102(5):1538-42
12. Al-Rawi MA, Hamdan FB, Abdul-Muttalib AK. J Stroke Cerebrovasc dis. 2009 Jul-Aug;18(4):262-8
13. Nociti V, Batocchi AP, Bartalini S, Caggiula M, Patti F, Profice P, Quattrone A, Tonali P, Ulivelli M, Valentino P, Viridis D, Zappia M, Padua L. Neurol Sci. 2008 Oct 15;129(1-2):99-102. Epub 2008 Aug 5.
14. Restuccia, D; Dilazzaro, V; Valeriani, M; Aulisa, L; Galli, M; Tonali, P; Mauguiere, F Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα και κλινική νευροφυσιολογία,92 (6)“502-509 NOV 1994
15. Keren, O, Ring, H, Solzi, P, Pratt, H, Grosswasser, Z Εγκεφαλικό επεισόδιο, 24(12)“1789-1793 DEC 1993
16. Labrom, RD; Hoskins, M; Reilly, CW; Tredwell, SJ; Wong, PKH Σπονδυλική στήλη, 30 (18)“2089-2093 SEP 15 2005
17. Opavsky, R (Opavsky, R); Otruba, P (Otruba P); Hlustik, P. (Hlustik P); Herzig, R (Herzig, R.); Kanovsky, P Εφημερίδα της νευρολογίας, 254“121-122 Suppl. 3 May 2007
18. Treede, RD; Kunde, V Επιθεώρηση Κλινικής Νευροφυσιολογίας, 12 (3):291-301 May 1995
19. Valeriani, M Resuccia, D, Din Lazzaro V, Le Pera D, Barba C, Tonalli P, Mauguiere F Πειραματική Έρευνα του Εγκεφάλου, 120 (3): 306-315 JUN 1998
20. Seal, D; Balaton, J; Coupland, SG; Eagle, CJ; MacAdams, C; Kowaleski, R; Bharadwaj, B Εφημερίδα της καρδιαγγειακής και των αγγειακής αναισθησίας, 11 (2)“187-191 APR 199
21. Waberski TD, Gobbele R, Kawohl W, Cordes C, Buchner H. Neurosci Lett. 2003 Aug 28;347(3):151-4

22. Knecht S, Kunesch E, Buchner H, Freund HJ *Exp Brain Res.* 1993;95(2):330-8.
23. Mima T, Terada K, Maekawa M, Nagamine T, Ikeda A, Shibasaki H. *Exp Brain Res.* 1996 Sep;111(2):233-45
24. Weerasinghe V, Sedgwick M *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1994 Nov;92(6):527-35
25. MacDonald, DB; Al Zayed, Z; Khoundeir, I; Stigby, B Σπονδυλική στήλη
26. Restuccia D, Valeriani M, Di Lazzaro V, Tonali P, Maugiere F Restuccia A, M Valeriani, Di Lazzaro V, Tonali P, Maugiere F *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1994 Mar;57(3):301-8
27. Maugiere F. Maugiere *J Clin Neurophysiol* 2000 May;17(3):236-45
28. Kimura T, Hashimoto I *Neurosci Lett.* 2001 Feb 16;299(1-2):61-4
29. Wang L, Arendt-Nielsen L, Chen AC. Wang L, Arendt-Nielsen L, AC Chen. *Brain Topogr.* 2004 Winter;17(2):85-98
30. Feys H, Van Hees J, Bruyninckx F, Mercelis R, De Weerdts W. Feys H, Van Hees J, Bruyninckx F, R Mercelis, De Weerdts W. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2000 Mar;68(3):323-31