



Βιοϋλικά & Βιοϊατρική Τεχνολογία

Φροντιστηριακό Μάθημα

2020-2021

Άσκηση 1^η -Αρθροπλαστική Ισχύου

Υπολογίστε την πιθανότητα αποτυχίας μιας αρthroπλαστικής μετά από 10 χρόνια λαμβάνοντας υπόψη τις παρακάτω παραμέτρους (το t είναι ο χρόνος σε έτη):

Μόλυνση $f_i = 0.05e^{-t}$

Χαλάρωση $f_{lo} = 0.01e^{+0.15t}$

Κάταγμα $f_{fr} = 0.01e^{+0.01t}$

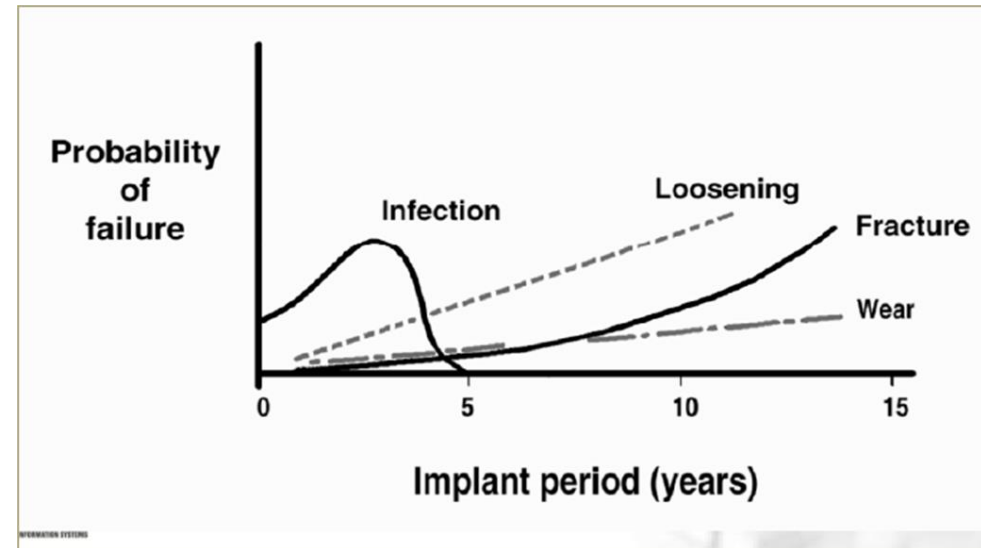
Φθορά $f_w = 0.01e^{+0.1t}$

Χειρουργικό σφάλμα $f_{su} = 0.001$

Πόνος $f_{pn} = 0.005$

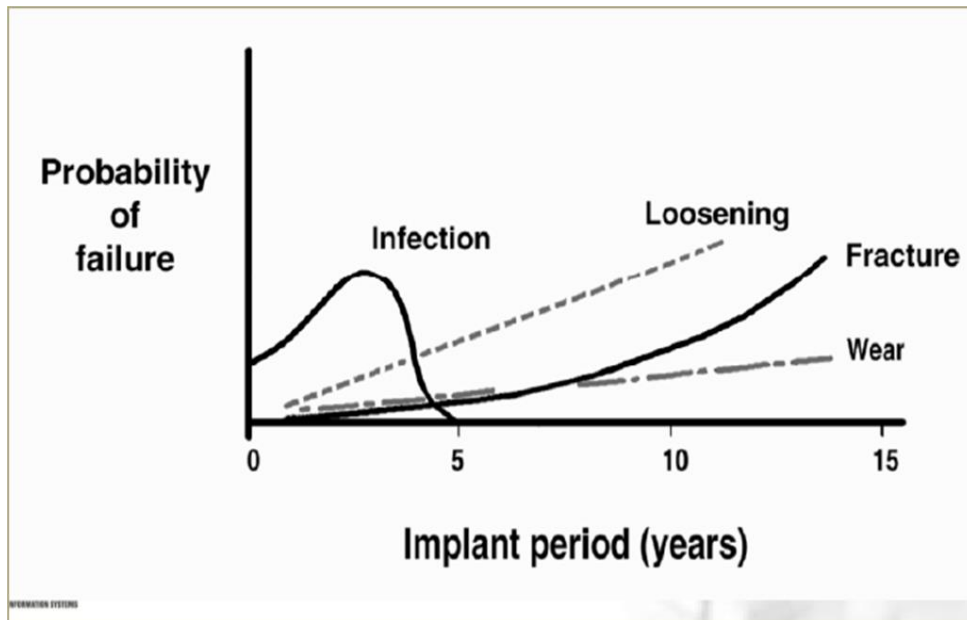
f = probability of failure (πιθανότητα αστοχίας)

Ποιος από τους παραπάνω παράγοντες είναι ο σημαντικότερος για τη μακροβιότητα της αρthroπλαστικής;



Άσκηση 1^η -Αρθροπλαστική Ισχύου

- Οι επιδόσεις ενός εμφυτεύματος μετά την εισαγωγή του στον οργανισμό εξαρτάται από την αξιοπιστία τους
- Υπάρχουν 4 κύριοι παράγοντες που συμβάλουν στην αστοχία ενός τεχνητού ισχίου



Για $t = 15$ χρόνια

- Ολική πιθανότητα αποτυχίας
 $f = f_i + f_{lo} + f_{fr} + f_w + f_{su} + f_{pn} = 0.15.$

Για $t = 30$ χρόνια

- Ολική πιθανότητα αποτυχίας
 $f = f_i + f_{lo} + f_{fr} + f_w + f_{su} + f_{pn} = 1.169$

(Αδύνατον-Άρα έπρεπε πριν τα 30 χρόνια να αποτύχει πλήρως δηλαδή να γίνει 1).

Σημαντικότερος παράγοντας για τη μακροβιότητα της άρθρωσης η χαλάρωση όπως παρατηρούμε και για τα 15 χρόνια αλλά και για τα 30 όπου αυξάνεται κατά πολύ η πιθανότητα χαλάρωσης και καθιστά αδύνατη την συγκεκριμένη αρthroπλαστική να αντέξει 30 χρόνια.

Εξάλλου παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα (προερχόμενο από πειραματική μελέτη) μπορούμε να αντιληφθούμε ότι η χαλάρωση είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για τη μακροβιότητα της άρθρωσης.

Άσκηση 1^η –Εισαγωγή Αρθροπλαστική

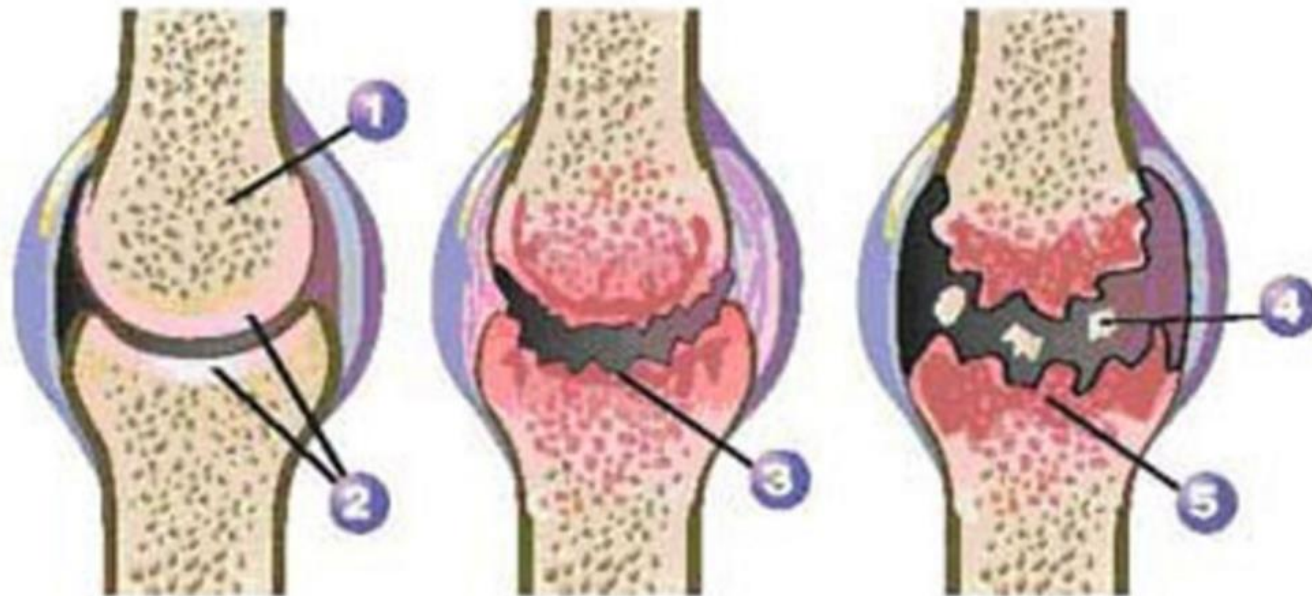
Αρθροπλαστική

Αρθρίτιδα ->φλεγμονή των αρθρώσεων.

- Οστεοαρθρίτιδα-> η πιο κοινή μορφή αρθρίτιδας και είναι εκφυλιστικού τύπου
 - συμβαίνει σε κάθε άρθρωση του σώματος, αλλά πιο συχνά παρατηρείται στις αρθρώσεις που δέχονται τη μεγαλύτερη φόρτιση.
 - προκαλεί την εκφύλιση του αρθρικού χόνδρου , ο οποίος σταδιακά χάνει την ελαστικότητα και την απορροφητικότητά του
 - η επιφάνειά του γίνεται πιο αδρή και εύθρυπτη και σε αρκετές περιπτώσεις συμβαίνει απόσπαση μικρών σωματιδίων μέσα στην άρθρωση.
- Αρθρικός χόνδρος-> ιστός που καλύπτει το άκρο του οστού σε κάθε άρθρωση.
- Ο φυσιολογικός χόνδρος είναι λείος και η λειτουργία του είναι να περιορίζει τις τριβές των οστών, απορροφώντας τους κραδασμούς.
 - Λειτουργεί λοιπόν σαν ένα απορροφητικό σφουγγάρι, που όταν δέχεται πίεση αλλάζει σχήμα και μειώνει τις δυνάμεις που ασκούνται πίσω από αυτό.

Άσκηση 1^η –Εισαγωγή Αρθροπλαστική

η εξέλιξη της οστεοαρθρίτιδας



1. οστούν

2. χόνδρος

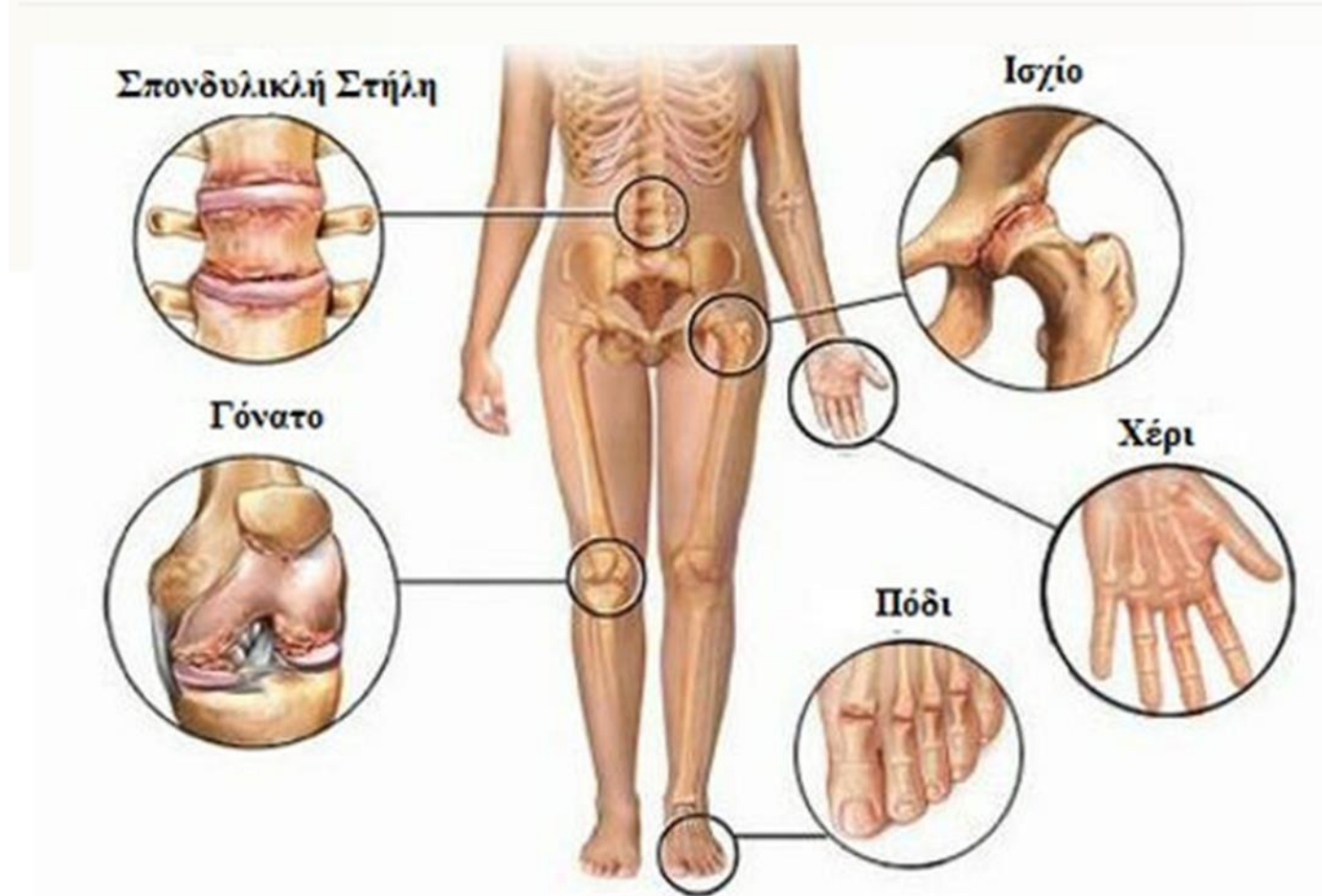
3. λέπτυνση χόνδρου

4. απόπτωση χόνδρου

5. καταστροφή χόνδρου

Άσκηση 1^η –Εισαγωγή Αρθροπλαστική

ΑΡΘΡΙΤΙΔΑ



Άσκηση 1^η –Εισαγωγή Αρθροπλαστική

Αρθροπλαστική

Ποιός πρέπει να υποβληθεί σε χειρουργική επέμβαση αρθροπλαστικής;

- Η χειρουργική επέμβαση αρθροπλαστικής είναι καταλληλότερη για ασθενείς με χρόνιους πόνους άρθρωσης λόγω αρθρίτιδας που δυσκολεύει τις καθημερινές δραστηριότητες
- **Σκοπός της επέμβασης:**
 - Ανακούφιση του πόνου
 - Αποκατάσταση της ανεξαρτησίας
 - Να επιτρέψει την εργασία και την εκτέλεση άλλων καθημερινών δραστηριοτήτων

Άσκηση 1^η –Εισαγωγή Αρθροπλαστική

Αρθροπλαστική

Τι αποτελέσματα έχει η αρθροπλαστική;

- Μείωση πόνου
- Αύξηση κινητικότητας
- Βελτίωση ποιότητα ζωής
- Η απόδοση και η διάρκεια ζωής ενός εμφυτεύματος εξαρτάται από:
 - την προ-εγχειρητική φυσική κατάσταση του ασθενή,
 - την ανατομία,
 - το βάρος,
 - τη φυσική δραστηριότητα και
 - την προθυμία να τηρηθούν οι οδηγίες του χειρουργού πριν και μετά από την επέμβαση.
- Η χειρουργική επέμβαση άρθρωσης ενέχει πιθανούς κινδύνους και απαιτεί ορισμένο χρόνο ανάρρωσης.
- Τα επιμέρους αποτελέσματα μπορεί να ποικίλουν και μόνο ένας ορθοπαιδικός χειρουργός μπορεί να καθορίσει αν η επέμβαση είναι κατάλληλη.

Άσκηση 1^η –Εισαγωγή Αρθροπλαστική

Αρθροπλαστική

Ποιές είναι οι πιθανές επιπλοκές μιας ολικής αρθροπλαστικής επέμβασης;

- Επιπλοκές κατά τη διάρκεια και μετά από την επέμβαση.
- Στις επιπλοκές περιλαμβάνονται:
 - μολύνσεις
 - θρόμβοι αίματος.
- Για αποφυγή αυτών των επιπλοκών οι γιατροί μπορούν να λάβουν διάφορα μέτρα προφύλαξης, συμπεριλαμβανομένης της χορήγησης αντιβιοτικών και αντιπηκτικών αίματος, πριν και μετά από την επέμβαση.
- Μολονότι η χειρουργική εμφυτευμάτων σημειώνει εξαιρετική επιτυχία στις περισσότερες περιπτώσεις, ορισμένοι ασθενείς μπορεί ακόμα να αισθάνονται πόνο και δυσκαμψία. Παράγοντες, όπως οι μετεγχειρητικές δραστηριότητες και το βάρος του ασθενή μπορεί να επηρεάσουν τη μακροβιότητα του εμφυτεύματος.

Άσκηση 1^η –Εισαγωγή Αρθροπλαστική

Αρθροπλαστική-Βιοϋλικά

Η **ολική αρθροπλαστική ισχίου** είναι μία χειρουργική διαδικασία όπου ο πάσχων χόνδρος και το οστό της άρθρωσης του ισχίου αντικαθίστανται από τεχνητά υλικά.

Η ολική αρθροπλαστική περιλαμβάνει την αφαίρεση της κεφαλής και της κοτύλης, οι οποίες αντικαθίστανται από μία «πρόσθεση». Η πρόσθεση περιλαμβάνει τρία μέρη:

- Ένα κυπέλλιο που αντικαθιστά την υποδοχή του ισχίου, το οποίο είναι συνήθως πλαστικό, αλλά δοκιμάζονται τα κεραμικά ή μεταλλικά υλικά
- Μία μεταλλική ή κεραμική σφαίρα που αντικαθιστά τη θραυσμένη μηριαία κεφαλή
- Ένα μεταλλικό στέλεχος (στειλεός) που εισάγεται στο μηριαίο οστό για να συμβάλει στη σταθερότητα της πρόσθεσης.



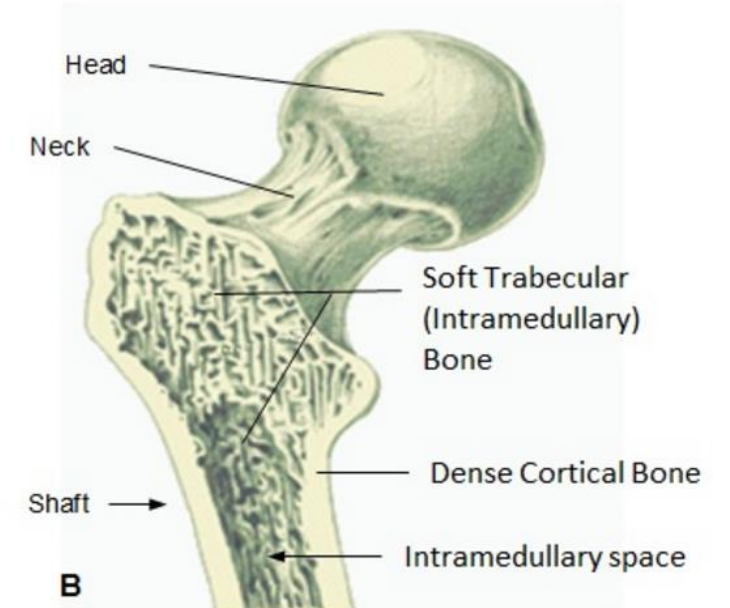
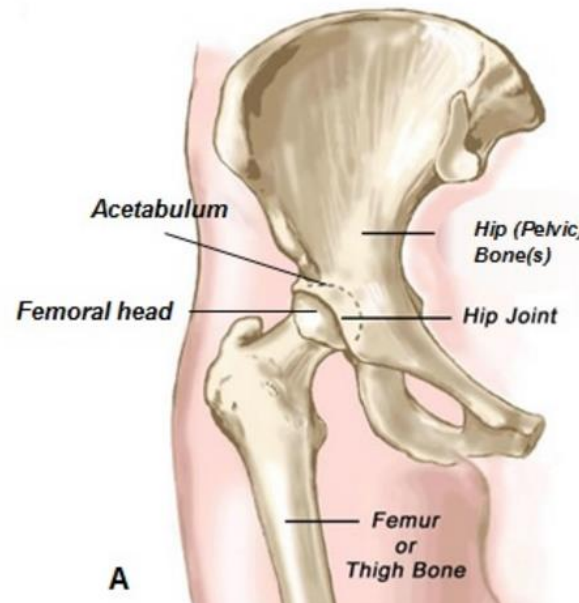
Η συνηθέστερη μορφή εμφυτεύματος για την αρθροπλαστική ισχίου (plastic-on-metal)

Άσκηση 1^η –Εισαγωγή Αρθροπλαστική

Αρθροπλαστική-Βιοϋλικά

Κύριο μέλημα σε μία επέμβαση αρθροπλαστικής είναι

- Η καλή στερέωση του εμφυτεύματος, αφού αυτό βρίσκεται στο πορώδες οστό και πρέπει να υποστηριχθούν τα μεγάλα φορτία που επιβάλλονται.
- Ο έλεγχος της συγκέντρωσης των τάσεων του εμφυτεύματος, καθώς η συγκέντρωση στα σημεία οξείας επαφής καθιστά το ασθενές οστό νεκρωτικό.

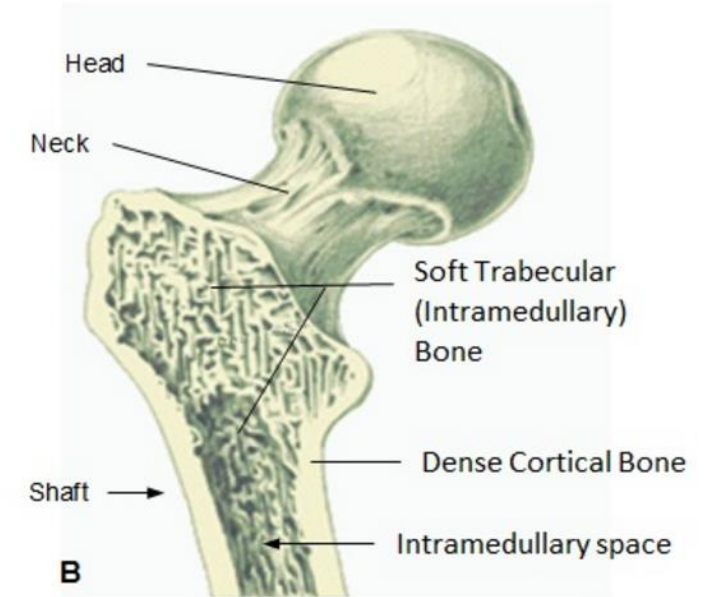
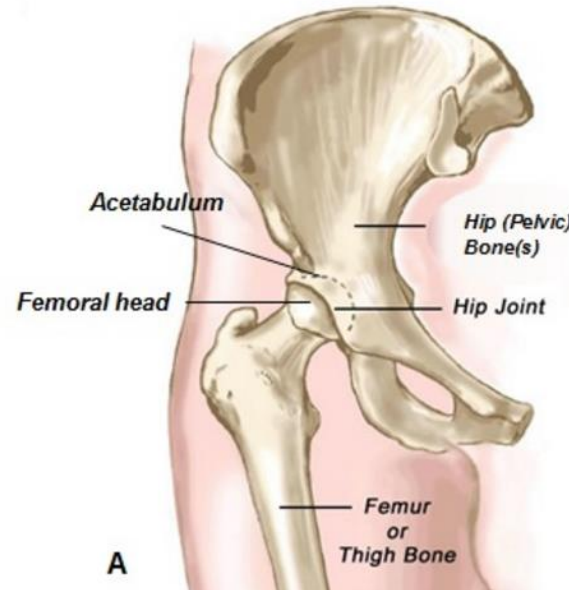


Άσκηση 1^η –Εισαγωγή Αρθροπλαστική

Αρθροπλαστική-Βιοϋλικά

Ως εκ τούτου, κρίνεται αναγκαία η χρήση ενός υλικού που θα επιτρέπει την καλή εφαρμογή του στειλεού μέσα στο οστό.

- Μετά την εισαγωγή του μεταλλικού στελέχους εντός του εσωτερικού τμήματος του μηριαίου οστού, στερεώνεται με ένα οστικό τσιμέντο, το μεθυλμεθακρυλικό.
- Το τσιμέντο εισάγεται όταν είναι ακόμη εύπλαστο, μετά την ανάμιξη της πολυμερούς σκόνης με το μονομερές υγρό.



Άσκηση 1^η –Εισαγωγή Αρθροπλαστική

Αρθροπλαστική-Βιοϋλικά

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή και την τοποθέτηση των μηριαίων προσθέσεων για την ολική αρθροπλαστική ισχίου είναι:

- Μεταλλικά κράματα (τιτάνιο, κοβάλτιο-χρώμιο για το στέλεχος)
- Πολυμερή (UHMWPE για το κυπέλλιο και πολυμεθακρυλικό μεθύλιο για το οστικό τσιμέντο)
- Κεραμικά

Βασικές ιδιότητες που πρέπει να διαθέτουν αυτά τα υλικά είναι:

- **Μηχανική αντοχή**
 - Τα υλικά πρέπει να έχουν μεγάλη αντοχή ώστε να ανθίστανται στις δυνάμεις και τις τάσεις που επιβάλλονται στο σώμα του ασθενούς, καθώς σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί οι τάσεις που επιβάλλονται στις προσθέσεις συχνά υπερβαίνουν σημαντικά το βάρος του ασθενούς
- **Βιοσυμβατότητα.**
 - Τα υλικά πρέπει να είναι βιοσυμβατά, δηλαδή να είναι καλώς ανεκτά από τους ιστούς του οργανισμού.
 - Αυτό σημαίνει να μην είναι τοξικά, να μην επάγουν ανοσολογική απόκριση και να μην προκαλούν καρκινογένεση.

Άσκηση 2^η –Βηματοδότης

Θεωρείστε ένα συρμάτινο βηματοδότη κυλινδρικού σχήματος από χρυσό με διάμετρο $d=0.1$ mm και μήκος $L=100$ mm. ‘

α) Υπολογίστε την ηλεκτρική αντίσταση.

Δίνεται η ειδική ηλεκτρική αντίσταση του χρυσού: $\rho_e = 2.35 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$.

β) Εξηγείστε πώς μεταβάλλεται η ειδική αντίσταση στα μέταλλα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας

Άσκηση 2^η –Βηματοδότης

Πειραματικά αποδεικνύεται ότι η αντίσταση ενός κυλινδρικού αγωγού:

- α) είναι ανάλογη με το μήκος του αγωγού (l)
- β) είναι αντιστρόφως ανάλογη προς το εμβαδόν της διατομής του (S)
- γ) εξαρτάται από το υλικό του αγωγού
- δ) εξαρτάται από τη θερμοκρασία του αγωγού



Άσκηση 2^η –Βηματοδότης

Η μαθηματική σχέση που συνδέει τα παραπάνω μεγέθη είναι:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Όπου R είναι η αντίσταση του αγωγού, l το μήκος του, S το εμβαδό διατομής και ρ ένας συντελεστής που λέγεται ειδική αντίσταση, αναφέρεται στο υλικό του αγωγού, εξαρτάται από τη θερμοκρασία και μετριέται σε Ω·m.

Η ειδική αντίσταση μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία θ ακολουθώντας τη σχέση:

$$\rho_{\theta} = \rho_0 (1 + \alpha\theta)$$

Όπου ρ_{θ} και ρ_0 είναι οι τιμές της ειδικής αντίστασης στους θ °C και 0 °C και α μια σταθερά που εξαρτάται από το υλικό του αγωγού και μετριέται σε grad⁻¹

Άσκηση 2^η –Βηματοδότης

- Για τα καθαρά μέταλλα (π.χ. αργίλιο) είναι $\alpha > 0$, επομένως η ειδική αντίσταση αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας
- Για τους ημιαγωγούς πυρίτιο, γερμάνιο, το γραφίτη και τους ηλεκτρολύτες είναι $\alpha < 0$, συνεπώς η ειδική αντίσταση μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία
- Για ορισμένα κράματα όπως η κωνσταντάνη, η μαγγανίνη, κ.α, είναι $\alpha \approx 0$, συνεπώς η ειδική αντίσταση δεν εξαρτάται από τη θερμοκρασία

Άσκηση 3^η – Μηχανικές Ιδιότητες Βιοϋλικού

α) Ποιες είναι οι μηχανικές ιδιότητες ενδιαφέροντος σε εφαρμογές βιοϋλικών;

β) Τι ονομάζουμε κόπωση (fatigue) ενός υλικού; Ποια υλικά είναι επιρρεπή σε κόπωση και γιατί;

Άσκηση 3^η – Μηχανικές Ιδιότητες Βιοϋλικού

Θεωρία ελαστικότητας

Εισαγωγή

- ❑ Η θεωρία ελαστικότητας ασχολείται με τη **συστηματική μελέτη των τάσεων, τροπών και παραμορφώσεων** σε ένα ελαστικό σώμα υπό την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων
- ❑ Η αντίδραση ενός στερεού σώματος στην επίδραση εξωτερικών δυνάμεων επηρεάζεται όχι μόνο από τη **γεωμετρική σύνθεση του σώματος**, αλλά και από τις **μηχανικές ιδιότητες του υλικού**
- ❑ Αν και **οι βιολογικοί οργανισμοί δεν είναι ελαστικοί στη φύση**, ωστόσο σε περιορισμένες περιπτώσεις τάσεων, τροπών και θερμοκρασιών μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ακολουθούν ελαστική συμπεριφορά

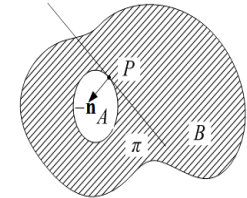
Άσκηση 3^η – Μηχανικές Ιδιότητες Βιοϋλικού

Θεωρία ελαστικότητας

Βασικές Έννοιες της Μηχανικής Υλικών- Τάσεις

Έστω μια υπο-περιοχή A ενός συνεχούς μέσου B σε κατάσταση ισορροπίας, που υπόκειται σε δυνάμεις εξ'επαφής (υποθετική επιφάνεια S) και σε δυνάμεις εξ'αποστάσεως (σε όλη την υπο-περιοχή A)

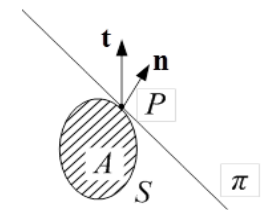
Το σημείο P ανήκει στην επιφάνεια της υπο-περιοχής A και της συμπληρωματικής περιοχής B



Θεωρούμε ότι η διάδοση δυνάμεων από την περιοχή B στην περιοχή A γίνεται κάθετα στην εφαπτομένη π στην γειτονιά του P

Το διάνυσμα τάσεων **t** στο σημείο P ορίζεται ως:

$$\mathbf{t} = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{F}}{\Delta S} = \frac{d\mathbf{F}}{dS}$$



Διάνυσμα τάσης

όπου $\Delta \mathbf{F}$ η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στην επιφάνεια ΔS , προκαλούμενη από την δράση της περιοχής B στην A

D.I.Fotiadis, V.C.Protopappas, C.V.Massalas, Elasticity, Wiley
Encyclopedia of biomedical engineering

Άσκηση 3^η – Μηχανικές Ιδιότητες Βιοϋλικού

Θεωρία ελαστικότητας

Βασικές Έννοιες της Μηχανικής Υλικών

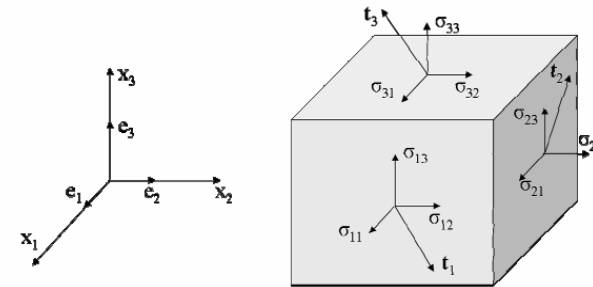
Τάσεις

- Για να καθοριστεί κάθε ζεύγος $(\mathbf{t}, \mathbf{n})$ πρέπει να καθοριστεί το διάνυσμα τάσης σε κάθε ένα από τα τρία κάθετα επίπεδα στο σημείο P
- Εξετάζουμε ένα άπειρο παραλληλεπίπεδο στο σημείο P και θεωρούμε ένα σύνολο καρτεσιανών συντεταγμένων x_i παράλληλων προς τις πλευρές, όπως φαίνεται στο σχήμα. Σε κάθε άξονα συντεταγμένων αντιστοιχεί ένα μοναδιαίο διάνυσμα $\mathbf{e}_i$, όπου $i=1,2,3$
- Σε κάθε σημείο P ενός συνεχούς μέσου η κατάσταση των τάσεων ορίζεται πλήρως αν γνωρίζουμε τις συνιστώσες του τανυστή τάσεων (τανυστής 2^{ης} τάξης):

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{pmatrix}, \sigma_{ij} = \sigma_{ji}$$

- Ο 1^{ος} δείκτης αναφέρεται στον προσανατολισμό της επιφάνειας στην οποία δρα η τάση και ο 2^{ος} στην κατεύθυνση της δύναμης, π.χ:

$$\sigma_{13} = \lim_{\Delta A_1 \rightarrow 0} \frac{f_3}{\Delta A_1}$$



Στοιχειώδες κυβικό στοιχείο και οι ορθές και διατμητικές τάσεις που εφαρμόζονται

Cowin S.C. Bone Mechanics. 2nd edition, CRC Press: Boca Raton, FL, 2001

Άσκηση 3^η – Μηχανικές Ιδιότητες Βιοϋλικού

Θεωρία ελαστικότητας

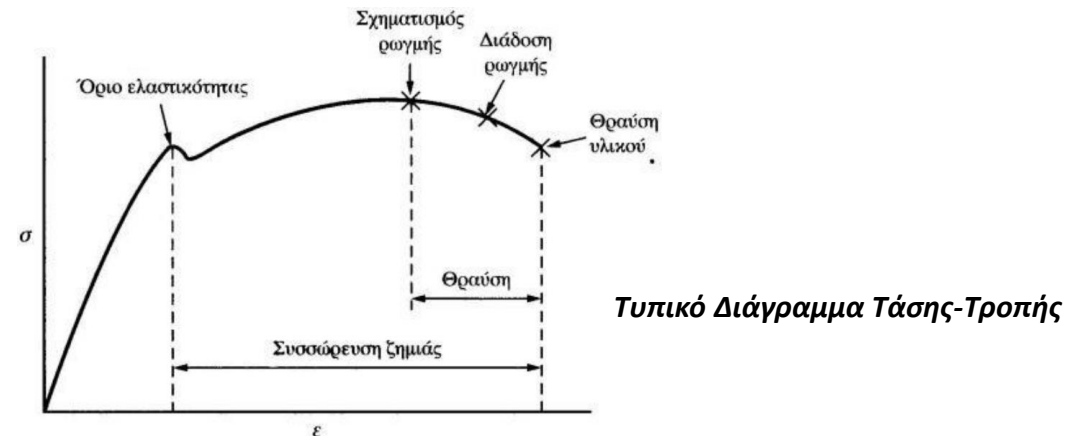
Βασικές Έννοιες της Μηχανικής Υλικών- Νόμος του Hooke

- Η πιο στοιχειώδης περιγραφή της συμπεριφοράς ενός υλικού είναι ο νόμος του Hooke, ο οποίος αναφέρεται στην επιμήκυνση του υλικού λόγω αξονικής φόρτισης:

$$\sigma_{11} = E_1 \varepsilon_{11}$$

Το E_1 καλείται μέτρο ελαστικότητας ή μέτρο του Young του υλικού κατά την $\mathbf{e}_1$ διεύθυνση και εκφράζει το λόγο της ορθής τάσης ως προς την ορθή τροπή στην διεύθυνση αυτή

- Το υλικό το οποίο όταν υπόκειται σε αυξανόμενο φορτίο, κάτω από το σημείο διαρροής του (yield point), στη συνέχεια με την απομάκρυνση του φορτίου επιστρέφει στο αρχικό μήκος ακολουθώντας το ίδιο μονοπάτι, καλείται ότι συμπεριφέρεται ελαστικά



Άσκηση 3^η – Μηχανικές Ιδιότητες Βιοϋλικού

Θεωρία ελαστικότητας

Πίνακας 1: Μηχανικές ιδιότητες Βιολογικών Ιστών και Βιοϋλικών

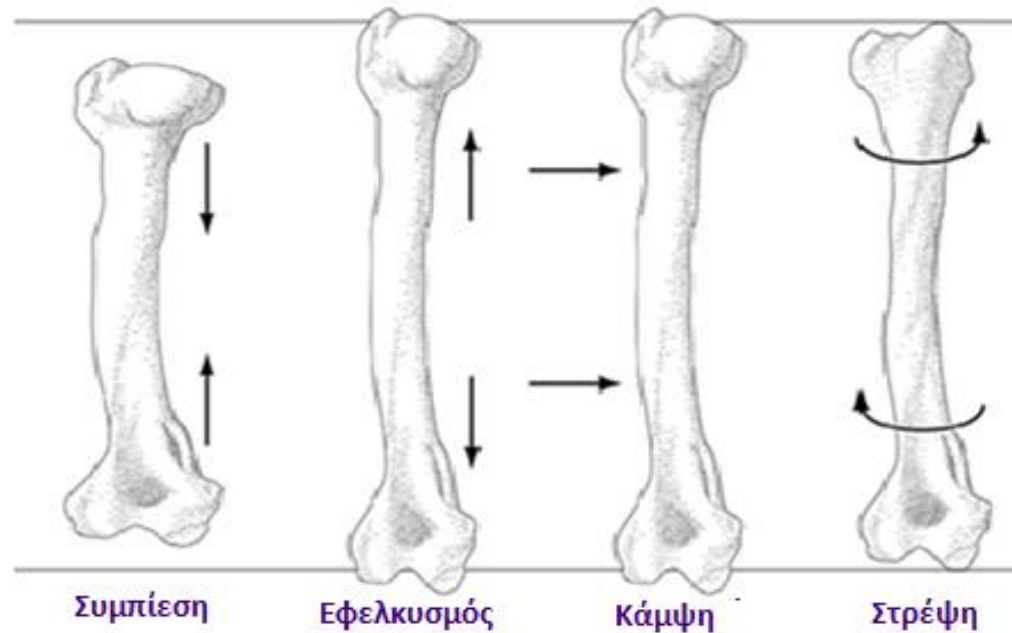
Υλικό	Μέτρο του Young (MPa)	Οριακή Αντοχή (MPa)	Λόγος Poisson
Ελασίνη	$0,1-1 \times 10^3$	-	-
Ίνες Κολλαγόνου	$0,1 - 4$	-	-
Δέρμα	20×10^{-3}	-	$> 0,4$
Λίπος	$10-100 \times 10^{-3}$	-	-
Λεϊός Μυς	$10-100 \times 10^{-3}$	-	-
Τοίχωμα Αγγείων	$0,2 - 0,9$	-	$> 0,4$
Τένοντας Σύνδεσμος	$1 - 2 \times 10^3$	$50 - 100$	-
Χόνδρος	$0,5 - 1$	-	$> 0,45$
Φλοιώδες Οστό	$10 - 20 \times 10^3$	$100 - 150$	$0,37$
Σπογγώδες Οστό	1×10^3	$8 - 50$	$0,33$
Ελαστικό	10	-	$0,5$
Ανοξειδωτος Χάλυβας	$2,2 \times 10^5$	850	$0,3$
Κράμα Αλουμινίου	70×10^3	450	$0,35$
Τιτάνιο	$1,1 \times 10^5$	1250	$0,32$
Ορθοπεδικό Τσιμέντο	2×10^3	20	-

Άσκηση 3^η – Μηχανικές Ιδιότητες Βιοϋλικού

Θεωρία ελαστικότητας

Βασικές Έννοιες της Μηχανικής Υλικών Εμβιομηχανικές Μέθοδοι

- ❑ Δοκιμασία Θλίψης και Εφελκυσμού
- ❑ Δοκιμασία Στρέψης
- ❑ Δοκιμασία κάμψης



Άσκηση 3^η – Μηχανικές Ιδιότητες Βιοϋλικού

Θεωρία ελαστικότητας

Τυπικές πειραματικές τιμές οριακής αντοχής

Οριακή αντοχή ανθρώπινου οστού σε στρέψη			
Τύπος οστού	Μηριαίο οστό	Μηριαίο οστό	Κνήμη
Οριακή αντοχή (MPa)	68	70	68

Οριακή αντοχή ανθρώπινου οστού σε κάμψη	
Τύπος οστού	Μηριαίο οστό
Οριακή αντοχή (MPa)	142-170

Οριακή αντοχή ανθρώπινου οστού σε εφελκυσμό				
Τύπος οστού	Μηριαίο οστό	Μηριαίο οστό	Μηριαίο οστό	Κνήμη
Οριακή αντοχή (MPa)	133	51	134	156
Διεύθυνση φόρτισης	Διαμήκης	Εγκάρσια	Διαμήκης	Διαμήκης

Οριακή αντοχή ανθρώπινου οστού σε συμπίεση			
Τύπος οστού	Μηριαίο οστό	Μηριαίο οστό	Κνήμη
Οριακή αντοχή (MPa)	193	133	201
Διεύθυνση φόρτισης	Διαμήκης	Εγκάρσια	Διαμήκης

Το οστό έχει:

- μεγαλύτερη αντοχή σε συμπίεση απ' ότι σε εφελκυσμό
- μεγαλύτερη αντοχή σε εφελκυσμό απ' ότι σε στρέψη

Άσκηση 3^η – Μηχανικές Ιδιότητες Βιοϋλικού

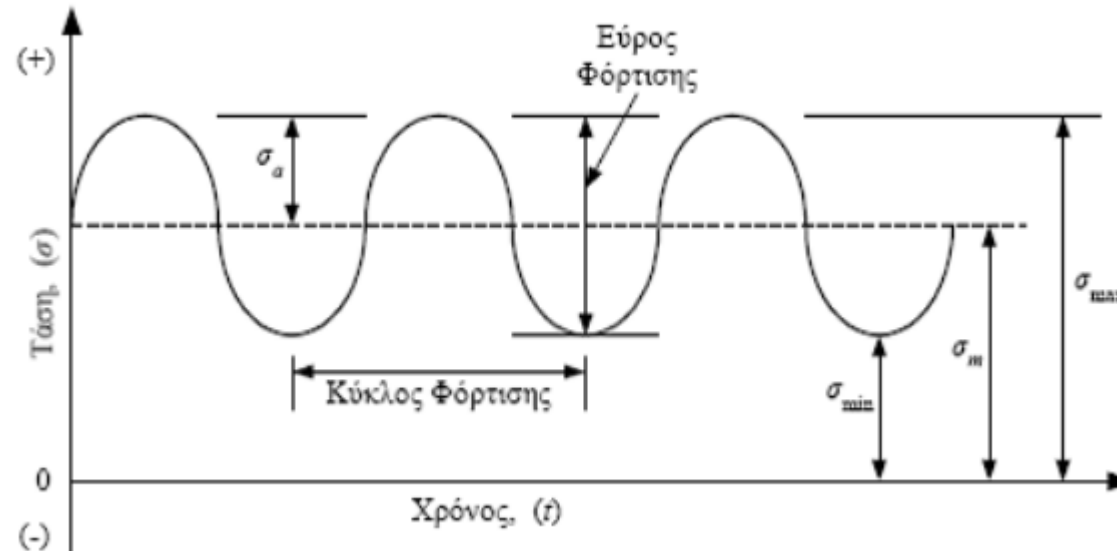
Ποιες είναι οι μηχανικές ιδιότητες ενδιαφέροντος σε εφαρμογές βιοϋλικών;

- ✓ Αντοχή
- ✓ Σκληρότητα και πυκνότητα
- ✓ Κόπωση
- ✓ Αντίσταση στη φθορά

Άσκηση 3^η – Μηχανικές Ιδιότητες Βιοϋλικού

Κόπωση υλικού

- Στην επιστήμη των υλικών, η κόπωση είναι η αποδυνάμωση ενός υλικού που προκαλείται από επαναλαμβανόμενα εφαρμοζόμενα φορτία.
- Είναι η προοδευτική και εντοπισμένη δομική βλάβη που συμβαίνει όταν ένα υλικό υποβάλλεται σε κυκλική φόρτιση.
- Οι ονομαστικές μέγιστες τιμές της τάσης που προκαλούν τέτοια βλάβη μπορεί να είναι πολύ μικρότερες από την αντοχή του υλικού (συνήθως αναφέρεται ως το απόλυτο όριο τάσης εφελκυσμού ή το σημείο διαρροής)



Άσκηση 3^η – Μηχανικές Ιδιότητες Βιοϋλικού

Ποια υλικά είναι επιρρεπή σε κόπωση και γιατί;

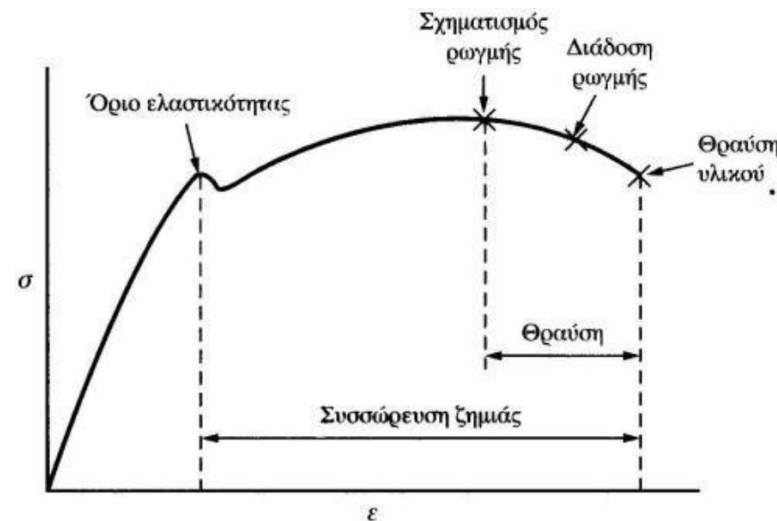
Υλικά επιρρεπή σε κόπωση:

- Όλκιμα / πλαστικά υλικά - μέταλλα & πολυμερή
- Υλικά με κατασκευαστικά ελαττώματα / ανισοτροπία (πολλαπλών φάσεων, σύνθετα)

Ρωγμή ξεκινά σε μια ελαττωματική περιοχή / διεπαφή

⇒ διαδίδεται σε επόμενες φορτίσεις

⇒ καταστροφική αποτυχία



Άσκηση 4^η –Τεχνικές Αντικατάστασης Οργάνων

Σχολιάστε την εφαρμογή καθώς και τα πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα των παρακάτω θεραπειών για την αντικατάσταση οργάνων:

- Μεταφύτευση (Transplantation)
- Αυτομόσχευμα (Autograft)
- Αναγέννηση ιστών-οργάνων (Regenerated Tissues/Organs)
- Μόνιμα εμφυτεύματα (Permanent Implants)

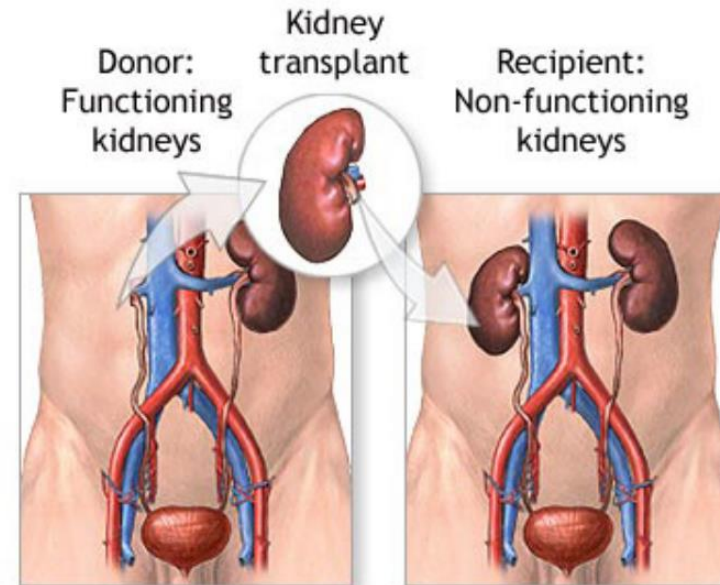
Άσκηση 4^η –Τεχνικές Αντικατάστασης Οργάνων

Μεταφύτευση

Αντικατάσταση ιστών ή οργάνων από δότη που είναι άνθρωπος ή ζώο

-**Αλλομόσχευμα (allograft)** είναι ένα μεταμοσχευμένο όργανο ή ένας ιστός από άλλον άνθρωπο. Οι περισσότεροι ανθρώπινοι ιστοί και μεταμοσχεύσεις οργάνων είναι αλλομοσχεύματα

Παραδείγματα: νεφρό, ήπαρ, καρδιά



Άσκηση 4^η –Τεχνικές Αντικατάστασης Οργάνων

Μεταφύτευση

-Μια μεταμόσχευση από ένα άλλο είδος ζώου καλείται **ξενομόσχευμα (xenograft)**.

Παραδείγματα: αορτικές βαλβίδες χοίρου

Πλεονεκτήματα:

Πλήρης αποκατάσταση της χαμένης λειτουργικότητας για τη διάρκεια ζωής του ασθενούς

Μειονεκτήματα:

-Δυνατότητα απόρριψης- «επίθεση» από το ανοσοποιητικό σύστημα

-Επιδράσεις των ανοσοκατασταλτικών φαρμάκων (π.χ., στεροειδή)

-Περιορισμένη ύπαρξη δωρητών

-Ο Starzl πραγματοποίησε την πρώτη μεταμόσχευση ήπατος από χιμπατζή σε άνθρωπο το 1966

-το 1992, ήταν δυνατή η επιβίωση του ασθενούς για 70 ημέρες μετά τη μεταμόσχευση ήπατος μπαμπούνου!



Άσκηση 4^η –Τεχνικές Αντικατάστασης Οργάνων

Αυτομόσχευμα

Αυτομόσχευμα (Autograft)

Όταν ένας ιστός μεταμοσχεύεται από μια περιοχή σε άλλη στον ίδιο ασθενή, καλείται αυτομόσχευμα (**autograft**).

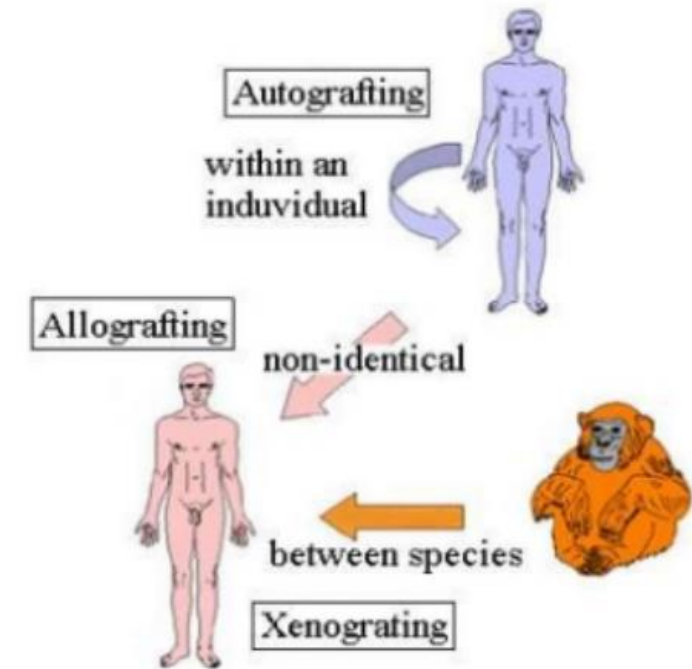
Παραδείγματα: μοσχεύματα δέρματος, νευρικά μοσχεύματα, ανακατασκευές του μαστού.

Πλεονεκτήματα:

- Πλήρης αποκατάσταση της χαμένης λειτουργικότητας για τη διάρκεια ζωής του ασθενούς
- Ουσιαστικά δεν υπάρχει κίνδυνος απόρριψης

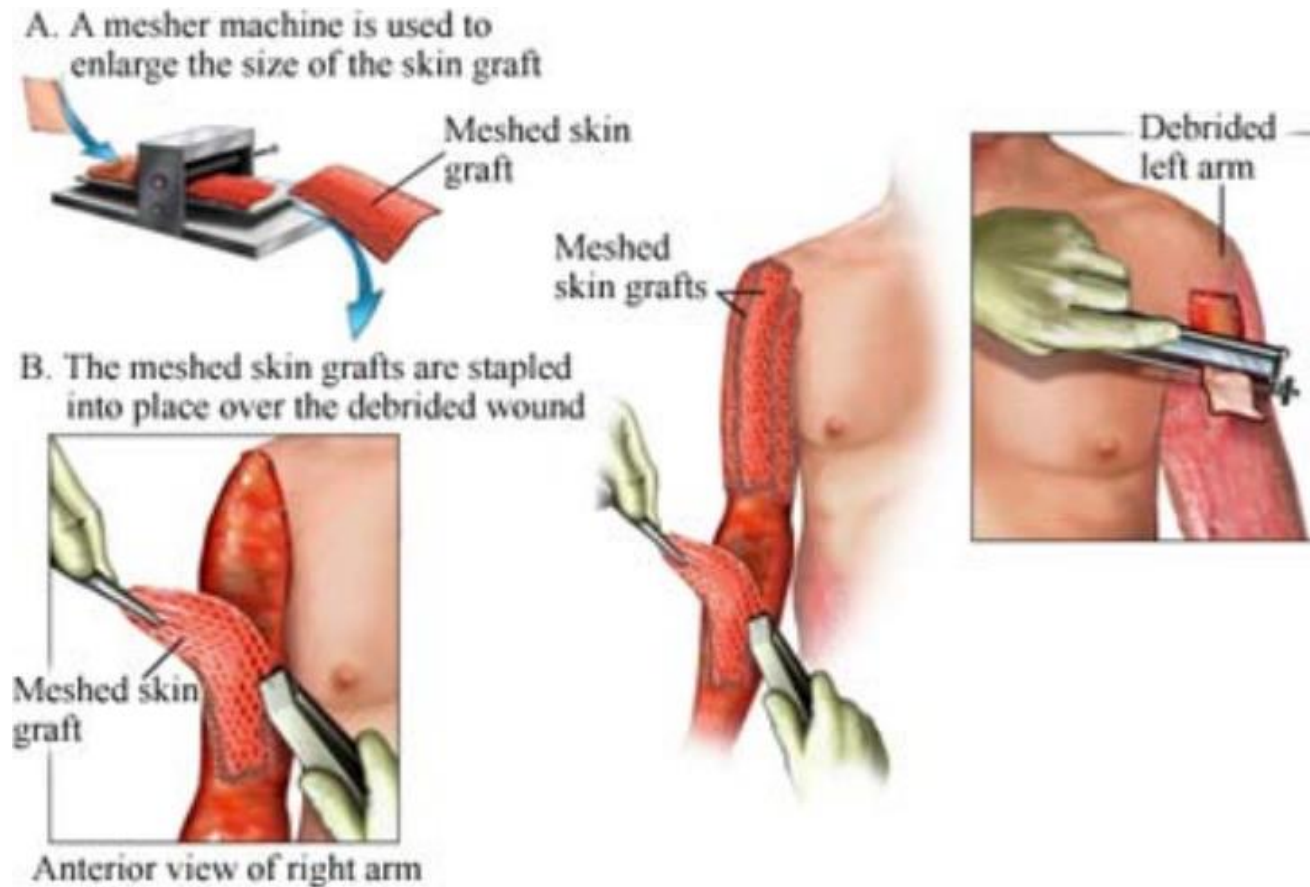
Πλεονεκτήματα:

- Περιορισμένη διαθέσιμότητα ιστού αυτό-δότη
- Τραύμα/ουλές στο σημείο αφαίρεσης



Άσκηση 4^η –Τεχνικές Αντικατάστασης Οργάνων

Αυτομόσχευμα



Άσκηση 4^η –Τεχνικές Αντικατάστασης Οργάνων

Αναγέννηση ιστών-οργάνων

Κύτταρα που αναπτύσσονται σε μια συσκευή ικριώματος (συνθετική ή με βάση κολλαγόνο) παρέχουν αποκατάσταση λειτουργιών (π.χ., δέρμα και χόνδρος)

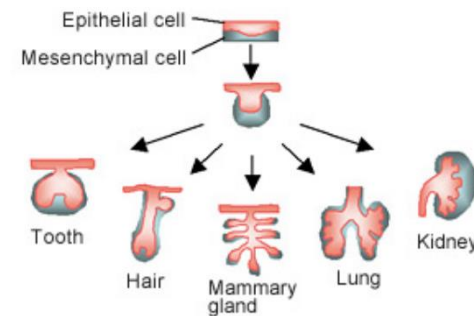
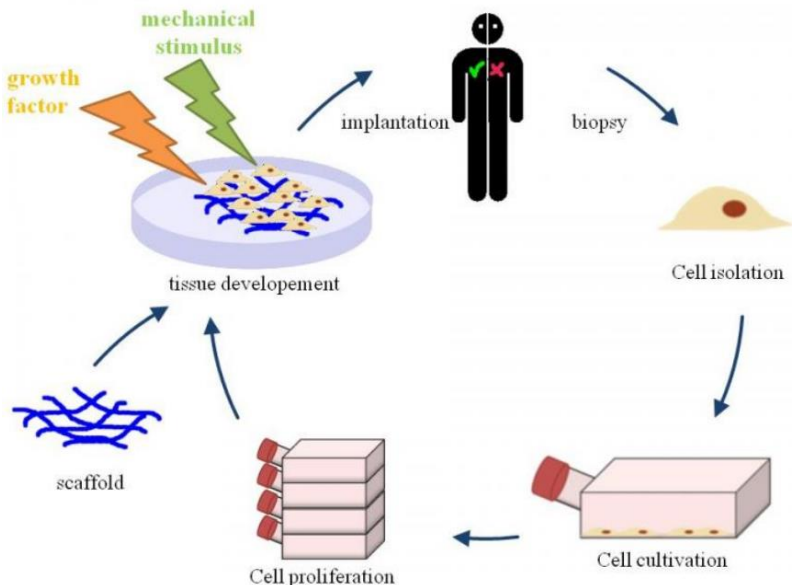
Πλεονεκτήματα:

- Δεν υπάρχουν περιορισμοί ως προς τους ιστούς του αυτο-δότη
- Πλήρης αποκατάσταση της χαμένης λειτουργικότητας για τη διάρκεια ζωής του ασθενούς

Μειονεκτήματα:

- Η βιολογική πολυπλοκότητα της αναγέννησης πλήρους οργάνου παραμένει άλυτο πρόβλημα
- Πιθανή ανοσολογική απόκριση, ανάλογα με την πηγή των κυττάρων

-Τα τελευταία 30 χρόνια διάφορες ερευνητικές ομάδες επιδιώκουν την τρισδιάστατη ανακατασκευή τεχνητών οργάνων μέσω των κυτταρικών διεργασιών, ωστόσο τα όργανα αυτά δεν προσφέρουν επαρκή λειτουργία ακόμη



Άσκηση 4^η –Τεχνικές Αντικατάστασης Οργάνων

Μόνιμα Εμφυτεύματα

Πλεονεκτήματα:

- Δεν υπάρχουν περιορισμοί ως προς τους ιστούς/όργανα του αυτο-δότη
- Δεν μπορεί να «απορριφθεί» όπως οι ιστοί ή όργανα από δότη που είναι άνθρωπος ή ζώο

Μειονεκτήματα:

- Δεν έχουμε πλήρη αποκατάσταση της λειτουργίας (π.χ. σε ορθοπεδικές επεμβάσεις έχουμε απώλεια μυελού των οστών, δεν υπάρχει η ικανότητα της οστικής αναγέννησης, μειωμένη δυνατότητα κίνησης)
- Συχνά πρέπει να αντικατασταθούν (ανοσολογική απόκριση-καταστροφή οστών)
- Μηχανική αποτυχία (χαλάρωση οστικού τσιμέντου)
- Άλλες μακροπρόθεσμες επιπτώσεις
 - ⇒ ανισορροπία φορτίου στον περιβάλλον οστό ⇒ οστεοπόρωση (οστική απορρόφηση> απόθεση)
 - ⇒ αυξημένη πιθανότητα νέου κατάγματος



Ασκήσεις–Μηχανικές Ιδιότητες Μεταλλικών Υλικών

Άσκηση Ι

Ένα βιοϋλικό από χάλυβδο με $l_0 = 100 \text{ mm}$ και ακμής τετραγωνικής διατομής 20 mm εφελκύεται με $F = 89000 \text{ N}$ και υφίσταται επιμήκυνση 0.10 mm .

Θεωρώντας ότι η παραμόρφωση είναι πλήρως πλαστική, υπολογίστε το μέτρο ελαστικότητας του χάλυβα.

Λύση Ι

Αφού η παραμόρφωση είναι πλήρως ελαστική σημαίνει ότι ισχύει ο νόμος του Hooke :

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (1)$$

Ισχύουν, $\sigma = F / A_0$ και $\varepsilon = \Delta l / l_0$

Άρα, από (1) βρίσκω ότι : $E = \sigma / \varepsilon = (F / A_0) / (\Delta l / l_0) = (F \cdot l_0) / (\Delta l \cdot A_0) = (89000 \cdot 100 \cdot 10^{-3}) / (0,10 \cdot 10^{-3} \cdot 400 \cdot 10^{-6}) \Rightarrow E = 222,5 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2 = 222.5 \text{ GPa}$

Ασκήσεις–Μηχανικές Ιδιότητες Μεταλλικών Υλικών

Άσκηση II

Δοκίμιο σιδήρου με ορθογώνια κάθετη διατομή, διαστάσεων 4.8 mm * 15.9 mm παραμορφώνεται σε εφελκυσμό.

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα φορτίου-επιμήκυνσης του πίνακα που ακολουθεί ,

A) αποδώσετε σε γραφική παράσταση τα δεδομένα μηχανικής τάσης συναρτήσει της μηχανικής παραμόρφωσης $A_0 = 15.9 * 4.8 \text{ mm}^2 = 76.32 \text{ mm}^2 = 76.32 * 10^{-6} \text{ mm}^2$

Χρησιμοποιώντας τους τύπους $\sigma = F / A_0$ και $\epsilon = \Delta l / l_0$ και τα δεδομένα του πίνακα βρίσκω τιμές τις οποίες τις χρησιμοποιώ για τον σχεδιασμό του διαγράμματος.

B) Υπολογίστε το μέτρο ελαστικότητας

Γ) Προσδιορίστε την αντοχή διαρροής στο επίπεδο παραμόρφωσης 0.002

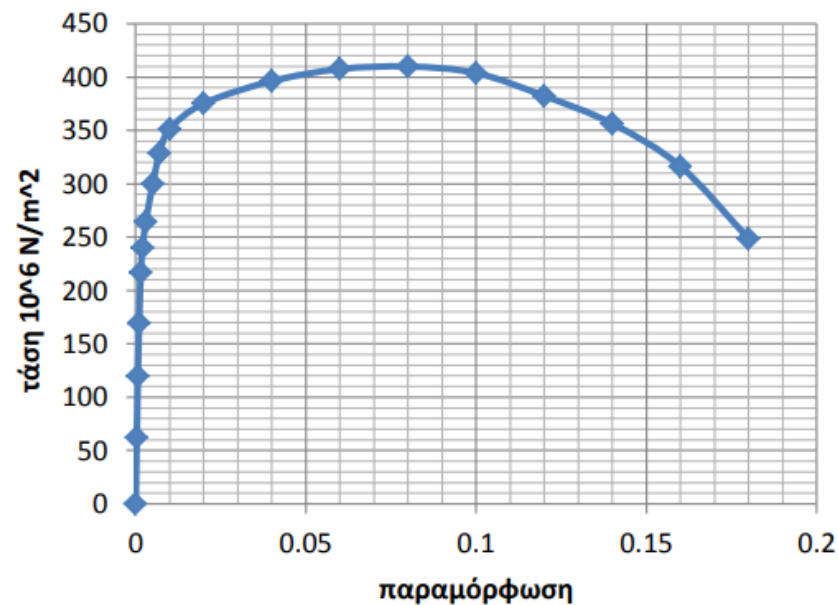
Δ) Προσδιορίστε την αντοχή σε εφελκυσμό αυτού του κράματος.

Ασκήσεις–Μηχανικές Ιδιότητες Μεταλλικών Υλικών

Λύση II

A) $A_0 = 15.9 \cdot 4,8 \text{ mm}^2 = 76.32 \text{ mm}^2 = 76.32 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2$

Χρησιμοποιώντας τους τύπους $\sigma = F / A_0$ και $\epsilon = \Delta l / l_0$, βρίσκω τιμές τις οποίες τις χρησιμοποιώ για τον σχεδιασμό του διαγράμματος.



Ασκήσεις–Μηχανικές Ιδιότητες Μεταλλικών Υλικών

Λύση II

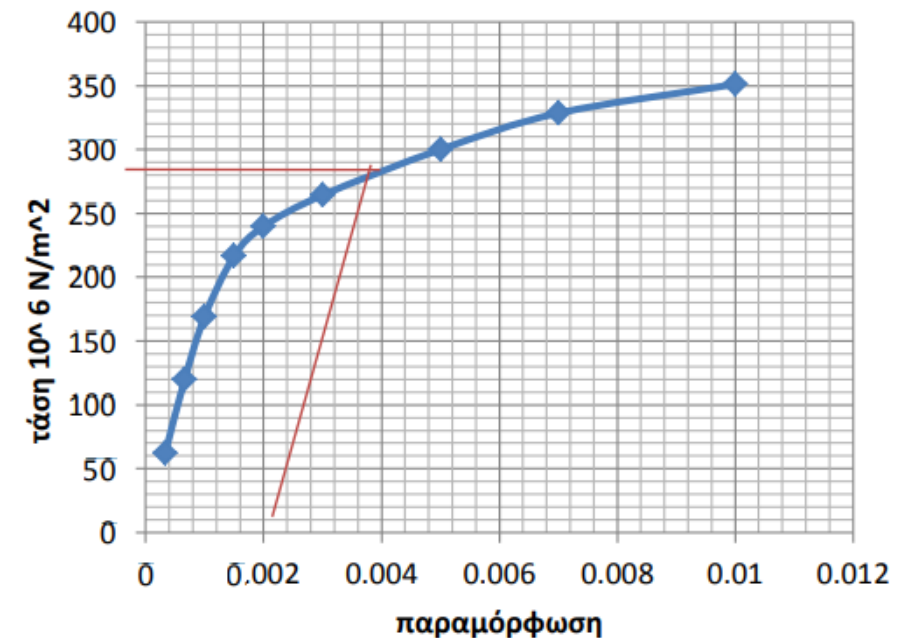
Β) Υπολογισμός Μέτρου Ελαστικότητας

Από την κλίση της καμπύλης, θέτοντας $\sigma_1=0$, $\epsilon_1=0$ και για σ_2, ϵ_2 παίρνω τις πιο μεγάλες τιμές, που βρίσκονται στην ευθύγραμμη περιοχή του διαγράμματος, γιατί όσο πιο μεγάλη τόσο πιο μικρή είναι η απόκλιση.

Έτσι βρίσκω: $E = \Delta\sigma/\Delta\epsilon = (\sigma_2 - \sigma_1)/(\epsilon_2 - \epsilon_1) = \sigma_2/\epsilon_2 = 169.3 / 1 \cdot 10^{-3} = 169300 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 169300 \text{ Mpa}$

Γ) Για να βρω την αντοχή διαρροής ξανά κάνω το διάγραμμα με τα πρώτα δέκα νούμερα και τραβάω μια γραμμή από το $\epsilon=0.002$ παράλληλη στο γραμμικό τμήμα του διαγράμματος, μέχρι να τέμνει την γραφική παράσταση.

Άρα, $\sigma_y = 279 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 0.279 \text{ GPa}$



Ασκήσεις–Μηχανικές Ιδιότητες Μεταλλικών Υλικών

Λύση II

Δ) Αντοχή σε εφελκυσμό

Η αντοχή σε εφελκυσμό (TS) είναι η τάση στο μέγιστο της καμπύλης τάσης-παραμόρφωσης.

Άρα, από το διάγραμμα βρίσκω ότι $TS = 409.9 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 409.9 \text{ MPa} = 0.4099 \text{ GPa}$

Ε) Μέτρο Επανάταξης

$$U_r = \sigma_y^2 / 2 * E = 279^2 / 2 * (169300) = 229 \times 10^3 \text{ J/m}^3$$

Ζ) Ολκιμότητα Υλικού

$$\% EL = (l_f - l_0 / l_0) * 100\% = ((88.725 - 75.000) / 75.000) * 100\% = 18.3\%$$

Όμως πρέπει να αφαιρέσουμε και την τελική πλαστική παραμόρφωση, την οποία μπορούμε να την βρούμε από τους υπολογισμούς που έχουμε κάνει στο πρώτο ερώτημα : $\epsilon_f = 0.183$

$$\text{Άρα, } \% EL - \epsilon_f = 18.3 - 0.183 = 18.117 \%$$