



# Ηλεκτρικοί ερεθιστές υψηλής τάσης

**Δρ Σάββας Σπανός**  
**Επίκουρος Καθηγητής**

# Ταξινόμηση (με κριτήριο την διαφορά δυναμικού)

- Ηλεκτρικοί ερεθιστές χαμηλής τάσης.

Η διαφορά δυναμικού της γεννήτριας δεν υπερβαίνει το 150V, και η μέγιστη ένταση δεν υπερβαίνει τα 150mA.

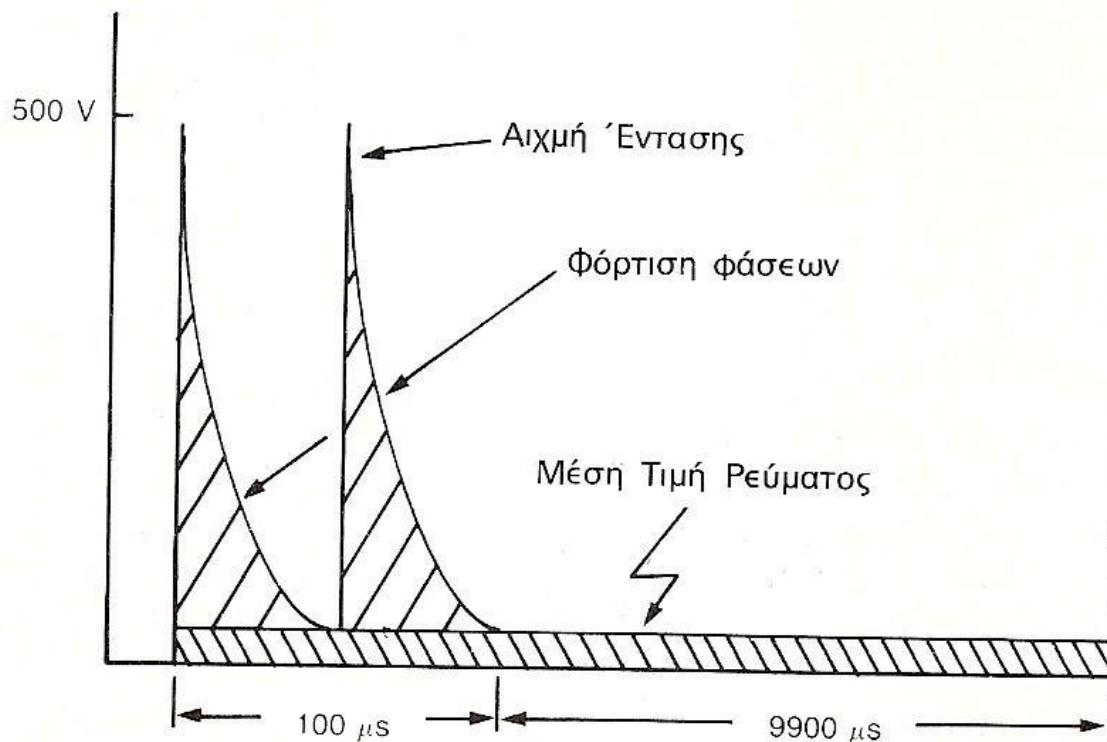
Όλα τα προαναφερθέντα θεραπευτικά ρεύματα προέρχονται από συσκευές χαμηλής τάσης.

- Ηλεκτρικοί ερεθιστές υψηλής τάσης.

Η διαφορά δυναμικού της γεννήτριας υπερβαίνει τα 150V και φτάνει μέχρι 500V, και η μέγιστη ένταση μπορεί να φτάσει μέχρι 2500mA.

Κύριο χαρακτηριστικό η ειδική μορφή και πολύ μικρή διάρκεια παλμών.

- Κάθε παλμός αποτελείται από δύο διαδοχικές φάσεις υψηλής έντασης.
- Η διάρκεια φάσης κυμαίνεται μεταξύ 30-50μsec και η διάρκεια παλμού 60-100μsec (αναλόγως του τύπου της συσκευής).
- Η μέγιστη τιμή έντασης (αιχμή έντασης) είναι πολύ υψηλή, αλλά η μέση τιμή (μέσος όρος), είναι χαμηλή λόγω μικρής διάρκειας και ειδικής μορφής φάσεων.
- Η συχνότητα μπορεί να ρυθμιστεί σε 1-120Hz, ώστε σε χαμηλές συχνότητες να προκαλείται κινητικός ερεθισμός και σε ψηλές συχνότητες, αισθητικός ερεθισμός.



# Διεισδυτικότητα

- Η ικανότητα ενός ρεύματος να εισέρχεται σε βάθος στους ιστούς χωρίς να αλλοιώνονται σημαντικά τα χαρακτηριστικά του (διεισδυτικότητα), είναι ανάλογη της μέγιστης τιμής έντασης και αντιστρόφως ανάλογη της μέσης τιμής έντασης.
- Επίσης η διεισδυτικότητα είναι ανάλογη της συχνότητας του ρεύματος.

# Εφαρμογές

- Μυϊκός ερεθισμός

Μόνο για φυσιολογικά εννευρωμένους μύες διότι έχουν πολύ μικρή διάρκεια φάσεων και παλμών.

Διπολική εφαρμογή, συχνότητας 50-100Hz, υψηλής έντασης και μεγάλης διάρκειας κάθε συνεδρίας.

- Αισθητικός ερεθισμός – Ελάττωση του πόνου

Στο επίπεδο των οπισθίων κεράτων του N.M. (gate control theory).

Σε κεντρικότερα επίπεδα του Κ.Ν.Σ. με έκκριση ενδογενών οπιούχων ουσιών.

Εφαρμογή ηλεκτροδίων σε σημεία και περιοχές παρόμοια με αυτή του TENS, συχνότητα 80-100Hz, διάρκεια παλμού 50-100μsec και χαμηλή ένταση.

- Βελτίωση κυκλοφορίας – Ελάττωση μυϊκού σπασμού

Επιτυγχάνεται μέσω των βαθιών μυϊκών συσπάσεων που μπορεί να προκαλέσει.

Επίσης περιορισμός της ανάπτυξης συμφύσεων με εφαρμογή πάνω στην μυϊκή ομάδα που κινεί την άρθρωση υποψήφια για συμφύσεις, με μακράς διάρκειας συνεδρία (ώρες) (με αυτά τα ρεύματα περιορίζονται στο ελάχιστο, η δυσάρεστη αίσθηση του ασθενούς και ο κίνδυνος θερμικών ή χημικών επιπλοκών).

Συχνότητα 1-20Hz, με μεγάλα διαστήματα παύσης μεταξύ των παλμοσειρών, ώστε να αποφεύγεται η κόπωση των μυών. Διάρκεια παλμού πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,01msec χωρίς να ξεπερνά τα 0,2msec και υψηλή ένταση στα όρια ανοχής του ασθενούς.

- Επιτάχυνση της επούλωσης ισχαιμικών νεκρώσεων ιστών

# Πλεονεκτήματα

- Έχουν μεγάλο βάθος διείσδυσης και μπορούν να επιδράσουν θεραπευτικά σε εν τω βάθει ιστούς.
- Λόγω χαμηλής μέσης τιμής έντασης, δεν προκαλούν σημαντικό ερεθισμό δέρματος και οι κίνδυνοι θερμικού ή χημικού εγκαύματος είναι πρακτικά μηδαμινοί.
- Μπορούν να εφαρμοστούν για αρκετό χρόνο χωρίς ιδιαίτερη ενόχληση του ασθενούς.
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μυϊκό αλλά και αισθητικό ερεθισμό καθώς και για βελτίωση της κυκλοφορίας και ελάττωση του μυϊκού σπασμού.

# Μειονεκτήματα

- Ο μυϊκός ερεθισμός που προκαλούν δεν συντελεί σε, εμφανή τουλάχιστον, έντονη μυϊκή συστολή, λόγω μικρής φόρτισης των φάσεων.
- Η απειροελάχιστη διάρκεια της μέγιστης έντασης δεν είναι απολύτως βέβαιο ότι μπορεί να προκαλέσει εκλεκτικό ερεθισμό των A-beta και A-gamma αισθητικών ινών, για αναστολή μεταβίβασης ερεθισμάτων πόνου στο επίπεδο του N.M.
- Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ερεθισμό απονευρωμένων μυών λόγω μικρής διάρκειας φάσης.

# **Ιοντοφόρηση** **(Iontophoresis)**



# Θεωρητική βάση

Υδατικό διάλυμα ανόργανων αλάτων, οξέων ή βάσεων, άγει το ηλεκτρικό ρεύμα (ηλεκτρολύτης).

Αν συνεχές ρεύμα διέλθει από τέτοιο διάλυμα, παρατηρείται κίνηση ιόντων του διαλύματος.

Τα θετικά ιόντα μετακινούνται προς τον αρνητικό πόλο του κυκλώματος και ανάποδα.

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη η οποία εφαρμόζεται πάνω στα ιόντα και προκαλεί την μετακίνησή τους, είναι ανάλογη της διαφοράς δυναμικού στα άκρα του κυκλώματος και ανάλογη του βαθμού φόρτισης των ιόντων.

# Ιοντοφόρηση

- Η μεταφορά ιόντων με τη βοήθεια ηλεκτρικού πεδίου (Leduc 1903).
- Διείσδυση ιόντων (ηλεκτρικά φορτισμένων μορίων) κατάλληλων φαρμακευτικών ουσιών μέσω του δέρματος με χρήση **συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος** (Thomas 1977). Ως δίοδοι χρησιμοποιούνται οι ιδρωτοποιοί αδένες και οι θύλακοι των τριχών.
- Όσο μεγαλύτερη η ένταση του ρεύματος ή η πυκνότητα του ενεργού ηλεκτροδίου, μεγαλύτερος ο χρόνος εφαρμογής και μικρότερη η αντίσταση που παρουσιάζουν το δέρμα και οι υποκείμενοι ιστοί στην μεταφορά ιόντων, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα φαρμακευτικής ουσίας μπορεί να διεισδύσει (διείσδυση χιλιοστών έως μερικών εκατοστών).
- Αφού τα ιόντα διέλθουν από το δέρμα, συνδέονται με τα υπάρχοντα ιόντα και τις ελεύθερες ρίζες της αιματικής κυκλοφορίας, σχηματίζοντας τις απαραίτητες ουσίες για θεραπευτική αλληλεπίδραση.

# Θεραπευτικά αποτελέσματα

Ανάλογα με τη φαρμακευτική ουσία:

- Τοπική αναισθητική δράση
- Μείωση υπερίδρωσης
- Αντιβακτηριδιακή δράση
- Αντιφλεγμονώδης δράση (τενοντίτιδα, θυλακίτιδα)
- Αναλγητική δράση (νευρογενής πόνος π.χ. μεθερπητική νευραλγία, νευραλγία τριδύμου)
- Απομάκρυνση συσσωρευμένου ασβεστίου
- Επούλωση τραυμάτων

# Δοσολογία

- Η **δοσολογία** της ιοντοφόρησης εκφράζεται ως:  
**Ένταση X χρόνος** εφαρμογής και μετριέται σε mA x min, φτάνει ως 80mAmin ανάλογα με το φάρμακο.
- Η ποσότητα του φάρμακου που απορροφάται είναι ανάλογη του ρυθμού απορρόφησης και της διάρκειας εφαρμογής.

# Ένταση ρεύματος

- Χρησιμοποιείται συνεχές ρεύμα σταθερής έντασης που παρουσιάζει υψηλή μέση τιμή έντασης ίση με την μέγιστη τιμή.
- Χαμηλής έντασης ρεύματα φαίνονται να είναι αποτελεσματικότερα στον εξαναγκασμό των ιόντων να εισέλθουν στο σώμα από ότι τα υψηλής έντασης.
- Συνιστώμενη ένταση για την ιοντοφόρηση είναι μεταξύ **1-4mA**.

**Η αύξηση της έντασης πρέπει να είναι αργή** και ο ασθενής προτρέπεται να αναφέρει την αίσθηση που του προκαλεί. Αυτή πρέπει να περιγράφεται ως «γαργάλημα» ή «τσίμπημα» και όχι ως κάψιμο ή πόνος.

Οι νευρικές απολήξεις είναι σχετικά ανερέθιστες από το συνεχές ρεύμα, ωστόσο ξαφνική αλλαγή της έντασης μπορεί να προκαλέσει shock. Γι' αυτό και **κατά τη διακοπή της εφαρμογής η ένταση του ρεύματος πρέπει να μειώνεται αργά.**

- Ένταση/Επιφάνεια (πυκνότητα ρεύματος) μέχρι **0,5mA/cm<sup>2</sup>** στην κάθοδο, **1mA/cm<sup>2</sup>** στην άνοδο.

(Επιφάνεια καθοδικού ηλεκτροδίου 2-3πλάσια από την άνοδο)

# Διάρκεια Εφαρμογής

- Ο συνιστώμενος χρόνος εφαρμογής κυμαίνεται μεταξύ **10-40min.**
- Αναφέρεται επίσης διάρκεια 4,5-14h με πολύ χαμηλές εντάσεις (0,1-0,5mA).
- Κατά τη διάρκεια της θεραπείας ο ασθενής πρέπει να αισθάνεται άνετα και να μην αναφέρει ή εμφανίζει σημεία πόνου ή «καψίματος».
- Κάθε 3-5min το δέρμα στην περιοχή της θεραπείας πρέπει να ελέγχεται για ερεθισμούς στις πρώτες θεραπείες.
- Αν η αντίσταση του δέρματος τροποποιηθεί κατά τη θεραπεία ίσως χρειαστεί να μειωθεί η ένταση για να αποφευχθεί πόνος ή «κάψιμο». Αντισταθμιστικά θα χρειαστεί να αυξηθεί ανάλογα ο χρόνος.
- Το ενεργό ηλεκτρόδιο μπορεί να παραμείνει στη θέση του για 12-24 ώρες μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής, επιτρέποντας την παθητική διάχυση του φαρμάκου, για να αυξηθούν τα αποτελέσματα της εφαρμογής.

# Ηλεκτρόδια

- Τα ηλεκτρόδια που προορίζονται για εφαρμογή ιοντοφόρεσης είναι μιας χρήσης, πολλών χρήσεων για τον ίδιο ασθενή ή πολλών χρήσεων για διαφορετικούς ασθενείς (τήρηση κανόνων υγιεινής). Εναλλακτικά χρησιμοποιούνται συνήθη ηλεκτρόδια, οπότε η φαρμακευτική ουσία τοποθετείται σε υγρή γάζα πάνω στο δέρμα και ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο και τη γάζα τοποθετείται ειδική μεμβράνη.
- **Εφαρμογή** φαρμακευτικής ουσίας στο **κατάλληλο** ηλεκτρόδιο, αν είναι θετική στο θετικό ηλεκτρόδιο και αντίστροφα (πείραμα Leduc) ώστε να απωθηθεί από το ηλεκτρόδιο στο σώμα.

# Αρχές εφαρμογής

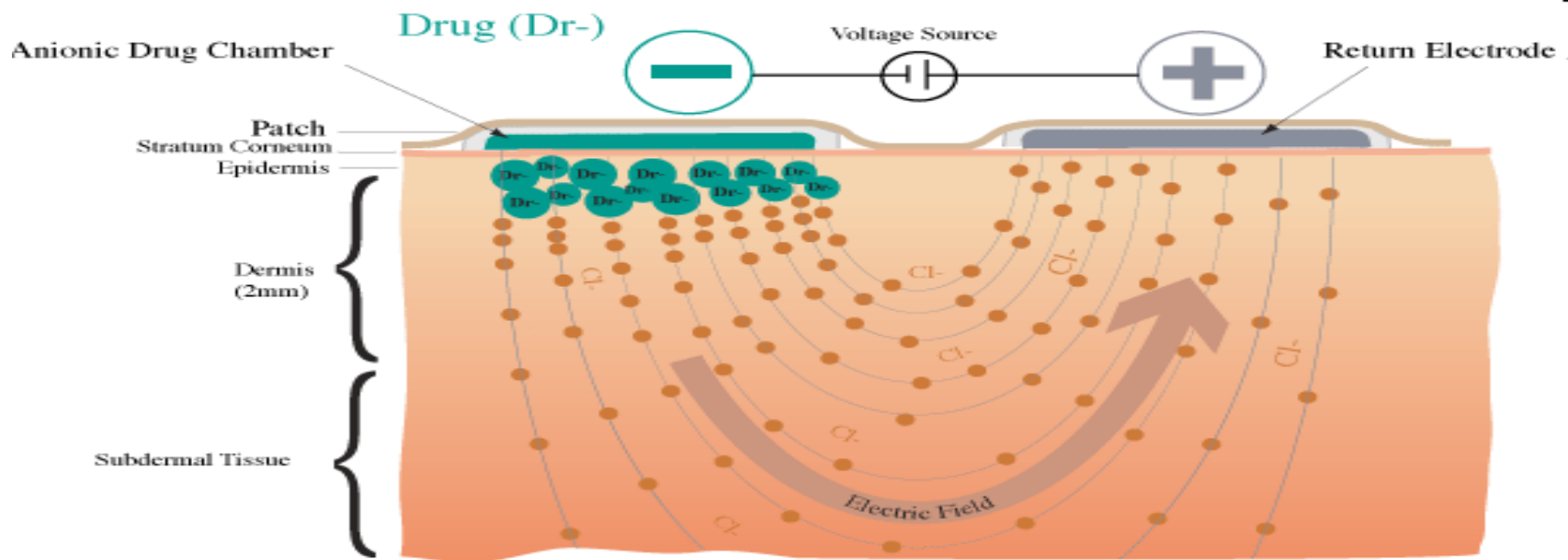
- Γνώση της παθολογίας του κάθε περιστατικού.
- Γνώση του κατάλληλου θεραπευτικού παρασκευάσματος έναντι κάθε παθολογικής κατάστασης.
- Γνώση της φόρτισης των φαρμακευτικών παρασκευασμάτων.
- Γνώση τυχόν αλλεργικών αντιδράσεων του ασθενούς στο φαρμακευτικό παρασκεύασμα.
- Έλεγχος για εκδορές ή υπαισθησία.
- Εξήγηση σκοπού θεραπείας & προτροπή στον ασθενή να αναφέρει οποιοδήποτε δυσάρεστο αίσθημα.
- Καθαρισμός της περιοχής με ή (κατά άλλους) χωρίς ξύρισμα.
- Τοποθέτηση ενεργού ηλεκτρόδιου πάνω από την περιοχή ενδιαφέροντος, και ανενεργού μακριά τουλάχιστον όσο η διάμετρος του ενεργού και κατά άλλους τουλάχιστον 45cm.
- Μικρότερα ηλεκτρόδια πρέπει να χρησιμοποιούνται για πιο εντοπισμένες βλάβες.



# Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα:

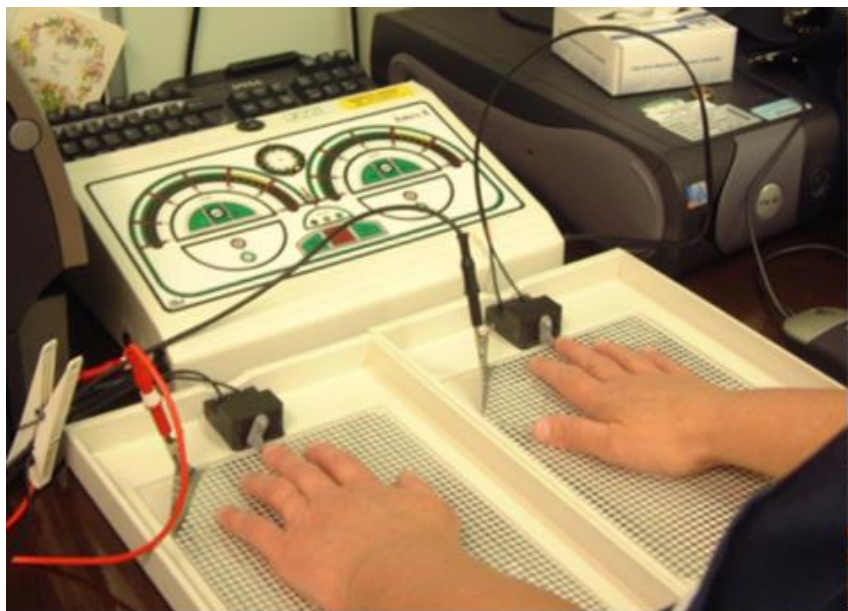
- Εφίδρωση
- Αγγείωση
- Περιοχή σώματος
- Ηλικία
- **Διεισδυτικότητα**  
Μεγαλομοριακές φαρμακευτικές ουσίες (δεξαμεθαζόνη, λιδοκαΐνη, υαλουρονιδάση, σαλικυλικό οξύ) συσσωρεύονται κάτω από το δέρμα, ενώ οι μικρομοριακές (οξικό οξύ) διεισδύουν βαθύτερα.
- **Ταχύτητα διάχυσης και απορρόφησης** φαρμακευτικής ουσίας.
- Η **αγωγιμότητα** ενός φαρμακευτικού παρασκευάσματος είναι αντιστρόφως ανάλογη της **συγκέντρωσής** του.

1



Mechanism of Drug (Dr-) Depot Formation

2



3



# Αντενδείξεις

- Όσες ισχύουν για την ηλεκτροθεραπεία
- Όσες ισχύουν για τη φαρμακευτική ουσία

# Παρενέργειες

- **Συστηματικές** αντιδράσεις σχετικές με τη φαρμακευτική ουσία.
- **Τοπικές** αντιδράσεις (ερυθρότητα, κνησμός) λόγω των προϊόντων που παράγονται κατά την εφαρμογή και χημικό έγκαυμα εξαιτίας της διέλευσης του συνεχούς ρεύματος.

## Παρασκευάσματα φόρτιση και ενδείξεις

Ιόν	Παρασκεύασμα	Ηλεκτρόδιο τοποθέτησης	Ενδείξεις
Οξικό άλας (αποδόμηση ασβεστώσεων)	Acetic acid	Αρνητικό	Εναπόθεση ασβεστίου
Χλώριο	Sodium Chloride	Αρνητικό	Ομαλοποίηση ουλών
Χαλκός	Copper Sulphate	Θετικό	Μυκητιασικές φλεγμονές
Δεξαμεθαζόνη (αντιφλεγμονώδεις)	Decadron	Θετικό	Φλεγμονές μυών και θυλάκων
Υαλουρονιδάση (αποδόμηση μωλωπισμού)	Wyadase	Θετικό	Οιδήματα, αιματώματα
Λιδοκαΐνη ή αλλιώς Ξυλοκαΐνη (τοπικό αναισθητικό)	Xylocaine	Θετικό	Νευρίτιδες, θυλακίτιδες
Ψευδάργυρος	Zinc oxide	Θετικό	Επούλωση δερματικών πληγών και κατακλίσεων
Σαλικυλικό νάτριο (αντιφλεγμονώδεις-αναλγητικό)	Sodium Salicylate	Αρνητικό	Μυαλγίες, αρθρίτιδες

# Παρασκευάσματα και φόρτιση

Παρασκεύασμα	Ηλεκτρόδιο τοποθέτησης
Voltaren	Θετικό
Indocid	Θετικό
Oruvail	Θετικό
Musco-Ril	Αρνητικό

# Ιοντοφόρηση & Παθήσεις

- Υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία για την αποτελεσματικότητα της χορήγησης κορτικοστεροειδών μέσω ιοντοφόρησης για τη μείωση του πόνου στην πελματιαία επιφάνεια της πτέρνας (Crawford & Thompson 2008).
- Αντικρουόμενα αποτελέσματα για την επίδραση της ιοντοφόρησης σε σχέση με άλλες μεθόδους αναλγησίας στην αυτό-αναφερόμενη λειτουργική ικανότητα & τον πόνο ασθενών με σύνδρομο μαστιγίου (Kroeling et al 2005).
- Αντιμετώπιση οστεοποιού μυϊτιδας μετά από αιμάτωμα 4κέφαλου (Wieder 1992).