



# Βιοϋλικά

## Ενότητα 3: Μεταλλικά, Πολυμερή

Ελευθέριος Αμανατίδης  
Πολυτεχνική Σχολή  
Τμήμα Χημικών Μηχανικών



# Περιεχόμενα ενότητας

- **Μέταλλα – Δομή και ιδιότητες – Εφαρμογές**
  - Ανοξείδωτος χάλυβας
  - Κράματα Co
  - Κράματα Ti
- **Πολυμερή**
  - Homo-polymers
  - Co-polymers
  - Εφαρμογές ιδιότητες χαρακτηρισμοί
- **HYDROGELS**
  - Δομές και ιδιότητες
  - Βασικές εφαρμογές



# Μέταλλα



# Συνήθεις μέθοδοι παρασκευής

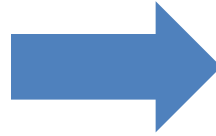


- Εξόρυξη
- Χημική επεξεργασία και απόσπαση «καθαρού» μετάλλου
- Πολτοποίηση – Σχηματισμός προκαθορισμένων δομών
- Προκαταρτική μορφή ιατρικού πρόσθετου
- Επεξεργασία επιφάνειας – Έλεγχος πορώδους – Λείανση – Αμμοβολή
- Καθαρισμός – Αποστείρωση – Συσκευασία
- Χειρουργείο



# Κριτήρια επιλογής μετάλλων

## ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΒΙΟΪΛΙΚΟ



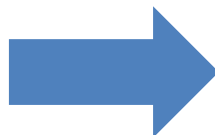
## ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

- Διάβρωση και έκλυση μεταλλικών στοιχείων
- Μηχανική φθορά – Μείωση μηχανικής αντοχής και μηχανική απόσπαση σωματιδίων
- Επιθυμητή δράση π.χ οστεοενσωμάτωση οδοντικών εμφυτευμάτων
- Ανεπιθύμητη δράση π.χ αλλεργικές αντιδράσεις



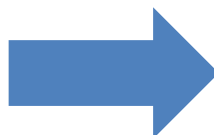
# Κριτήρια επιλογής μετάλλων

**ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΒΙΟΪΛΙΚΟ**



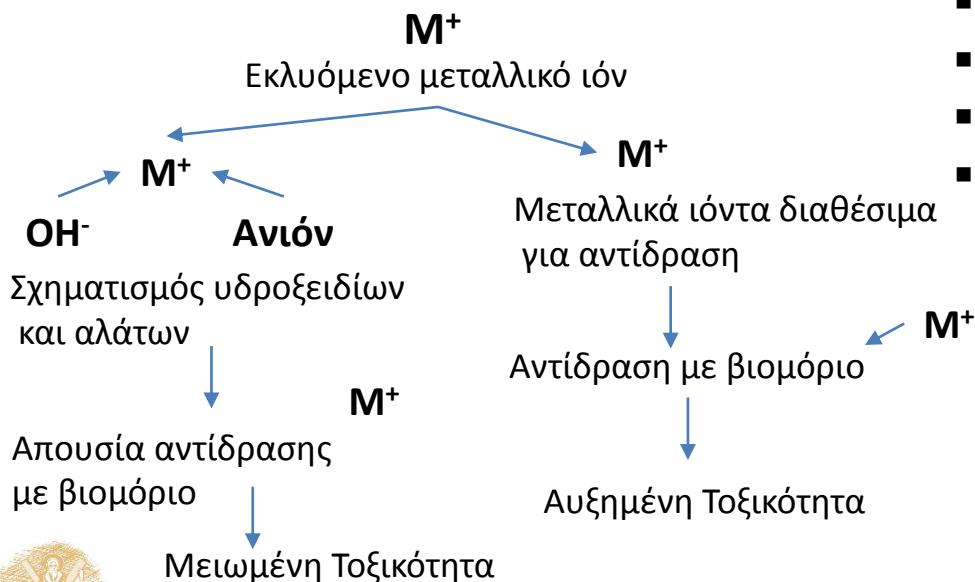
**ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

**ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ**



**ΒΙΟΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ**

- Ελαττωμένη έκλυση μεταλλικών στοιχείων



- Δεν εμφανίζει τοπική τοξική δράση
- Δεν έχει συστηματική τοξική δράση
- Δεν έχει αλλεργιογόνο δράση
- Δεν έχει μεταλλαξιογόνο και καρκινογόνο δράση



# Βιοσυμβατότητα μεταλλικών πρόσθετων

Η Διάβρωση αποτελεί αναγκαία αλλά όχι ικανή συνθήκη για την εκδήλωση δυσμενών βιολογικών δράσεων

Η βιολογική επίδραση ενός μεταλλικού στοιχείου εξαρτάται από τη βαθμίδα οξειδώσής του. Είναι πολύ σημαντικός ο προσδιορισμός της φυσικοχημικής μορφής του κατά την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον

Η αποβολή ενός μεταλλικού στοιχείου εξαρτάται από την οδό εισόδου του στον οργανισμό και ο ρυθμός απομάκρυνσής του είναι μοναδικός για αυτόν



# Διάβρωση μεταλλικών βιοϋλικών

Σε γενικές γραμμές το βιολογικό περιβάλλον είναι εχθρικό με τα μεταλλικά βιοϋλικά.

Γενικός μηχανισμός αλληλεπίδρασης πρόσθετου με οργανισμό

**ΒΙΟΪΛΙΚΟ**

Προσρόφηση Πρωτεϊνών

T=0

**ΒΙΟΪΛΙΚΟ**

Κινητοποίηση Μακροφάγων

T=12 ώρες

**ΒΙΟΪΛΙΚΟ**

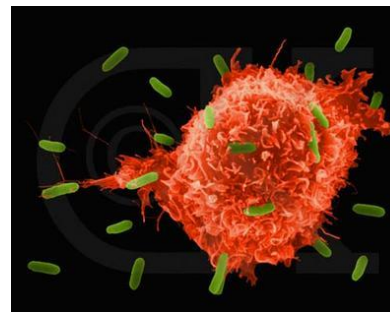
Σχηματισμός γιγαντοκύτταρων

**ΒΙΟΪΛΙΚΟ**

Σχηματισμός κάψας συνδετικού ιστού

T=3 εβδομάδες

Απομόνωση ξένου σώματος. Άλλοτε κακό και άλλοτε καλό. Στα μέταλλα καλό!



Μονοπύρρηνα κύτταρα: Ρόλος φαγοκυττάρωση

[image url](#)

Πολυμορφικά πολυκύτταρα τυπικά σε νεοπλασίες και χρόνιες φλεγμονές





# Διάβρωση μεταλλικών βιοϋλικών

## Προσρόφηση πρωτεϊνών

Πληθώρα αμινοξέων και πρωτεϊνών που συνδέονται χημικά ή φυσικά στην μεταλλική επιφάνεια

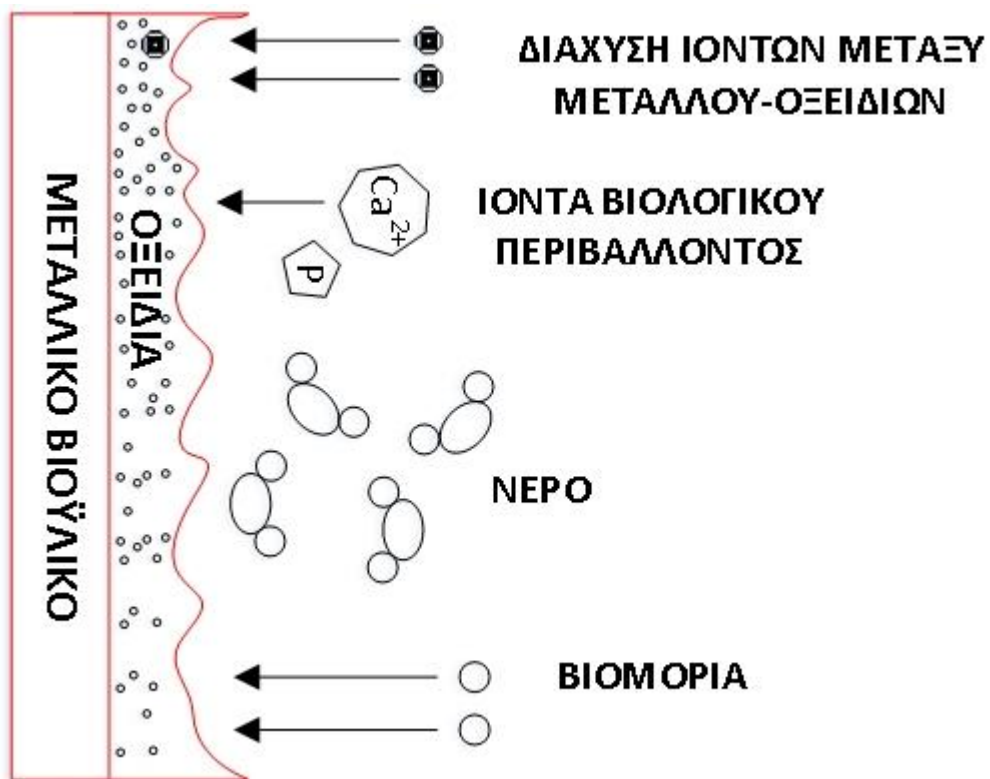
## Μακροφάγα

Παραγωγή δραστικών προϊόντων του οξυγόνου και ελεύθερες ρίζες



# Διάβρωση μεταλλικών βιοϋλικών

## Μηχανισμός αυτοπροστασίας ΜΒ από διάβρωση



Ορισμένα μέταλλα έχουν την ιδιότητα σχηματισμού οξειδίου κατά την αλληλεπίδραση με διαβρωτικό περιβάλλον

Η στοιβάδα αυτή έχει προστατευτικό ρόλο και κατά τη διάρκεια χρόνου ζωής της αποτρέπει περαιτέρω διάβρωση και έκλυση μετάλλων

Η κραματική σύσταση επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη δομή και σύσταση της παθητικής στοιβάδας



# Έλεγχος βιοσυμβατότητας μεταλλικών βιοϋλικών

Η Βιοσυμβατότητα μεταλλικών βιοϋλικών ελέγχεται με 3 τρόπους:

- **In vitro** δοκιμές όπου η βιοσυμβατότητα ενός υλικού ελέγχεται σε κυτταρικό επίπεδο
- **In vivo** δοκιμές όπου η βιοσυμβατότητα ενός υλικού ελέγχεται σε πειραματόζωα
- **Κλινικές** δοκιμές όπου η βιοσυμβατότητα ενός υλικού ελέγχεται σε ασθενείς εθελοντές



# Έλεγχος βιοσυμβατότητας μεταλλικών βιοϋλικών

## Παράδειγμα in-vitro δοκιμής για οδοντικά πρόσθετα

Παρασκευή διαλύματος τεχνητού σάλιου: Προτεινόμενη σύσταση 1 M NaCl και 1 M γαλακτικό οξύ

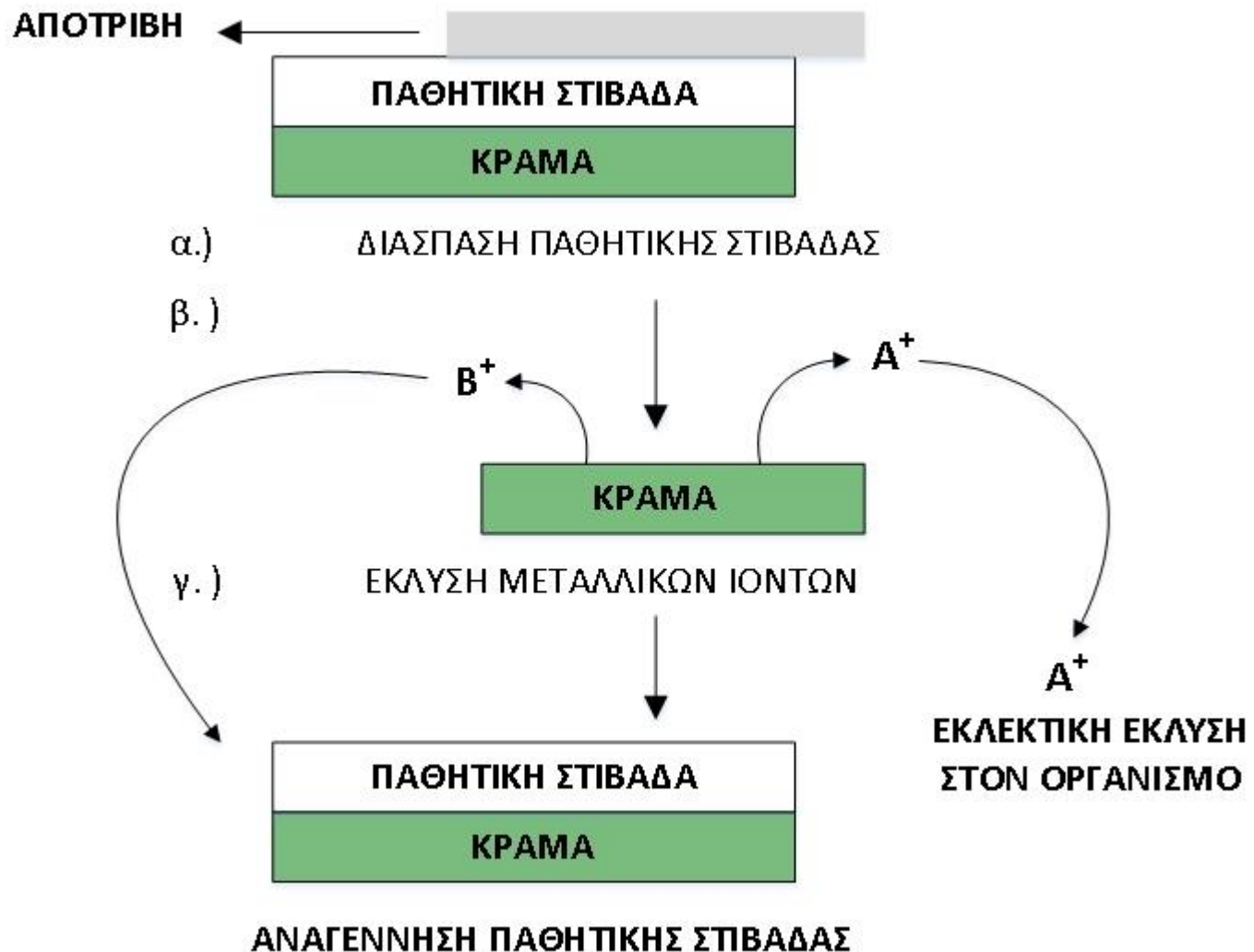
Δημιουργία συνθηκών παραπλήσιων με βιολογικό περιβάλλον π.χ στοματική κοιλότητα. Εκτός από διαβρωτικούς παράγοντες υπάρχουν και αντιδιαβρωτικοί όπως: Αμινοξέα, πρωτεΐνες, ρυθμιστικό σύστημα όξινων ανθρακικών, ρυθμιστικό σύστημα φωσφορικών, ρυθμιστικό σύστημα ουρίας/αμμωνίας

Εμβάπτιση του υπό έλεγχο βιοϋλικού στο διάλυμα και είτε ποσοτικές μετρήσεις έκλυσης μεταλλικών ιόντων είτε απ'ευθείας καλλιέργεια κυττάρων



# Έλεγχος βιοσυμβατότητας μεταλλικών βιοϋλικών

Σχηματικό διάγραμμα αλληλεπίδραση ΜΒ με βιολογικό περιβάλλον



# Έλεγχος βιοσυμβατότητας μεταλλικών βιοϋλικών

## Είδη διάβρωσης

**Χημική διάβρωση**

**Ηλεκτροχημική διάβρωση (γαλβανική διάβρωση, διάβρωση εξ' αιτίας διαφορικού αερισμού)**

**Διάβρωση υπό μηχανική καταπόνηση**

**Διάβρωση επαγόμενη από μικρο-όργανισμούς**



# Τα Κράματα Τιτανίου έχουν εξαιρετικές ιδιότητες και έχουν επικρατήσει αυ Μέταλλα κατάλληλα για εφαρμογή ως πρόσθετα

## Ανοξείδωτος χάλυβας – Κράματα Co – Cr – Κράματα Τιτανίου

Material	ASTM designation	Condition	Young's Modulus (GPa)	Yield strength (Mpa)	Tensile strength (Mpa)	Fatigue Endurance limit (at $10^7$ cycles, R=-1) (Mpa)
Stainless Steel	F745	Annealed	190	221	483	221-280
Co-Cr alloys	F75	As-cast/ annealed	210	448-517	655-889	207-310
Ti alloys	F67	30% Cold-worked Grade 4	110	485	760	300



# Μέταλλα ακατάλληλα για εφαρμογή ως πρόσθετα

Μεταλλικό Στοιχείο	Βαθμίδα Οξειδωσης	Μεταλλαξογόνος/ Καρκινογόνος δράση	Άλλα σχόλια
Βηρύλιο	Be <sup>0</sup>	Καρκινογόνο	Το ίδιο ισχύει για τα παράγωγα του Βηρυλίου. Εξαιρετικά δραστικό. Καταστρέφει τα κύτταρα πριν προσεγγίσει τον πυρήνα.
	Be <sup>+2</sup>	Καρκινογόνο	
Χρώμιο	Cr <sup>+3</sup>	Δεν είναι μεταλλαξογόνο	
	Cr <sup>+6</sup>	Καρκινογόνο	
Κοβάλτιο	Co <sup>0</sup>	Πιθανώς καρκινογόνο	
	Co <sup>+2</sup>	Πιθανώς καρκινογόνο	
Νικέλιο	Ni <sup>0</sup>	Πιθανώς καρκινογόνο	
	Ni <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Καρκινογόνο	
	NiCl <sub>2</sub>	Ασθενές μεταλλαξογόνο	
	NiSO <sub>4</sub>	Ασθενές μεταλλαξογόνο	





# Τυπικές εφαρμογές τιτανίου

## Οδοντικά εμφυτεύματα



Τεχνητές ρίζες κατασκευασμένες από κράματα τιτανίου

Τοποθετούνται χειρουργικά στο οστόν κόκκαλο (άνω ή κάτω) γνάθος

Στήριξη και συγκράτηση προσθετικών εργασιών

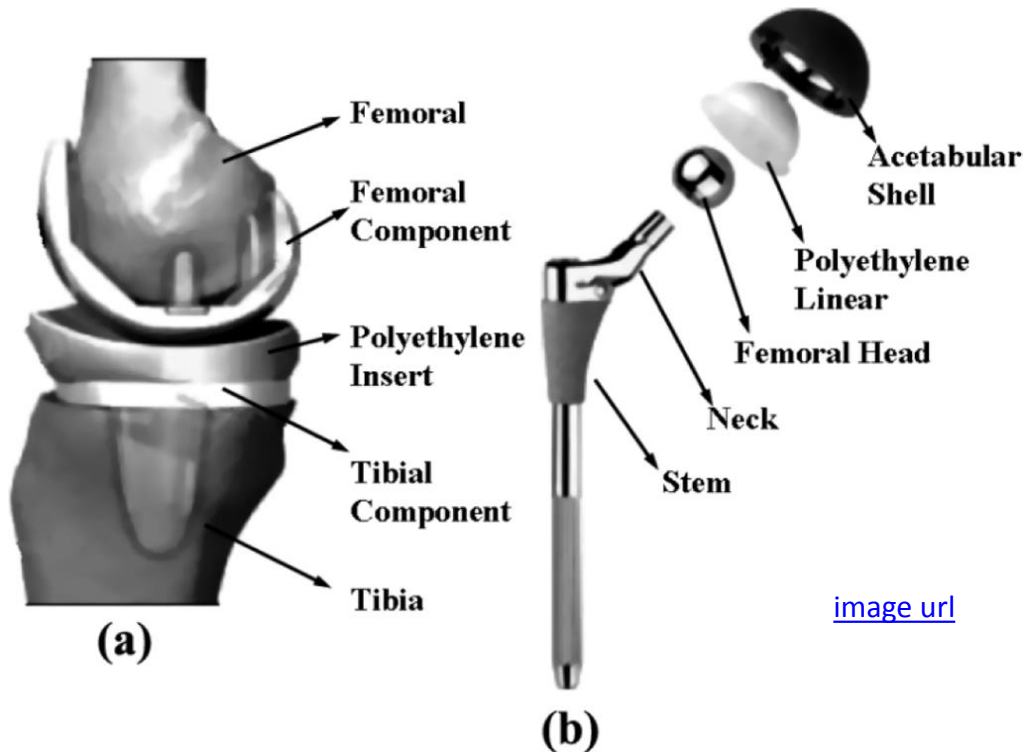


	Επιτυχία %	Αποτυχία %
<b>Κάτω Γνάθος</b>	94-98	2-6
<b>Άνω Γνάθος</b>	87-97	3-13



# Τυπικές εφαρμογές τιτανίου

## Αρθροπλαστική ισχίου



Σχεδόν 90 % το ποσοστό επιτυχίας της επέμβασης



[image url](#)

Ακτινογραφία μετά τη τοποθέτηση πρόσθετου



# Ιδιότητες Τιτανίου

## Το μυστικό της επιτυχίας

Υλικό	Μέτρο Ελαστικότητας (GPa)	Αντοχή στον Εφελκυσμό (MPa)	Όριο Διαρροής (MPa)	Παραμόρφωση %
Cp grade 1 Ti	102	240	170	24
Cp grade 2 Ti	102	345	275	20
Cp grade 3 Ti	102	450	380	18
Cp grade 4 Ti	104	550	483	15
Ti 6Al 4V ELI	113	860	795	10
Ti 6Al 4v	113	930	860	10
Co-Cr-Mo	240	700	450	8
316L steel	200	965	690	20
Συμπαγές οστού	18	140	n/a	1
Οδοντίνη	18.3	52	n/a	0
Αδαμαντίνη	84	10	n/a	0

Εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες

Εξαιρετικά σταθερή παθητική στοιβάδα TiO<sub>2</sub>

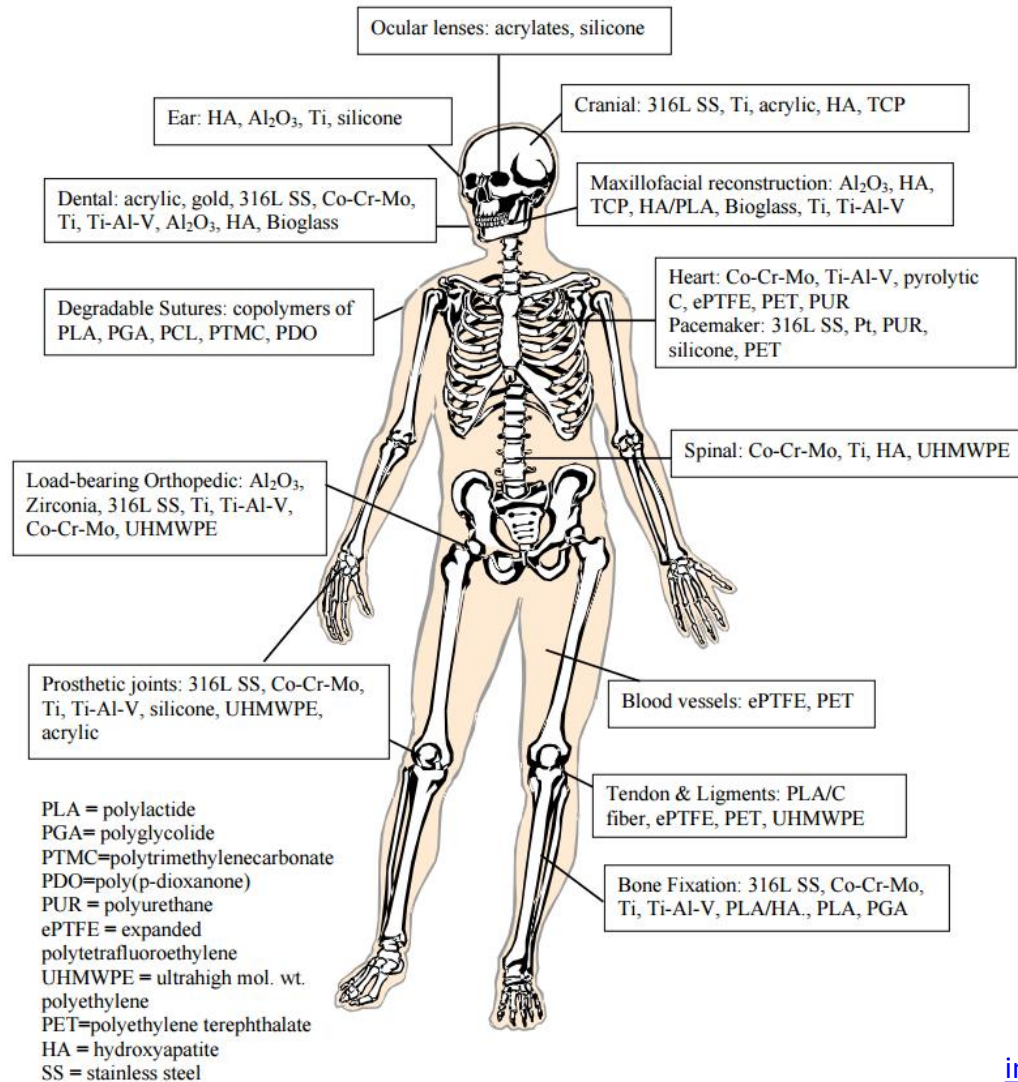
Δημιουργεί περιβάλλον κατάλληλο για προσρόφηση ασβεστίου και φωσφορικών ιόντων με αποτέλεσμα την χημική ρόφηση βιομορίων στην επιφάνεια και την ανάπτυξη οστεοβλάστων



# Πολυμερή – Hydrogels και Βιο-απορροφήσιμα υλικά



# Πολυμερή ως βιοϋλικά



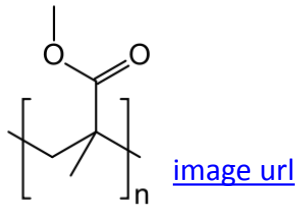
[image url](#)



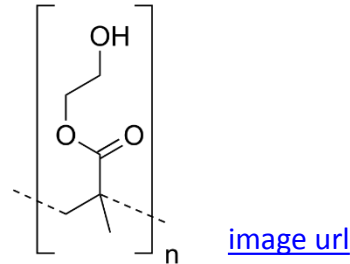
# Πολυμερή ως βιοϋλικά

Τυπικά ομοπολυμερή που χρησιμοποιούνται ως βιοϋλικά

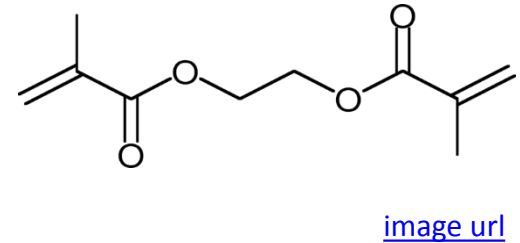
**Poly (methyl methacrylate)  
(PMMA)**



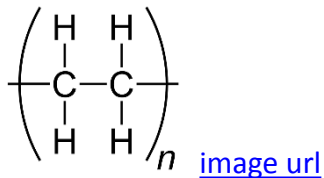
**Poly (2-hydroxyethyl methacrylate)  
poly(HEMA)**



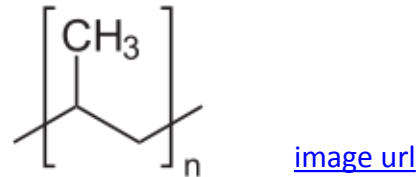
**Ethylene glycol dimethacrylate  
(EGDM)**



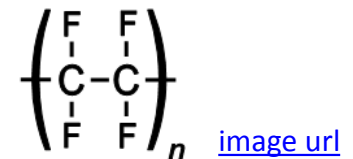
**Polyethylene  
(PE)**



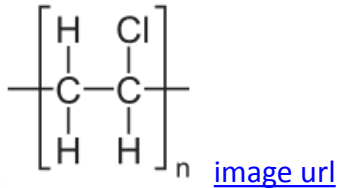
**Polypropylene  
(PP)**



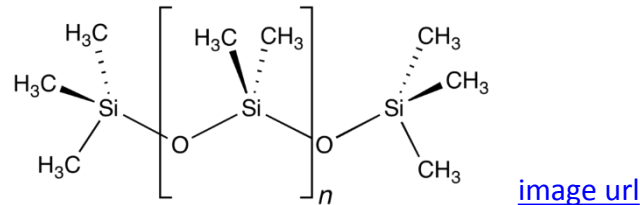
**Poly(tetrafluoroethylene)  
(PTFE)**



**Poly(vinyl chloride)  
(PVC)**



**Poly(dimethyl siloxane)  
(PDMS)**





# Πολυμερή ως βιοϋλικά

Τυπικοί λόγοι κλινικής αστοχίας πολυμερών

**Οξειδωση (μακροφάγα, μεταλλικά ιόντα)**

**Μηχανική καταπόνηση – τάσεις**

**Μόλυνση**

Κυριότερο πλεονέκτημα και μειονέκτημα τους η χημικά ενεργή επιφάνεια τους



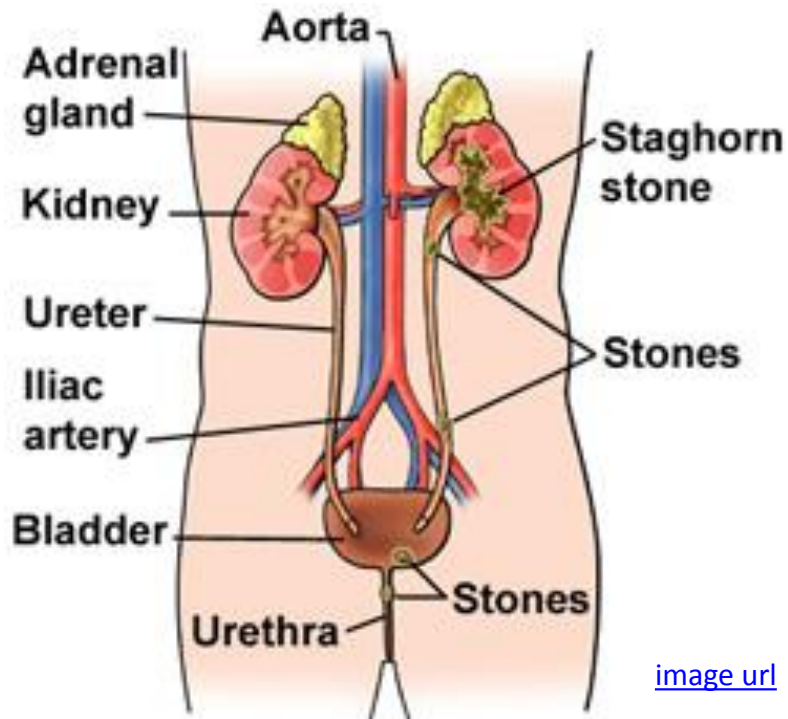


# Πολυμερή ως βιοϋλικά

## Πολυμερικά εμφυτεύματα

Καθετήρες ουροποιητικού συστήματος

Πολυμερικοί αγωγοί εγκαθίστανται εντός ουροποιητικού συστήματος για αντιμετώπιση λιθιάσεων, ευχέρεια στην ούρηση, προστατίτιδα



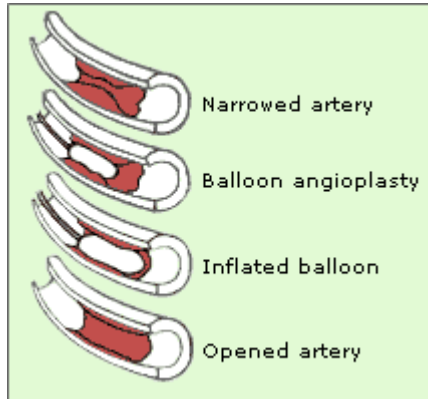
PE και PET



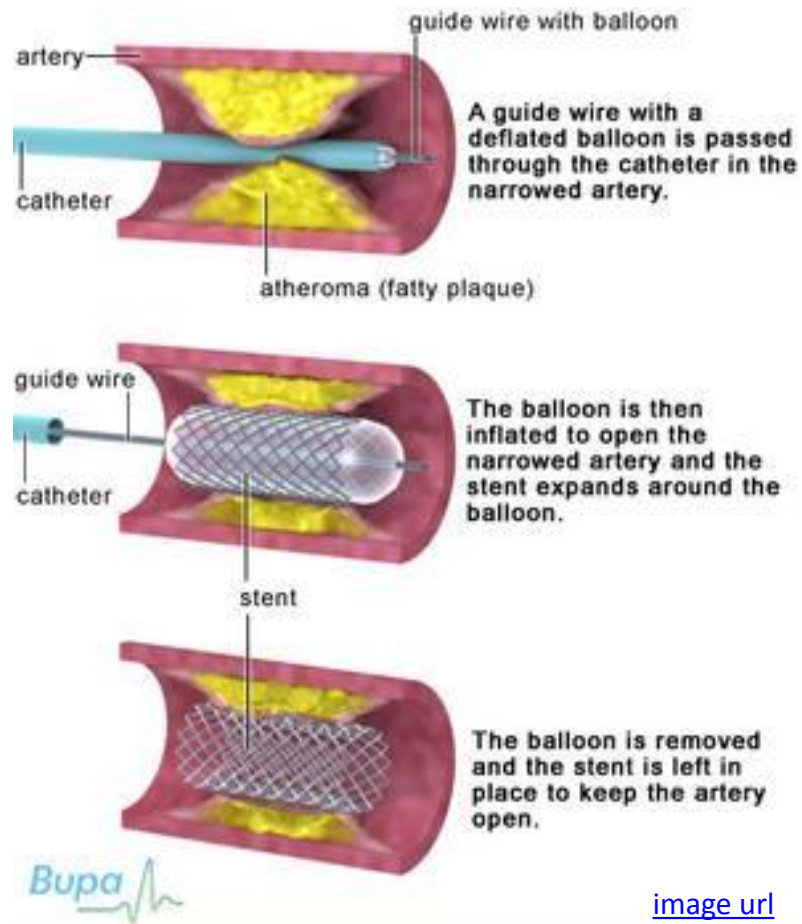
# Πολυμερή ως βιοϋλικά

## Επεμβατική καρδιολογία

Πολυμερικοί καθετήρες ως οδηγοί στην αγγειοπλαστική χειρουργική



[image url](#)



[image url](#)



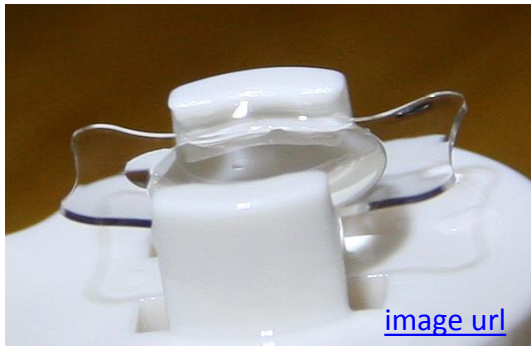
# Πολυμερή ως βιοϋλικά

## Φακοί επαφής



PMMA ή Poly-HEMA

## Ενδοφθάλμιοι φακοί



PMMA



# Πολυμερή ως βιοϋλικά

## Εμφυτεύματα μαλακών ιστών



## Σιλικόνες



# Τέλος Ενότητας



Σε περίπτωση που δεν αναφέρεται πηγή, το υλικό έχει δημιουργηθεί από τον ίδιο τον διδάσκοντα.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Όνομα μέλους ή μελών ΔΕΠ 2014:  
Ελευθέριος Αμανατίδης. «Βιοϋλικά». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2014. Διαθέσιμο  
από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/CMNG2117/>.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.