

HMY 370

Εισαγωγή στη Βιοϊατρική Μηχανική

Εμφυτεύσιμες Συσκευές



- **Απώλεια ακοής**

- 4^η πιο διαδεδομένη αναπηρία μετά από την απώλεια κινητικότητας, τον πόνο και την δυσκινησία.
- 40% των ατόμων ηλικίας άνω των 65 ετών αναφέρουν σημαντική απώλεια ακοής



- **Η σημερινή νεολαία είναι επίσης σε κίνδυνο σημαντικής απώλειας ακοής**

- Μπορείτε να ακούσετε μουσική για 8 ώρες χωρίς καμία ζημία στα 85 dB
- Αλλά για κάθε 3 dB αύξηση, ο χρόνος μειώνεται στο μισό.
 - 4 ώρες στα 88 dB
 - 2 ώρες στα 91 dB (μετρό, χορτοκοπτική μηχανή)
 - ½ ώρα στα 97 dB (μοτοσυκλέτα)
 - 15 λεπτά στα 100 dB (σχολή χορού)
 - Σε μια συναυλία (που μπορεί να είναι 110 dB και πάνω) ... λιγότερο από ένα λεπτό!





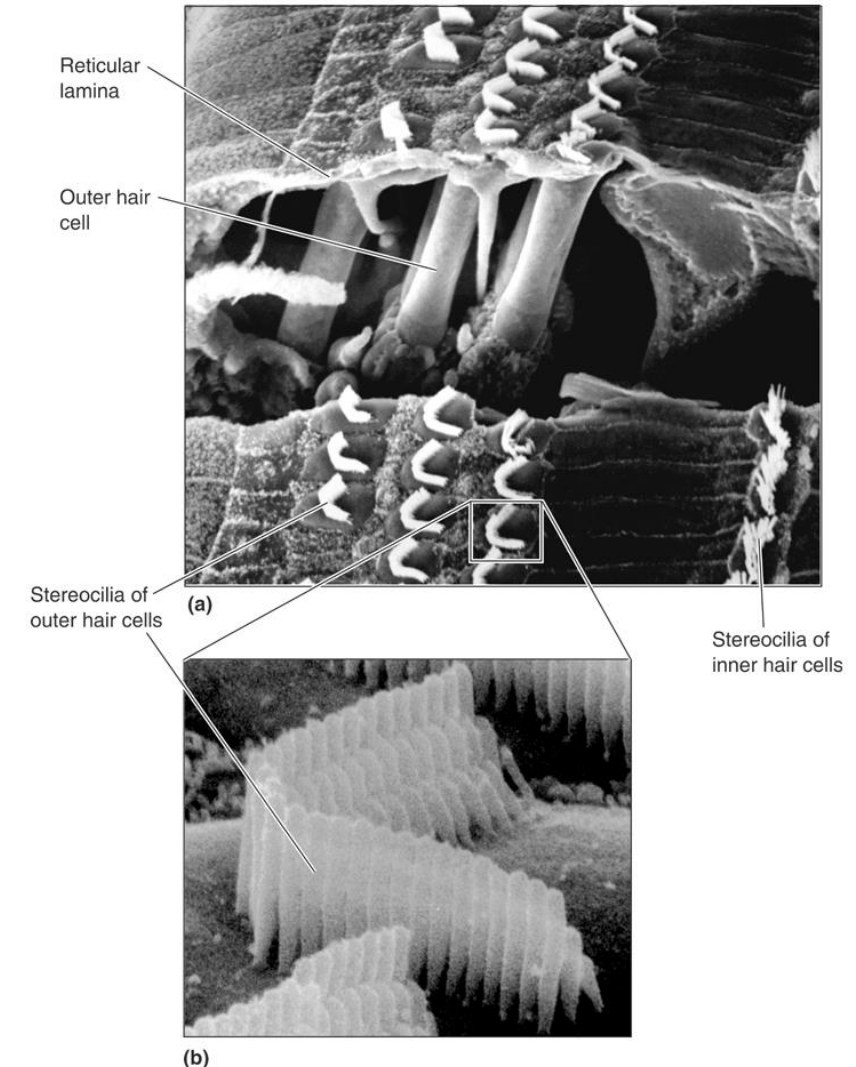
• Κώφωση

• Αγώγιμος

- Τα ηχητικά κύματα δεν μεταδίδονται επαρκώς από το εξωτερικό και μεσαίο τμήμα του αυτιού
- Απόφραξη, ρήξη του τυμπάνου του αυτιού, λοίμωξη του μέσου αυτιού, συμφύσεις στα οστάρια
- Τα βοηθήματα ακοής μπορεί να βοηθήσουν

• Νευροαισθητήρια

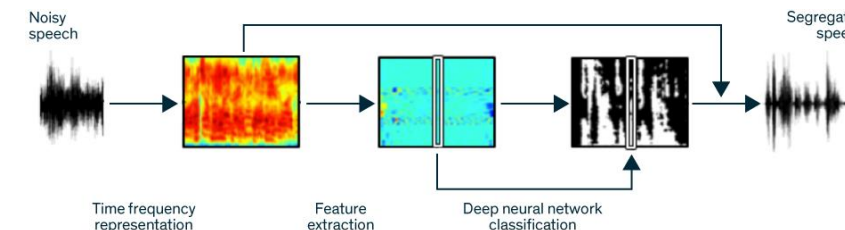
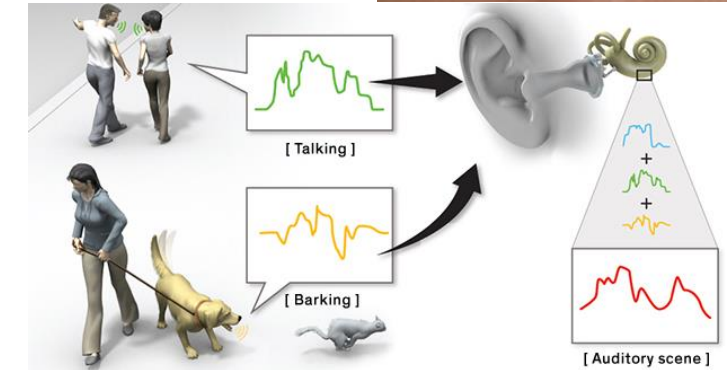
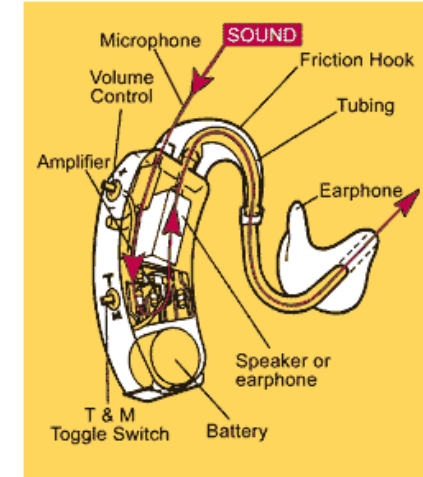
- Τα ηχητικά κύματα μεταδίδονται, αλλά δεν μεταφράζονται σε ηλεκτρικά σήματα από τα τριχωτά κύτταρα
- Νευρωνική πρεσβυακοΐα, ορισμένα αντιβιοτικά, δηλητηρίαση
- Τα κοχλιακά εμφυτεύματα μπορεί να βοηθήσουν
 - Ηλεκτρικές συσκευές που διεγείρουν άμεσα το ακουστικό νεύρο



Βοηθήματα Ακοής (Hearing Aids)



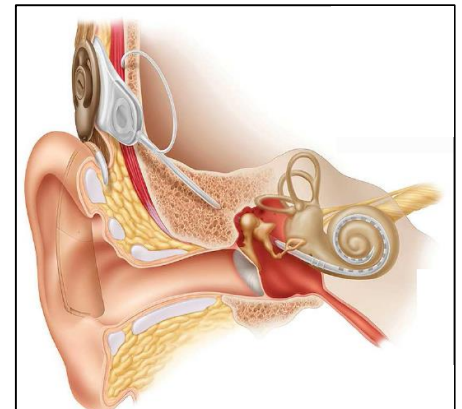
- Κώφωση αγωγιμότητας → Βοηθήματα ακοής (ή ακουστικά βαρηκοΐας)
- Κοινά μέρη των βοηθημάτων ακοής
 - Ένα μικρόφωνο
 - Ένας ενισχυτής
 - Μεγάφωνο
 - Μια μπαταρία
- Τα βοηθήματα ακοής βοηθηθούν την ακοή σε πολλές περιπτώσεις
 - Τα οφέλη εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες
- Τα βοηθήματα ακοής δεν μπορούν να διορθώσουν μια απώλεια ακοής 100%
- Τα βοηθήματα ακοής ενισχύουν όλους τους ήχους
 - Συμπεριλαμβανομένου και του θορύβου
 - Η ρύθμιση των βοηθημάτων ακοής είναι μια μακρά διαδικασία
- **Βαθιά μάθηση (deep learning)**
 - Επαναπροσδιορισμός των βοηθημάτων ακοής → διαχωρισμός ομιλίας από θόρυβο
 - <http://spectrum.ieee.org> (6-12-2016)



Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα



- Νευροαισθητήρια απώλεια ακοής → Κοχλιακά εμφυτεύματα
- **Τι είναι ένα κοχλιακό εμφύτευμα;**
 - Μικρή ηλεκτρονική συσκευή για άτομα που είναι κωφά ή που έχουν πολύ σοβαρής μορφής βαρηκοΐα.
 - Τμήμα εμφυτεύεται χειρουργικά στο κρανίο πίσω από το αυτί και μικροσκοπικά καλώδια εισάγονται εντός του κοχλίου.
 - Παρακάμπτει το μέσο και έσω αυτί και διεγείρει (ηλεκτρικά) τους ακουστικούς νευρώνες
 - Εμφυτεύσεις σε ενήλικες από το 1985 και σε παιδιά από το 1990
- **Υποψήφιοι για εμφυτεύματα**
 - Ενήλικες ή παιδιά (12 μηνών και άνω)
 - ~ 70.000 λήπτες σε όλο τον κόσμο (~ 21.000 στις ΗΠΑ) *
 - 50% παιδιά (12 μηνών - 17 ετών) - 50% ενήλικες *
- **Πόσο κοστίζει;**
 - Το μέσο κόστος για το σύνολο της διαδικασίας, συμπεριλαμβανομένης της θεραπείας/αποκατάστασης υπερβαίνει τις \$ 40.000.



* FDA survey 11/2001 http://www.nidcd.nih.gov/health/pubs_hb/coch.htm#c

Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα



- Πώς είναι ένα κοχλιακό εμφύτευμα διαφορετικό από ένα ακουστικό βαρηκοΐας;
 - Βοηθήματα Ακοής:
 - Ενισχύουν αναλογικά τον ήχο
 - Βασίζονται στην αποκρισιμότητα των τριχωτών κυττάρων που επιβιώνουν
 - Κοχλιακά εμφυτεύματα:
 - Παρακάμπτουν τα κατεστραμμένα τριχωτά κύτταρα
 - Μετατρέπουν το ηχητικό σήμα εισόδου σε ηλεκτρικούς παλμούς και διεγείρουν τους νευρώνες του ακουστικού νεύρου στον κοχλία.
 - Δίνει μια αίσθηση του ήχου και βοηθά στην κατανόηση της ομιλίας.
 - Δεν παράγουν φυσιολογική ακοή
 - Δεν κάνουν τους ήχους πιο δυνατούς (όπως τα βοηθήματα ακοής)



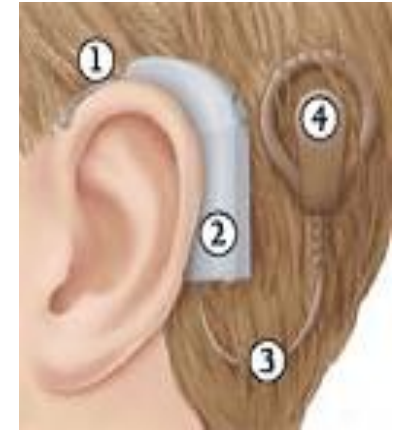
Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα



• Πως λειτουργούν τα κοχλιακά εμφυτεύματα

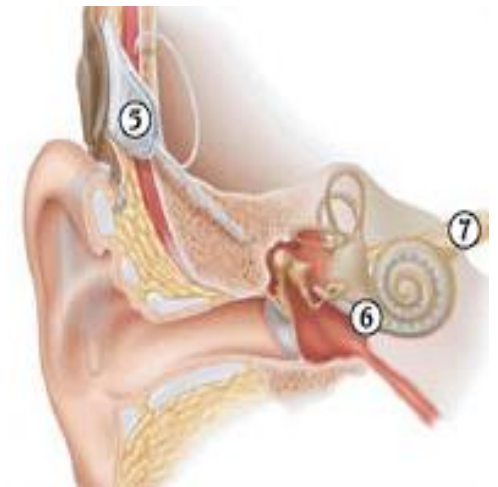
Εξωτερικά μέρη

1. Οι ήχοι συλλέγονται από ένα μικρό, κατευθυντικό μικρόφωνο που βρίσκεται στον επεξεργαστή στο επίπεδο του αυτιού.
2. Τα φίλτρα του επεξεργαστή ομιλίας αναλύουν και ψηφιοποιούν τον ήχο σε κωδικοποιημένα σήματα.
3. Τα κωδικοποιημένα σήματα αποστέλλονται από τον επεξεργαστή ομιλίας στο πηνίο μετάδοσης.
4. Το πηνίο μετάδοσης στέλνει τα κωδικοποιημένα σήματα, σαν ραδιοκύματα FM στο κοχλιακό εμφύτευμα κάτω από το δέρμα.

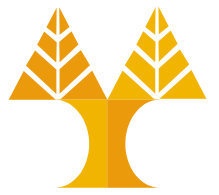


Εμφυτεύσιμα μέρη

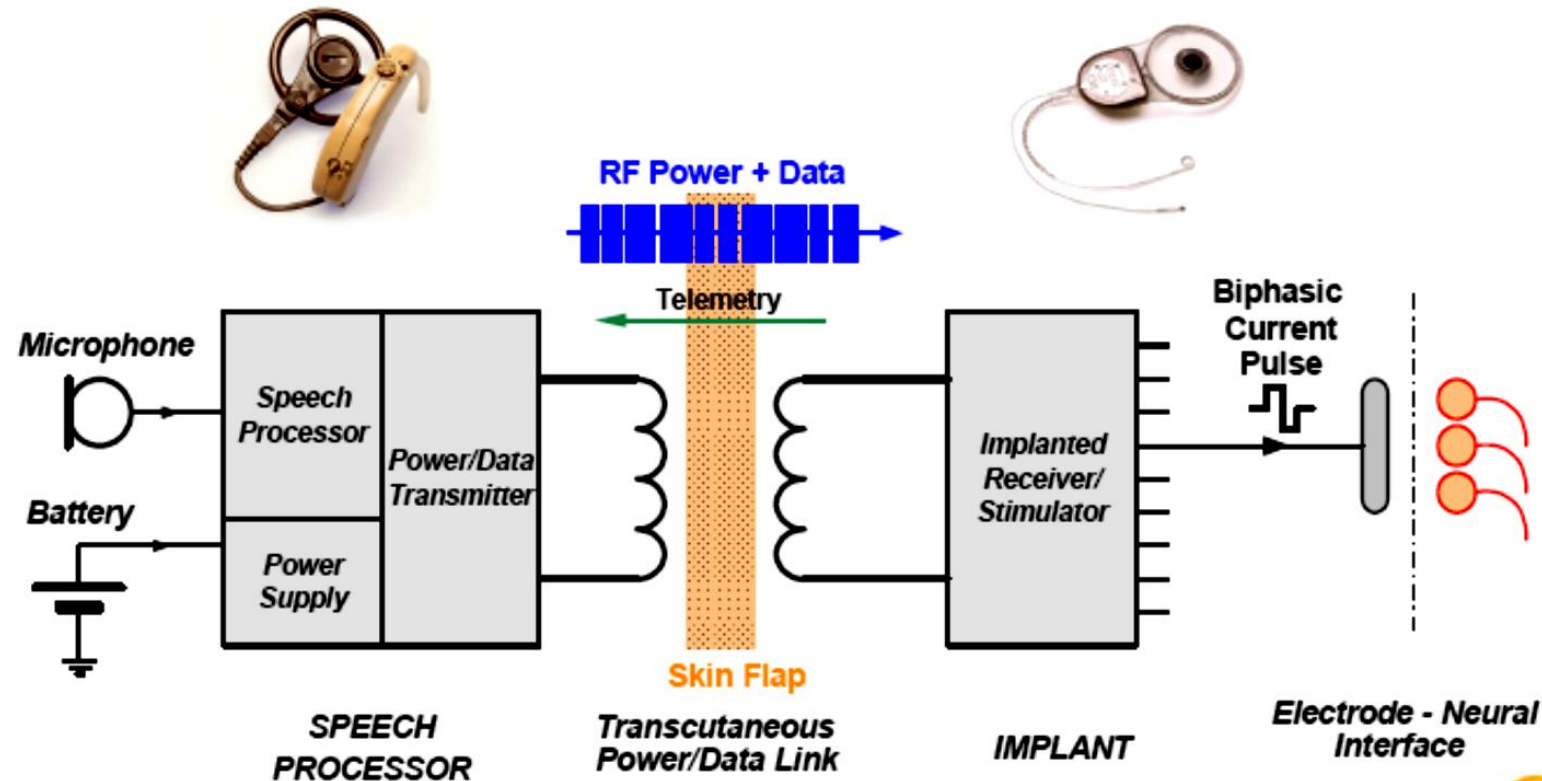
5. Το πηνίο λήψης λαμβάνει τα σήματα και το κοχλιακό εμφύτευμα μεταδίδει την κατάλληλη ηλεκτρική ενέργεια στη συστοιχία ηλεκτροδίων που έχει εισαχθεί μέσα στον κοχλία.
6. Τα ηλεκτρόδια κατά μήκος της συστοιχίας διεγείρουν τους ακουστικούς νευρώνες στον κοχλία.
7. Οι ηχητικές πληροφορίες που προκύπτουν από την ηλεκτρική διέγερση μεταφέρονται μέσω του ακουστικού νεύρου στον εγκέφαλο για ερμηνεία.



Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα



- Σχηματικό διάγραμμα ενός τυπικού κοχλιακού εμφυτεύματος



From P. M. Seligman, Cochlear Ltd



Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα

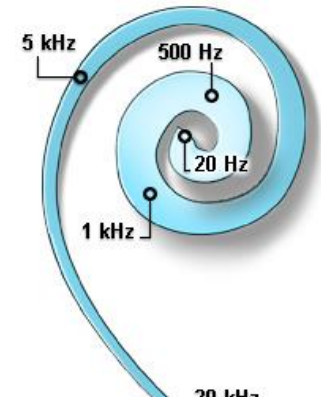
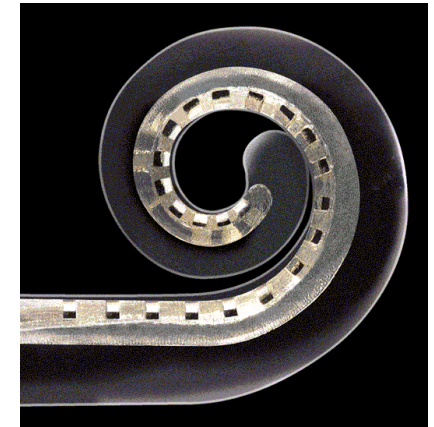


- **Ηλεκτρόδια**

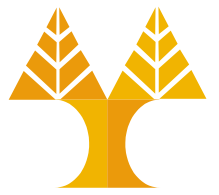
- Έξω από τον κοχλία (εξωκοχλιακά), ή
- Μέσα στον κοχλία (ενδοκοχλιακά) (πιο συνηθισμένο), ή
- Πάνω στην επιφάνεια του κοχλιακού νεύρου.

- **Αριθμός των ηλεκτροδίων και απόσταση των επαφών**

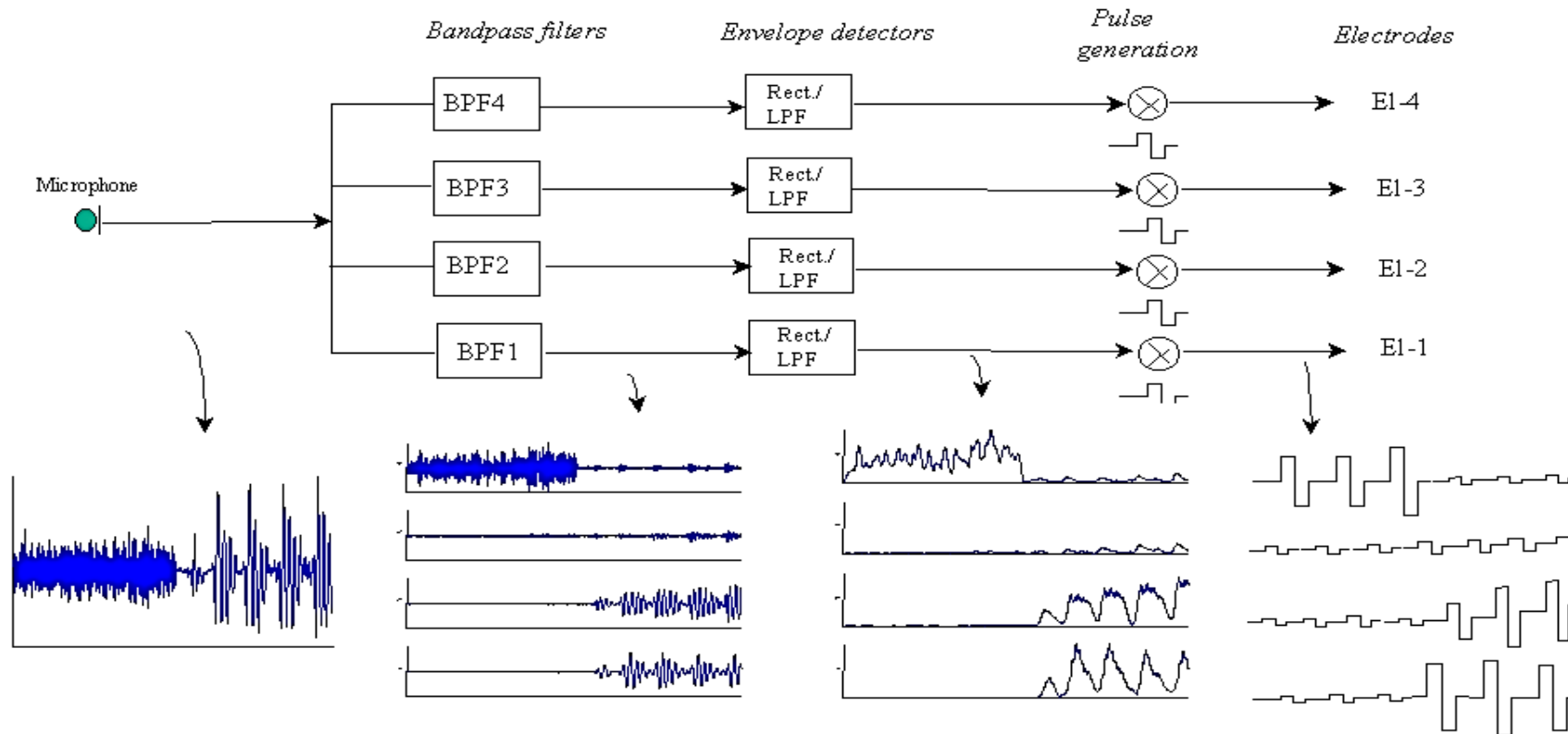
- Επηρεάζει την ευκρίνεια της κωδικοποίησης των συχνοτήτων
 - Μεγαλύτερος αριθμός ηλεκτροδίων, ψηλότερη ευκρίνεια.
- Εμφύτευμα με ένα κανάλι:
 - Μεταδίδει μόνο χρονικές πληροφορίες, αίσθηση της έντασης και πληροφορίες για το ρυθμό
- Εμφύτευμα πολλαπλών καναλιών:
 - Ηλεκτρόδια που διεγείρουν διαφορετικές περιοχές του κοχλία
 - Μεταδίδει πληροφορίες τόνου (συχνότητας) καθώς και χρονική πληροφορία



Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα



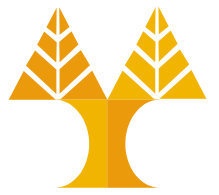
- Παράδειγμα με 4 κανάλια



Προσοχή:

Διφασικοί παλμοί ρεύματος και όχι αναλογική διέγερση

Πως κωδικοποιείται η ένταση και η συχνότητα του ήχου;



- **Τελικά πόσα κανάλια χρειάζονται;**

- 4 είναι αρκετά για απλή ομιλία σε ένα ήσυχο περιβάλλον
- Περισσότερα κανάλια απαιτούνται για πιο δύσκολους ήχους ή σε θορυβώδες περιβάλλον ή με λιγότερη εμπειρία
- Ακόμα περισσότερα κανάλια απαιτούνται για αναγνώριση ακόμα και μιας απλής, γνωστής, μελωδίας
- Πόσα κανάλια θα είναι αρκετά για εκτίμηση σύνθετων μουσικών τόνων και ποιότητας του ήχου;

- Προσομοιώσεις Κοχλιακών Εμφυτευμάτων

- Single channel



- 2 channels



- 3 channels



- 4 channels



- 6 channels



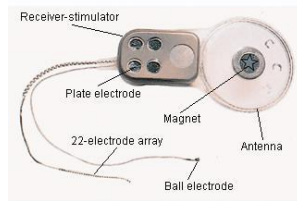
- 8 channels



Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα

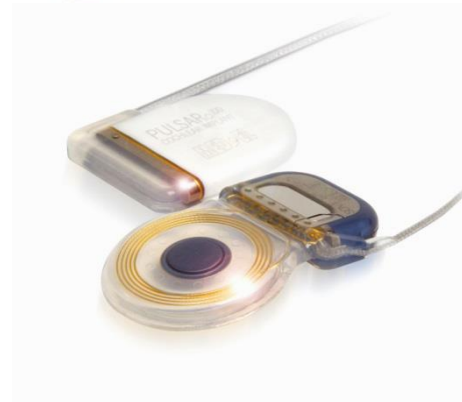


• Κατασκευαστές



Cochlear Corporation

- First FDA approved multichannel devices
- 22 channels available for stimulation



Advanced Bionics

- 16 channels with 16 individual current drivers
- Titanium casing



Med-El Corporation

- less signal loss and less power consumption
- 12 channels of stimulation

Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα

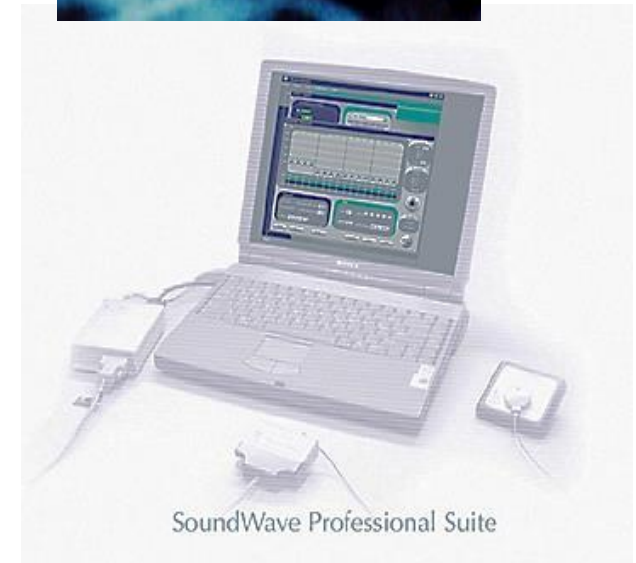
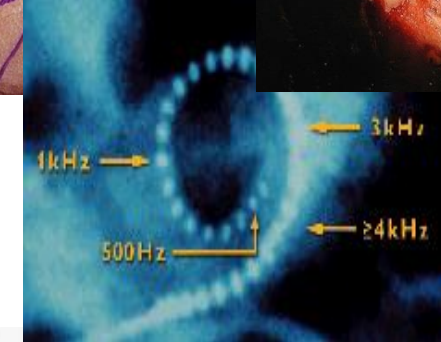


- **Χειρουργική Επέμβαση**

- Τα κοχλιακά εμφυτεύματα εμφυτεύονται χειρουργικά πίσω από το αυτί .
- Ελέγχονται ηλεκτρικά και με ακτινογραφίες.

- **Μετά από τη χειρουργική επέμβαση**

- Αρχική διέγερση: 4-6 εβδομάδες μετά τη χειρουργική επέμβαση
- Προσαρμογές που γίνονται τακτικά
 - Ανατροφοδότηση από τους ασθενείς, γονείς, θεραπευτές και εκπαιδευτές
- Τακτικά ραντεβού παρακολούθησης της πορείας



Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα



- Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του κοχλιακού εμφυτεύματος
 - Διάρκεια της κώφωσης
 - Ηλικία εμφάνισης της κώφωσης
 - Ηλικία κατά την εμφύτευση
 - Διάρκεια χρήσης του κοχλιακού εμφυτεύματος
 - Άλλα:
 - Αριθμός εναπομεινάντων νευρώνων του ακουστικού νεύρου
 - Τοποθέτηση των ηλεκτροδίων και βάθος εισαγωγής
 - Δυναμικό εύρος



Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα



- **Ποια είναι μερικά πιθανά οφέλη;**

- Καλύτερη κατανόηση της ομιλίας (σε σύγκριση με ένα βοήθημα ακοής)
- Ευαισθητοποίηση και ανταπόκριση σε ήχους του περιβάλλοντος
- Λιγότερη εξάρτηση από τα μέλη της οικογένειας για την καθημερινή διαβίωση
- Επανασύνδεση με τον κόσμο του ήχου
- Διευκόλυνση της επικοινωνίας με την οικογένεια και τους αγαπημένους
- Δυνατότητα να μιλάνε στο τηλέφωνο
- Καλύτερη εκτίμηση της μουσικής

- **Θετικά ψυχολογικά και κοινωνικά οφέλη**

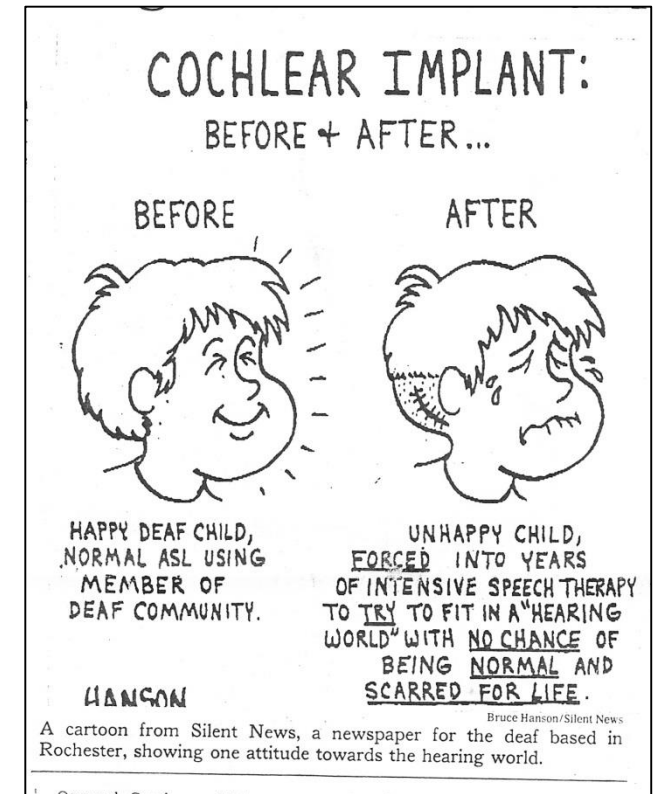
- Μείωση: Μοναξιάς, Κατάθλιψης, Κοινωνικής απομόνωσης
- Αύξηση: Αυτοεκτίμησης, Ανεξαρτησίας, Κοινωνικής ένταξης, Επαγγελματικής προοπτικής



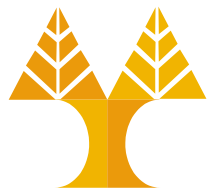
Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα



- **Αρνητικές ψυχολογικές και κοινωνικές επιπτώσεις**
 - Ανησυχίες σχετικά με τη συντήρηση ή / και δυσλειτουργία του κοχλιακού εμφυτεύματος
 - Δυσκολία με τον θόρυβο του περιβάλλοντος
 - Παράλογες προσδοκίες από την πλευρά του χρήστη του εμφυτεύματος ή της οικογένειας και των φίλων του
- **Απόψεις των ανθρώπων στην κοινότητα των κωφών**
 - Τα κοχλιακά εμφυτεύματα απειλούν τη νοηματική γλώσσα και την κουλτούρα των κωφών



Κοχλιακά (Cochlear) Εμφυτεύματα



• Μελλοντικές Ερευνητικές Κατευθύνσεις

- Καλύτερη κατανόηση των θεμελιωδών μηχανισμών
- Καλύτεροι αλγόριθμοι επεξεργασίας της ομιλίας
- Βελτιώσεις στον σχεδιασμό των ηλεκτροδίων
- Αντικειμενική προσαρμογή στα μικρά παιδιά
- Αισθητική (μικρότερα, εντελώς εμφυτεύσιμα)



Οπτικά Προσθετικά (Visual Prosthesis)



- **Οπτικά Προσθετικά**

- Ηλεκτρονική εμφυτεύσιμη συσκευή για την αποκατάσταση της λειτουργικής όρασης
 - Κυρίως για εκφυλιστικές παθήσεις του αμφιβληστροειδούς
- Διεγείρει τους νευρώνες στο οπτικό σύστημα βασισμένη σε μια εικόνα από μια εξωτερική κάμερα

- **Στόχοι**

- Παροχή οπτικής αντίληψης σε τυφλούς ασθενείς
- Ψηλή ευκρίνεια
- Μακρά διάρκεια
- Ρυθμιζόμενα και βολικά και άνετα στη χρήση

- **Τα προσθετικά διαιρούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:**

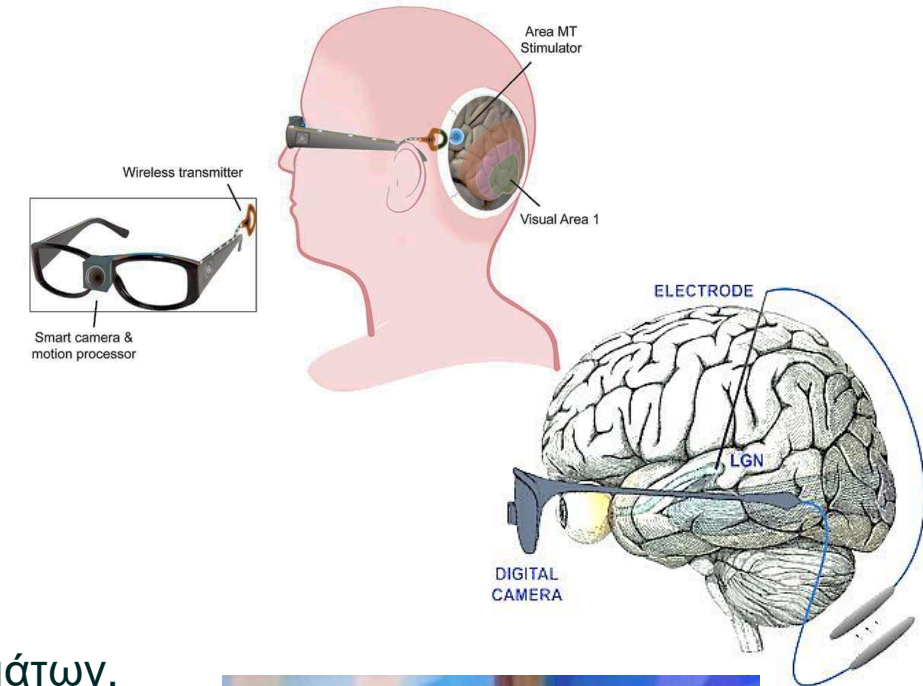
- Εξοφθάλμια
 - Η συσκευή τοποθετείται έξω από το μάτι
- Ενδοφθάλμια (ή Προσθετικά του Αμφιβληστροειδούς)
 - Η συσκευή τοποθετείται στο εσωτερικό του ματιού



Εξοφθάλμια Προσθετικά



- Ηλεκτρόδια εκτός του ματιού (π.χ. οπτικό νεύρο ή φλοιός)
- **Από τι αποτελείται το εμφύτευμα;**
 - Εξωτερική κάμερα και Επεξεργαστής
 - Ηλεκτρόδια
 - Ενδοφλοιώδη
 - 100-152 μικρο-ηλεκτρόδια εμφυτεύονται στον οπτικό φλοιό
 - Προσθετικά οπτικού νεύρου
 - Σπειροειδή ηλεκτρόδια περιμετρικά για τη διέγερση του οπτικού νεύρου
- **Τυφλοί εθελοντές ήταν σε θέση να**
 - Αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον
 - Αποκτούν βασικές δεξιότητες αναγνώρισης μορφών (διαφόρων σχημάτων, προσανατολισμών γραμμών και ακόμη και γράμματα σε ορισμένες περιπτώσεις)
- **Μειονεκτήματα**
 - Δύσκολο να καλυφθεί εντελώς ολόκληρο το οπτικό πεδίο με συστοιχίες ηλεκτροδίων
 - Κίνδυνος μόλυνσης η οποία απαιτεί την απομάκρυνση του εμφυτεύματος



Προσθετικά Αμφιβληστροειδούς

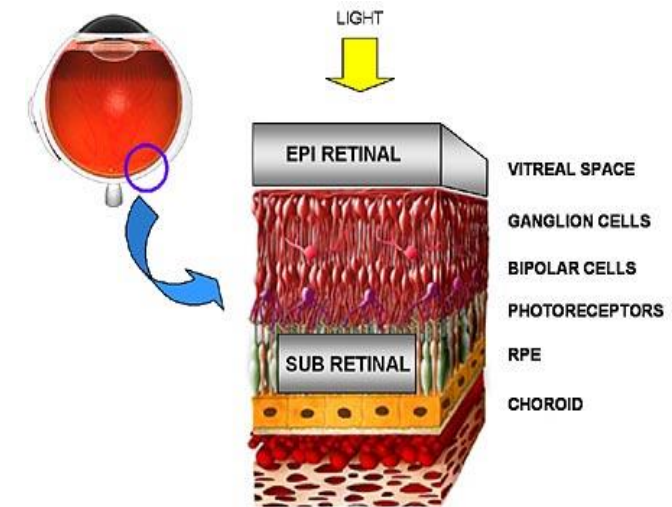
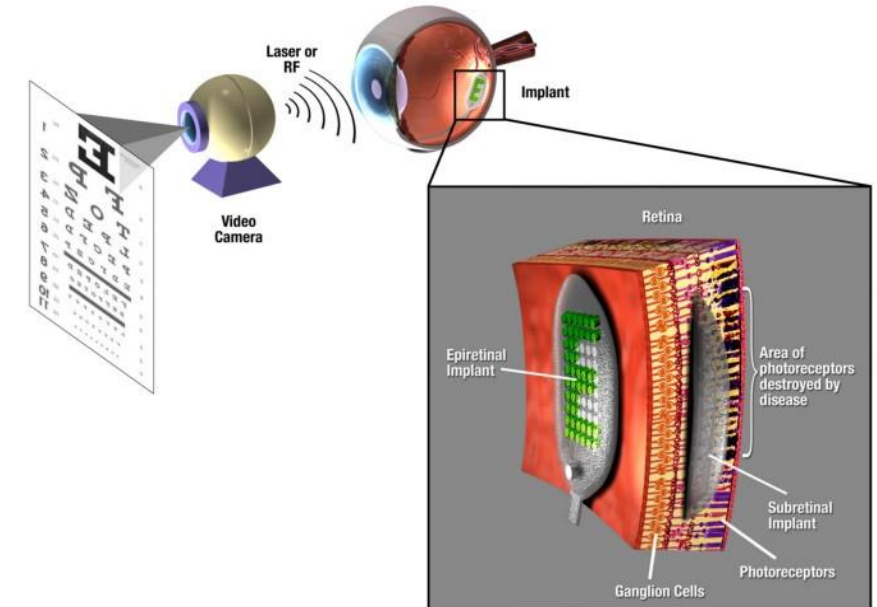


- **Αρχή λειτουργίας**

- Απόκτηση μιας εικόνας
- Μετατροπή της εικόνας σε ένα ηλεκτρικό μοτίβο διέγερσης στον αμφιβληστροειδή
- Τηλεμετρική μετάδοση των σημάτων
- Διαβίβαση των σημάτων σε μία συστοιχία ηλεκτροδίων για τη διέγερση του αμφιβληστροειδούς

- **Τα ενδοφθάλμια προσθετικά εμπίπτουν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:**

- Επιαμφιβληστροειδικά.
- Υποαμφιβληστροειδικά.

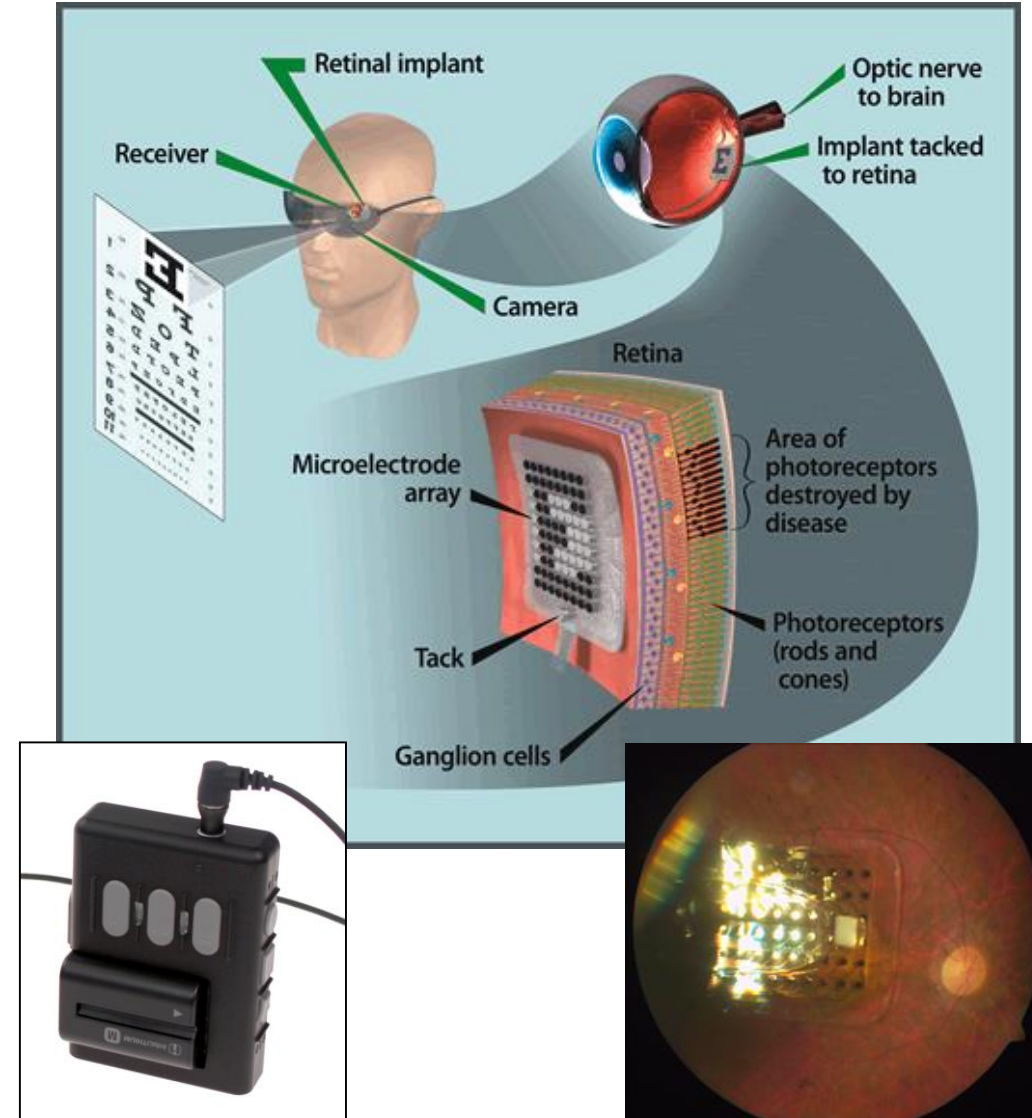


Προσθετικά Αμφιβληστροειδούς

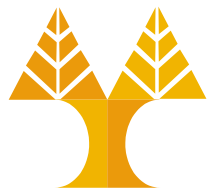


- **Επιαμφιβληστροειδικά προσθετικά**

- Εμφυτεύονται μέσα στο μάτι πάνω από τον αμφιβληστροειδή
- Απαιτούν μετάδοση ισχύος και τηλεμετρία δεδομένων από μια κάμερα
- Ασθενείς διακρίνουν βασικές μορφές σχήματος και κίνησης, αντιλαμβάνονται το φως και το σκοτάδι, ακόμα και να βάζουν καλάθια



Προσθετικά Αμφιβληστροειδούς

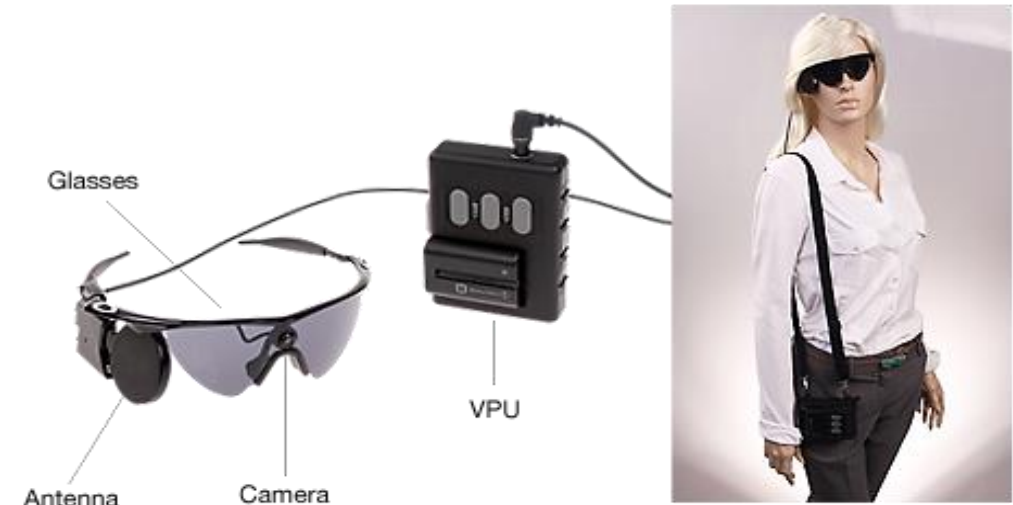


- **Βασικά μέρη**

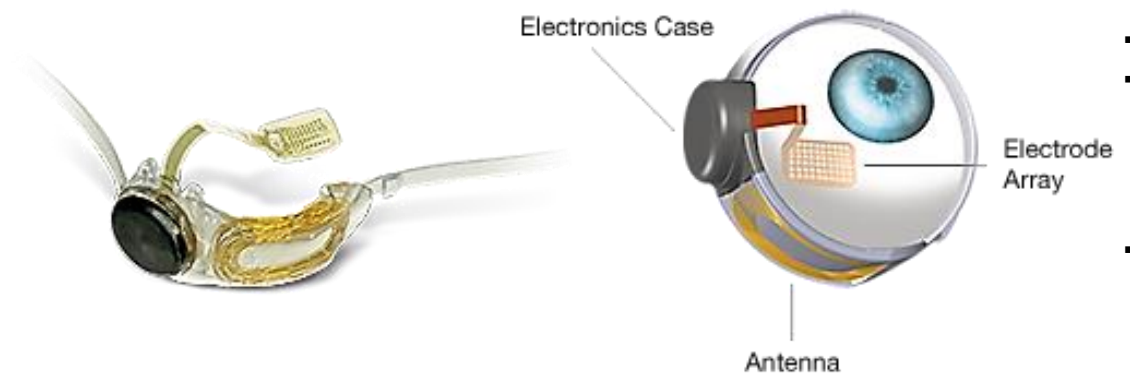
- Κάμερα → Μονάδα Επεξεργασίας → Σύστημα τηλεμετρίας → Ηλεκτρόδια

- **Παράδειγμα: Argus II**

- 60 ηλεκτρόδια
- Μικρο-ηλεκτρομηχανικά (MEMS) μέρη για καλύτερη στερέωση της συσκευής στο μάτι
- Ο ασθενής χρειάζεται κάποια εκπαίδευση για να μάθει να ερμηνεύει ο εγκέφαλος του τα σήματα
- Το εμφύτευμα έχει εγκριθεί και στην ΕΕ και στις ΗΠΑ (\$ 100.000)
- Οι ερευνητές εργάζονται ήδη για μια τρίτη εκδοχή με 240 ηλεκτρόδια.



Εξωτερικά Μέρη

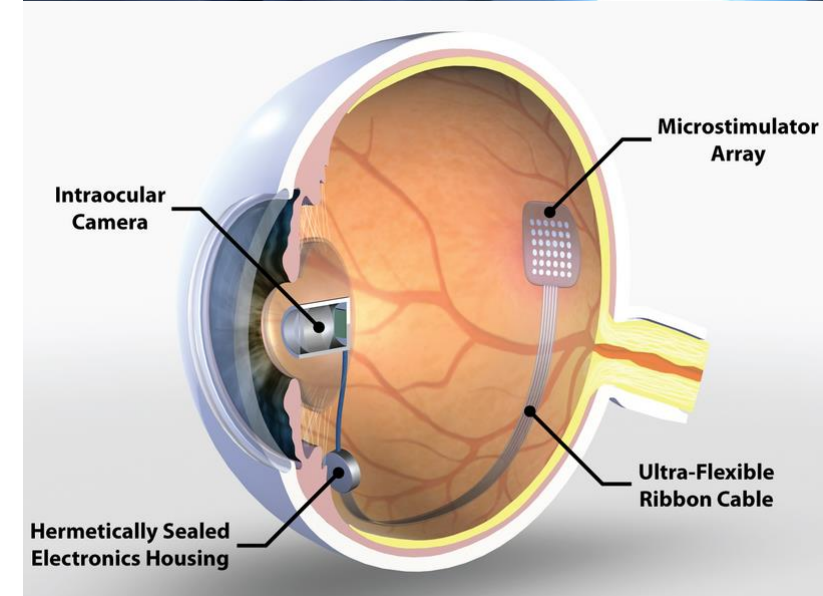


Εμφυτεύσιμα Μέρη

Προσθετικά Αμφιβληστροειδούς



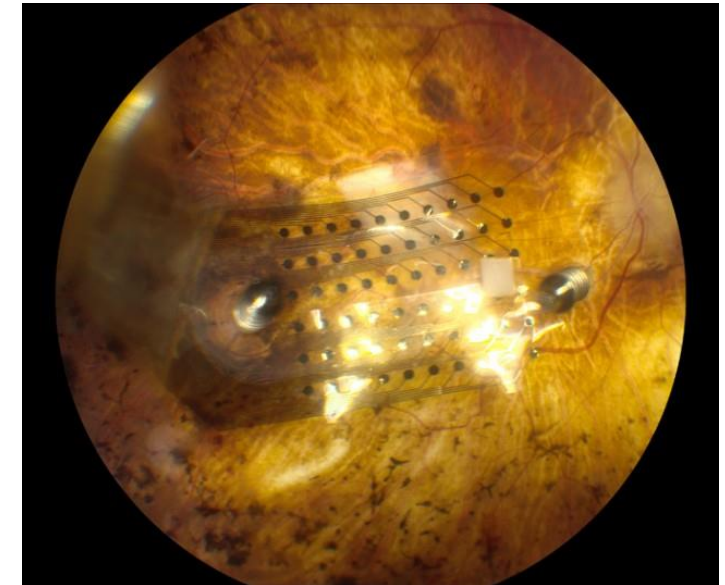
- **Πλεονεκτήματα των επιαμφιβληστροειδικών προσθετικών**
 - Ως επί το πλείστον εκτός του αμφιβληστροειδούς
 - Το προσθετικό είναι ουσιαστικά αβλαβές για το μάτι
 - Μπορεί να είναι μεγαλύτερα από τα υπαμφιβληστροειδικά προσθετικά
 - Δεν απαιτούν τα υπόλοιπα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς (π.χ. νευρώνες) για την επεξεργασία πληροφοριών
 - Στο μέλλον, θα μπορούσαν να τοποθετηθούν εξολοκλήρου μέσα στο μάτι (με ενδοφθάλμια κάμερα)





- **Μειονεκτήματα των επιαμφιβληστροειδικών προσθετικών**

- Το σχήμα και το υλικό της συστοιχίας των ηλεκτροδίων θέτει αρκετές προκλήσεις
 - Βιοσυμβατά υλικά
 - Ασφάλεια και σταθερότητα
 - Σχήμα συστοιχίας ηλεκτροδίων
 - Καμπύλη επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς
 - Σταθερά στερεωμένη για σωστή διέγερση και για να αποφευχθεί το σχίσιμο του αμφιβληστροειδούς
- Τα εναπομένοντα νευρικά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς δεν χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των πληροφοριών
 - Απαιτείται μια εξωτερική κάμερα και αρκετή προ-επεξεργασία
 - Ακόμα δεν είμαστε σε θέση να αναπαράγουμε επακριβώς την επεξεργασία εικόνας που εκτελείται φυσιολογικά από τον αμφιβληστροειδή ώστε οι νευρώνες να διεγερθούν με τα ακριβώς σωστά σήματα

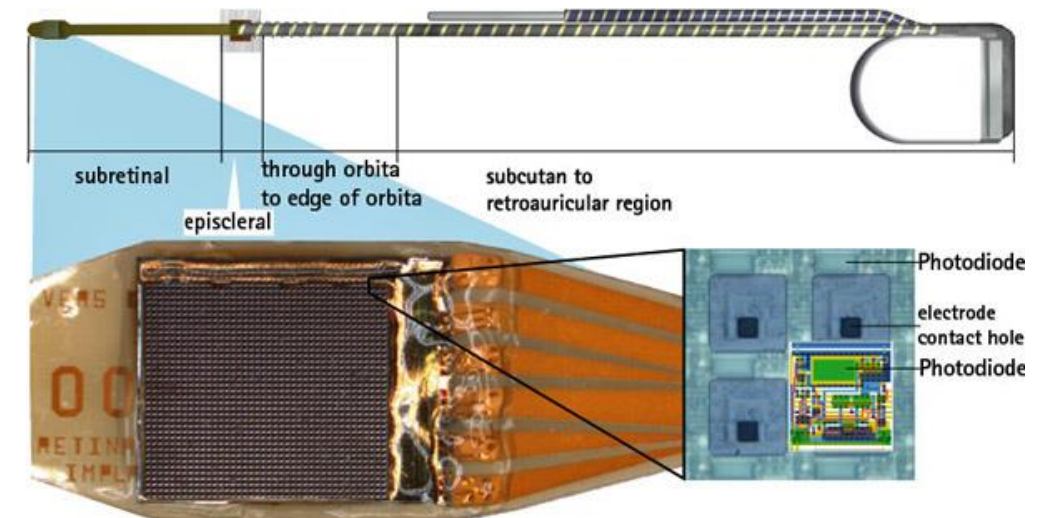
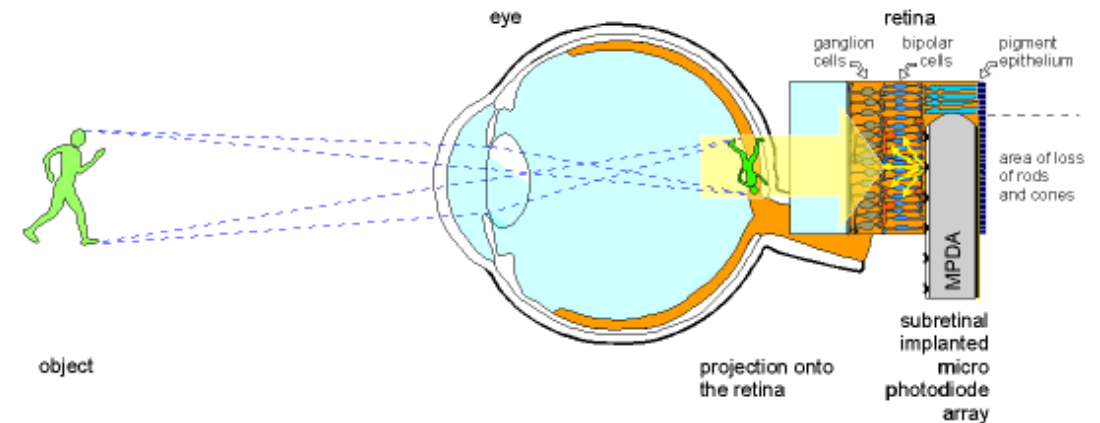


Προσθετικά Αμφιβληστροειδούς



- **Υπαμφιβληστροειδικά προσθετικά**

- Τοποθετούνται μεταξύ των διπολικών κυττάρων και των φωτοϋποδοχέων
- Αποτελούνται από λεπτές πλάκες με αρκετές χιλιάδες υπομονάδες
- Κάθε υπομονάδα είναι ένας συνδυασμός μιας μικρο-φωτοδιόδου και ενός ηλεκτροδίου διέγερσης
- Οι φωτοδιόδοι
 - Μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρικά σήματα που μπορούν να διεγείρουν τα υπόλοιπα λειτουργικά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς
 - Παρέχουν επίσης την ενέργεια για τις υπομονάδες με τη μετατροπή του φωτός σε ηλεκτρικό ρεύμα

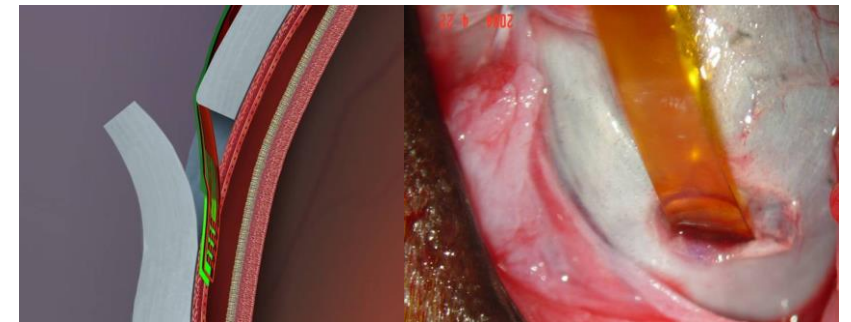
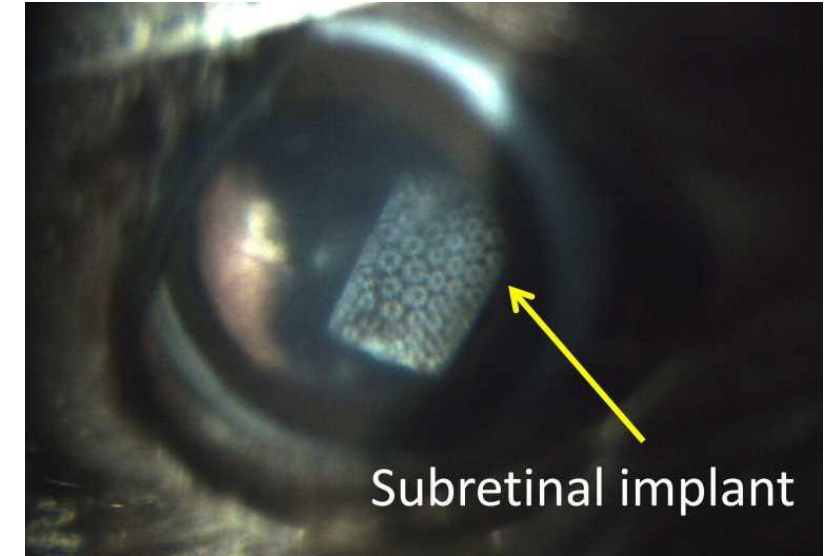


Προσθετικά Αμφιβληστροειδούς



- **Πλεονεκτήματα των υπαμφιβληστροειδικών προσθετικών**

- Πολύ περισσότερα pixels
- Δεν υπάρχει ανάγκη για κάμερα ή τροφοδοτικό
 - Εντελώς εμφυτεύσιμα
- Οι υπόλοιπα ιστοί του αμφιβληστροειδούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία πληροφοριών
 - Συμβατότητα πληροφοριών με το υπόλοιπο οπτικό σύστημα
 - Δεν υπάρχει ανάγκη για εξωτερική επεξεργασία και ως εκ τούτου μειώνει την ποσότητα της ενέργειας που απαιτείται
- Είναι πιο εύκολο να παραμείνουν στη θέση τους, χωρίς να οδηγούν σε αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς
- Ευκολότερη τοποθέτηση
 - Η συστοιχία ηλεκτροδίων εισέρχεται στον χώρο κάτω από τον αμφιβληστροειδή διαμέσου του σκληρού χιτώνα του οφθαλμού

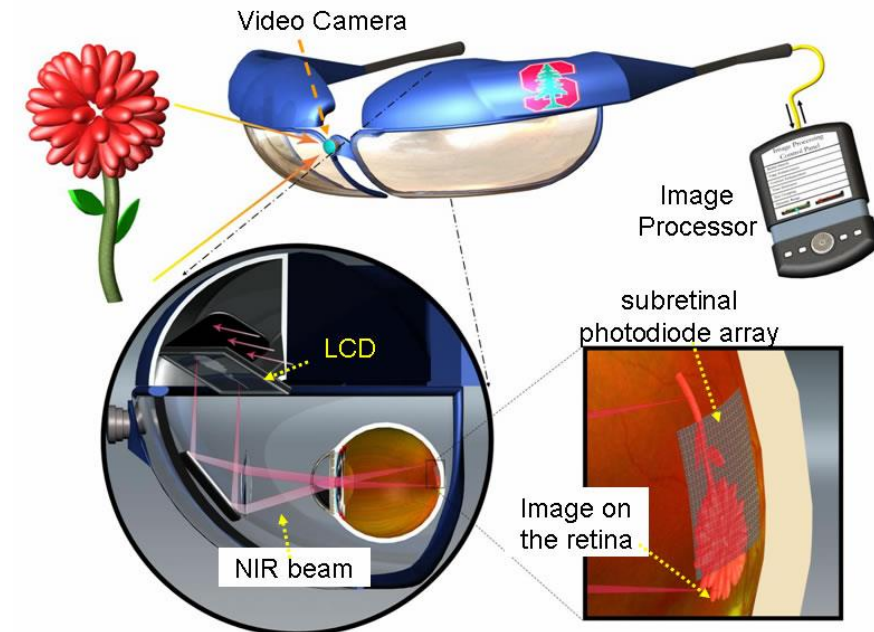


Προσθετικά Αμφιβληστροειδούς



- **Μειονεκτήματα των υπαμφιβληστροειδικών προσθετικών**

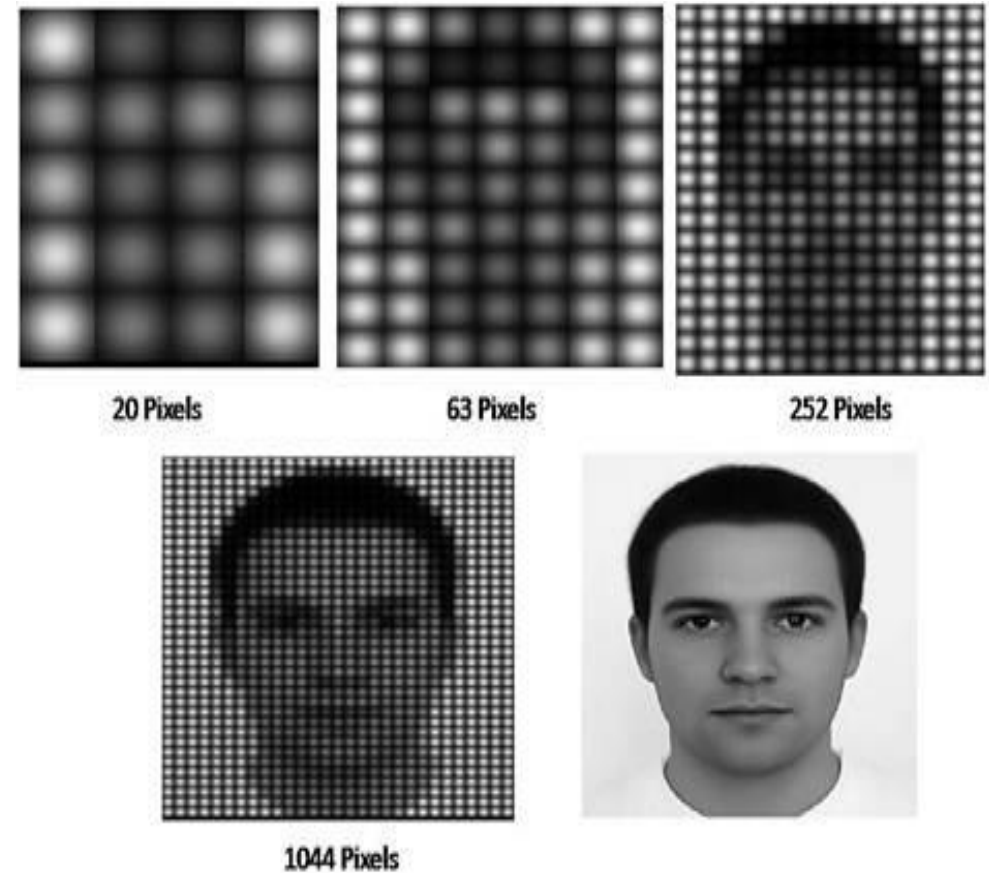
- Μη σταθερή ισχύς
 - Απορρόφηση φωτός στα φωτοκύτταρα δεν είναι επαρκής ούτε σταθερή
 - Εξωτερική πηγή ισχύος για να διασφαλισθεί η ομαλή και αξιόπιστη λειτουργία του εμφυτεύματος
 - Μπαταρία ή Λείζερ
- Αποδιοργάνωση των διάμεσων νευρώνων (λόγω βλάβης αμφιβληστροειδούς)
 - Το εμφύτευμα στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό σε αυτούς για την επεξεργασία του σήματος
 - Οι πληροφορίες που μεταφέρονται στα γαγγλιακά κύτταρα μπορεί να μην είναι ερμηνεύσιμες
- Διαταραχή του διατροφικού εφοδιασμού του αμφιβληστροειδούς (λόγω του εμφυτεύματος) → περαιτέρω βλάβη στον αμφιβληστροειδή χιτώνα





• Θέματα επεξεργασίας εικόνας

- Μικρός αριθμός ηλεκτροδίων οδηγεί σε κακή εικόνα → pixelation
- Πιο έξυπνες προσεγγίσεις απαιτούνται για να παρέχουν πιο ακριβείς και σχετικές πληροφορίες
 - Πχ. λογισμικό προσομοίωσης που προσπαθεί να μετατρέψει τις εικόνες σε αιχμές για την καλύτερη προσέγγιση της νευρωνικής συμπεριφοράς



Άλλες Εμφυτεύσιμες Συσκευές Βηματοδότης



- **Μεταβάλλει τον καρδιακό ρυθμό**

- Αντικαθιστά τα σήματα του φλεβόκομβου που καθυστερούν ή χάνονται
- Βοηθά στο χρονικό συντονισμό μεταξύ κόλπων-κοιλιών
- Εξασφαλίζει τη σύσπαση των κοιλιών σε επαρκή συχνότητα → Ανταποκρίνεται στις ανάγκες

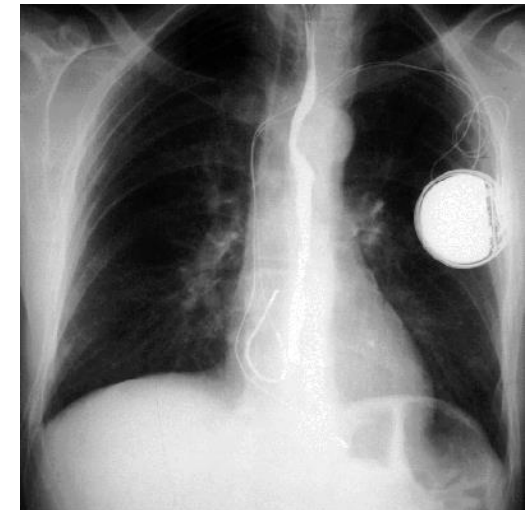
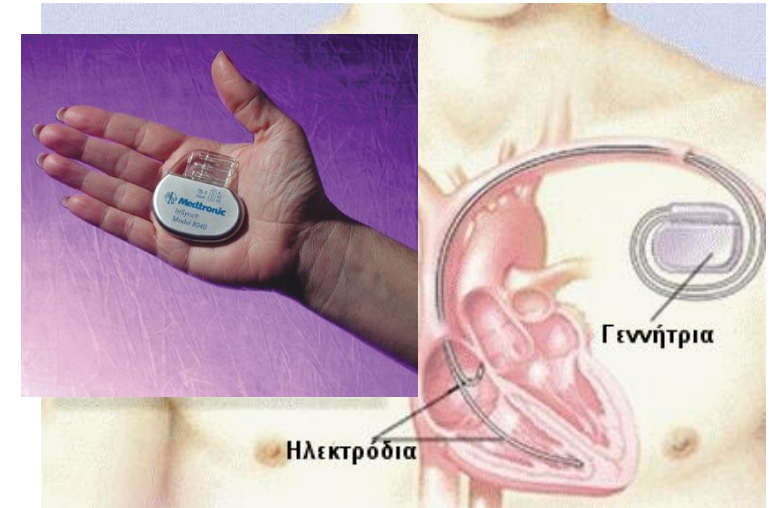
- **Χαρακτηριστικά**

- Αίσθηση (αναγνώριση των φυσικών παλμών της καρδιάς)
- Βηματοδότηση (αποστολή ερεθίσματος ικανού να διεγείρει την καρδιά όταν χρειάζεται)
- Δυνατότητα καταγραφής των αρρυθμιών
 - Αργότερα αναλύονται τα δεδομένα και λαμβάνονται σωστότερες αποφάσεις
- Οι λειτουργίες μπορούν να ρυθμιστούν από τον γιατρό εξωτερικά μέσω ειδικών συσκευών
 - Ανταποκρίνεται πλήρως στις ανάγκες του ασθενούς

- **Η γεννήτρια τοποθετείται κάτω από το δέρμα**

- **Ένα ή δύο καλώδια**

- Βηματοδότης → κεφαλική φλέβα → ένα στον δεξιό κόλπο και ένα στην δεξιά κοιλία



Άλλες Εμφυτεύσιμες Συσκευές Απινιδωτής

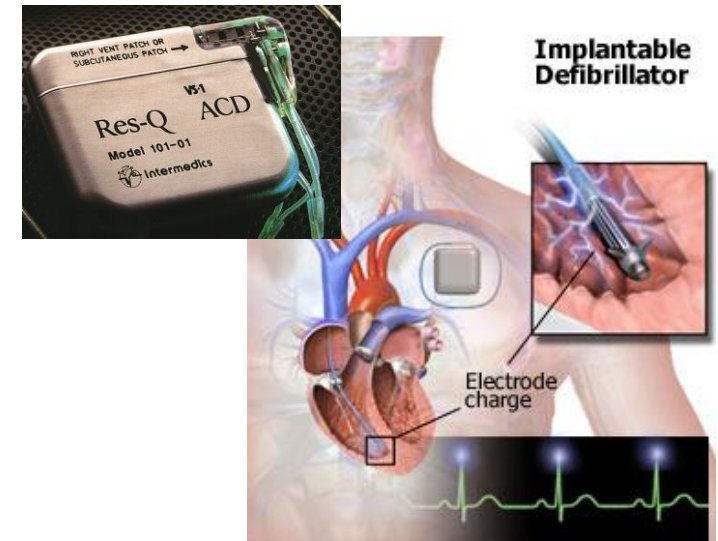


- **Εμφυτεύσιμος απινιδωτής**

- Λίγο μεγαλύτερος από τον βηματοδότη
- Η γεννήτρια τοποθετείται στο θωρακικό τοίχωμα κάτω από το δέρμα
 - Ένα ή και δύο ηλεκτρόδια
- Αυτόματη ανάταξη τη κοιλιακής ταχυκαρδίας ή μαρμαρυγής
 - Επεισόδια τα οποία ανατάσσονται με ηλεκτρικό σοκ και δεν μπορούσαν να προληφθούν με φαρμακευτική θεραπεία

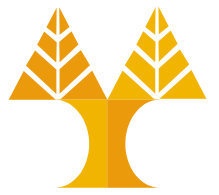
- **Η αρρυθμική θνησιμότητα εξαλείφεται σχεδόν απόλυτα**

- **Παρέχουν επίσης την δυνατότητα βηματοδότησης καθώς και καταγραφής των αρρυθμιών**



Άλλες Εμφυτεύσιμες Συσκευές

Εγκεφαλικοί Βηματοδότες



- **“Βηματοδότηση” του εγκεφάλου**
 - Επίσης γνωστή ως μέθοδος βαθιάς διέγερση του εγκεφάλου (deep brain stimulation)
- **Μικροί βηματοδότες**
 - Εισάγονται στην πληγείσα περιοχή του εγκεφάλου
 - Λειτουργούν με μπαταρία
 - Εκπέμπουν ηλεκτρικά ερεθίσματα
 - Πολλές προσαρμόσιμες επιλογές
- **Συνήθως χρησιμοποιούνται σε ασθενείς με**
 - Νόσο του Πάρκινσον
 - Επιληψία
 - Τρόμο (τρεμούλιασμα)

