

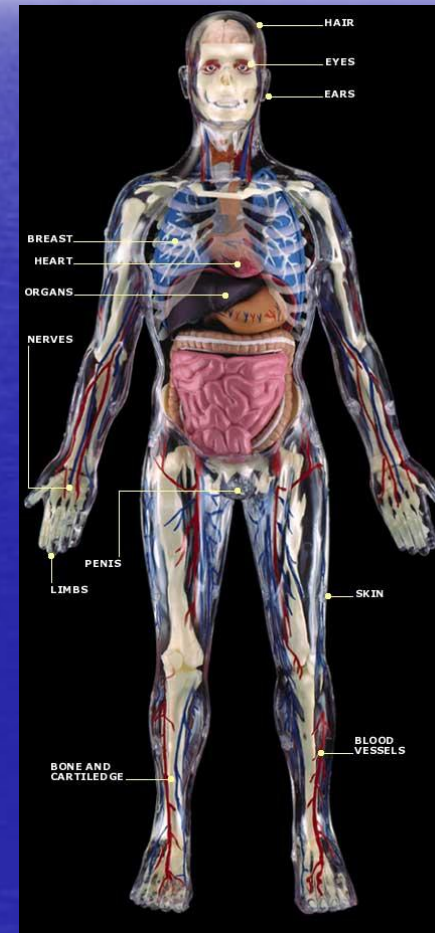
# ΤΕΧΝΗΤΑ ΟΡΓΑΝΑ

- ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑ ΜΗΧΑΝΕΤΖΗΣ, ΕΔΙΠ

Εργαστήριο Εμβιομηχανικής κ Βιοϊατρικής Τεχνολογίας  
Τμήμα Μηχανολόγων κ Αεροναυπηγών Μηχανικών  
Πανεπιστήμιο Πατρών

# Τεχνητά Όργανα

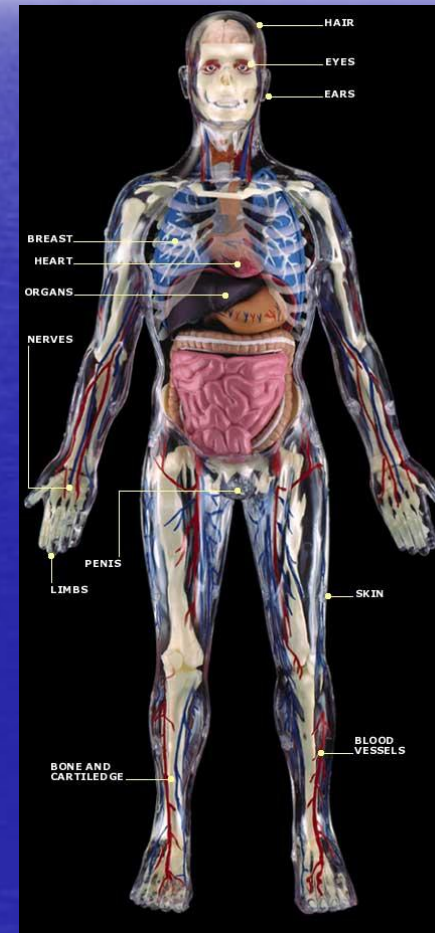
- Τα τεχνητά όργανα εμπίπτουν στην κατηγορία των βοηθητικών ιατρικών συσκευών.
- Βοηθούν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ασθενούς, ενώ κάποιες φορές είναι απαραίτητα για να διατηρηθεί ο ασθενής στη ζωή.





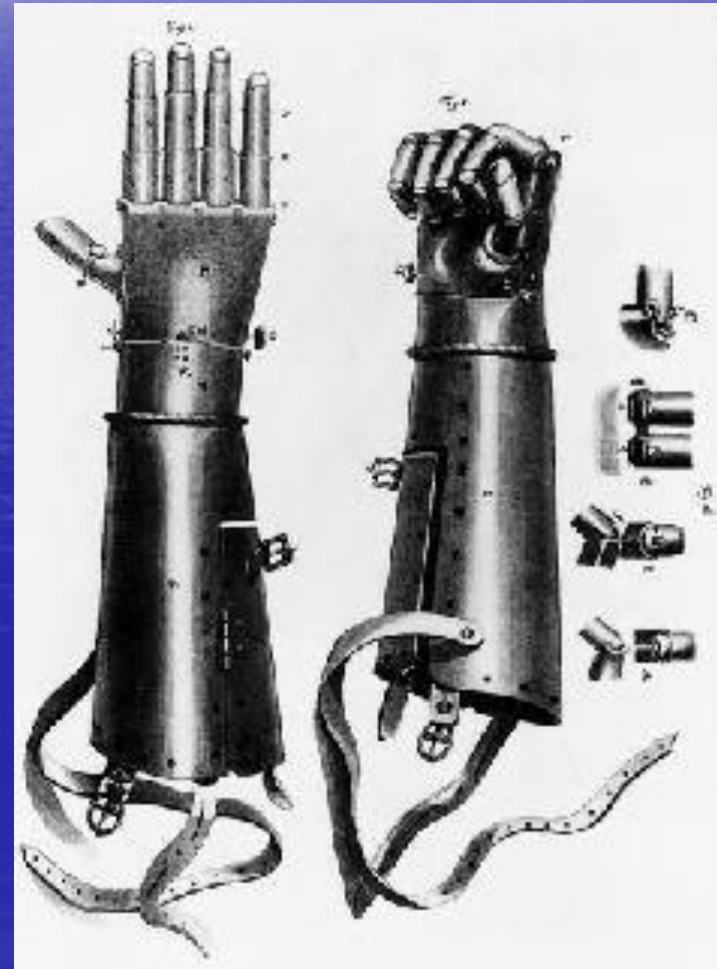
# Τεχνητά Όργανα

- Ο ιατρικός ορισμός ενός **τεχνητού οργάνου** είναι μια ιατρική συσκευή κατασκευασμένη από τον άνθρωπο με σκοπό να υποκαταστήσει τη λειτουργία ενός φυσικού οργάνου ασθενούς που έχει υποστεί βλάβη.



# Προσθετικά Άκρα

- Ένα άτομο χρειάζεται ένα **προσθετικό άκρο** στην περίπτωση που έχει υποστεί ακρωτηριασμό λόγω ενός σοβαρού τραυματισμού.
- Προσθετικά (ή τεχνητά) άκρα αναφέρονται ήδη από το 300 πΧ.





# Προσθετικό πόδι (I)

- Αντικαθιστά το αντίστοιχο μέλος που έχει υποστεί ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο.
- Δεδομένου ότι η άρθρωση του γονάτου λειτουργεί κανονικά οι πάσχοντες μπορούν να ανακτήσουν σε καλό βαθμό φυσιολογική κίνηση του ποδιού.



# Προσθετικό πόδι (II)

- Στην περίπτωση αυτή ο πάσχων έχει υποστεί ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο.
- Δεδομένης της απουσίας της φυσιολογικής άρθρωσης του γονάτου ο ασθενής αντιμετωπίζει πολύ μεγαλύτερη δυσκολία στην κίνηση (καταναλώνει περίπου 80% περισσότερη ενέργεια στο βάδισμα από ένα φυσιολογικό άτομο).
- Απαιτείται ιδιαίτερα μεγάλη προσπάθεια για την αποκατάσταση.





# Προσθετικό χέρι (I)

- Αντικαθιστά το τμήμα του χεριού που έχει ακρωτηριαστεί κάτω από τον αγκώνα.
- Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι λειτουργίας, με ηλεκτρικά καλώδια και μυοηλεκτρικά.



# Προσθετικό χέρι (II)

- Αντικαθιστά ένα χέρι που έχει ακρωτηριαστεί πάνω από τον αγκώνα.
- Δεδομένης της απουσίας του φυσιολογικού αγκώνα είναι σαφώς πιο δύσκολο οι πάσχοντες να ανακτήσουν φυσιολογική λειτουργία σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση.
- Και σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να λειτουργεί με ηλεκτρικά καλώδια ή μυοηλεκτρικά.

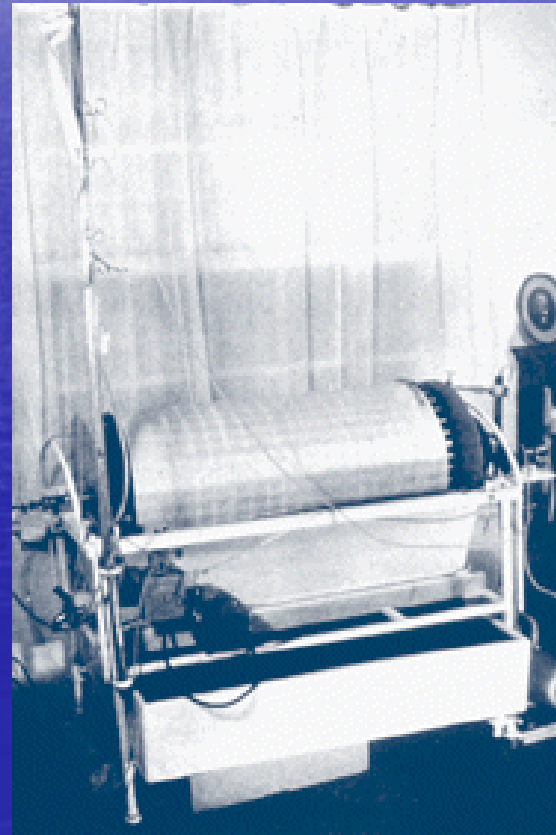




# 1945: Η πρώτη επιτυχής προσπάθεια αιμοκάθαρσης

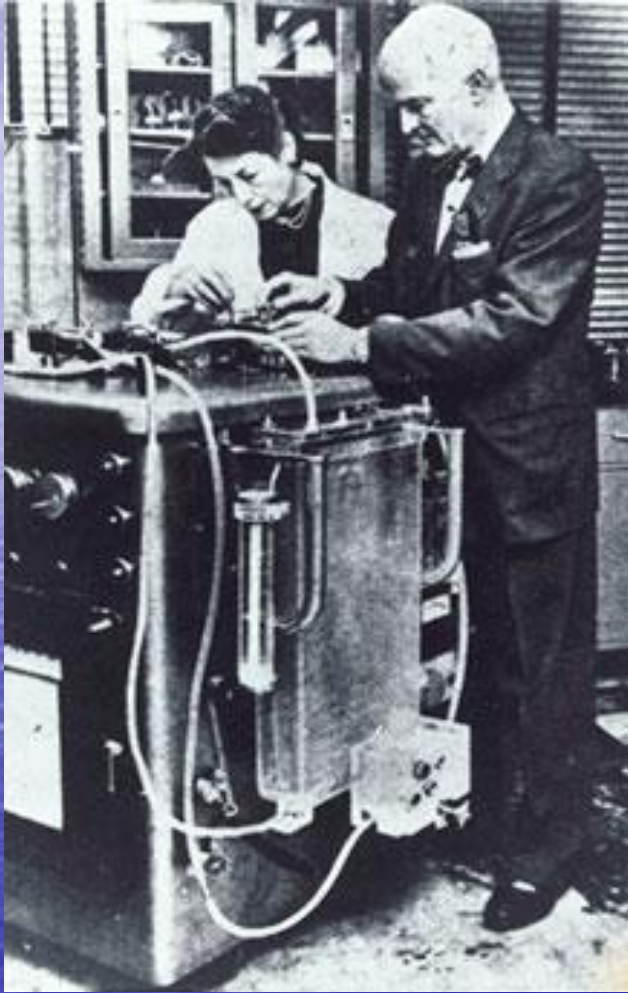


**Willem Kolff**



**Kolff rotating drum kidney (1943)**

# 1955: Η συσκευή υποστήριξης καρδιάς πνευμόνων των Gibbon



John H. Gibbon, Mary H. Gibbon and heart-lung machine, u.d. (Art/Photo Collection, AG-054)





# Τεχνητή καρδιά

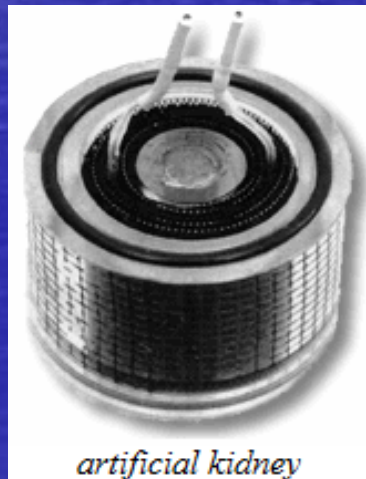
- Η πρώτη τεχνητή καρδιά (Jarvik 7) εμφυτεύτηκε χειρουργικά σε ασθενή το 1982.
- Ο ασθενής επέζησε για 112 ημέρες.



# Τεχνητός Νεφρός

## Πώς λειτουργεί?

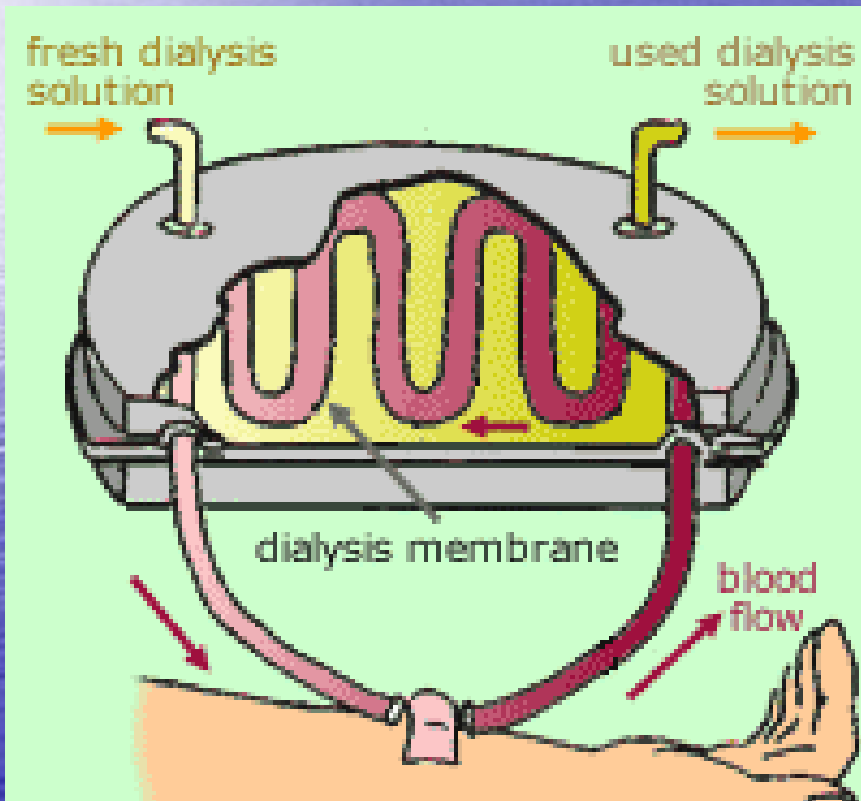
- Ο νεφρός απομακρύνει άχρηστες ουσίες από το σώμα. Στην περίπτωση βλάβης του νεφρού αυτό δεν μπορεί να επιτευχθεί σε ικανοποιητικό βαθμό.
- Ο τεχνητός νεφρός (σύστημα αιμοδιάλυσης – αιμοκάθαρσης) είναι ένα υποστηρικτικό για τη ζωή του ασθενούς σύστημα που έχει σχεδιαστεί για την απομάκρυνση από το σώμα του ασθενούς των άχρηστων ουσιών.



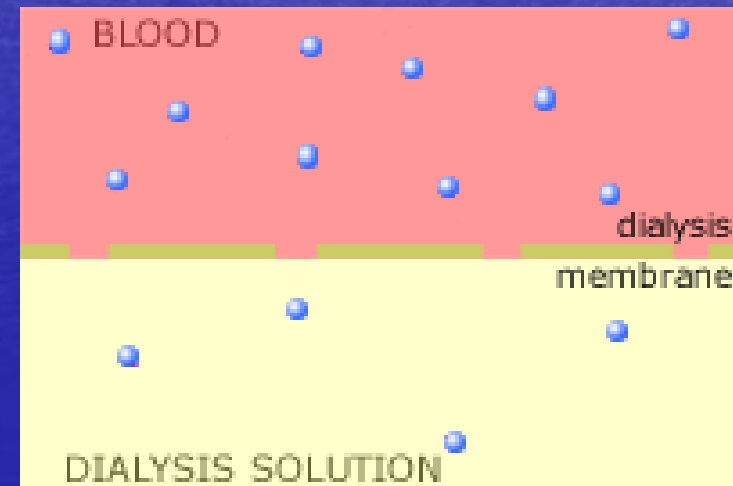
*artificial kidney*



# Πώς λειτουργεί ?



Dialysis machine



# Τεχνητός Νεφρός

- Οι ασθενείς που υποβάλλονται σε επιτυχή μεταμόσχευση έχουν μια φυσιολογική ζωή.
- Αν και είναι προτιμότερο να μην εκτελούν «βαριές» εργασίες δεν υπάρχουν ουσιαστικοί περιορισμοί παρά μόνον στη χρήση φαρμάκων.
- Πλέον πολλοί ασθενείς με νεφρική ανεπάρκεια έχουν μια ικανοποιητική πιθανότητα σχεδόν φυσιολογικής ζωής υποβαλλόμενοι σε αιμοκάθαρση και περιμένοντας ένα κατάλληλο μόσχευμα.



# Τεχνητός μυς

## Πώς λειτουργεί ?

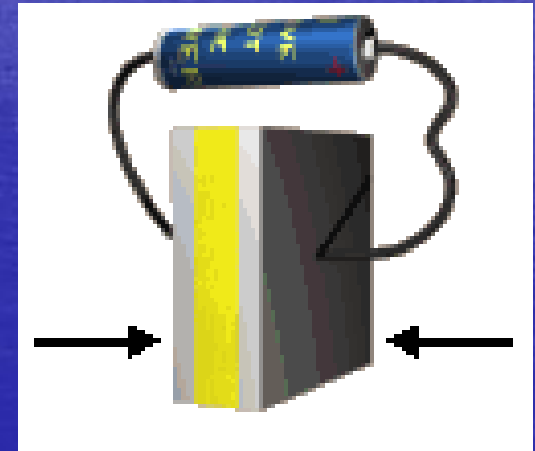
- Τεχνητοί μύες που βασίζονται σε πολυμερή μπορεί σύντομα να μας δώσουν τη δυνατότητα κατασκευής οργάνων εφάμιλλης λειτουργίας με τα πραγματικά άκρα.
- Το πολυακρυλονιτρίλιο είναι ένα πολυμερές που συστέλλεται σε σημαντικό βαθμό αν μεταβάλλουμε το pH του.
- Οι ίνες που παράγονται έχουν αντοχή τεσσάρων κιλών ανά τετραγωνικό εκατοστό τη στιγμή που η αντοχή των ινών των ανθρώπινων δικέφαλων είναι λίγο πάνω από δύο.



# Τεχνητός μυς

## Πώς λειτουργεί ?

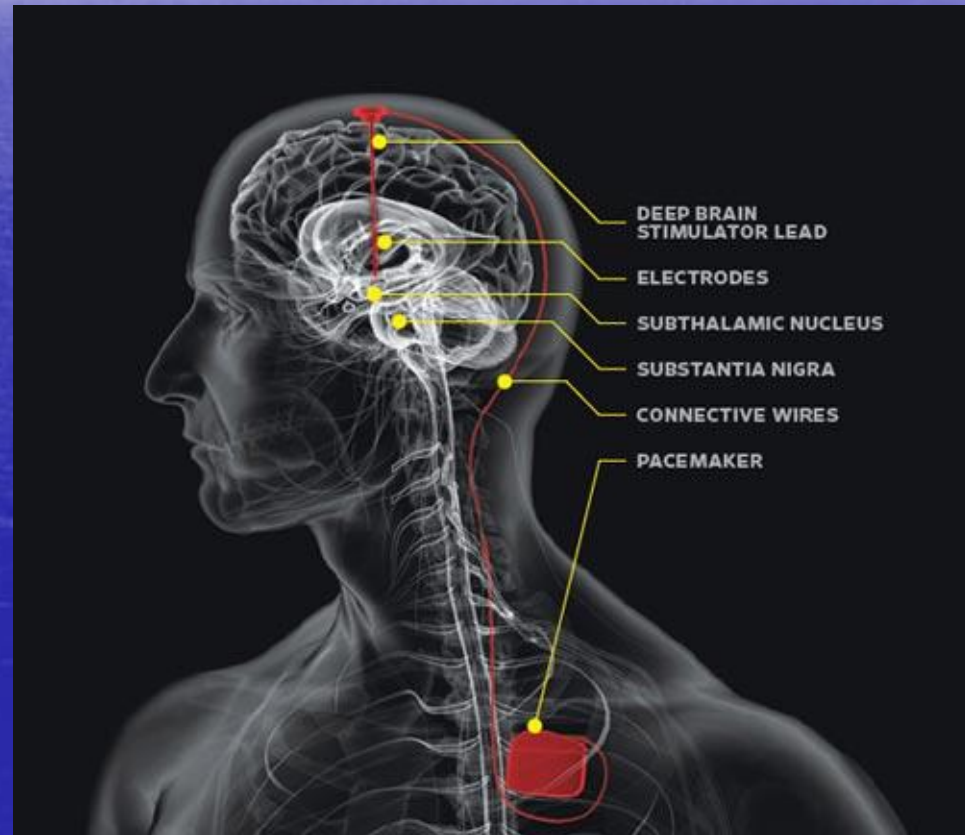
- Ένας ηλεκτρονικά ενεργοποιούμενος μυς δεν θα στεγνώνει ούτε θα φθείρεται με την πάροδο του χρόνου.
- Με την εφαρμογή του ηλεκτρικού σήματος ο μυς συστέλλεται.
- Τα διηλεκτρικά ελαστομερή βρίσκονται ακόμα σε φάση έρευνας ωστόσο μπορούν να παραχθούν με σχετικά μικρό κόστος.





# Βηματοδότης εγκεφάλου

- Εμφυτεύεται στον εγκέφαλο στέλνοντας ηλεκτρικά σήματα που αποσκοπούν στο να ελέγξουν καταστάσεις όπως η κατάθλιψη, η επιληψία ή το τρέμουλο που σχετίζεται με τη νόσο του Parkinson.



# Κοχλιακά εμφυτεύματα

- Εμφυτεύονται στο εσωτερικό του αυτιού με σκοπό τη βελτίωση της ακοής.





# Οι τάσεις της τεχνολογίας

- Μερικές ακόμα εφαρμογές στον τομέα των τεχνητών οργάνων που λιγότερο ή περισσότερο βρίσκονται σε φάση έρευνας περιλαμβάνουν τα παρακάτω:
  - Τεχνητοί πνεύμονες
  - Τεχνητό συκώτι
  - Τεχνητοί οφθαλμοί
  - Τεχνητό πάγκρεας
  - Τεχνητό οστό

# Βιοτεχνητά Όργανα

## Τεχνητό Όργανο

Συσκευή που υποκαθιστά τη λειτουργία μη λειτουργικού οργάνου. Μπορεί να είναι προσωρινής ή μόνιμης χρήσης. Αποτελείται εν μέρει ή εξ ολοκλήρου από μη φυσικά υλικά και λειτουργεί παρόμοια με τη δομή που υποκαθιστά.

## Βιοτεχνητό Όργανο

Τεχνητό όργανο που αποτελείται από βιοϋλικά και κύτταρα. Το βιοϋλικό συνήθως χρησιμεύει σαν κέλυφος προστασίας (πχ τεχνητό συκώτι) ή σαν ικρίωμα (πχ τεχνητό οστό).

## Βιο- υβριδικό Όργανο

Συσκευή που παντρεύει τη χρήση βιολογικού υλικού (κυττάρων, ιστών) με ένα συνθετικό κέλυφος προστασίας που προστατεύει το βιολογικό υλικό από την ανοσοαπόκριση του ξενιστή.



# Πώς ορίζεται?

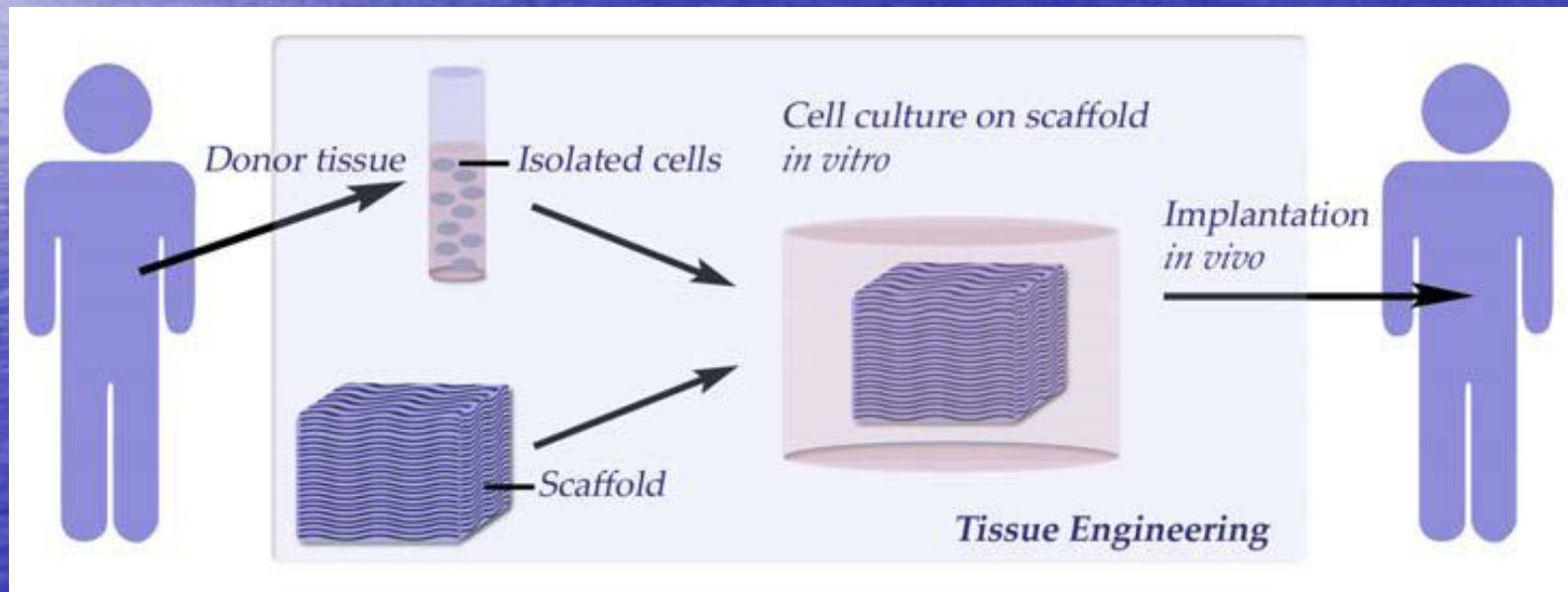


## Αναγεννητική Ιατρική

- Ένα νέο ερευνητικό πεδίο που συνδυάζει την Ιατρική, την Βιολογία και τη Μηχανική.
- Στόχος:
  - η αναγέννηση, επισκευή ή αντικατάσταση ιστών ή οργάνων που έχουν υποστεί βλάβη χρησιμοποιώντας ζωντανά κύτταρα.
  - η εξεύρεση μιας νέας λύσης στο πρόβλημα της έλλειψης οργάνων για μεταμόσχευση και την ανεπάρκεια λειτουργικότητας των βιοϋλικών.
- Εφαρμογές:  
δέρμα, χόνδρος, οστό, καρδιά, αιμοφόρα αγγεία, συκώτι κλπ

# Ιστομηχανική

ένα διεπιστημονικό πεδίο που εφαρμόζει αρχές Βιολογίας και Μηχανικής με σκοπό την ανάπτυξη υποκατάστατων ιστών που έχουν υποστεί βλάβη.

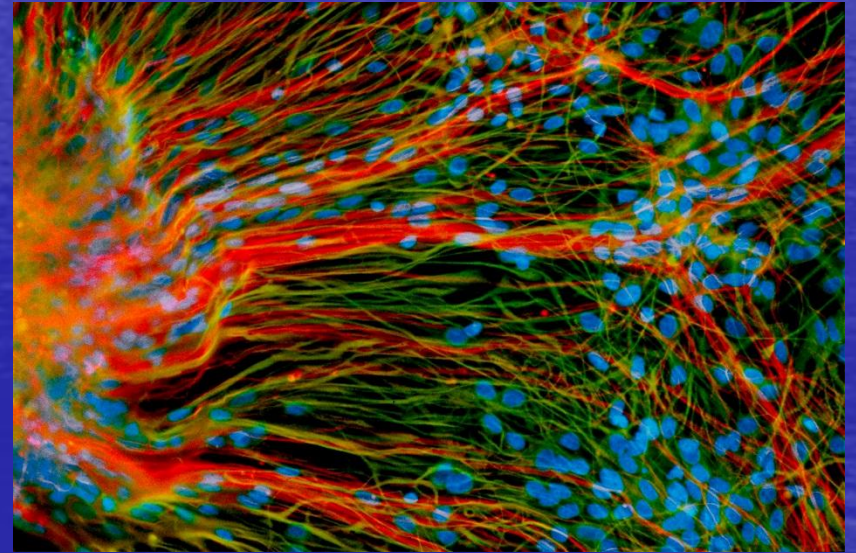
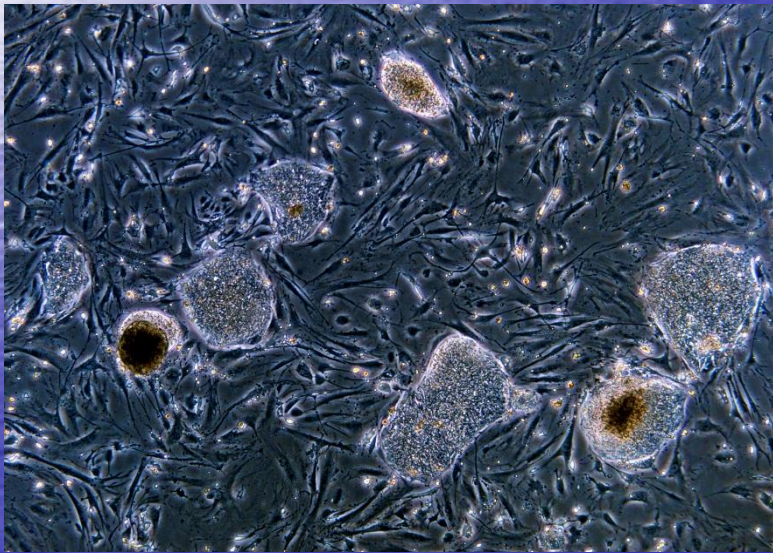




# Πώς λειτουργεί?

Τα προγεννητικά κύτταρα (Stem cells) μπορούν να διαφοροποιηθούν υπό ορισμένες συνθήκες σε κάθε τύπο κυττάρου που υπάρχει στο σώμα.

Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να παραχθούν νέοι ιστοί και όργανα.



View of a colony of undifferentiated human embryonic stems cells

Derived from human embryonic stem cells: mature neurons (red) and glial cells (green)



# Πώς λειτουργεί?

- Για τη δημιουργία ενός οργάνου τα κύτταρα χρειάζονται :
  - οργανωμένη δομή με τη βοήθεια ενός ικριώματος





Το ικρίωμα θα πρέπει να είναι/έχει:

- Βιοσυμβατό – θα πρέπει να προκαλεί επιθυμητές και να μην προκαλεί ανεπιθύμητες αντιδράσεις στους γύρω ιστούς
- Βιοαποδομήσιμο – το υλικό του θα πρέπει να αποδομείται σε μη τοξικά μέρη παράλληλα με την αναγέννηση του ιστού
- Να ευνοεί την προσκόλληση και τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων, γεγονός ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη και τη διαφοροποίησή τους
- Να έχει κατάλληλες μηχανικές ιδιότητες - για παράδειγμα αντοχή ή ελαστικότητα παρόμοια με τον ιστό που θα αντικαταστήσει
- Να έχει καλές ιδιότητες μεταφοράς, ώστε να διασφαλίζεται η μεταφορά θρεπτικών στοιχείων στα κύτταρα και η απομάκρυνση των αποβαλλόμενων ουσιών. Αυτό στην ουσία σημαίνει ότι το ικρίωμα πρέπει να έχει το κατάλληλο πορώδες και διασύνδεση μεταξύ των πόρων, χωρίς όμως να μειώνονται υπερβολικά οι μηχανικές του ιδιότητες
- Να μπορεί χωρίς πρόβλημα να συνδέεται με το αγγειακό σύστημα του ξενιστή ώστε να διασφαλίζεται η μεταφορά των απαραίτητων ουσιών
- Να έχει κατάλληλα επιφανειακά χαρακτηριστικά, φυσικοχημικές ιδιότητες, μορφολογία, επιφανειακή τραχύτητα κλπ.

# Standards in Biomaterials Testing

Set of documents 10993 (FDA's version #G95-1):

- 10993-1: "Guidance on Selection of Tests."
- 10993-2: "Animal Welfare Requirements."
- 10993-3: "Tests for Genotoxicity, Carcinogenicity, and Reproductive Toxicity."
- 10993-4: "Selection of Tests for Interactions with Blood."
- 10993-5: "Tests for Cytotoxicity—In Vitro Methods."
- 10993-6: "Tests for Local Effects after Implantation."
- 10993-7: "Ethylene Oxide Sterilization Residuals."
- 10993-9: "Degradation of Materials Related to Biological Testing."
- 10993-10: "Tests for Irritation and Sensitization."
- 10993-11: "Tests for Systemic Toxicity."
- 10993-14: "Materials Evaluation."



# Επίδραση των δυναμικών συνθηκών

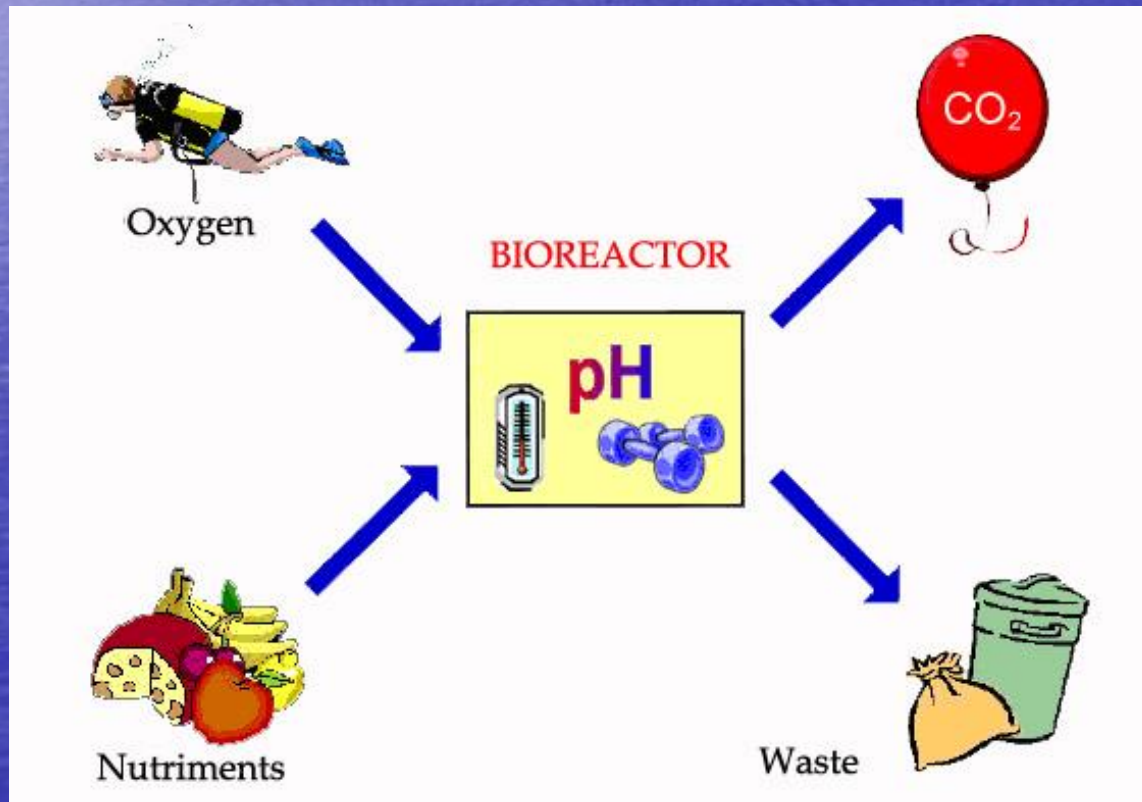
## Mechanotransduction

(μηχανομορφοτροπή, μηχανική μεταγωγή)

- Στην δημιουργία και την ανάπτυξη του ιστού ρόλο παίζουν ταυτόχρονα βιοχημικοί αλλά και μηχανικοί παράγοντες
- Η ενεργοποίηση των διάφορων διαδικασιών ανάπτυξης και διαφοροποίησης επηρεάζεται σημαντικά από το μηχανικό φορτίο που επιβάλλεται όπως και στον φυσικό ιστό.
- Έτσι απαιτείται η καλύτερη δυνατή επιλογή μηχανικών καταπονήσεων με σκοπό την ταχύτερη και αποτελεσματικότερη θεραπεία.

# Βιοαντιδραστήρας

για να επιτύχουμε το κατάλληλο βιοχημικό και μηχανικό περιβάλλον τα κύτταρα τοποθετούνται σε ένα βιοαντιδραστήρα με θρεπτικό υγρό και αυξητικούς παράγοντες





# Πώς λειτουργεί?

Scaffold Template



Cells



Growth Factor



Culture medium



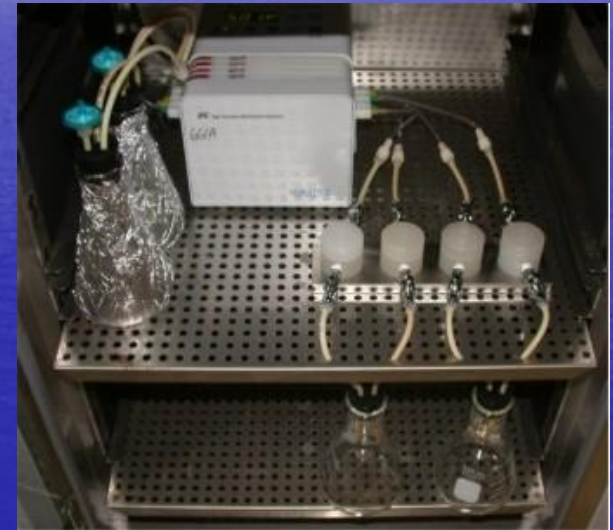
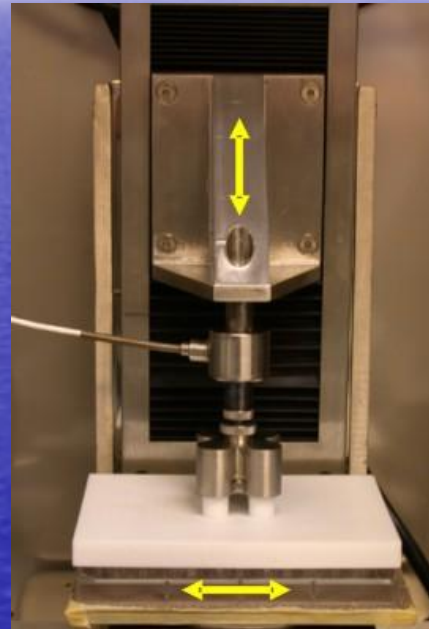
Culture period  
in a bioreactor



Tissue or organ

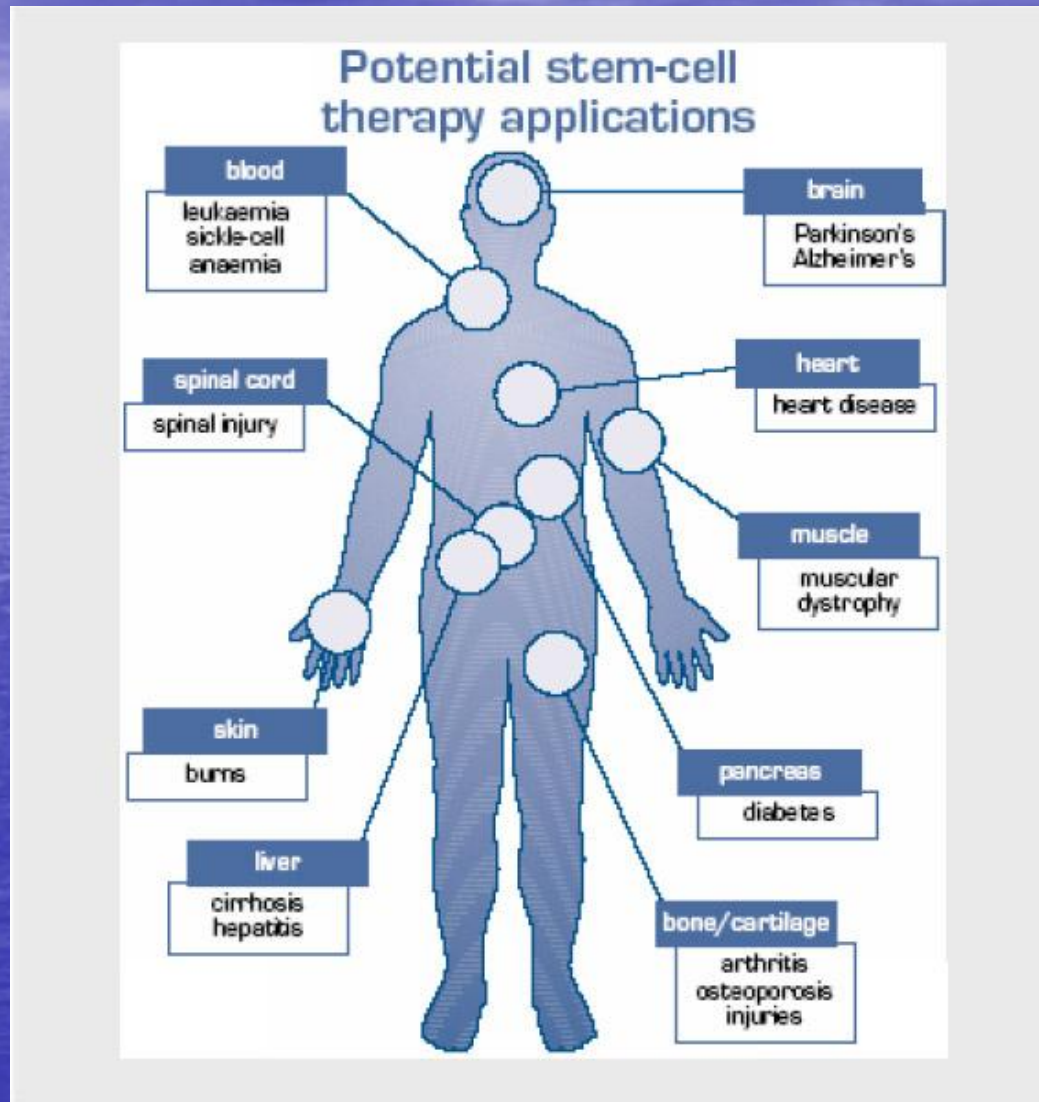


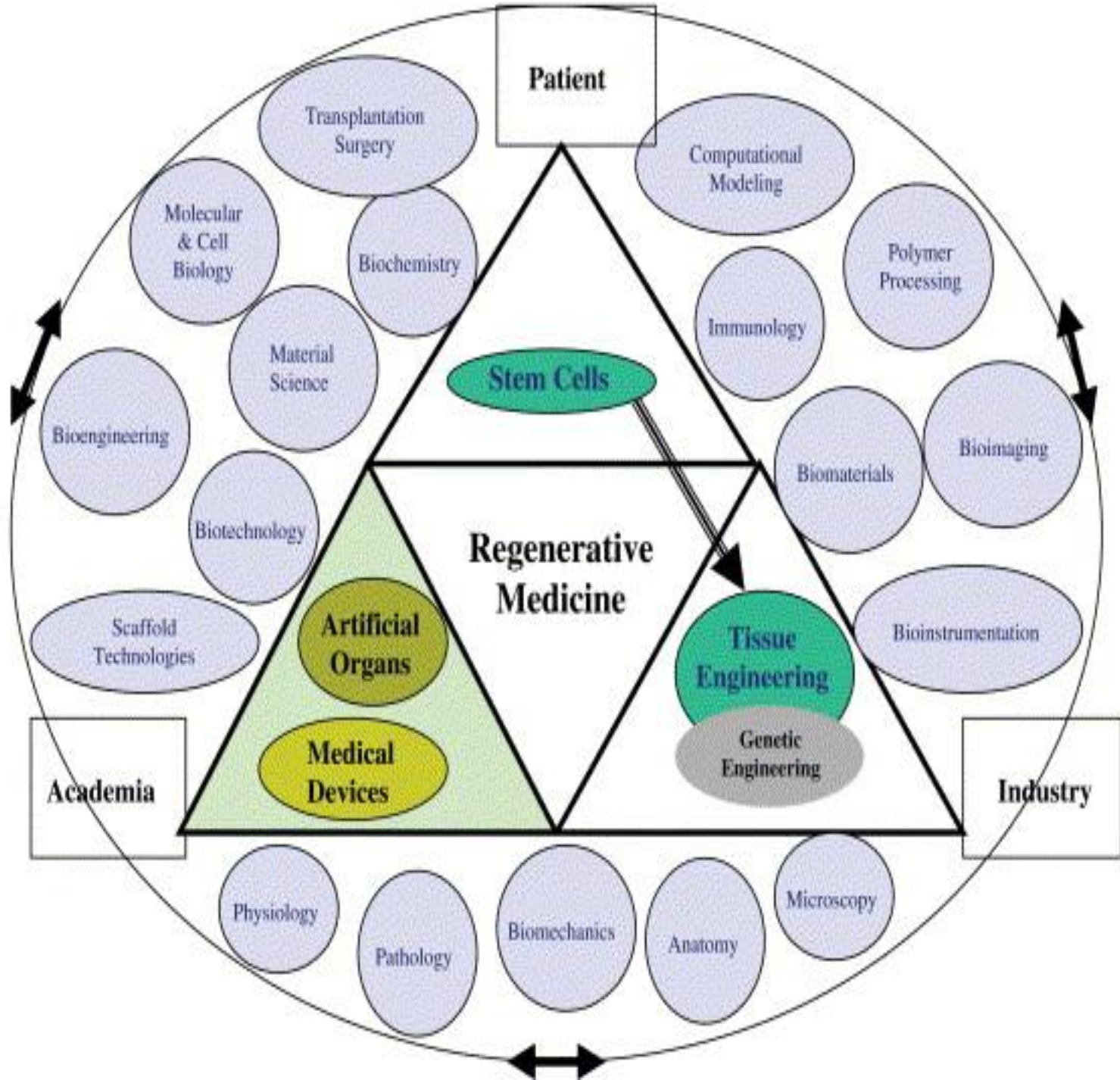
# Βιοαντιδραστήρες





# Εφαρμογές







**LABORATORY of BIOMECHANICS  
and BIOMEDICAL TECHNOLOGY**

**Dept of Mechanical Engineering and  
Aeronautics**

**University of Patras, Patras, GREECE**

**EXPERIMENTS AND APPLICATION OF  
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS IN THE  
DESIGNING OF A HEPARIN-ADSORBING  
DEVICE (H.-A.D.)**

By

A.K.M. Podias and Y.F. Missirlis

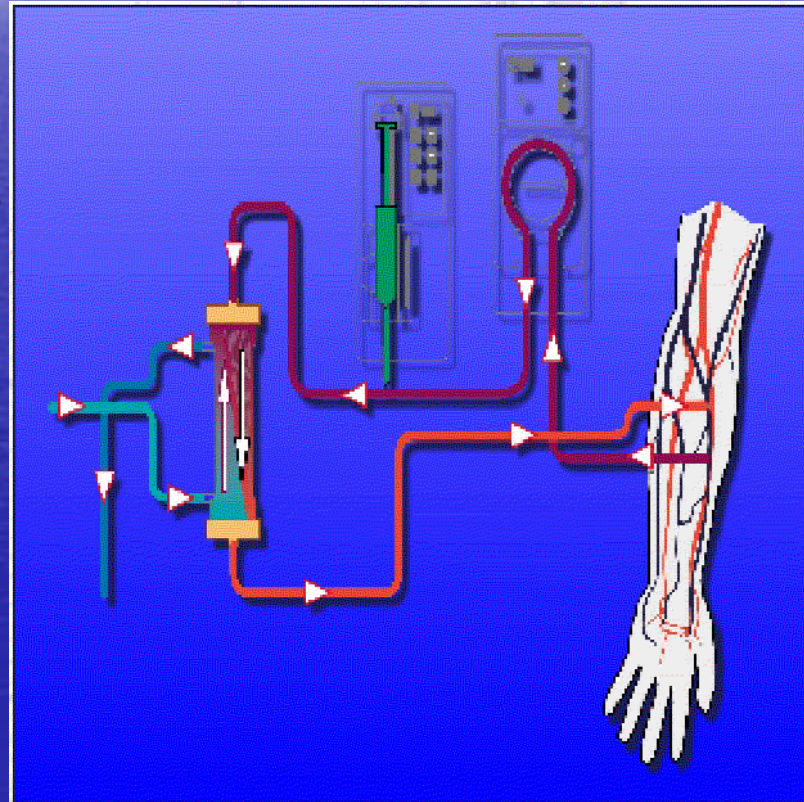
**Biomedical Engineering Laboratory  
Mechanical Engineering & Aeronautics Department  
University of Patras, Ellas**

**BRITE EURAM II project No. 7516**



# Motivation of the present study

- There is a need to heparinize patients undergoing extracorporeal therapy (Artificial kidney, Pump Oxygenator). Many of them are incapable of sustaining any of the heparin because given its permanent bleeding condition it often leads to haemorrhagic complications.
- There is a definite need for heparin elimination just before heparinized blood returns to the patient's circulation.



# Heparin-Adsorbing Device Concept

- It is our intention to contribute in such a way by the development of a **heparin-adsorbing device (H.-A.D.)**, located at the effluent of the extracorporeal haemodialysis filter unit, just before blood returns to the patient
- This H.-A.D. operates as a **liquid-solid particulate fluidized bed**, and constitutes an extracorporeal circuit that allows **ex vivo deheparinization** by means of a polycationic ligand that binds heparin molecules



# Objectives

- The experimental evaluation of the fluid mechanical characteristics involved in the fluidization process
- The experimental evaluation of the heparin adsorption kinetics during fluidization
- The development of a mathematical model to describe heparin transport & its removal by the dispersed polymeric particles contained in the heparin-adsorbing device

# Examined parameters

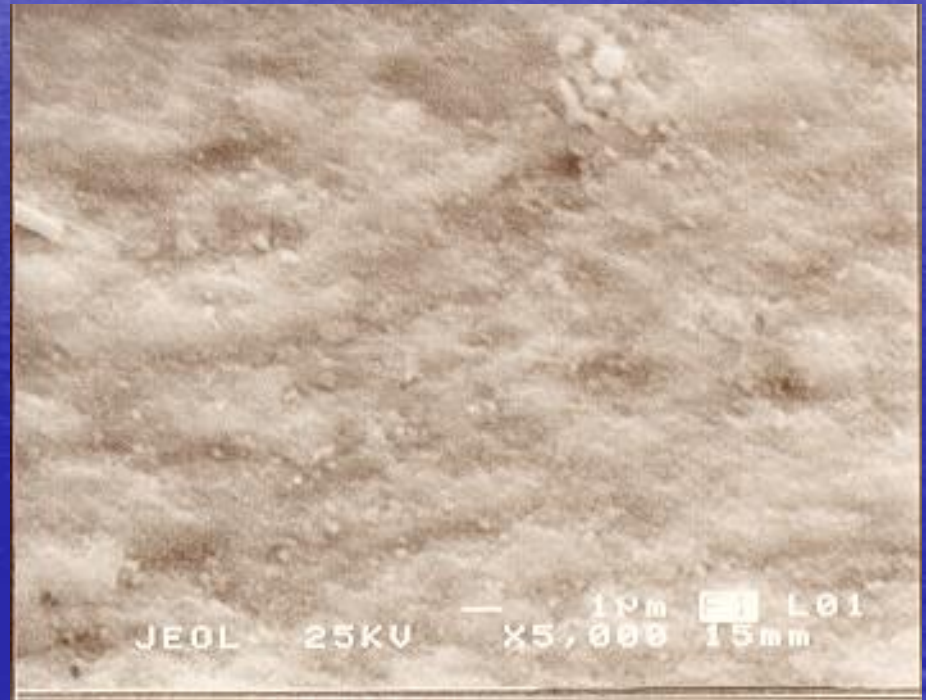
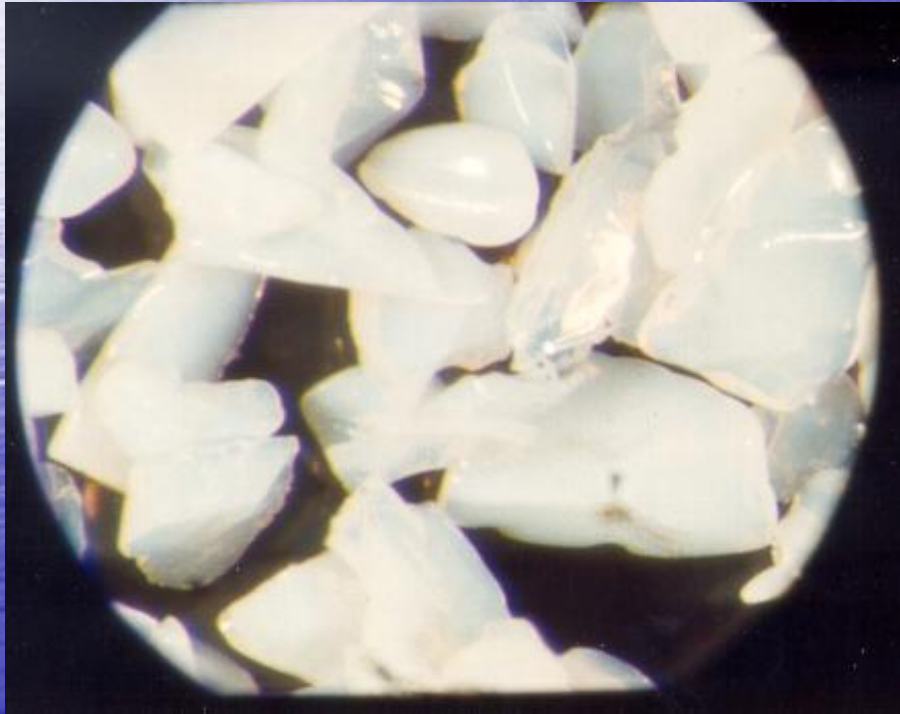
- Particle size distribution
- Particle configurations with respect to the polysaccharide layers and the surface grafted poly (amido-amine) (PAA), as well as, to the rigid core of the examined beads
- Fluidized Bed Design characteristics

One Columnar (CFB) and two Tapered (TFB) Fluidized Beds with angle of tapering,  $\theta$ ,  $5^\circ$  and  $10^\circ$  were used for that purpose

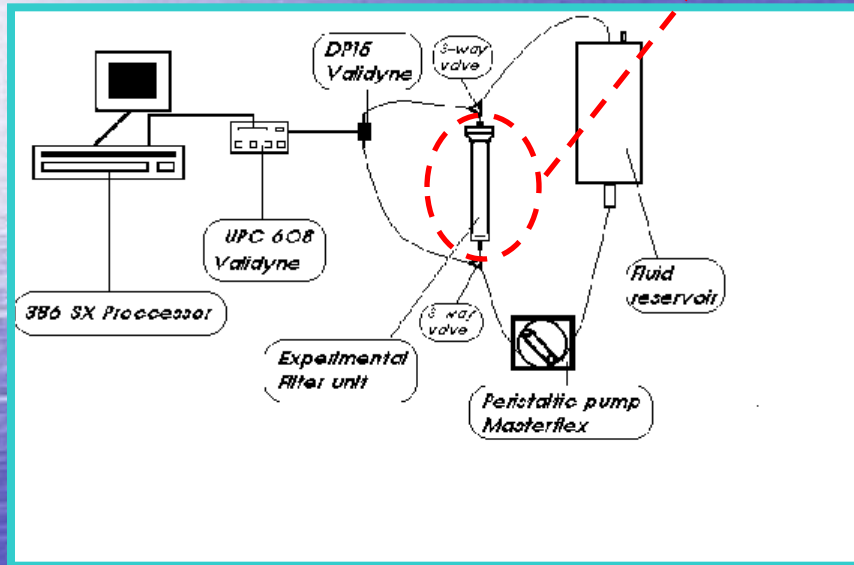


# E=Biosil-[Dextran-PAA-Dextran-PAA]- HCl beads

## Optical microscopic and SEM images



# Experimental set-up and the fluidized bed adsorbers used



- Columnar Bed
- Tapered Bed ( $\theta=5^\circ$ )
- Tapered Bed ( $\theta=10^\circ$ )



# Columnar Fluidized Bed experiment



# Experimental Observations & Conclusions

- An indicative feature of the TFB, especially an advantage over the CFB is that, the velocity of the fluidizing medium is relatively high at its lower part ensuring fluidization of large particles, and it is relatively low at the top, preventing entrainment of the particles. So, we can operate the TFB with particles whose size distribution is wide.
- **When blood used as the flowing medium, fluidization regime has reached at lower velocities with increased pressure drop compared to saline-polymeric particles experiments, for all three fluidized beds used in our study.**



# Biomedical applications of the presented numerical study

- The deposition of cells onto surfaces in biological processes.
- The controlled release of drugs.
- The elimination of hazardous substances in, or from biological fluid streams.
- The adsorption of plasma proteins on to particles with specific ligands in therapeutic or preparative aphaeresis.

# **Haemocompatibility Testing of Membranes Developed for BioArtificial Organs Applications**

Georgios PA Michanetzis and Yannis F Missirlis

Project Brite-Euram II



# Haemocompatibility Testing of Membranes Developed for BioArtificial Organs Applications

- Parameters:

- protein adsorption
- platelet adhesion, activation, aggregation
- activation of the coagulation system
- complement, contact activation
- haemolysis, toxicity testing

- Methods:

- static conditions
- dynamic (steady / pulsatile flow) conditions

# ARTIFICIAL ORGANS: BIOARTIFICIAL LIVER/KIDNEY HOLLOW FIBER MODULES / PROTOTYPE



Modules were designed and constructed by US-BU.

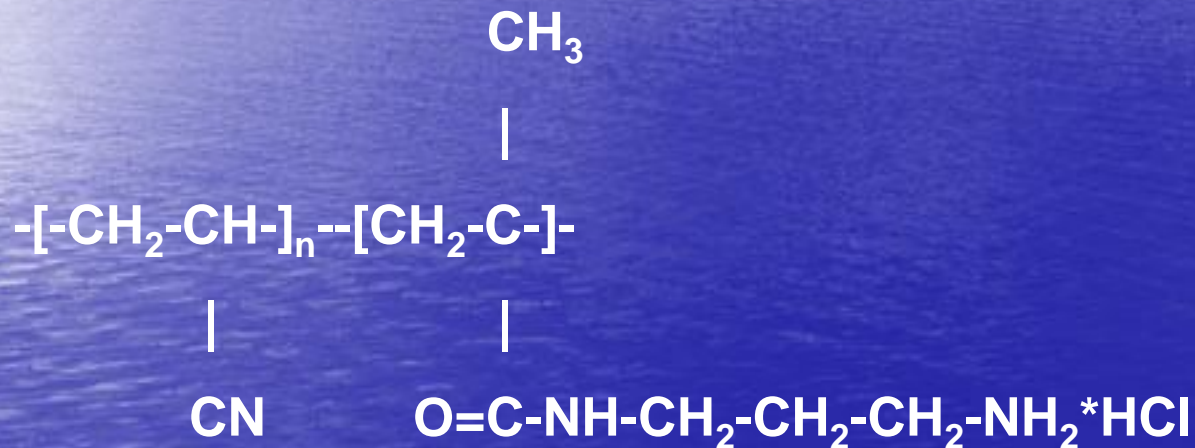
A fast setting polyurethane resin was used for potting (PUR725A+PUR725BF, Rohm and Haas) with centrifugation to minimize wicking.

Fiber length was 136 mm and the number of fibers was 35 having an id of 500  $\mu\text{m}$  giving an internal fiber surface area of 75  $\text{cm}^2$ .



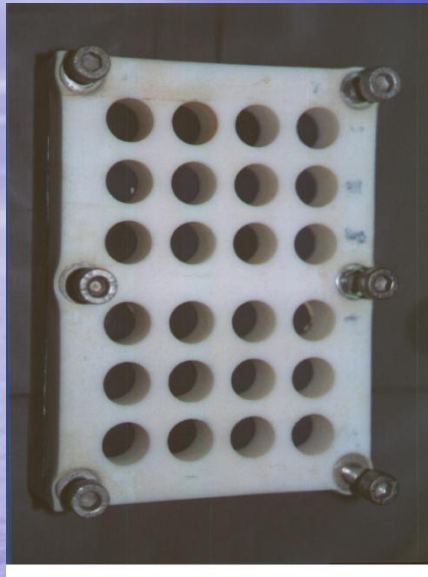
# ARTIFICIAL ORGANS - POLYMER SYNTHESIS

Polymers (both membrane and hollow fiber format) were synthesised by GKSS using an acrylonitrile copolymer with 3-aminopropyl-methacrylamide hydrochloride (APMA) comonomer for reactive amine groups according to the following polymer structure formula:



Membrane cut-off was 61 kD suited for exclusion of proteins in a bioartificial liver unit.

# EXPERIMENTAL SETUP



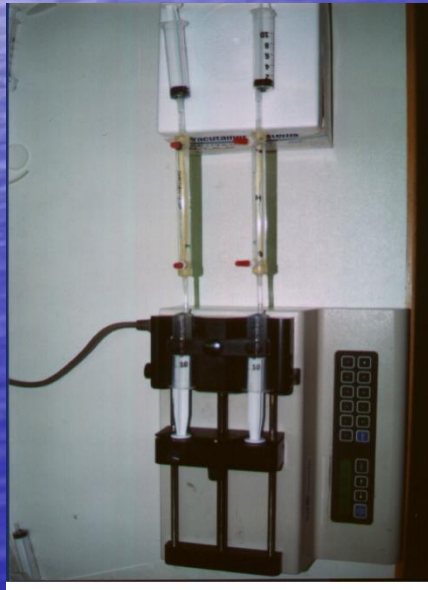
## STATIC CONDITIONS - MEMBRANES:

Contact time : 30 min

Medium : PRP/PPP (2 ml/well)

Parameters: Platelet retention and activation, activation of the coagulation system.

4 experiments per material



## DYNAMIC CONDITIONS - MODULES:

Contact time : 60 min

Mode : Continuous (5 ml)

Shear Rate : 250 / sec

Medium : PRP/PPP (10ml)

Parameters: Platelet retention, activation of the coagulation system.

3 experiments per material

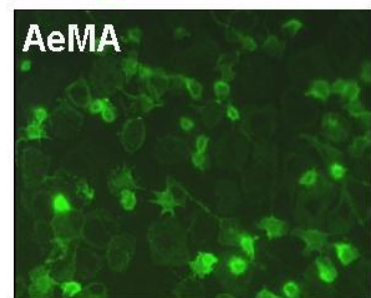
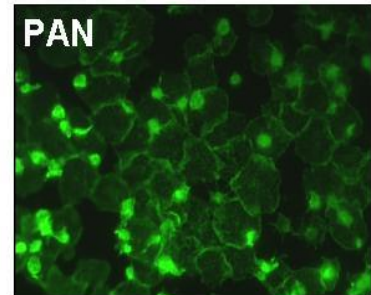


# Chemical Modification to improve the Blood Compatibility of Polymers

- base copolymer: polyacrylonitrile (PAN)
  - NaMAS (negatively charged)
  - NVP (hydrophilic)
  - AeMA (amine group surface)

- EPO Patent : AN EP 1115145.3

Membranes made from P(AN/NVP) - copolymers with both haemo and tissue compatibility and their application in the medical field



# VASCUPLUG: “Bioreactive Composite Scaffold Design for Improved Vascular Connexion of Tissue-Engineered Products”

## Foam

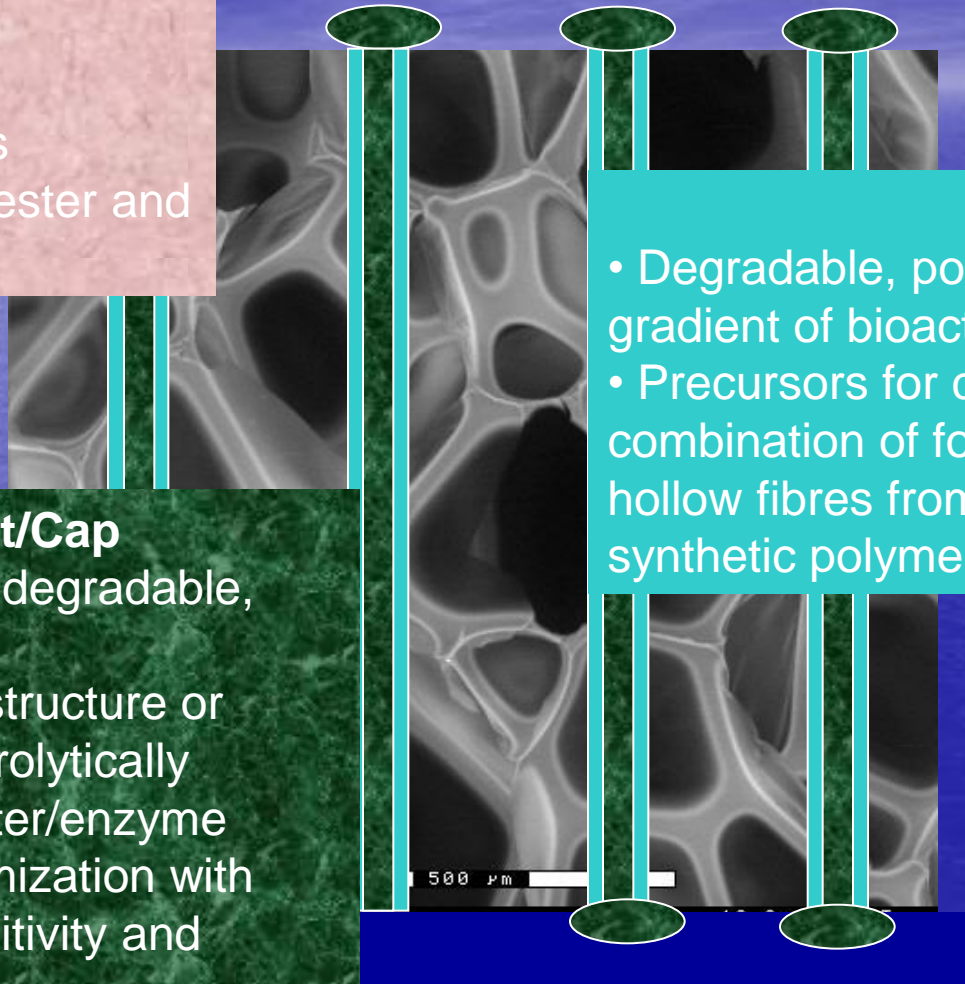
- Degradable, porous scaffolds with large interconnecting pores
- Biodegradable polyester and polyetherester

## Filament/Cap

- Stimuli-sensitive, degradable, biocompatible
- pH sensitive gel structure or fast degrading hydrolytically degradable polyester/enzyme combination - optimization with respect to pH-sensitivity and degradation

## Tubes

- Degradable, porous, biocompatible, gradient of bioactive substances
- Precursors for channel-like structure by combination of foaming technology and hollow fibres from a biodegradable synthetic polymer



Composite scaffold formed from three components:

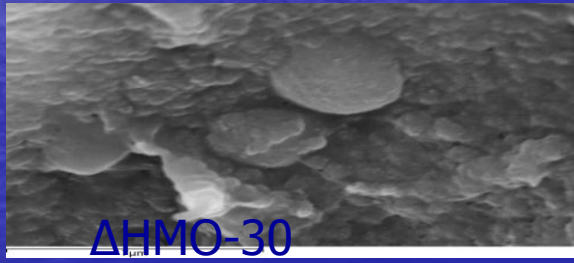
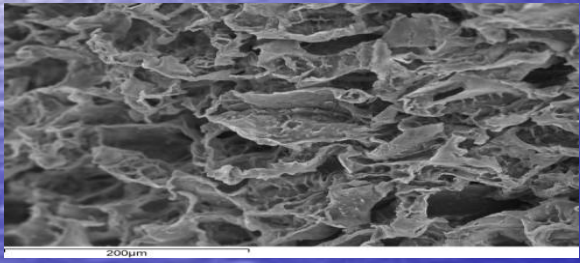
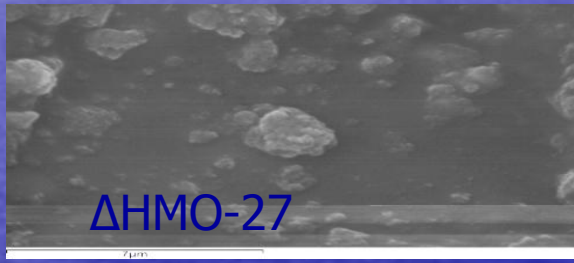
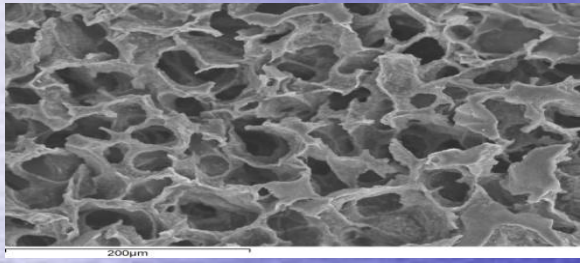
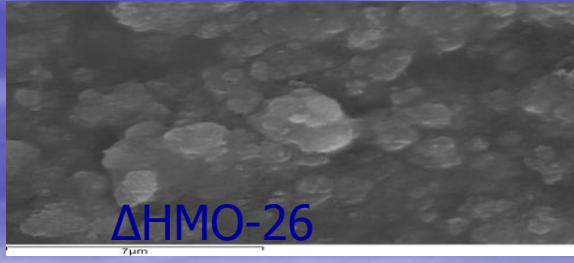
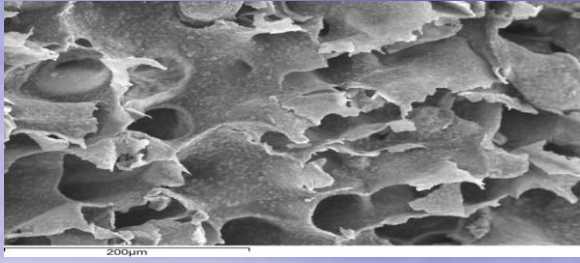


# **ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΒΙΟΜΙΝΥ**

**Εργαστήριο Εμβιομηχανικής  
και Βιοϊατρικής Τεχνολογίας,  
Πανεπιστημίου Πατρών**

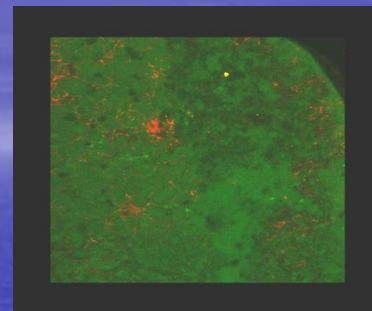
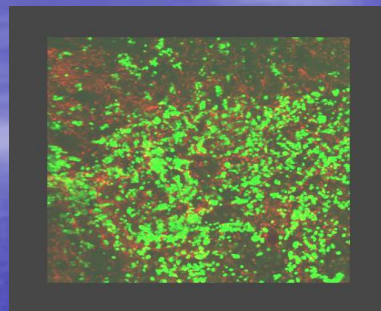
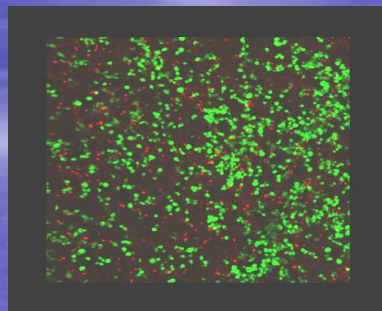
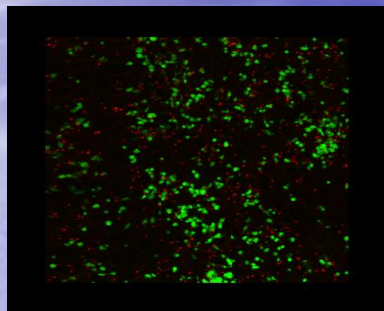
- Π4.5 και Π4.6 Ενδιάμεση / Τελική έκθεση με αξιολόγηση των εμφυτευμάτων σε σχέση με τη βιοσυμβατότητά τους σε δυναμικές συνθήκες *in vitro*
- ΥΛΙΚΑ: (3Δ ικριώματα):
- ΔΤ26 chitosan:HAP 35:65 w/w
- ΔΤ27 N-acetylated chitosan:HAP 35:65 w/w
- 167: CHI-HA-L-Arg Glu 0,84%
- Chit:Gen 100:2,
- HA-Chi-Arg-Glu-Gel.
- Gelatin (D)
- HA-Arg-Col
- Χρησιμοποιήθηκε φθορίζουσα μικροσκοπία με χρήση των χρωστικών (FAD) και Propidium iodide (PI). Κύτταρα MG63. / Μεγέθυνση 10X. / Χρώση των κυττάρων με FDA (Πράσινο-ζωντανά κύτταρα) / PI (Κόκκινο-νεκρά κύτταρα)



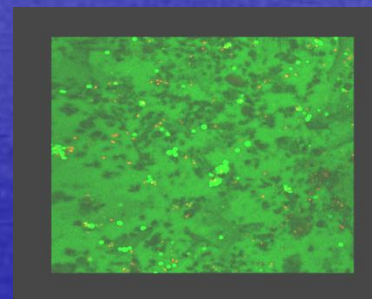
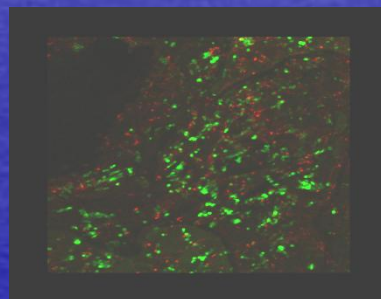
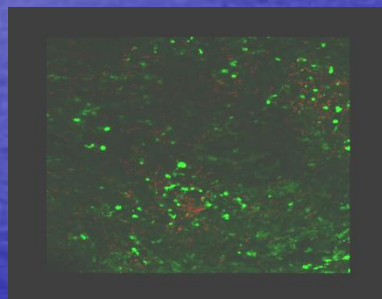
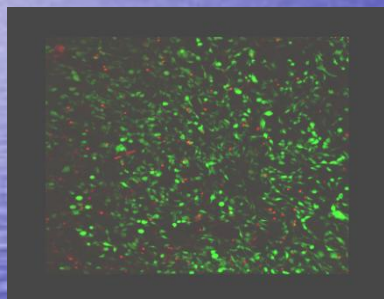


Κύτταρα MG63. Μεγέθυνση 10X. Χρώση των κυττάρων με FDA  
(Πράσινο-ζωντανά κύτταρα)  
/ PI (Κόκκινο-νεκρά κύτταρα)

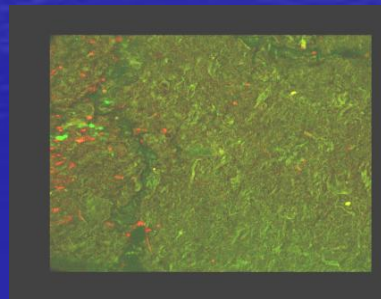
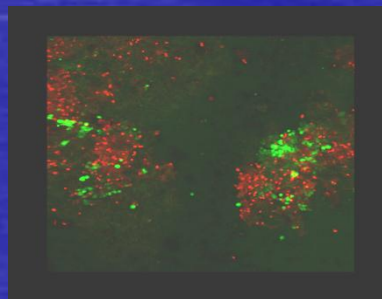
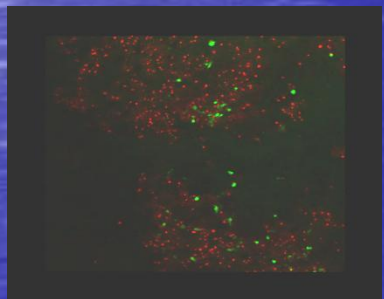
$\Delta_{26}$



$\Delta_{27}$



167



ΗΜΕΡΑ 1

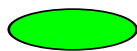
ΗΜΕΡΑ 3

ΗΜΕΡΑ 7

ΗΜΕΡΑ 21

(πράσινο: ζωντανά κύτταρα – κόκκινο: νεκρά κύτταρα)





Ζωντανά κύτταρα

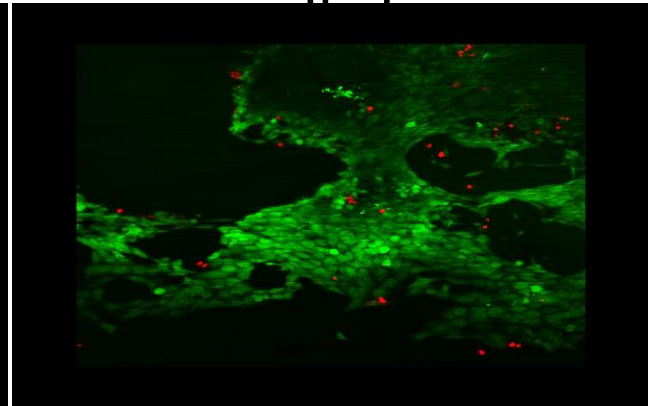
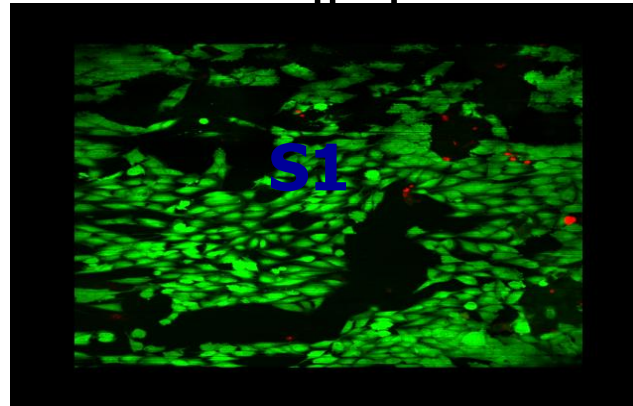
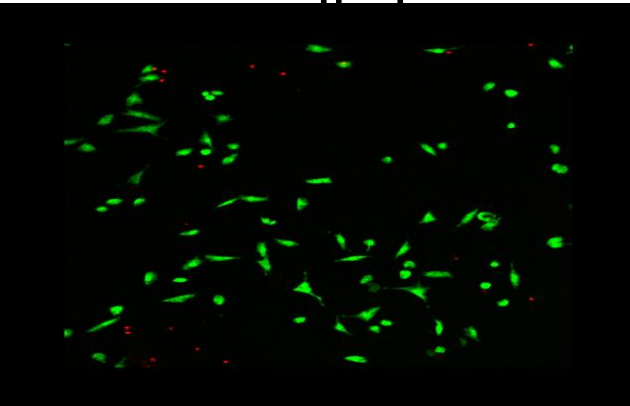


Νεκρά κύτταρα

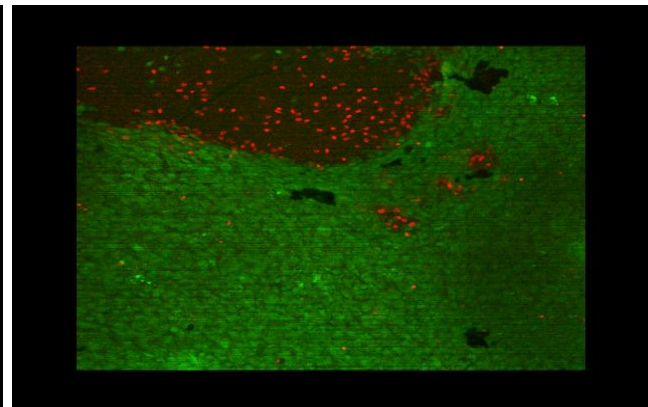
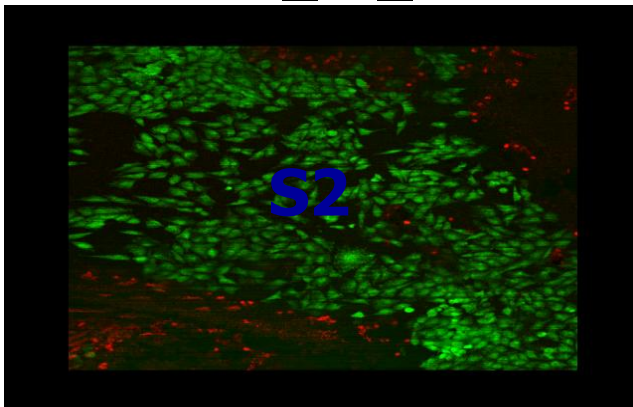
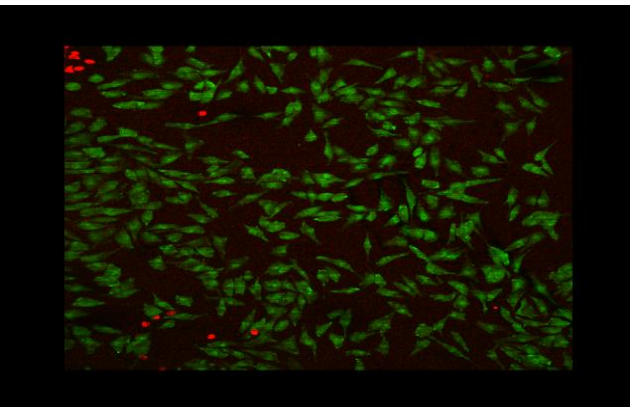
1<sup>η</sup> ημέρα

3<sup>η</sup> ημέρα

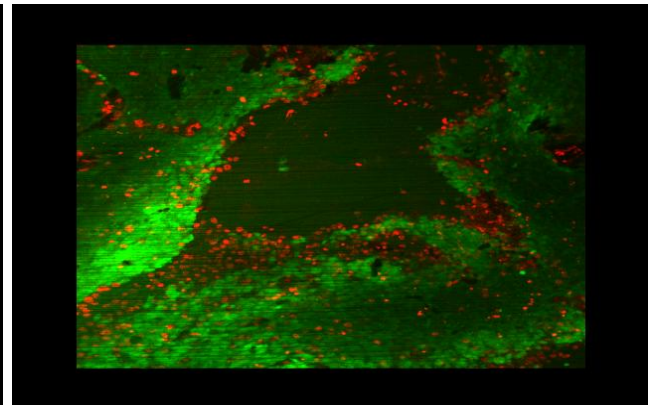
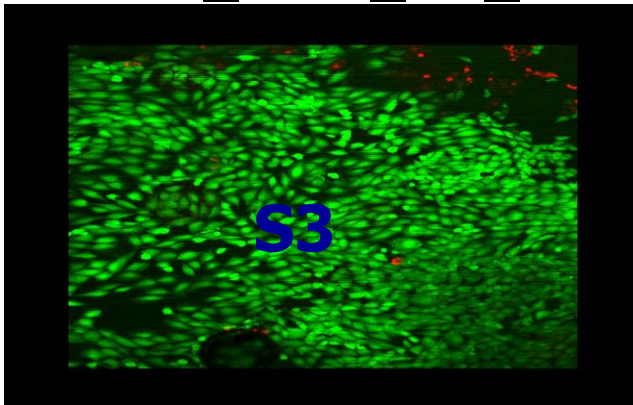
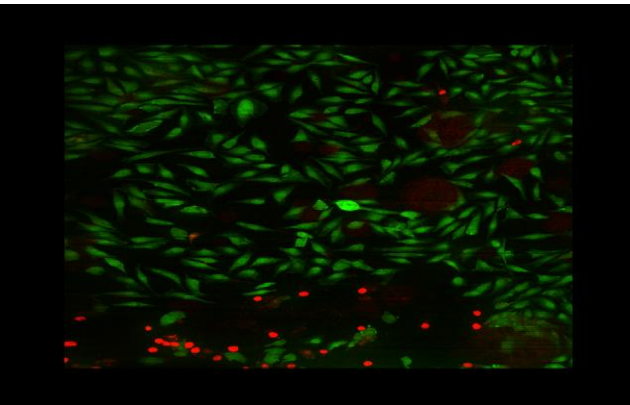
7<sup>η</sup> ημέρα



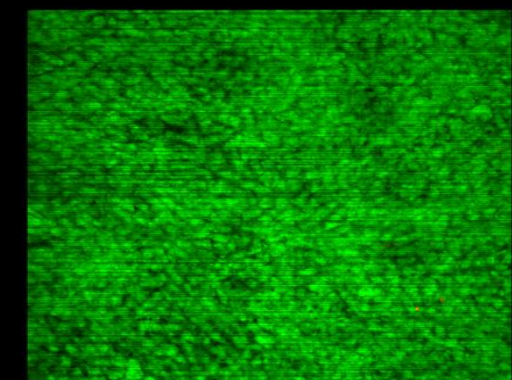
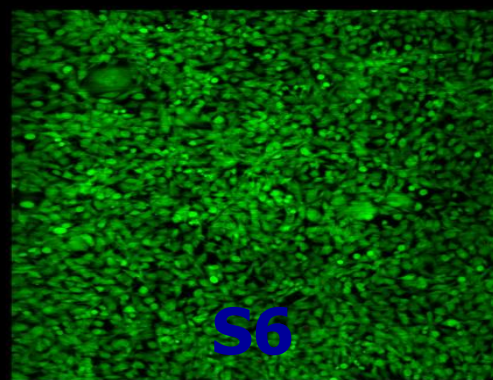
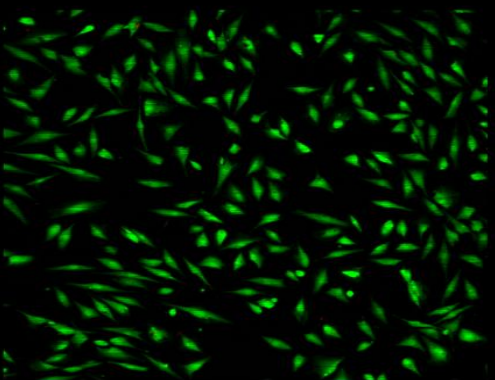
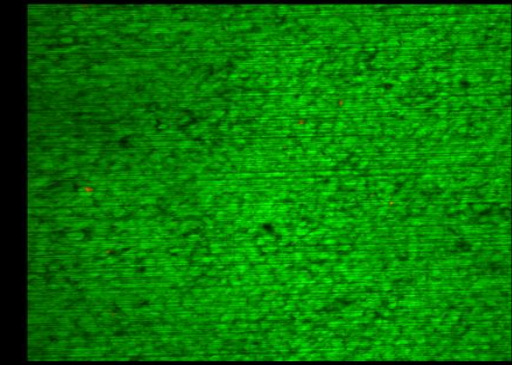
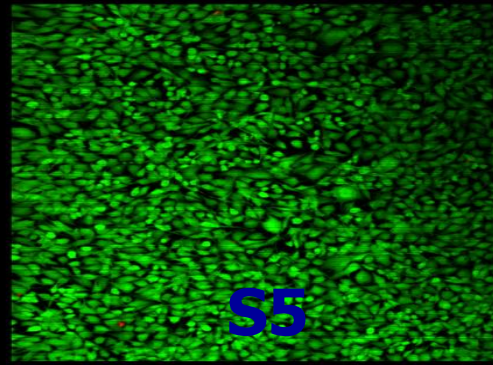
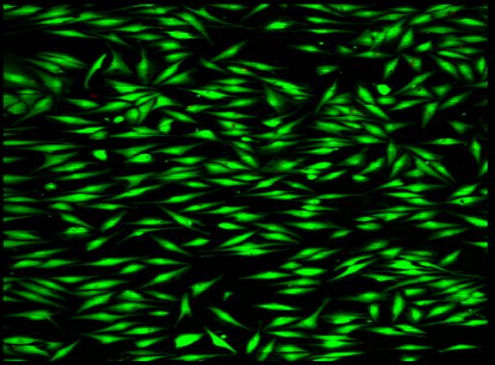
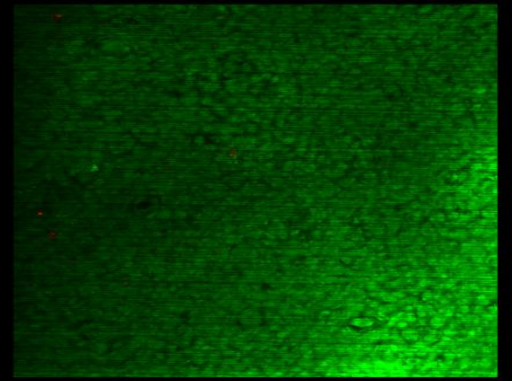
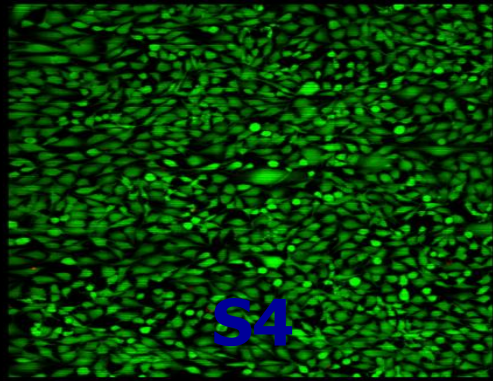
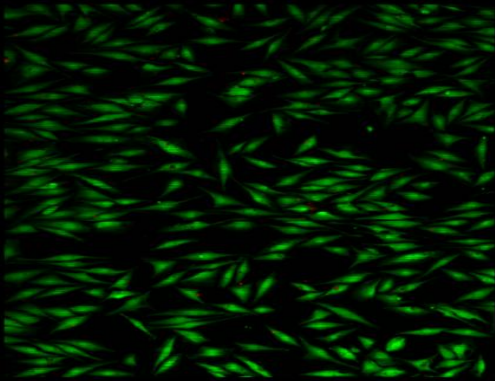
30PCL\_SI\_1150



30PCL\_5Chi\_S2\_1150

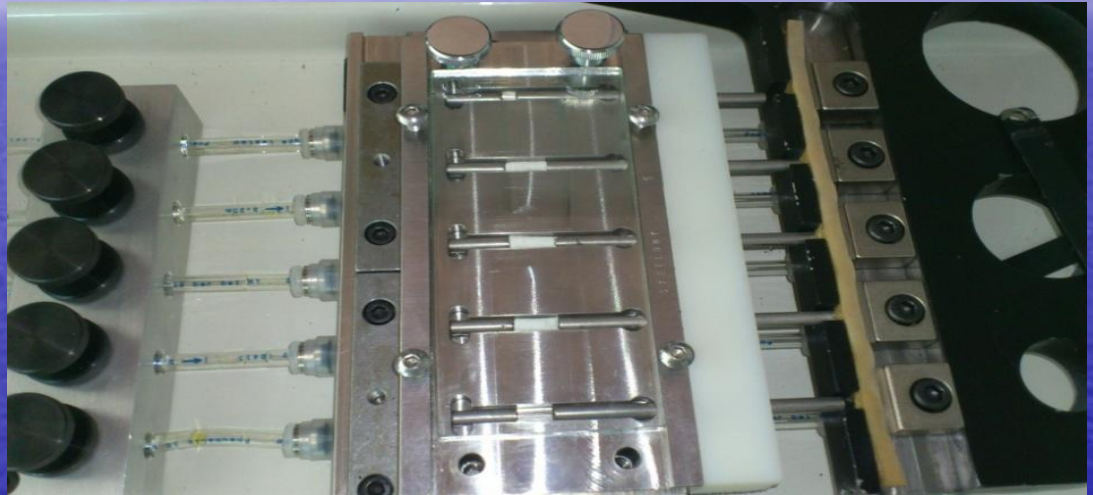








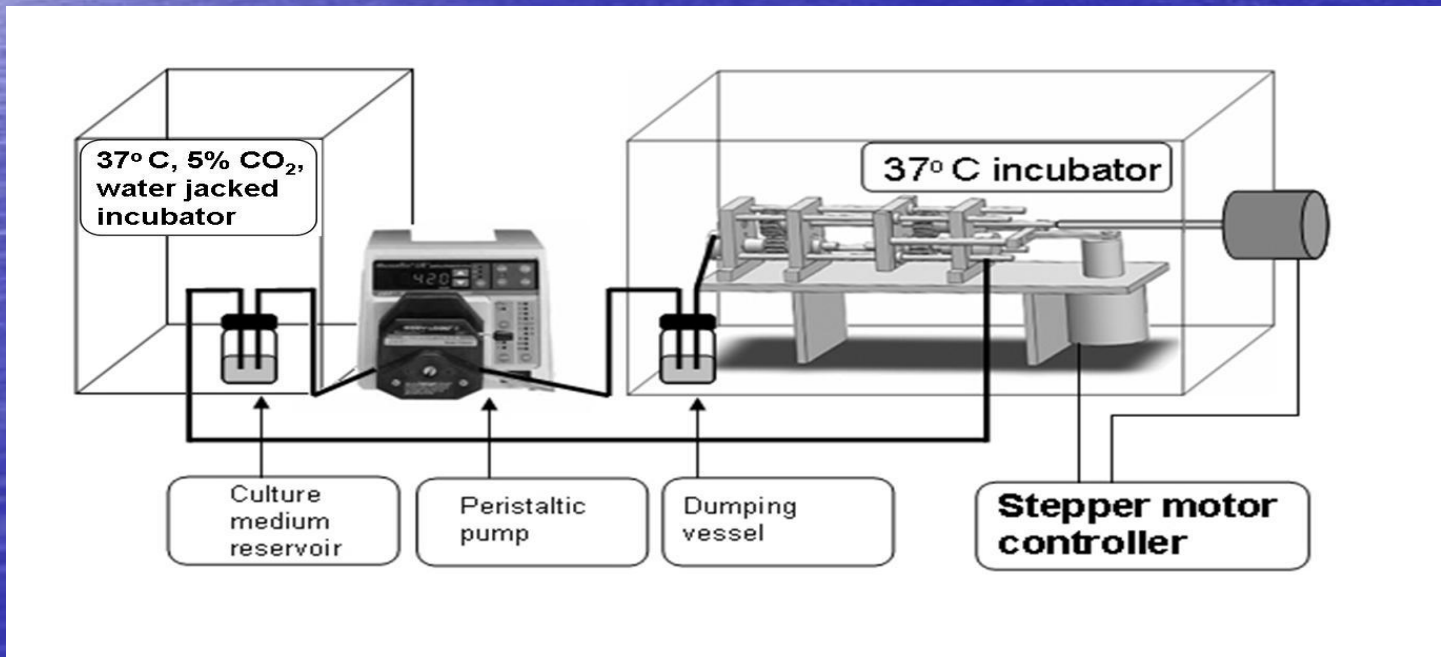
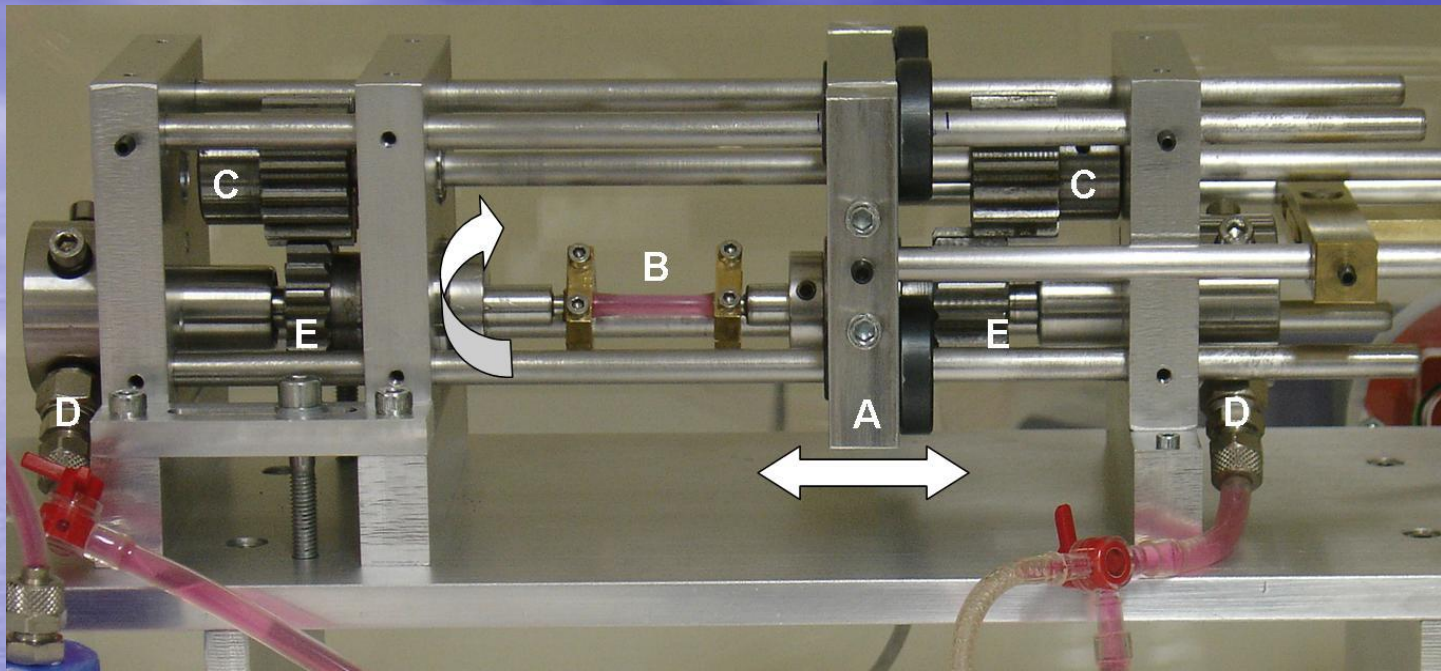
# ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ



Επίδραση μηχανικών ερεθισμάτων  
στην προσκόλληση, πολλαπλασιασμό  
και διαφοροποίηση κυττάρων σε  
καλλιέργεια

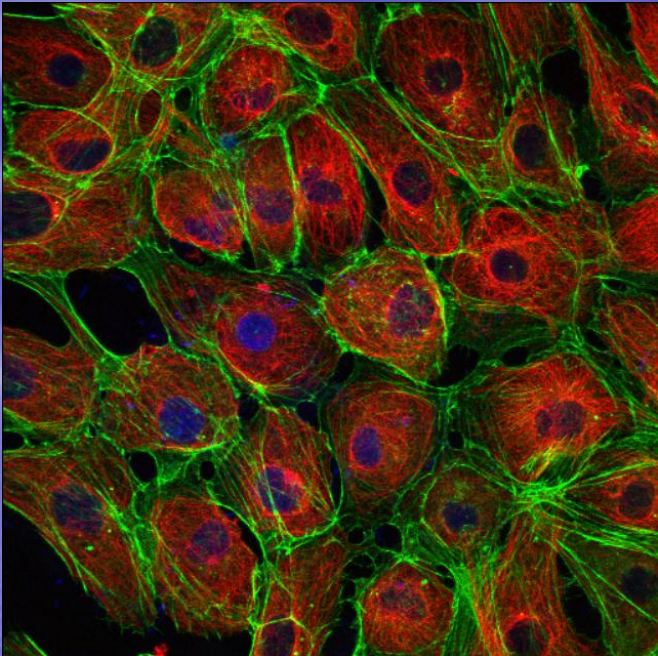
Δερμενούδης Στέργιος  
Υποψήφιος Διδάκτορας



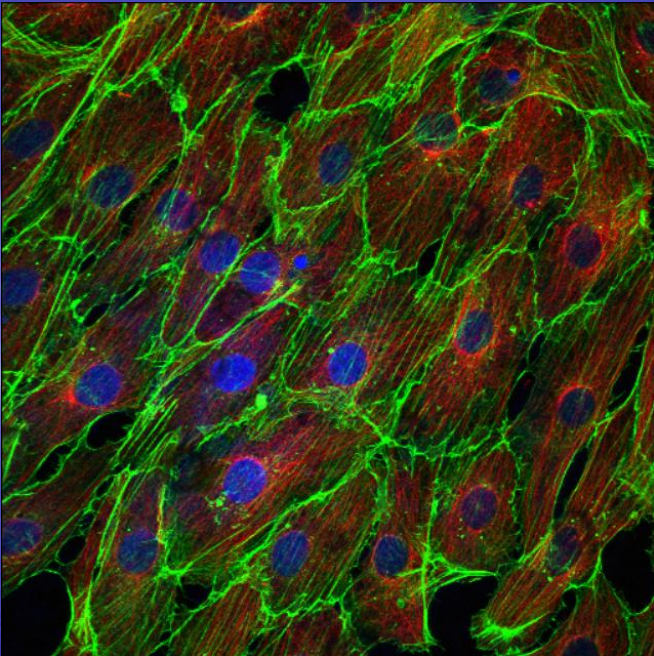




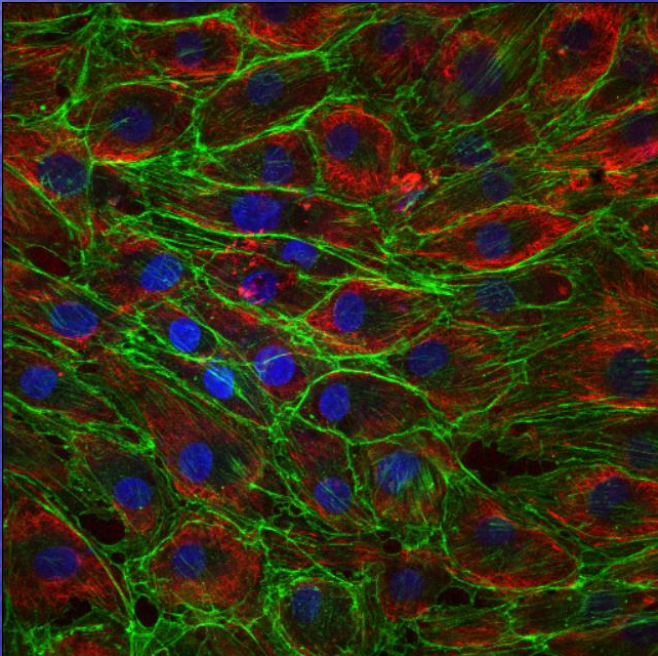
60x lens



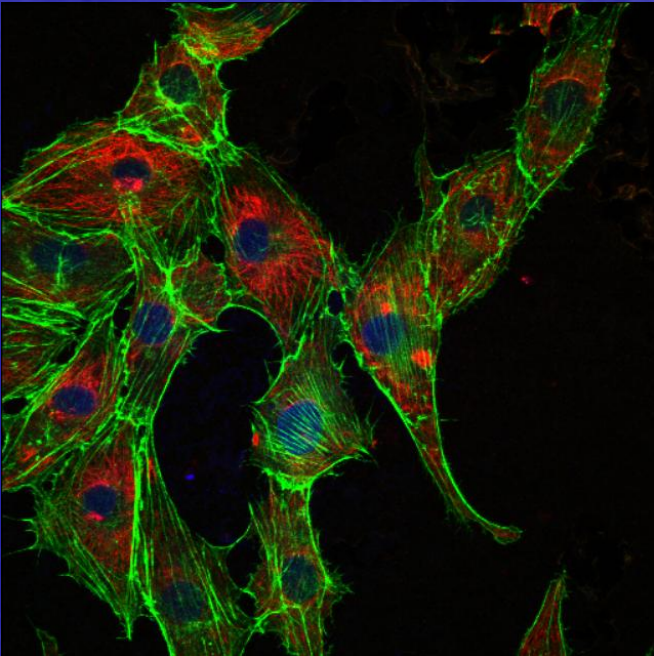
control






stretching 10%



flow

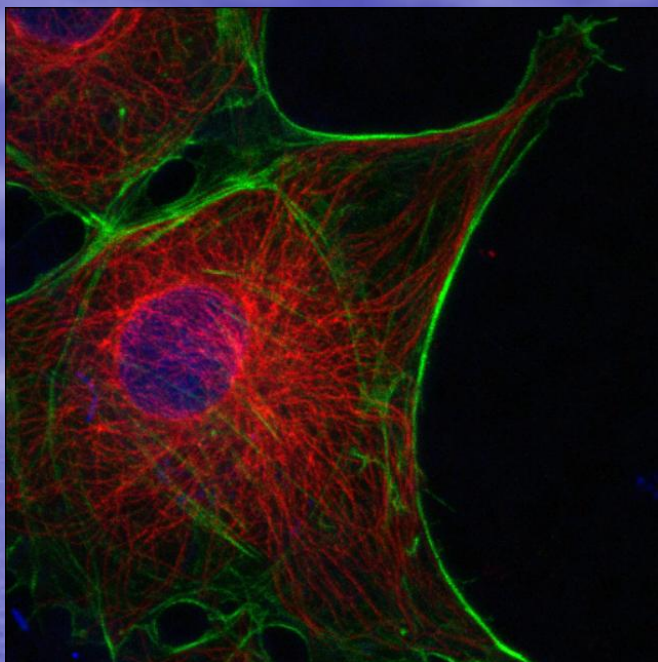


rotation 2000rph

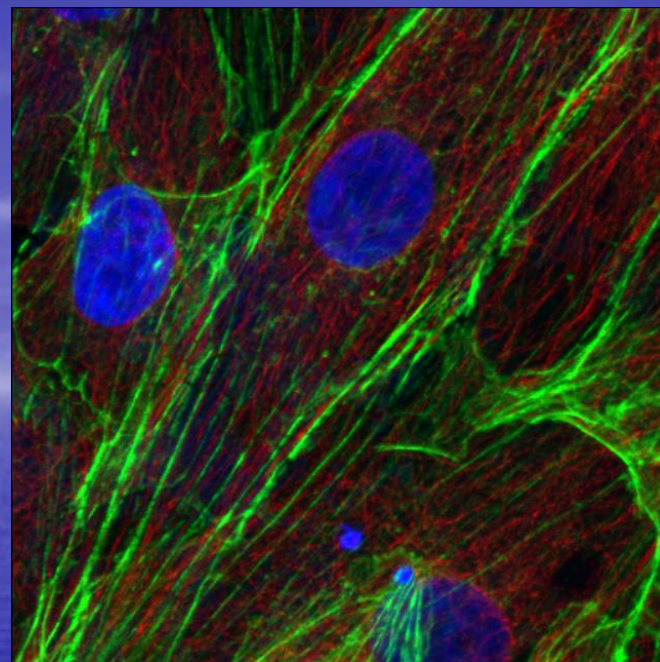
-  tubulin
-  F-actin
-  nucleus



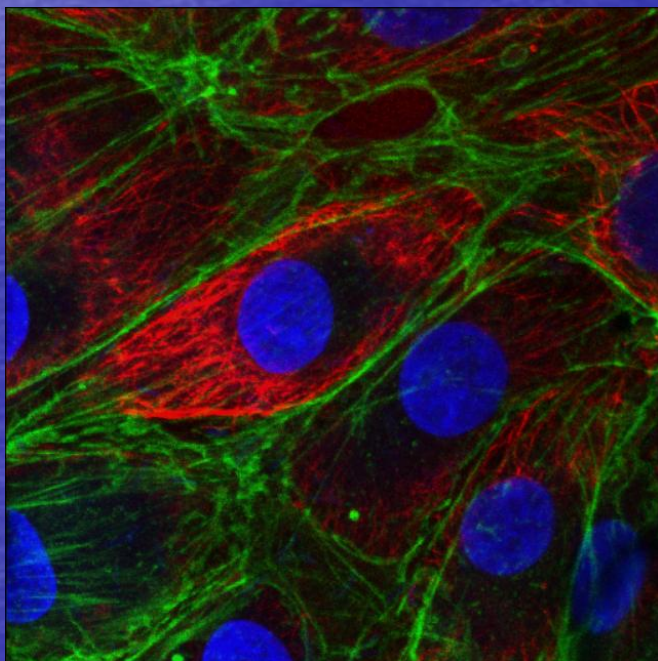
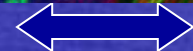
60x lens +  
3x magnification



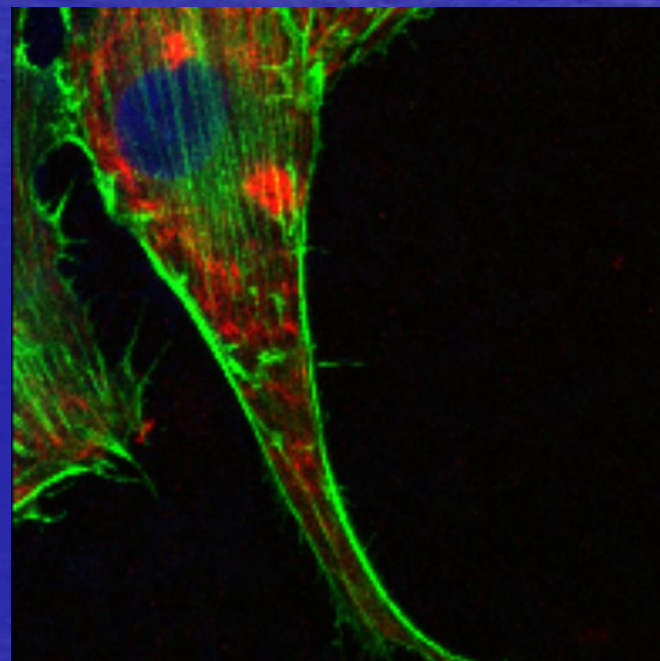
control






stretching 10%



flow



rotation 2000rph

-  tubulin
-  F-actin
-  nucleus



# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alan Golde: The Bio-Artificial Liver  
[www.ele.uri.edu/Courses/bme181/S13/3\\_AlanG\\_1.pdf](http://www.ele.uri.edu/Courses/bme181/S13/3_AlanG_1.pdf)
- Assistive Devices  
[schools.alcidsb.on.ca/hcss/.../Assistive%20Devices.ppt](http://schools.alcidsb.on.ca/hcss/.../Assistive%20Devices.ppt)
- Vital Therapies: Hybrid Liver  
<https://canvas.brown.edu/courses/773684/.../download?...>
- Yannis F. Missirlis : Biomaterials – Tissue Engineering  
<https://mecanobio2014.files.wordpress.com/.../biomateri...>
- Kevin Warwick: Bionics 2 [https://cw.fel.cvut.cz/wiki/ media/.../bionics\\_2.ppt](https://cw.fel.cvut.cz/wiki/media/.../bionics_2.ppt)
- Andreas K.M. Podias and Yannis F. Missirlis: Experiments and Computational Fluid Dynamics in the Designing of a Heparin-Adsorbing Device. 6<sup>th</sup> International Workshop on Mathematical Methods in Scattering Theory and Biomedical Engineering
- Γεώργιος ΠΑ Μηχανετζής, Barbara Seifert ,Gregor Schinkel, Ιωάννης Φ. Μισιρλής Νέα Πολυμερή για Τεχνητά / Βιοϋβριδικά Συστήματα. ΕΛΕΜΒΙΟ 2006
- [Groth, Th., Fey-lamprecht, F., Seifert, B., Mihanetzis, G., Missirlis, Y., Paul, D. Development of membranes for bioartificial organs ASAIO journal 46\(2\), pp. 217, 2000.](#)
- [Groth, T., Seifert, B., Albrecht, W., Michanetzis, G., Missirlis, Y., Engbers, G. Development of polymer membranes with improved haemocompatibility for biohybrid organ technology Clinical Hemorheology and Microcirculation 32\(2\), pp. 129-143, 2005.](#)