



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

# Νευροφυσιολογία του Πόνου

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

# Πόνος

- «Ο **πόνος** είναι μια δυσάρεστη αισθητηριακή και συναισθηματική εμπειρία η οποία σχετίζεται με πραγματική ή δυνητική ιστική βλάβη, ή περιγράφεται με όρους που αντιστοιχούν σε τέτοια βλάβη» (International Association for the Study of Pain, IASP 1986).
- **Πόνος** είναι μια δυσάρεστη αισθητηριακή και συναισθηματική εμπειρία, που σχετίζεται με, ή φαίνεται να σχετίζεται με πραγματική ή δυνητική ιστική βλάβη (Raja 2020).
- Η αντίληψη-βίωμα του πόνου **επιδρά** σε, αλλά και **ρυθμίζεται** από συναισθηματικούς, ψυχολογικούς & κοινωνικούς παράγοντες.
- Ο πόνος αποτελεί προστατευτικό μηχανισμό που αναγκάζει το άτομο να αντιδράσει π.χ. απομακρύνοντας το αλγογόνο ερέθισμα ή θέτοντας σε επιφυλακή/ακίνησία το τραυματισμένο μέλος (π.χ. μυϊκή σύσπαση).
- Ωστόσο ο πόνος μπορεί να περιορίσει την συμμετοχή σε δραστηριότητες εργασίας, ελεύθερου χρόνου και καθημερινότητας αλλά και πολλές φορές, να αποτελέσει τροχοπέδη στην αποκατάσταση του ασθενή.

# Τρέχουσες απόψεις για τον πόνο

- Η απόκριση στον πόνο ποικίλλει ανάμεσα στους ανθρώπους διαφορετικού πολιτισμικού υπόβαθρου, φύλου και ηλικίας.
- Ευαίσθητες ομάδες αποτελούν οι παιδιατρικοί και γηριατρικοί ασθενείς καθώς και όσοι δυσκολεύονται να επικοινωνήσουν (σοβαρή ασθένεια, νοητική υστέρηση).
- Τυπικά ανώδυνα ερεθίσματα μπορούν να προκαλέσουν πόνο.
- Ο εντοπισμός του πόνου δεν ταυτίζεται απαραίτητα με κάποια σωματική βλάβη.
- Η φύση και ο εντοπισμός του πόνου μπορεί να αλλάξουν στο χρόνο.
- Η αντίληψη του πόνου είναι δυνατόν να τροποποιηθεί υποκειμενικά από τις προηγούμενες εμπειρίες και προσδοκίες.

# Είδη Πόνου

- Οξύς / Χρόνιος (πέραν της φυσιολογικής διάρκειας επούλωσης του ιστού, κατά προσέγγιση >3μήνες) (κριτήριο η αμεσότητα ή διάρκεια του πόνου)
- Αναφερόμενος, προβαλόμενος (κριτήριο το σημείο πρόκλησης του πόνου)
- Εντοπισμένος / Διάχυτος (κριτήριο η έκταση αίσθησης του πόνου)
- Επιφανειακός / Εν τω βάθει (κριτήριο το βάθος προέλευσης του πόνου)
- Οξύς, καυστικός, διαξιφιστικός, μουντός κτλ (κριτήριο ο χαρακτήρας του πόνου)
- Σωματογενής / Νευρογενής (κριτήριο η προέλευση του πόνου)

# Αντιμετώπιση του πόνου με

- Αναλγητικά φάρμακα
  - Εγχείρηση
  - Μάλαξη
  - Ειδικές τεχνικές κινητοποίησης
  - Κίνηση και άσκηση
  - Ακινητοποίηση, ξεκούραση
  - Ψυχολογική παρέμβαση, Γνωσιακή/Συμπεριφορική κτλ
  - Εφαρμογή ηλεκτροθεραπευτικών μέσων
- Τη λογική βάση για την εφαρμογή τους έθεσαν οι Melzack & Wall (1965) με τη **θεωρία της Πύλης Ελέγχου του Πόνου (Gate Control Theory)**.

# Νευροφυσιολογική Εξήγηση Ελέγχου του Πόνου

- Θεωρία Πύλης Ελέγχου (Gate Control Theory) συνοψίζεται στα εξής:

Η αντίληψη του πόνου ρυθμίζεται από μια «πύλη» η οποία ανοίγει και κλείνει χάρη σε ερεθίσματα από το ΠΝΣ ή το ΚΝΣ, αυξάνοντας ή μειώνοντας την ένταση του πόνου που γίνεται τελικά αντιληπτή (Melzack & Wall 1965).

## Απαιτείται:

- Κατανόηση της νευροφυσιολογίας του πόνου.
- Κατανόηση της ανταπόκρισης και της προσαρμογής του ΝΣ μετά από τραυματισμό ή επώδυνα ερεθίσματα.
- Αναγνώριση του πόνου ως φαινόμενου που προκύπτει από την αλληλεπίδραση βιολογικών και ψυχολογικών παραγόντων.
- Μείωση/Αναστολή του πόνου (Melzack 1999).

# Υποδοχείς Πόνου ή Αλγαισθητικοί Υποδοχείς

- Ελεύθερες νευρικές απολήξεις στο δέρμα και σε αρθρώσεις, οστά, μύες, αγγεία, σπλάχνα, μήνιγγες.
- Διεγείρονται από (δυνητικά βλαπτικά) **μηχανικά, θερμικά** (βλαπτικό ζεστό  $>45^{\circ}\text{C}$ /κρύο  $<10^{\circ}\text{C}$ ), **ηλεκτρικά και χημικά** ερεθίσματα καθώς και από την ισχαιμία, και το μυϊκό σπασμό (άμεσα ή/και έμμεσα μέσω της ισχαιμίας).
- Παρουσιάζουν ελάχιστη ή καθόλου εξοικείωση (μπορεί να αυξηθεί ως αποτέλεσμα της επίδρασης επιφανειακών ψυχρών παραγόντων).

Τα 2 είδη νευρικών οδών του πόνου είναι:

- Οι **A $\delta$**  νευρικές ίνες (group III) που είναι εμμέλες, διαθέτουν μηχανοϋποδοχείς που εντοπίζονται κυρίως στο δέρμα και που ανταποκρίνονται σε ισχυρά μηχανικά ερεθίσματα, μεταφέρουν τον οξύ, διαξιφιστικό, εντοπισμένο πόνο και έχουν ταχύτητα μεταγωγής 5-15m/s.
- Οι **C** νευρικές ίνες (group IV) που είναι αμύελες, διαθέτουν πολυπαραγοντικούς (ή πολύτροπους) υποδοχείς που εντοπίζονται στο δέρμα αλλά και σε βαθύτερους ιστούς και που ανταποκρίνονται σε μηχανικά, θερμικά και χημικά ερεθίσματα, βρίσκονται σε κάθε εννευρωμένο ιστό εκτός από το ΚΝΣ, μεταφέρουν τον βουβό, βαθύ, διάχυτο πόνο και έχουν ταχύτητα μεταγωγής 0,2-2m/s.

# Φυσιολογικές αποκρίσεις σε επώδυνα ερεθίσματα

- Ο ταχύς πόνος (A $\delta$  νευρικές ίνες) προκαλεί αντανακλαστικό απόσυρσης και άμεση, καλά εντοπισμένη, σωματισθησία (αντίληψη του πόνου).
- Ο βραδύς πόνος (C νευρικές ίνες) δεν προκαλεί αντανακλαστικό απόσυρσης και είναι λιγότερο καλά εντοπισμένος.
- Οι C νευρικές ίνες είναι ευαίσθητες σε χημικές ουσίες – προϊόντα ιστικής βλάβης και φλεγμονής – καθώς και σε κυτταρικούς μεταβολίτες όπως ATP, ADP και γαλακτικό οξύ.
- Η παρουσία αυτών των χημικών ουσιών προκαλεί **ευαισθησία**, αλλοδυνία (allodynia) και υπέρμετρη απόκριση σε επώδυνα ερεθίσματα (**υπεραλγησία**), ακόμα και σε ιστούς μακριά από το σημείο της ιστικής βλάβης (περιφερική ευαισθητοποίηση).



# Βραχυπρόθεσμες αρνητικές επιπτώσεις

- Ο ασθενής υποφέρει σωματικά & συναισθηματικά.
- Διαταραχές ύπνου (επιπτώσεις στη διάθεση & τη συνεργασία για κινητοποίηση).
- Καρδιαγγειακές παράπλευρες επιπτώσεις (π.χ. υπέρταση, ταχυκαρδία).
- Αυξημένη κατανάλωση οξυγόνου (με επιπτώσεις σε περίπτωση στεφανιαίας νόσου).
- Διαταραχή της κινητικότητας του εντέρου, έμετος, ναυτία.
- Διαταραχή της αναπνευστικής λειτουργίας (ατελεκτασία, κατακράτηση εκκρίσεων).
- Καθυστέρηση κινητοποίησης αν είναι επώδυνη (π.χ. μετεγχειρητικά), θρομβοεμβολή.

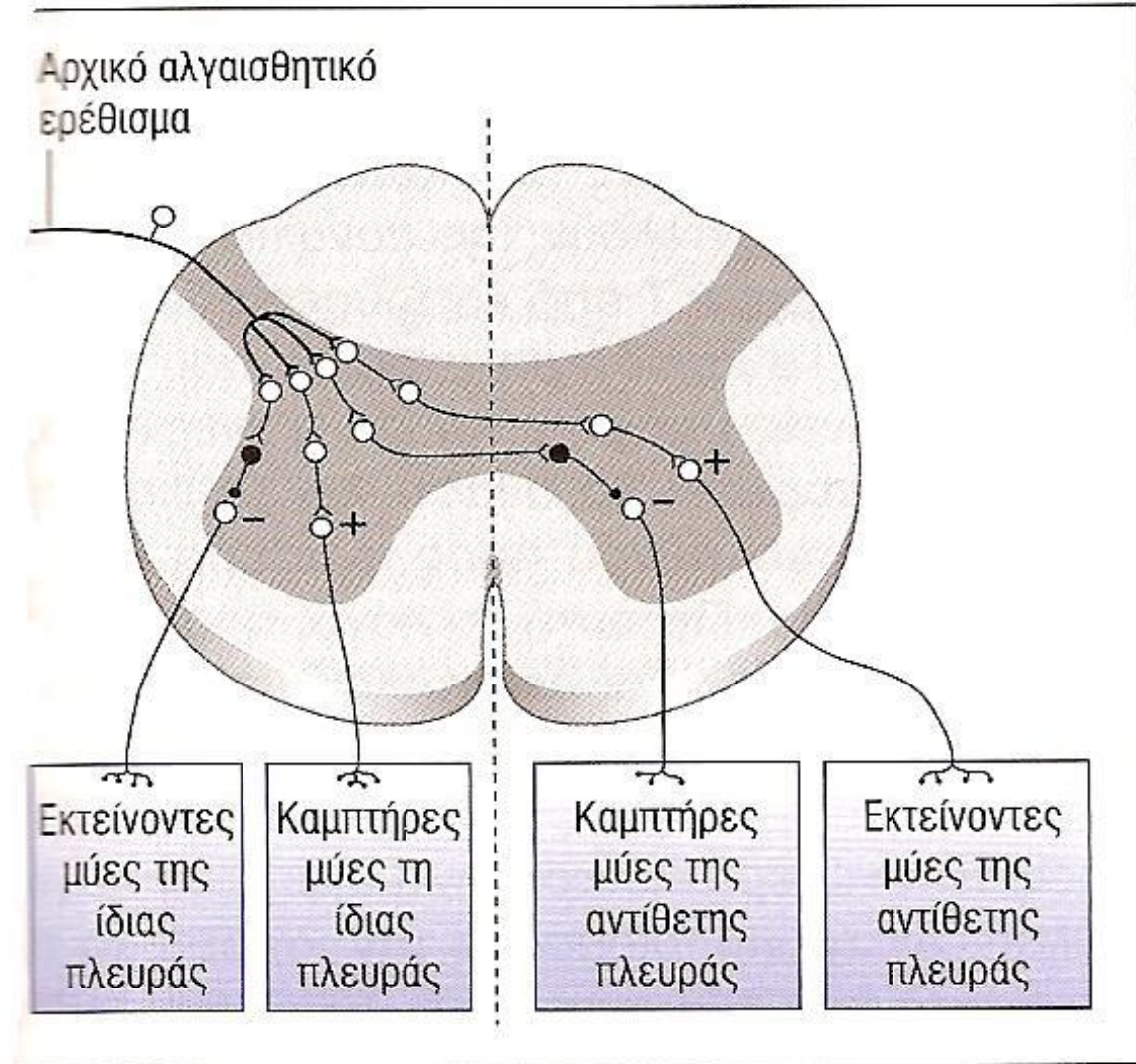
# Μακροπρόθεσμες αρνητικές επιπτώσεις

Ο έντονος οξύς πόνος είναι παράγοντας κινδύνου:

- για την ανάπτυξη χρονιότητας
- για την εκδήλωση αρνητικών μεταβολών στην ψυχολογία & τη συμπεριφορά του ασθενή.

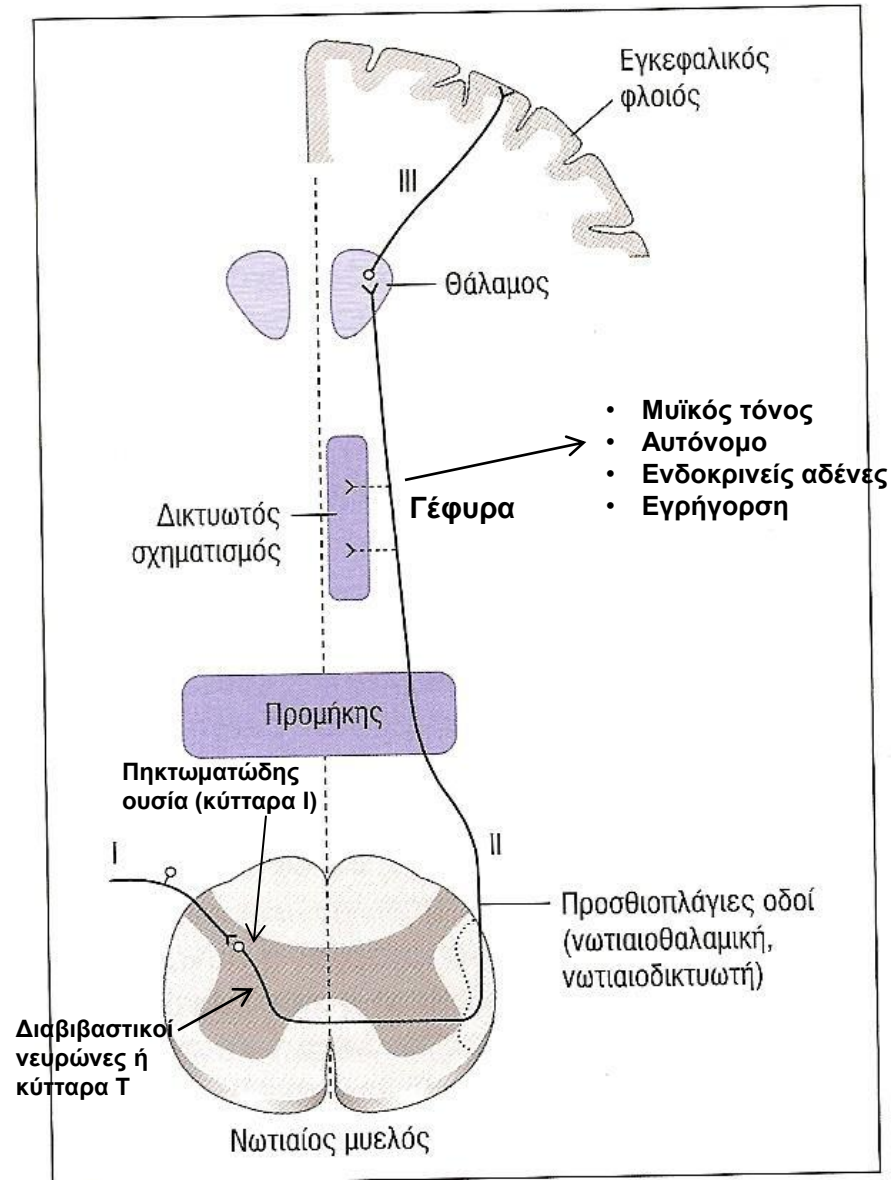
# Οδοί του Πόνου

Αντανακλαστικό  
απόσυρσης και  
χιαστί εκτατικό  
(πολυσυναπτικά)



# Οδοί του Πόνου

1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> τάξης  
νευρώνες



# Οδοί του Πόνου

- (Νεο)νωτιαιοθαλαμική οδός αποτελεί νεότερο φυλογενετικά σύστημα, χρησιμεύει στην αγωγή του ταχέος άλγους (προκαλείται κυρίως από θερμικά και μηχανικά ερεθίσματα) μέσω των  $A\delta$  νευρικών ινών (οπίσθια κέρατα NM  $\rightarrow$  χιασμός  $\rightarrow$  στέλεχος, θάλαμος, έσω λημνίσκοι, σωματισθητική χώρα εγκεφαλικού φλοιού).
- Παλαιονωτιαιοθαλαμική οδός αποτελεί παλαιότερο φυλογενετικά σύστημα χρησιμεύει στην αγωγή του βραδέος άλγους μέσω κυρίως των C (και σε μικρότερο βαθμό των  $A\delta$ ) νευρικών ινών.

Εγκεφαλικός Φλοιός

Σωματοαισθητική περιοχή του φλοιού

Μέση Γραμμή

Κοιλιοβασική περιοχή

Πυρήνες

Θάλαμος

Περιύδραγωγίμος φαία ουσία (Μεσεγκέφαλος)

Δικτυωτός σχηματισμός

(Γέφυρα)

Αμυγδαλή (φόβος)  
Υποθάλαμος (αγωνία)

ΝΕΟ Νοτιαίοθαλαμικό δευμάτιο

Παλιονωπαίο θαλαμικό δευμάτιο

Επιχείλιος ζώνη

Πηκτωματώδης ουσία (κύτταρα I)

Αδίνες

Οπίσθιο κέρασ και πέταλα

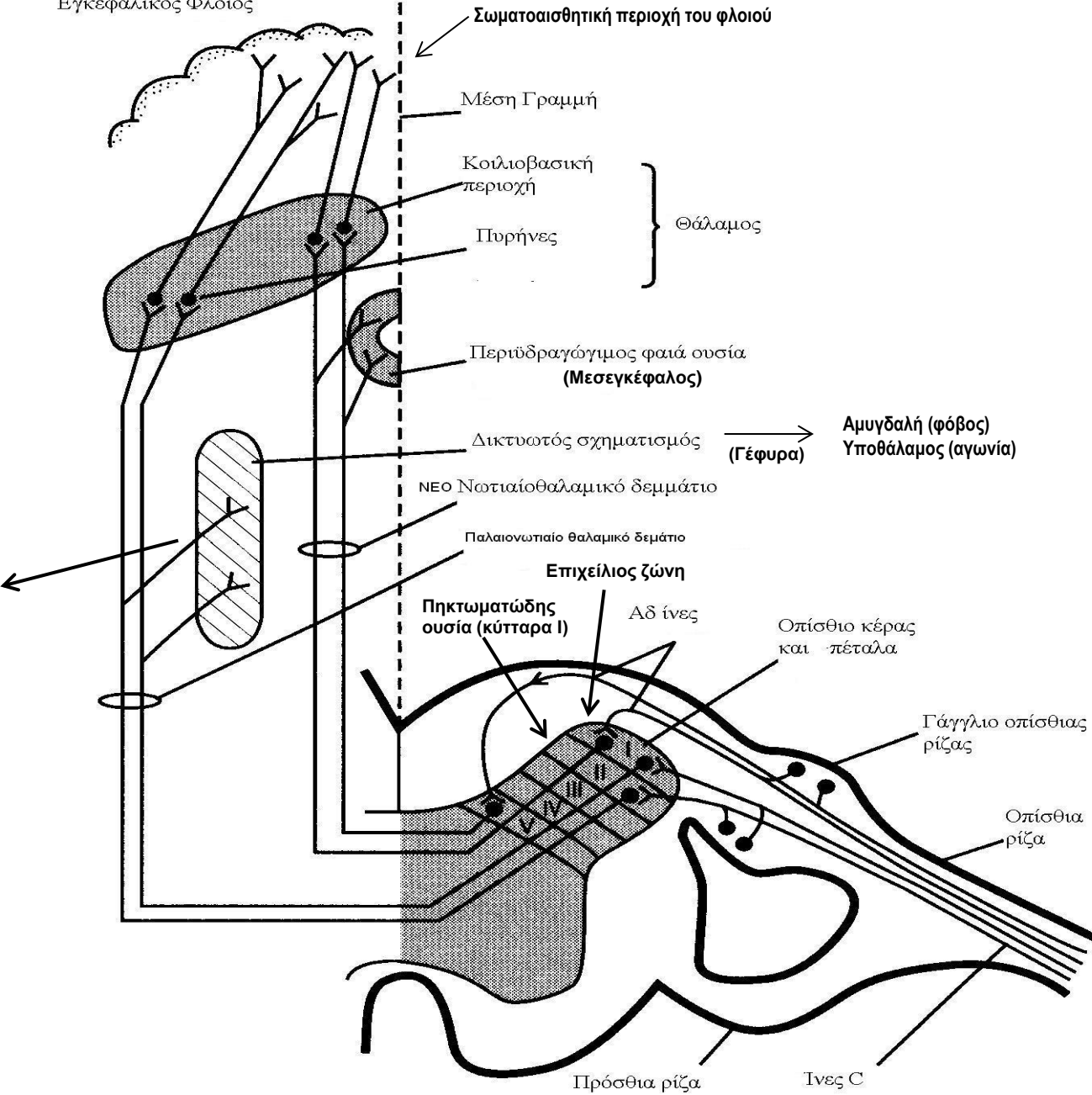
Γάγγλιο οπίσθιας ρίζας

Οπίσθια ρίζα

Πρόσθια ρίζα

Ινες C

- Μυϊκός τόνος
- Αυτόνομο
- Ενδοκρινείς αδένες
- Εγρήγορη

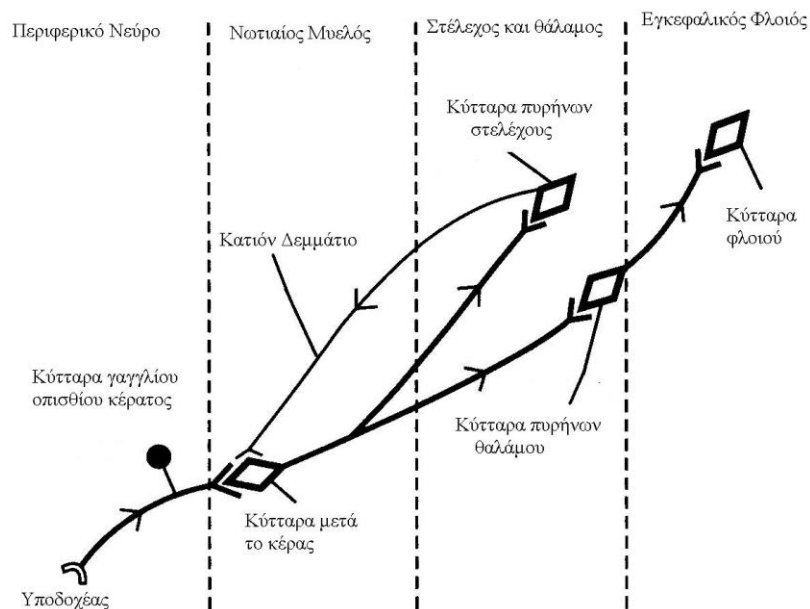


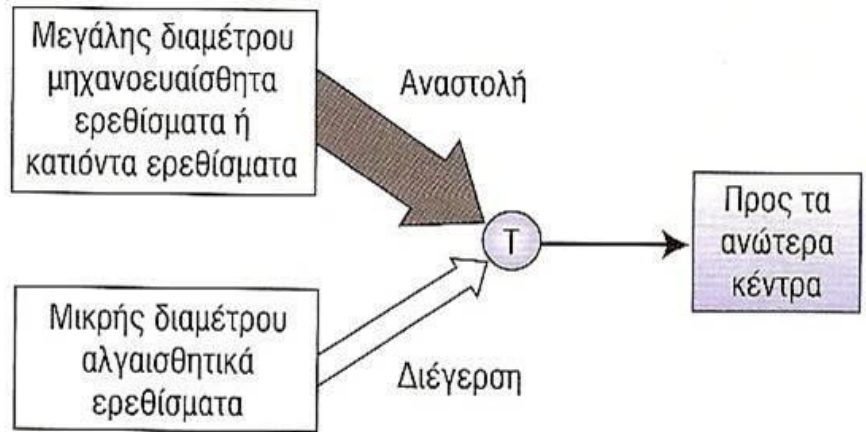
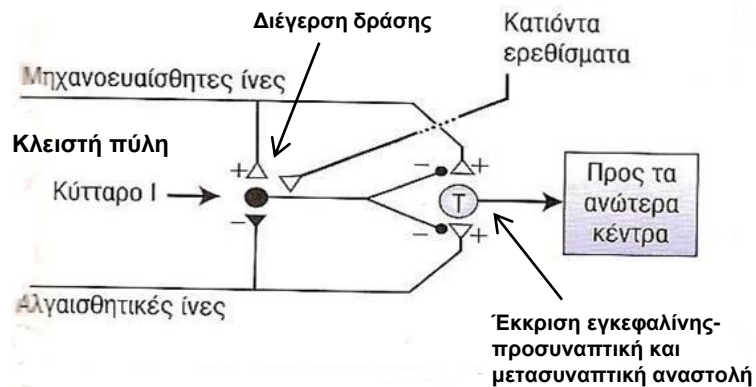
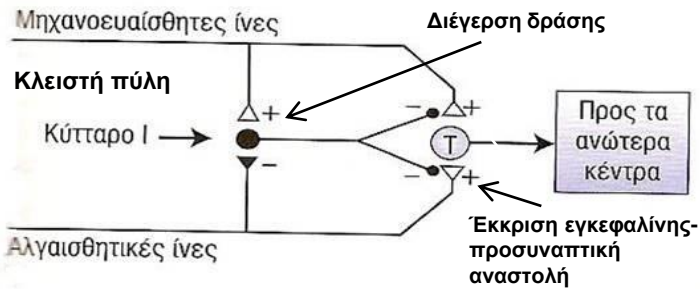
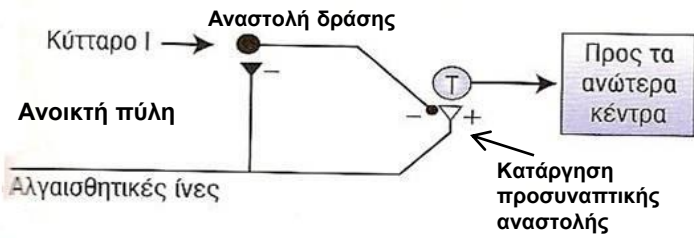
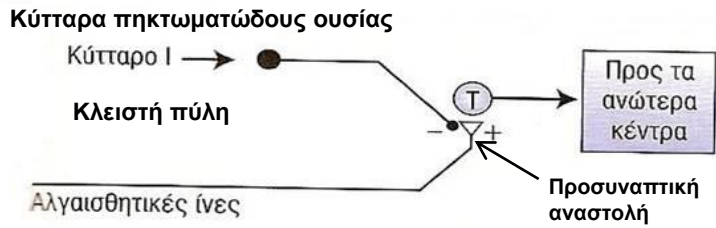
# Οδοί του Πόνου

Όλες οι αισθήσεις ρυθμίζονται από το ΚΝΣ πριν γίνουν συνειδητές.

Η τροποποίηση μπορεί να συμβεί σε κάθε ένα από τα 4 επίπεδα που μεσολαβούν μεταξύ του ερεθίσματος και της αντίληψής του.

- Περιφερικό νευρικό σύστημα
- Νωτιαίος μυελός
- Εγκεφαλικό στέλεχος & θάλαμος
- Εγκεφαλικός φλοιός

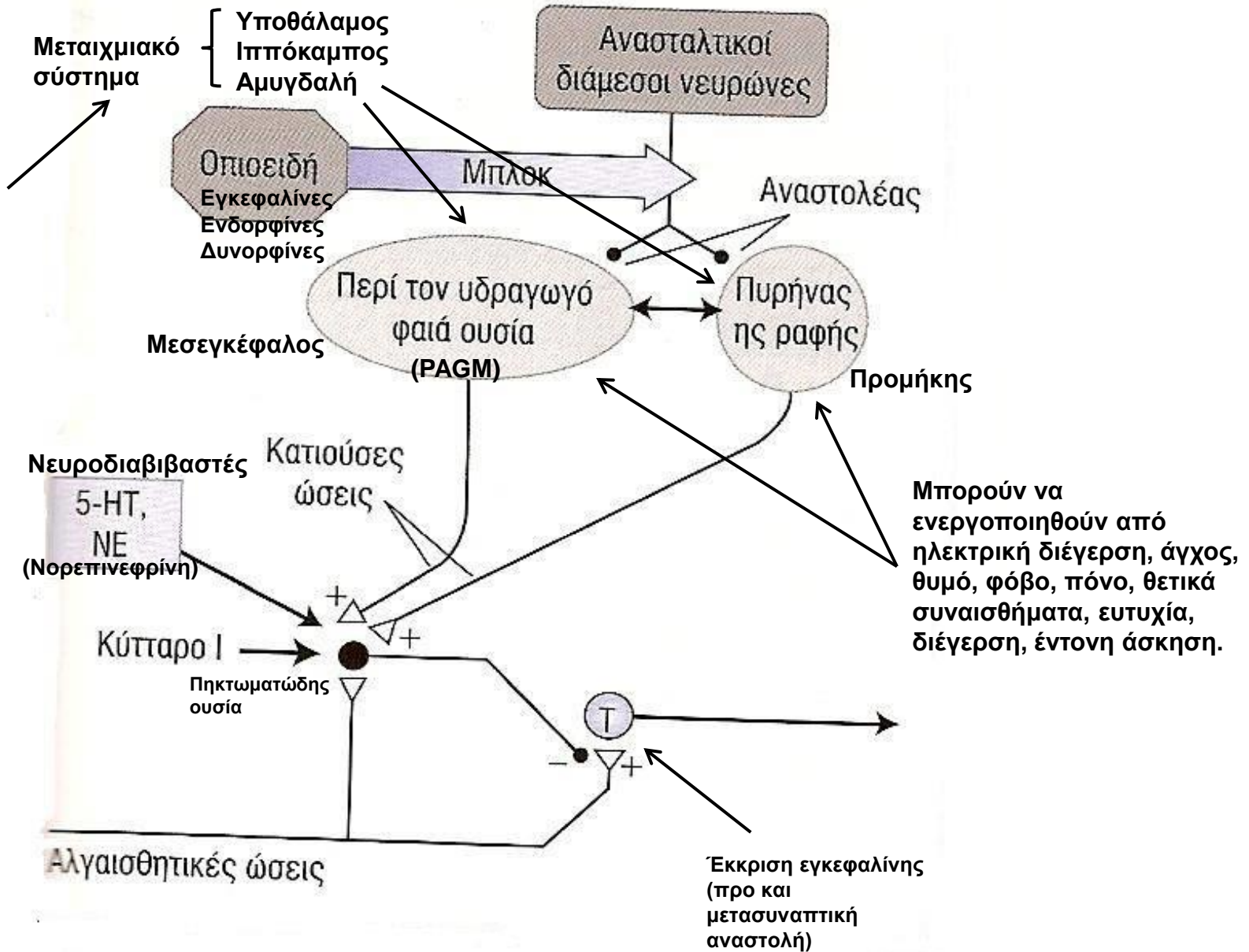




**Θεωρία της Πύλης Ελέγχου του Πόνου  
(Gate Control Theory).  
Melzack & Wall (1965)**



Έλεγχος συναισθημάτων και συμπεριφοράς



# Μηχανισμοί τροποποίησης του πόνου (αναλγησίας)

- Η διέγερση των ανιουσών Αβ κεντρομόλων ινών οδηγεί στον αποκλεισμό των επώδυνων ερεθισμάτων (τα οποία μεταβιβάζονται με τις Αδ και C κεντρομόλες ίνες), στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού (μάλαξη ηλεκτρικός ερεθισμός, κινητοποίηση κλπ.).
- Η διέγερση των κατιουσών οδών στο οπισθοπλάγιο δερμάτιο του νωτιαίου μυελού από κεντρομόλα ερεθίσματα μέσω των Αδ και C ινών, έχει σαν αποτέλεσμα τον αποκλεισμό των νευρικών ώσεων που μεταβιβάζονται με τις Αδ και C ίνες (πόνος, ηλεκτρική διέγερση, διέγερση κλπ.).
- Η διέγερση των Αδ και C κεντρομόλων ινών προκαλεί την απελευθέρωση ενδογενών οπιοειδών (β-ενδορφίνης), με αποτέλεσμα την παρατεταμένη ενεργοποίηση των κατιουσών αναλγητικών οδών (πόνος, ηλεκτρική διέγερση, φόβος, άγχος, θερμότητα, έντονη άσκηση, θετικά συναισθήματα κλπ.).
- Η ψύξη των κεντρομόλων ινών, ιδιαιτέρως των αμύελων, μειώνει τον ρυθμό μετάδοσης των νευρικών ώσεων.

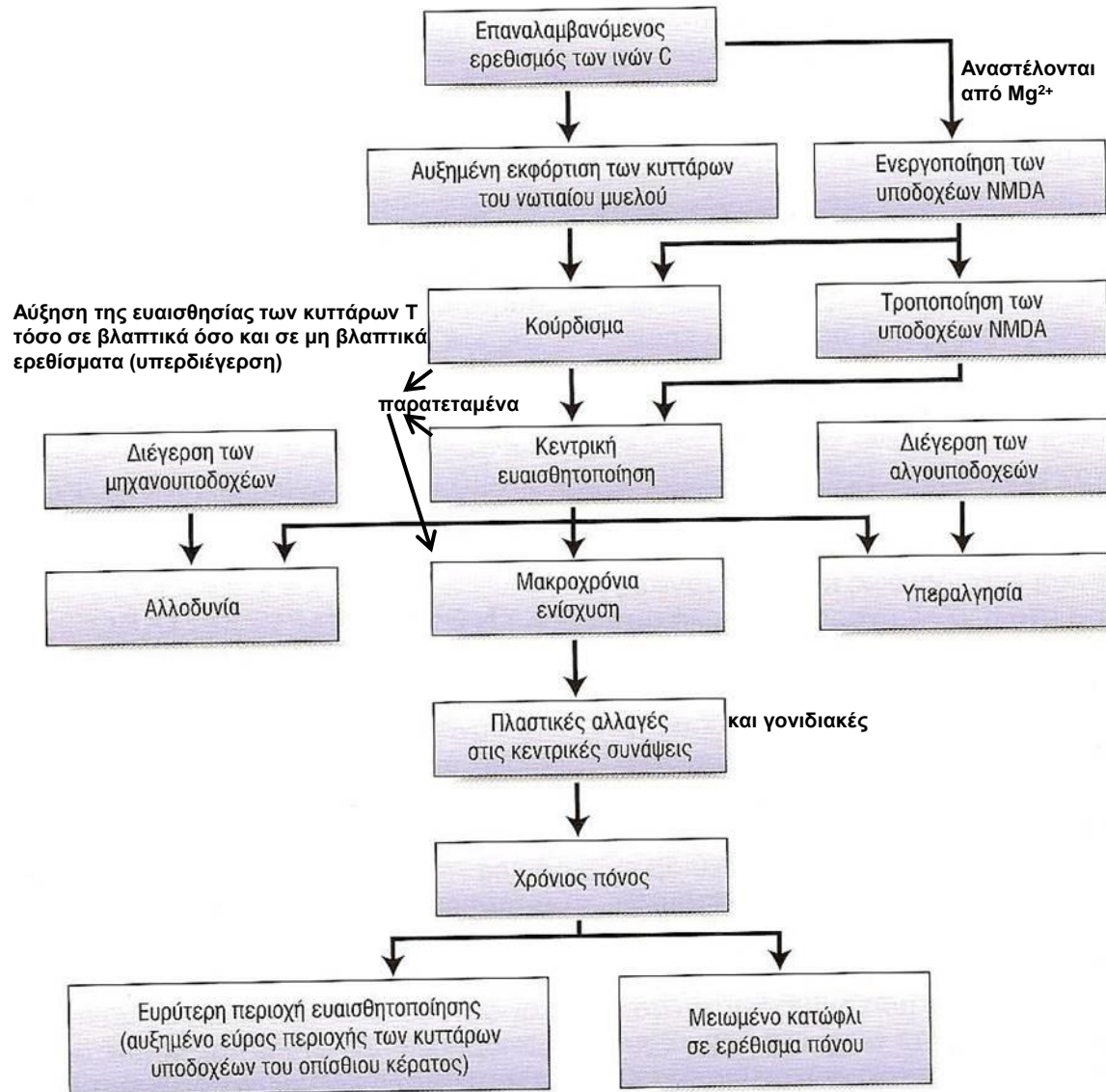
# Μηχανισμός περιφερικής ευαισθητοποίησης (ευαισθητοποίηση C υποδοχέων)

- Φυσιολογικά οι C ίνες παραμένουν ανενεργές κατά την απουσία ερεθισμάτων.
- Σε περίπτωση ιστικής βλάβης & της παθοφυσιολογίας που τη συνοδεύει ενεργοποιούνται από την απελευθέρωση ουσιών – μεσολαβητές του πόνου & της φλεγμονής.
- Η παρουσία των ουσιών αυτών προκαλεί μείωση του ουδού ερεθισμού & καθιστά πιο εύκολη την αντίληψη της αίσθησης του πόνου προκαλώντας πρωτογενή υπεραλγησία και αλλοδυνία.

# Μηχανισμός κεντρικής ευαισθητοποίησης (ευαισθητοποίηση των T κυττάρων)

- Η παρατεταμένη ή επαναλαμβανόμενη δραστηριότητα των C ινών προκαλεί αλλαγές στον τρόπο απόκρισης του ΚΝΣ σε ερεθίσματα από την περιφέρεια (δευτερογενής υπεραλγησία – αλλοδυνία).
- Όταν τα ίδια επώδυνα ερεθίσματα εφαρμόζονται π.χ. στο δέρμα σε κατάλληλο ρυθμό παρατηρείται προοδευτική άθροιση της απόκρισης των οπίσθιων κεράτων του ΝΜ, που σταδιακά επιφέρει μεγέθυνση της περιοχής τους που σχετίζεται με την «υποδοχή» των ερεθισμάτων από την περιφέρεια.

# Χρόνιος πόνος



# Φυσιολογικές αποκρίσεις σε επώδυνα ερεθίσματα

- Το αποτέλεσμα μπορεί να είναι μακρόχρονη **κεντρική ευαισθητοποίηση** (central sensitization) ή σύντομη αύξηση της απόκρισης σε ερεθίσματα που ξεπερνούν το εκάστοτε κατώφλι (όπως στην περίπτωση τραυματισμού).
- Οι μηχανισμοί είναι πολύπλοκοι αλλά η νευρωνική πλαστικότητα σχετίζεται με πολλά **επώδυνα σύνδρομα**.
- Επιπλέον η κεντρική ευαισθητοποίηση μπορεί να συμβεί και κατά την απουσία διαρκούς ερεθισμού από την περιφέρεια, εξαιτίας **ευερεθιστότητας σε επίπεδο νωτιαίου μυελού**.

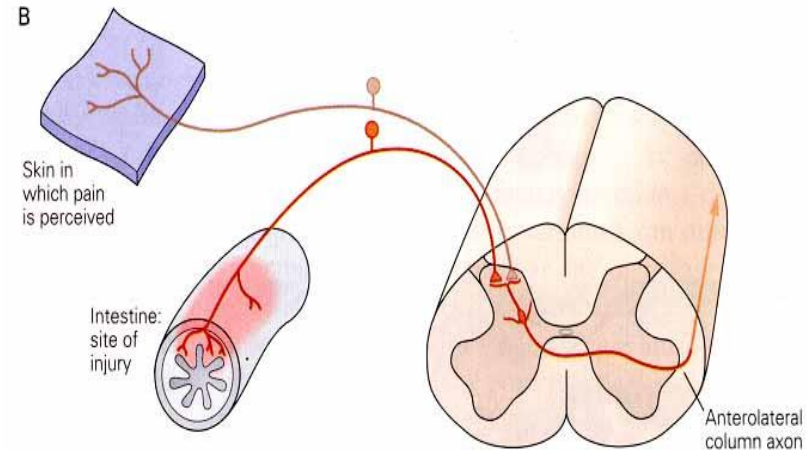
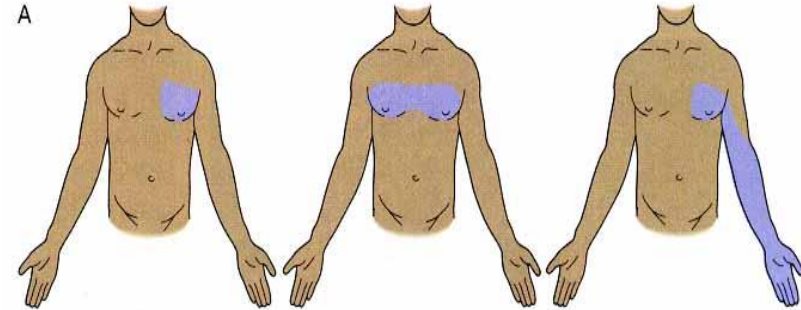
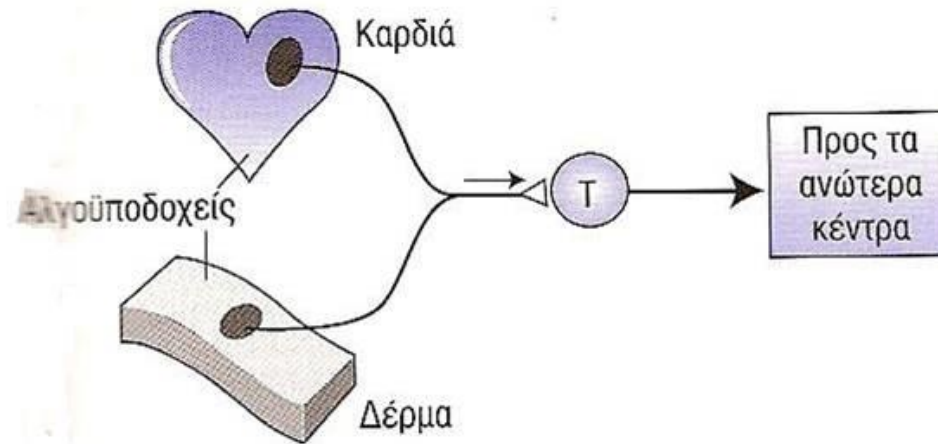
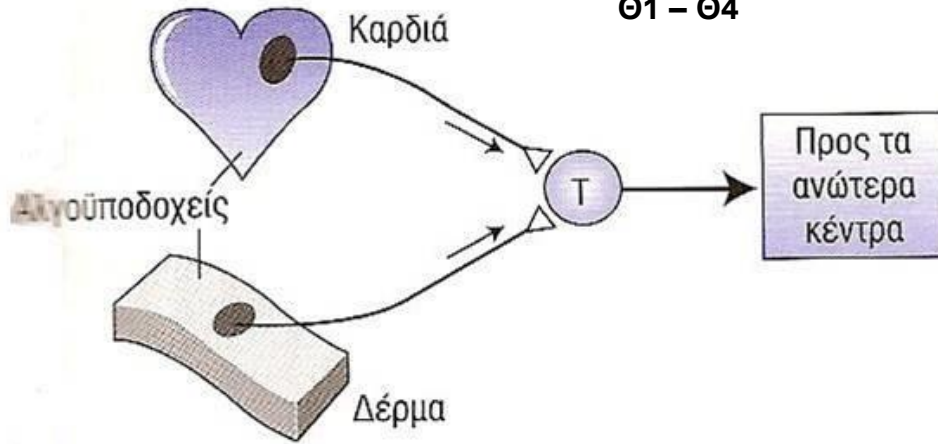
# Σύνδρομα Πόνου και Κλινικές Ανωμαλίες του Πόνου

- Υπεραλγησία / Υποαλγησία (Hyperalgesia / Hypoalgesia).
- Αλλοδυνία (Allodynia).
- Υπερευαισθητοποίηση / Υπαισθησία (Hypersensitization / Hyposensitization).
  
- Σύνδρομο Μυοπεριτονιακού Πόνου (Myofascial Pain Syndrome).
- Μεθερπητική Νευραλγία (Post-herpetic Neuralgia).
- Νευραλγία Τριδύμου.
- Σύνθετο Περιφερειακό Σύνδρομο Πόνου (Complex Regional Pain Syndrome).
- Ινομυαλγία (Fibromyalgia).



# Αναφερόμενος πόνος

Θ1 - Θ4





**Προβαλλόμενος πόνος ή πόνος που  
ακτινοβολεί**

**Πόνος φάντασμα**