

MIX
812

Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Βιοϋλικά, τάσεις και εξελίξεις υλικών στο θέμα της υποστήριξης αθλητικών δραστηριοτήτων.

της

Σταματίνας – Ελένης Σαμιώτη

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΠΟΥ ΥΠΟΒΑΛΛΕΤΑΙ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ. Αιμιλία Κονδύλη



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις αθλητικές δραστηριότητες υπάρχει μεγάλη επιφόρτιση στο μυοσκελετικό σύστημα των αθλητών. Στα αθλήματα, όπως στην πετοσφαίριση, στην καλαθοσφαίριση και στο ποδόσφαιρο, ο ανταγωνισμός είναι μεγάλος λόγω της αύξησης των αθλούμενων. Έτσι οι προπονήσεις γίνονται όλο και πιο έντονες, με αποτέλεσμα να υπάρχουν τραυματισμοί που μπορούν να δημιουργήσουν σοβαρά λειτουργικά προβλήματα στις αρθρώσεις. Όταν μια άρθρωση χάνει την κινητικότητά και τη σταθερότητά της, χρειάζεται χειρουργική επέμβαση. Κατά τη χειρουργική επέμβαση μιας άρθρωσης (αρθροπλαστική), χρησιμοποιούνται βιοϋλικά για την αποκατάσταση της βλάβης, που πρέπει να είναι βιοσυμβατά με τον ανθρώπινο οργανισμό. Τα βιοϋλικά αποτελούνται από πέντε κατηγορίες. Τα μεταλλικά, τα πολυμερή, τα κεραμικά, τα σύνθετα και τα βιολογικά βιοϋλικά. Συνηθέστερο πεδίο έρευνας είναι η προσθήκη εμφυτευμάτων ισχίου και γόνατου. Στην εργασία αναλύεται η βιομηχανική τριών βασικών αθλημάτων, με μεγαλύτερη έμφαση στην καλαθοσφαίριση, για την εύρεση τυχόν επιφορτίσεων στις αρθρώσεις. Τέλος γίνεται αναφορά των τραυματισμών που μπορούν να συμβούν, από αυτές τις επιφορτίσεις και ποιοι είναι σοβαροί για να υπάρξει χρήση βιοϋλικών για την αποκατάστασή τους.

Λέξεις Κλειδιά: βιοϋλικά, αθλητικές δραστηριότητες, τραυματισμοί, εμφυτεύματα, αρθροπλαστική, βιομηχανική.

ABSTRACT

When an athlete is doing a sport activity, his musculoskeletal system always receive a load. In sports, like volleyball, basketball and football competition is higher due to the higher amount of athletes. Higher competition force athletes to train more and they are putting more effort in their practice. The result of this effort would be an injury that will make serious joint's problem. If a joint loses his stability and movement ability, it might need a surgical operation. During arthroplasty they have to use biomaterials, which are biocompatible with the human organism. Biomaterials categorized in five categories, metallic, ceramic, polymeric, composite and biological biomaterials. One of the most common fields of research is hip and knee implants replacement. The paper analyses the biomechanics of three basics sports in Greece, with greater emphasis in basketball. Then it analyses the mechanics of the joints. Finally, there is reference of the injuries that may happen and if they are too serious for use biomaterials for rehabilitation.

Key word: biomaterials, sport activity, injuries, implants, arthroplasty, biomechanics, joints.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|--|----|
| Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή..... | 5 |
| Κεφάλαιο 2 ^ο : Ιστορική Αναδρομή..... | 6 |
| Κεφάλαιο 3 ^ο : Εμβιομηχανική..... | 9 |
| 3.1.: Κύτταρο..... | 10 |
| 3.2.: Οστό..... | 11 |
| 3.3.: Τένοντας..... | 12 |
| 3.4.: Σύνδεσμος..... | 13 |
| 3.5.: Μυς..... | 13 |
| Κεφάλαιο 4 ^ο : Κατηγοριοποίηση Βιοϋλικών..... | 15 |
| 4.1.: Μεταλλικά Βιοϋλικά..... | 15 |
| 4.1.1.: Ανοξείδωτος χάλυβας..... | 15 |
| 4.1.2.: Καθαρό τιτάνιο και Ti6Al4V..... | 17 |
| 4.1.3.: Κράματα TiNi..... | 20 |
| 4.1.4.: Κράματα CoCr..... | 21 |
| 4.2.: Πολυμερή Βιοϋλικά..... | 23 |
| 4.2.1.: Χιτίνη και Χιτοζάνη..... | 24 |
| 4.2.2.: Πολυαιθυλένιο..... | 24 |
| 4.2.3.: Πολυμεθακρυλικός μεθυλεστέρας..... | 24 |
| 4.2.4.: Πολυβινυλογλωρίδιο..... | 25 |
| 4.2.5.: Πολυπροπυλένιο..... | 25 |
| 4.3.: Κεραμικά Βιοϋλικά..... | 25 |
| 4.3.1.: Αλουμίνα..... | 26 |
| 4.3.2.: Ζιρκονία..... | 26 |
| 4.3.3.: Καρβίδια..... | 27 |
| 4.3.4.: Φωσφορικό ασβέστιο..... | 28 |
| 4.4.: Σύνθετα Βιοϋλικά..... | 28 |
| 4.4.1.: Κεραμικά σύνθετα βασισμένα στον υδροξυαπατίτη..... | 29 |
| 4.4.2.: Σύνθετα υδροξυαπατίτη – πολυμερούς..... | 29 |
| 4.5.: Βιολογικά Βιοϋλικά..... | 30 |
| 4.5.1.: Κολλαγόνο..... | 30 |
| 4.5.2.: Ελαστίνη..... | 31 |
| Κεφάλαιο 5 ^ο : Παρουσίαση Αθλημάτων..... | 33 |
| 5.1.: Καλαθοσφαίριση..... | 33 |
| 5.2.: Ποδόσφαιρο..... | 34 |
| 5.3.: Πετοσφαίριση..... | 34 |
| Κεφάλαιο 6 ^ο : Βιομηχανική Αθλημάτων..... | 36 |
| 6.1.: Βιομηχανική Ποδοσφαίρου..... | 36 |
| 6.2.: Βιομηχανική Πετοσφαίρισης..... | 36 |
| 6.3.: Βιομηχανική Καλαθοσφαίρισης..... | 37 |
| 6.3.1.: Τρόπος χρησιμοποίησης των ποδιών (footwork)..... | 38 |
| 6.3.2.: Είδη πάσας..... | 39 |
| 6.3.3.: Ντρίπλα..... | 40 |
| 6.3.4.: Άλματα..... | 41 |
| 6.3.5.: Σουτ..... | 42 |

| | |
|---|----|
| 6.4.: Βιομηχανική Αρθρώσεων..... | 43 |
| 6.4.1.: Μηχανική του αγκώνα..... | 43 |
| 6.4.2.: Μηχανική του ώμου..... | 44 |
| 6.4.3.: Μηχανική του ισχίου..... | 45 |
| 6.4.4.: Μηχανική της σπονδυλικής στήλης..... | 46 |
| 6.4.5.: Μηχανική του γονάτου..... | 47 |
| 6.4.6.: Μηχανική της ποδοκνημικής..... | 49 |
| Κεφάλαιο 7 ^ο : Αθλητικοί Τραυματισμοί..... | 51 |
| 7.1.: Είδη Τραυματισμών..... | 52 |
| 7.2.: Συχνότερες Αθλητικές Κακώσεις..... | 52 |
| 7.3.: Βιοϋλικά για χρήσεις στο σώμα..... | 53 |
| 7.4.: Στατιστικά Στοιχεία Τραυματισμών..... | 56 |
| 7.5.: Πιθανοί Τραυματισμοί Αθλητών..... | 58 |
| Κεφάλαιο 8 ^ο : Συμπεράσματα..... | 67 |
| Κεφάλαιο 9 ^ο : Βιβλιογραφία..... | 68 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας επιστήμονας πρέπει να έχει τεράστιο πεδίο γνώσεων ή να συνεργάζεται με διαφορετικές ειδικότητες προκειμένου να αναπτύξει και να χρησιμοποιήσει τα βιοϋλικά στην ιατρική. Ο ρόλος των βιοϋλικών έχει επηρεαστεί αρκετά από τις προόδους σε πολλούς τομείς της βιοτεχνολογίας. Για παράδειγμα, με την έλευση των αντιβιοτικών οι μολυσματικές ασθένειες είναι μικρότερη απειλή από ότι παλαιότερα. Πια οι εκφυλιστικές ασθένειες έχουν μεγαλύτερη σημασία. Επιπλέον, η πρόοδος στις χειρουργικές τεχνικές και στα όργανα επέτρεψαν να χρησιμοποιηθούν υλικά με τρόπους που δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν προηγουμένως.

Η απόδοση, των υλικών στο σώμα μπορεί να ταξινομηθεί με πολλούς τρόπους. Αρχικά μπορεί να εξεταστεί από την περιοχή που υπάρχει το πρόβλημα που χρειάζεται επίλυση. Δεύτερον, μπορεί να εξεταστεί το σώμα από την πλευρά των ιστών, των οργάνων ή όλου του συστήματος. Τρίτον, η ταξινόμηση των βιοϋλικών μπορεί να γίνει ως μεταλλικά, πολυμερή, κεραμικά, και σύνθετα. Έτσι ο ρόλος των υλικών σαν βιοϋλικά διέπονται από την αλληλεπίδραση του υλικού και του σώματος, ειδικότερα η επίδραση του περιβάλλοντος του σώματος πάνω στο υλικό και η επίδραση του υλικού στο σώμα.

Ένας από τους πλέον ενδιαφέροντες τομείς εφαρμογής των βιοϋλικών είναι ο αθλητισμός και γενικά η κίνηση του ανθρώπου. Στα πλαίσια αυτά, ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αποτυπώσει την παρούσα κατάσταση και να προβλέψει τις μελλοντικές εξελίξεις στην εφαρμογή των βιοϋλικών στον αθλητισμό.

Η εργασία για να επιτελέσει το σκοπό της έχει διερευνήσει τόσο την τρέχουσα βιβλιογραφία σχετικά με το θέμα, όσο και την αντίστοιχη αγορά των υλικών.

Η εργασία περιλαμβάνει κατηγοριοποίηση των βιοϋλικών στις βασικές τους κατηγορίες που είναι τα μεταλλικά, πολυμερή, κεραμικά, σύνθετα και βιολογικά υλικά και στα επιμέρους κράματά τους. Στη συνέχεια έγινε παρουσίαση τριών βασικών αθλημάτων της Ελλάδας, την καλαθοσφαίριση, την πετοσφαίριση και το ποδόσφαιρο για να γίνει αναφορά στη βιομηχανική τους, με μεγαλύτερη έμφαση στις κινήσεις της καλαθοσφαίρισης. Από τη βιομηχανική ανάλυση απομονώθηκαν οι αρθρώσεις που επιφορτίζονται περισσότερο και αναλύθηκε η μηχανική τους. Τέλος έγινε αναφορά στους τραυματισμούς που μπορούν να δημιουργηθούν κατά την αθλητική δραστηριότητα και ποιοι από αυτούς χρειάζονται βιοϋλικά για την αποκατάστασή τους.

Η επιστήμη λεγόμενη «Βιομηχανική» ή «Εμβιομηχανική» έχει ένα ιδιαίτερα μεγάλο πλήθος πεδίων, με τα οποία ασχολείται. Ένα από τα πλέον σύγχρονα και ενδιαφέροντα πεδία είναι αυτό των «Βιοϋλικών». Ως βιοϋλικά ορίζονται «τα υλικά που μπορούν να εμφυτευτούν στο ανθρώπινο σώμα ασφαλώς και με υψηλό δείκτη συμβατότητας» (Geetha, M. Signh, A.K. Asokamani, R. and Gogia, A.K. 2008, p.397).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Τα βιοϋλικά χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία τμήματος ή λειτουργίας του σώματος με ασφαλή, αξιόπιστο, οικονομικό και φυσιολογικά αποδεκτό τρόπο. Είναι σύνθετα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αντικατάσταση μέρους ενός ζωντανού συστήματος ή λειτουργούν σε στενή επαφή με ζωντανούς οργανισμούς. Η Συμβουλευτική επιτροπή για βιοϋλικά, του πανεπιστημίου του Clemson, έχει ορίσει επισήμως ότι βιοϋλικό είναι «μια συστημικά και φαρμακολογικά αδρανής ουσία που είναι σχεδιασμένη για εμφύτευση ή ενσωμάτωση σε ζωντανό οργανισμό». Ο Black (1992) όρισε τα βιοϋλικά ως «βιώσιμα υλικά που χρησιμοποιούνται σε ιατρικό μηχανισμό που προορίζεται να αλληλεπιδρά με βιολογικά συστήματα». Ο Bruck (1980) πρόσθεσε ότι είναι «συνθετικά καθώς και φυσικής προέλευσης υλικά που έρχονται σε επαφή με ιστούς, αίμα, βιολογικά υγρά και προορίζονται για προσθετική, διαγνωστική, θεραπευτική και αποθηκευτική εφαρμογή χωρίς να επηρεάζεται δυσμενώς ο ζωντανός οργανισμός». Ακόμα ο William (1987) έδωσε έναν ακόμα ορισμό για τα βιοϋλικά ως «κάθε ουσία ή συνδυασμός ουσιών, συνθετικών ή φυσικών, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα κομμάτι που μπορεί να αντικαταστήσει ιστό, όργανο ή λειτουργία του σώματος».

Ο όρος βιοϋλικά έχει συνδεθεί άμεσα με τον όρο βιοσυμβατότητα, ο οποίος σημαίνει ότι το υλικό πρέπει να γίνει δεκτό και να ενσωματωθεί στον οργανισμό με τρόπο ελεγχόμενο και προβλέψιμο, χωρίς να προκαλεί αρνητικές αντιδράσεις. «Ο όρος βιοσυμβατότητα λοιπόν αναφέρεται στην συμβατότητα της επιφάνειας του υλικού με τον ιστό ξενιστή, ευνοώντας τη χημική, βιολογική και φυσική καταλληλότητα του εμφυτεύματος για τον κάθε ιστό, προκειμένου να εμφανίζεται η αρμονική συμβίωση βιοϋλικού και ζώντος οργανισμού» (Buddy, D. Allan, S.H. Frederick, J. and Schoen, J.L., 2004, p.1).

Οι προσπάθειες χρήσης των βιοϋλικών στην ιατρική φθάνουν πολλές χιλιετίες πίσω. Ξύλο και ελεφαντόδοντο ανεβρέθηκαν σε αιγυπτιακές μούμιες. Θα πρέπει σημειωθεί ότι οι πρώτες προσπάθειες κατευθύνονταν στην ανεύρεση ενός καλού βιοϋλικού, του οποίου ελέγχονταν η ιστοσυμβατότητα. Στην συνέχεια ερευνήθηκε το πλήθος των πιθανών εφαρμογών του. Σήμερα τα βιοϋλικά σχεδιάζονται για να ανταποκριθούν επακριβώς σε συγκεκριμένη ιατρική απαίτηση. «Αυτό κατέστη δυνατό σαν συνέπεια της τεχνολογικής προόδου, που επέτρεψε την υψηλή ειδίκευση στην παραγωγή και της αμφίδρομης σχέσης ιατρών και βιομηχανικών, σε ο,τι αφορά τις ανάγκες των ιατρών και την ικανότητα των βιομηχανικών να ανταποκριθούν σε αυτές, με παραγωγή υλικών διαρκώς εξελισσόμενης υψηλής εξειδίκευσης» (Vaccara, A.R., Madigan, L. 2002, p.1115).

| Πεδία | Παραδείγματα |
|-------------------------|---|
| Μηχανική | Επιστήμη των υλικών: δομή - ιδιότητα σχέση των συνθετικών και βιολογικών υλικών συμπεριλαμβανομένου μεταλλικά, κεραμικά, πολυμερή, σύνθετα, ιστούς (αίμα και συνδετικούς ιστούς), κ.α. |
| Βιολογία και Φυσιολογία | Κυτταρική και μοριακή βιολογία, ανατομία, φυσιολογία ζώων και ανθρώπων, ιστοπαθολογία, πειραματική χειρουργική, ανοσολογία, κ.α. |
| Κλινικές επιστήμες | Όλες οι κλινικές ειδικότητες: οδοντιατρική, γναθοπροσωπικής, νευροχειρουργική, μαιευτική και γυναικολογική, ωτορινολαρυγγολογία, πλαστική και επανορθωτική χειρουργική, θωρακική και καρδιαγγειακή χειρουργική, κτηνιατρική χειρουργική, κ.α. |

Πίνακας 2.1.: Πεδία γνώσης για την ανάπτυξη των βιοϋλικών.[1]

| Περιοχή Προβλήματος | Παραδείγματα |
|--|--|
| Αντικατάσταση νοσούντων ή κατεστραμμένων μερών | Τεχνητή άρθρωση του γοφού, μηχανήμα αιμοκάθαρσης |
| Βοήθεια στην επούλωση | Ράμματα, πλάκες οστών, βίδες |
| Βελτίωση λειτουργίας | Βηματοδότης, ενδοφακοί |
| Σωστή λειτουργική ανωμαλία | Βηματοδότης |
| Σωστό αισθητικό πρόβλημα | Αύξηση πιγουνιού |
| Αρωγός της διάγνωσης | Ανιχνευτές και καθετήρες |
| Βοήθεια στη θεραπεία | Καθετήρες |

Πίνακας 2.2.: Χρήσεις των βιοϋλικών.[2]

| Όργανα | Παραδείγματα |
|-----------|--|
| Καρδιά | Βηματοδότης, τεχνητή βαλβίδα καρδιάς, τεχνητή καρδιά |
| Πνεύμονας | Μηχάνημα οξυγόνου |
| Μάτι | Φακοί επαφής, ενδοφακοί |
| Αντί | Τεχνητός αναβολέας, κοχλιακό εμφύτευμα |
| Οστό | Πλάκες οστών, ενδομυελικοί ράβδος |
| Νεφρό | Μηχάνημα αιμοκάθαρσης |
| Κύστη | Καθετήρας και στεφανιαίο στεντ |

Πίνακας 2.3.: Βιοϋλικά στα όργανα.[3]

| Σύστημα | Παράδειγμα |
|----------------|--|
| Σκελετό | Πλάκες οστών, ολική αρθροπλαστική |
| Μυϊκό | Ράμματα, διεγέρτης μυών |
| Κυκλοφορικό | Τεχνητή βαλβίδα καρδιάς, αιμοφόρα αγγεία |
| Αναπνευστικό | Μηχάνημα οξυγόνου |
| Δερματικό | Ράμματα, επίδεσμοι εγκαυμάτων, τεχνητό δέρμα |
| Ουροποιητικό | Καθετήρες, στεφανιαίο στεντ, μηχανήμα αιμοκάθαρσης |
| Νευρικό | Διεγέρτες νεύρων, βηματοδότης |
| Ενδοκρινικό | Μικροενθυλακωμένα νησίδα παγκρέατος |
| Αναπαραγωγικό | Πλαστική χειρουργική |

Πίνακας 2.4.:Βιοϋλικά στο ανθρώπινο σώμα.[4]

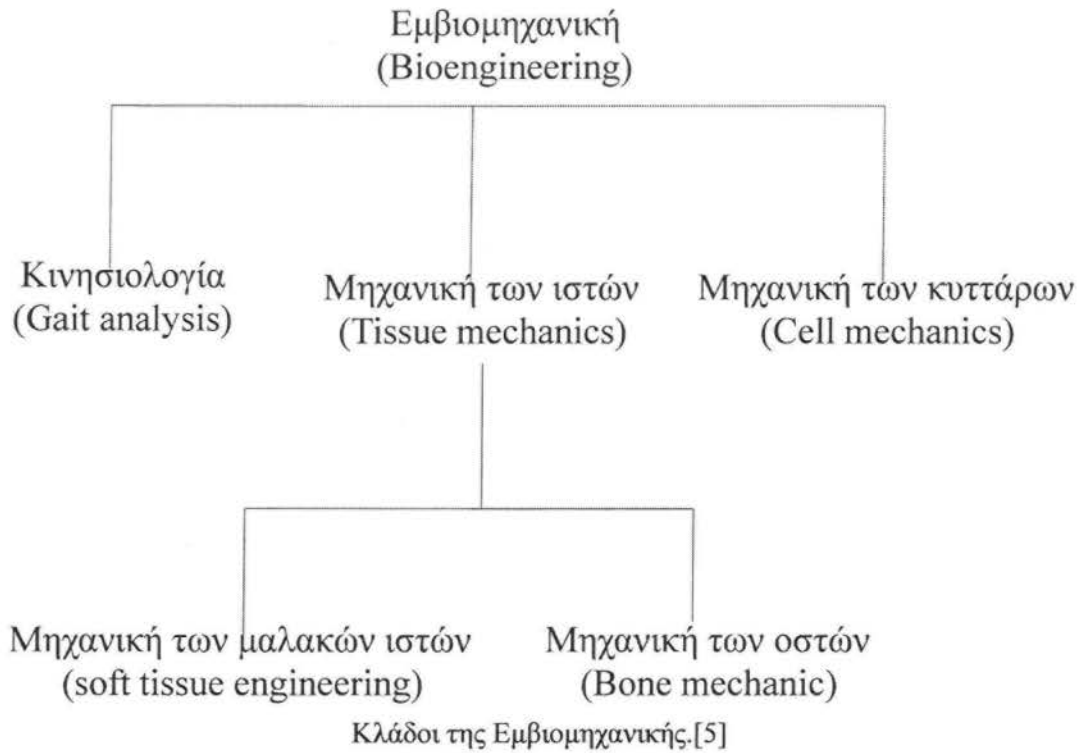
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

Εμβιομηχανική είναι η επιστήμη που εξετάζει τους νόμους της μηχανικής στους ζωντανούς ιστούς και κυρίως στον άνθρωπο. Ειδικότερα ως Εμβιομηχανική ή Μηχανική ορίζεται ένα ολόκληρο επιστημονικό πεδίο με πλήθος επιμέρους τομέων , με την οποία ασχολείται μεγάλος αριθμός επιστημονικών ειδικοτήτων. Γενικά η βιομηχανική αναφέρεται σε βασικούς νόμους, που ελέγχουν την εφαρμογή των δυνάμεων σε ηρεμία ή σε κίνηση στον άνθρωπο, ενώ στις περιοχές εφαρμογής της λύνονται πρακτικά προβλήματα. Σε πολλές περιοχές της Ιατρικής, αλλά και της Φυσικής Αγωγής, γίνεται εφαρμογή των κανόνων της Βιομηχανικής, για να βελτιωθεί η ανθρώπινη κίνηση. Οι βασικότεροι νόμοι της Βιομηχανικής, έχουν σχέση με το μηχανισμό πρόκλησης των αθλητικών τραυματισμών και αναλύονται με τη σειρά ορισμένες αρχές από τη στατική, την κινηματική, την μηχανική των υλικών και τη μηχανική των μυών.

Εμβιομηχανική είναι η επιστημονική ειδικότητα που ασχολείται με την εφαρμογή των μέσων και των μεθόδων της μηχανικής και της τεχνολογίας στη μελέτη, την κατανόηση, την θεραπεία και την αποκατάσταση του ανθρώπινου μυοσκελετικού συστήματος σε συγκεκριμένες περιοχές, αλλά και συνολικά. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας δίνει τη δυνατότητα για περισσότερο λεπτομερείς και αντικειμενικές μετρήσεις στον τομέα αυτό.

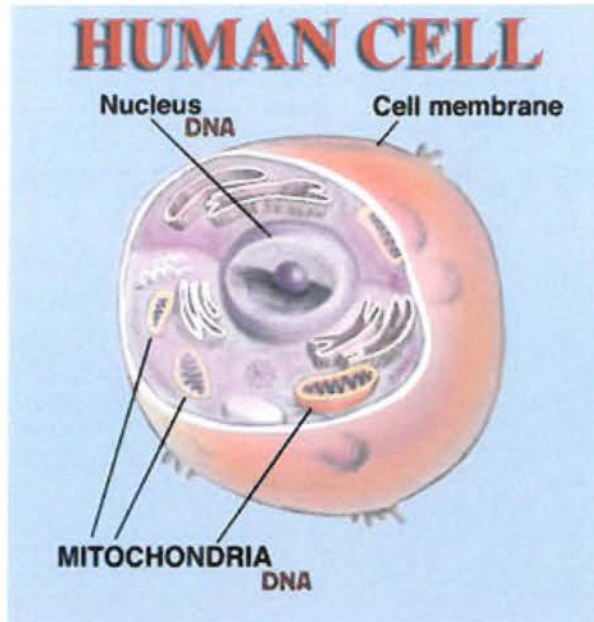
Ίσως να είναι ο παλαιότερος τομέας της βιοϊατρικής τεχνολογίας με αναφορές που φτάνουν ως την αρχαία Ελλάδα. Η λέξη «εμβιομηχανική» χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά τη δεκαετία του 1970 για να περιγράψει κάθε εφαρμογή της επιστήμης του μηχανικού στη βιολογία και στην ιατρική. Γενικά η μελέτη της κίνησης των έμβιων οργανισμών αποτελεί ένα μεγάλο κομμάτι της εμβιομηχανικής μέχρι και σήμερα. Έχει σκοπό να αναπαραστήσει σε μηχανικά μοντέλα τους έμβιους οργανισμούς. Η αναπαράσταση αυτή μπορεί να σχετίζεται με την λειτουργία ενός κυττάρου, ενός ιστού ή και ολόκληρου του οργανισμού. Για το λόγο αυτό είναι κρίσιμο, για την εμβιομηχανική να μελετά την μορφολογία και τις λειτουργίες των βιολογικών υλικών και στη συνέχεια να μετρά τις μηχανικές του ιδιότητες.

Τελικός σκοπός της εμβιομηχανικής είναι η ανάπτυξη υλικών και συστημάτων που θα υποστηρίζουν τα μηχανικές ιδιότητες των οργανισμών. Δεν είναι απαραίτητο τα υλικά και τα συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν να είναι βιολογικά. Μπορεί να είναι οποιαδήποτε υλικά αρκεί να ικανοποιούν τις απαιτήσεις λειτουργίας του οργανισμού.



3.1. ΚΥΤΤΑΡΟ

Τα κύτταρα αποτελούν τη βασική ύλη του ιστού που θέλουμε να παράγουμε και με την κατάλληλη καλλιέργεια αυτών προσδοκούμε στην δημιουργία ενός νέου λειτουργικού βιολογικού συστήματος. Τα κύτταρα αυτά ανάλογα με την προέλευση τους, χωρίζονται σε αυτόλογα, συγγενή, αλλογενή και ξενογενή. Τα αυτόλογα κύτταρα προέρχονται από το ίδιο το άτομο για το οποίο κατασκευάζεται ο ιστός. Τα συγγενή κύτταρα προέρχονται από άτομο με πρώτου βαθμού συγγένεια με το άτομο για το οποίο κατασκευάζεται ο ιστός. Τα αλλογενή κύτταρα προέρχονται από άλλο άτομο του ίδιου είδους. Τέλος τα ξενογενή κύτταρα προέρχονται από άτομα αλλού είδους. Επίσης τα αδιαφοροποίητα κύτταρα αποτελούν μια αρχέγονη μορφή κυττάρων, τα οποία μπορούν να διαφοροποιηθούν σε όλους του τύπους κυττάρων ενός οργανισμού. Τα διαφοροποιημένα κύτταρα ανήκουν ήδη σε κάποιο ιστό και επιτελούν συγκεκριμένη λειτουργία στον οργανισμό.



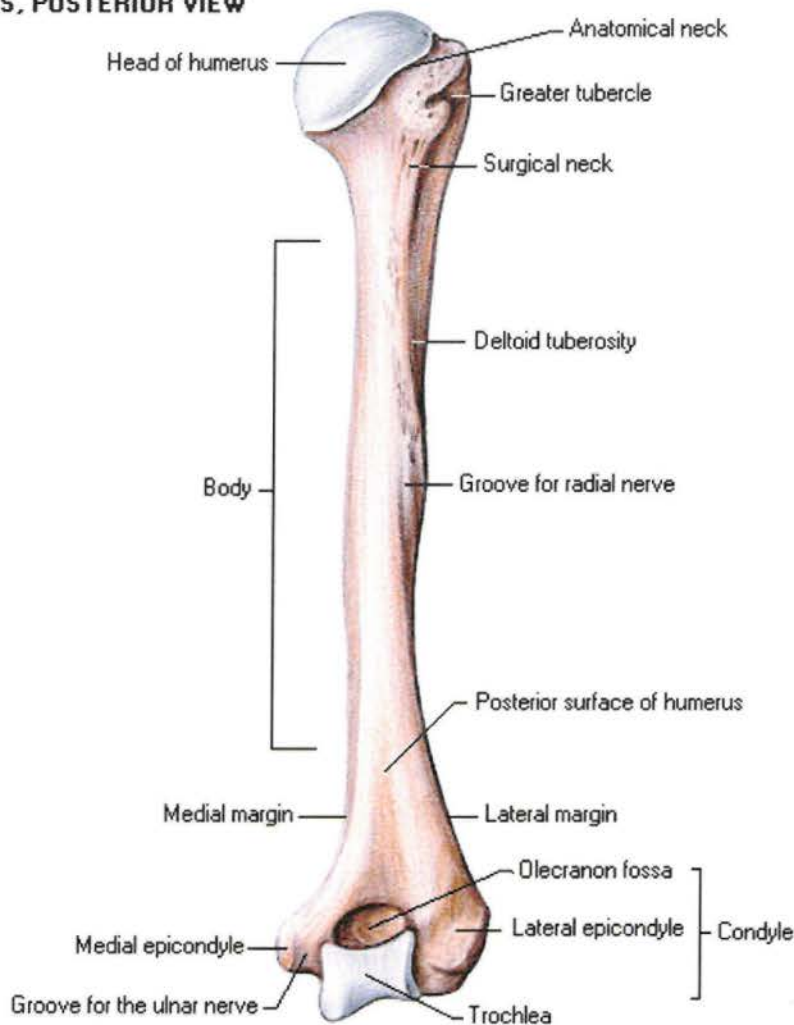
Εικόνα 3.1.: Ανθρώπινο κύτταρο.[6]

Η μηχανική των κυττάρων, αν και είναι γενικά καινούργιο πεδίο, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και βρίσκει συνεχώς νέες εφαρμογές. Η εύρεση των μηχανικών ιδιοτήτων του κυττάρου μεμονωμένα οδηγεί σε επαγωγικά συμπεράσματα για τις ιδιότητες ολόκληρου του ιστού. Βέβαια δίνεται η δυνατότητα εύρεσης νέων τεχνικών χειρισμού των κυττάρων στο εργαστήριο ή σε νέες συσκευές διάγνωσης των ιστών. Έτσι και εδώ σημαντικό σκέλος της έρευνας αποτελεί η εύρεση του μηχανισμού επίδρασης των εξωτερικών μηχανικών φορτίων στην φυσιολογική λειτουργία του μεμονωμένου κυττάρου.

3.2. ΟΣΤΟ

Τα οστά είναι σκληροί συνδετικοί ιστοί που αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του σκελετού. Αποτελούνται από οργανικά μέρη και ανόργανα. Είναι υπεύθυνα για διάφορες μηχανικές λειτουργίες του οργανισμού. Προσφέρουν την απαιτούμενη συνοχή για την στατική υποστήριξη του οργανισμού, την κίνησή του και την προστασία των εσωτερικών ζωτικών οργάνων. Επίσης συμμετέχουν σε διάφορες λειτουργίες του οργανισμού όπως η αποθήκευση απαραίτητων ανόργανων ιχνοστοιχείων και η παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων από το μυελό των οστών.

HUMERUS, POSTERIOR VIEW

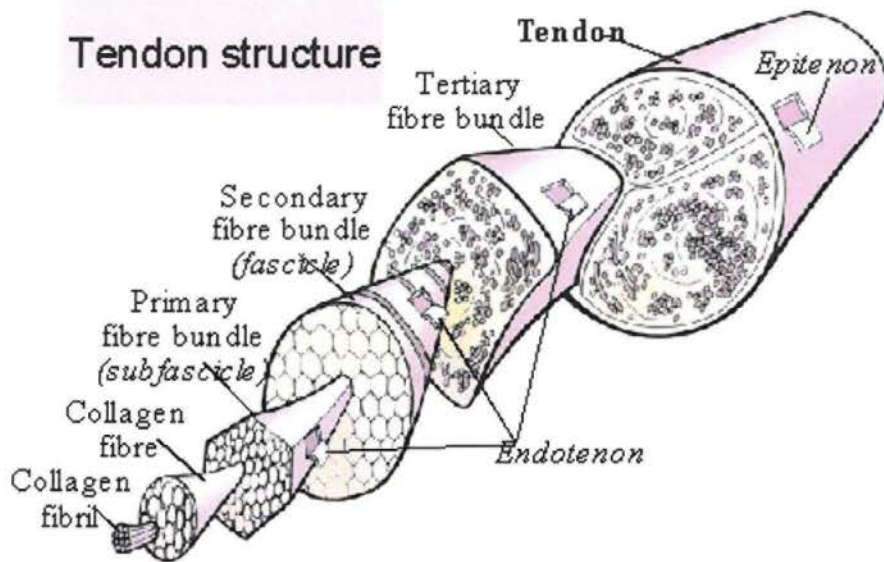


Εικόνα 3.2.: Μέρη οστού.[7]

Η μηχανική των οστών εστιάζει στην εύρεση των μηχανικών ιδιοτήτων των οστών, την αντοχή τους και την αλλαγή των ιδιοτήτων τους λόγω της φθοράς του χρόνου. Στον τομέα αυτόν συμπεριλαμβάνεται και η αποκατάσταση καταγμάτων των οστών.

3.3. ΤΕΝΟΝΤΑΣ

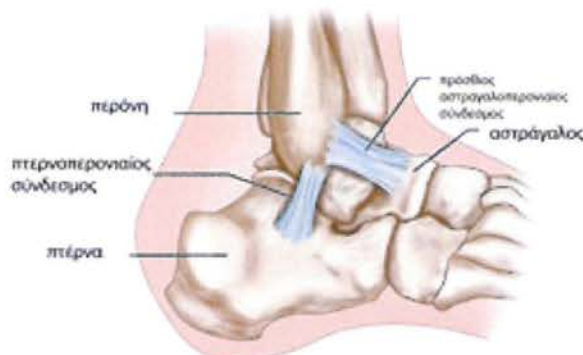
Ο τένοντας είναι ένας πυκνός, ινώδης ιστός με βασική λειτουργία να συνδέει τους μύες πάνω στα οστά. Αποτελείται κατά κύριο λόγο από ίνες κολλαγόνου, ενσωματωμένες με μια υδατική ουσία με υφή γέλης. Το κολλαγόνο, που είναι η βασική δομική πρωτεΐνη σε όλους τους οργανισμούς, αποτελεί το 70% με 80% της ξηρής μάζας του τένοντα. Σε αντίθεση με τα οστά, ο τένοντας βρίσκεται συνεχώς σε δυναμική ισορροπία. Αυτό σημαίνει ότι συνεχώς δημιουργείται και καταστρέφεται ιστός, διατηρώντας όμως μια ισορροπία. Η ισορροπία αυτή μπορεί να διαταραχθεί από διάφορες αιτίες, όπως η άσκηση, η ακινησία, το γήρας και διάφορα φάρμακα.



Εικόνα 3.3.: Δομή τένοντα.[8]

3.4. ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ

Οι τρεις κύριες λειτουργίες των συνδέσμων στον οργανισμό είναι να φέρνει σε επαφή τα οστά που συμμετέχουν σε μια άρθρωση. Να καθοδηγεί την κίνηση της άρθρωσης και να λειτουργεί ως αισθητήρας για την αποφυγή υπερφόρτισης ή διάλυσης της άρθρωσης. Αποτελείται κυρίως από κολλαγόνο όπως και στον τένοντα. Σήμερα γνωρίζουμε ότι οι σύνδεσμοι των αρθρώσεων προσαρμόζονται στις εξωτερικές συνθήκες φόρτισης και επηρεάζονται από την παρατεταμένη ακινησία.

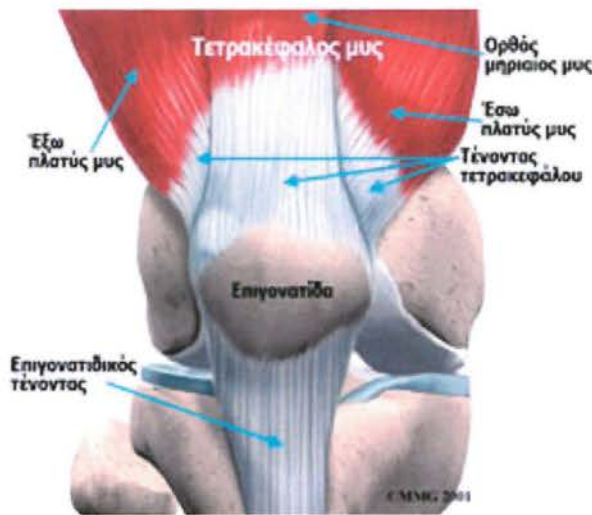


Εικόνα 3.4.:Σύνδεσμοι της ποδοκνημικής.[9]

3.5. ΜΥΣ

Η πλέον βασική και χρήσιμη ιδιότητα του μυϊκού ιστού είναι η ικανότητά του να παράγει δυνάμεις. Λόγω της ιδιότητας των μυών να συστέλλονται παρουσία ηλεκτροχημικών ερεθισμάτων, οι μηχανικές τους ιδιότητες είναι γενικά πιο δύσκολο να προσδιοριστούν και απαιτούνται πολύπλοκες διαδικασίες. Στην περίπτωση των οστών ή των συνδέσμων οι μηχανικές ιδιότητες μετρώνται σχετικά εύκολα με απλά πειράματα εφελκυσμού. Αντίθετα στην περίπτωση των μυών θα πρέπει να λαμβάνεται συνεχώς υπόψη η ενεργητική συμπεριφορά τους παρουσία εξωτερικών ερεθισμάτων. Ακόμα η μελέτη των μυών μπορεί να έχει δυο εντελώς διαφορετικούς σκοπούς. Μπορεί να μελετάμε την δύναμη που παράγουν για

να προσδιορίσουμε την κίνηση και τα φορτία που μεταφέρονται στις αρθρώσεις ή για να προσδιορίσουμε πιθανούς μηχανισμούς με τους οποίους ελέγχεται η κίνηση.



Εικόνα 3.5.: Κατάφυση τετρακέφαλου μυός.[9]

Η μηχανική των ιστών εστιάζει στην προσομοίωση των ιστών με μηχανικά μοντέλα ελατηρίων – αποσβεστήρων και την εξαγωγή αντίστοιχων μηχανικών σταθερών. Έτσι μπορεί να γίνει γνωστό το μέτρο ελαστικότητας ενός ιστού, η προσομοίωσή του με ένα μοντέλο ερπυσμού – χαλάρωσης. Επίσης διερευνάται ο τρόπος με τον οποίο εξωτερικά μηχανικά φορτία επηρεάζουν τη λειτουργία ενός ιστού.

Σκοπός της μηχανικής των μαλακών ιστών είναι η εύρεση των μηχανικών ιδιοτήτων των μαλακών ιστών όπως το δέρμα και ο χόνδρος. Ιδιαίτερα σε ότι αφορά τον χόνδρο, η έρευνα εστιάζεται στην εύρεση παραγόντων για την καταπολέμηση της αρθρίτιδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΒΙΟΪΛΙΚΩΝ

Τα βιοϋλικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με πολλούς τρόπους. Αρχικά μπορούν να μελετηθούν από την πλευρά της περιοχής του προβλήματος που πρέπει να επιλυθεί. Δεύτερον το σώμα μπορεί να θεωρηθεί σε επίπεδο ιστών ή σε επίπεδο οργάνων ή σε επίπεδο συστήματος. Τρίτον, μπορεί να γίνει κατάταξη των υλικών σε πολυμερή, μεταλλικά, κεραμικά και σύνθετα, όπως και θα παρουσιαστούν παρακάτω.

4.1.ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΒΙΟΪΛΙΚΑ

Τα μέταλλα χρησιμοποιούνται ως βιοϋλικά χάρη στην άριστη θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητά τους και των μηχανικών ιδιοτήτων τους. Λόγω των ελεύθερων ηλεκτρονίων τους, μπορούν να μεταφέρουν γρήγορα ηλεκτρικό φορτίο και θερμική ενέργεια. Τα κινούμενα ελεύθερα ηλεκτρόνια συμπεριφέρονται ως δύναμη συγκράτησης των θετικών μεταλλικών ιόντων. Η έλξη αυτή είναι ισχυρή (όπως αποδείχθηκε από την στενή διάταξη των ατόμων), με αποτέλεσμα το υψηλό ειδικό βάρος και τα υψηλά σημεία τήξης για τα περισσότερα μέταλλα. Από τη στιγμή που ο μεταλλικός δεσμός είναι ουσιαστικά μη κατευθυντικός, η θέση των μεταλλικών ιόντων μπορεί να τροποποιηθεί χωρίς να καταστραφεί η κρυσταλλική δομή οδηγώντας σε ένα στερεό που παραμορφώνεται πλαστικά.

Το πρώτο μεταλλικό κράμα που αναπτύχθηκε ειδικά σε εφαρμογές στον άνθρωπο ήταν ο κραματοποιημένος χάλυβας με βανάδιο, στην κατασκευή οστεοσυνθετικών πλακών και κοχλιών. Τα περισσότερα μέταλλα, όπως ο σίδηρος (Fe), το χρώμιο (Cr), το κοβάλτιο (Co), το νικέλιο (Ni), το τιτάνιο (Ti), το νιόβιο (Nb), το μολυβδαίνιο (Mo) και το βολφράμιο (W), που δοκιμάστηκαν σε κράματα για ανάλογες εφαρμογές και ήταν ανεκτά από τον οργανισμό μόνο σε ελάχιστες ποσότητες. Μερικές φορές αυτά τα μεταλλικά στοιχεία στις φυσικές τους μορφές είναι σημαντικά για τις λειτουργίες των ερυθροκυττάρων, ωστόσο δεν είναι ανεκτά σε μεγάλες ποσότητες.

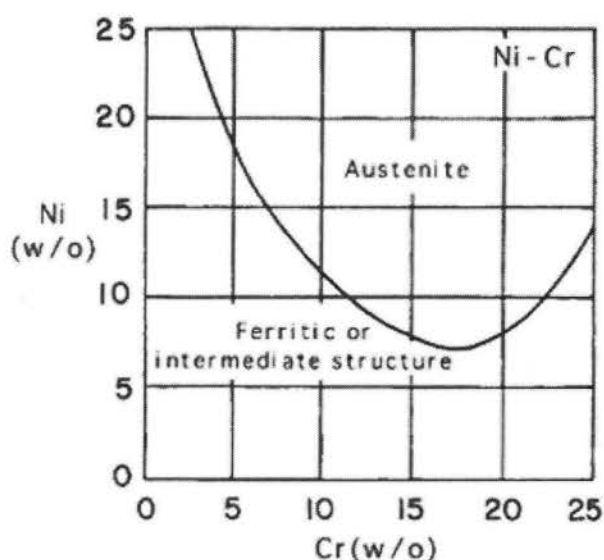
Γενικά τα μέταλλα που συμπεριφέρονται ως βιοϋλικά, όπως τα κράματα τιτανίου, τα κράματα CoCr και οι ανοξείδωτοι χάλυβες, είναι σκληρά και έχουν ανθεκτική ολκιμότητα. Συνήθως χρησιμοποιούνται για υποκατάστατα αρθρώσεων, πλάκες οστών και βίδες, εμφυτεύματα ρίζας δοντιών, σύρματα racer και ράμματα.

4.1.1. Ανοξείδωτος Χάλυβας

Ο πρώτος ανοξείδωτος χάλυβας που χρησιμοποιήθηκε για εφαρμογή σε εμφυτεύματα ήταν ο 18-8 (τύπος 302 στη σύγχρονη κατάταξη). Ήταν πιο ισχυρός και ανθεκτικός στη διάβρωση από τον βαναδιούχο χάλυβα, ο οποίος έπαψε να χρησιμοποιείται σε αυτές τις εφαρμογές λόγω της ανεπαρκούς του αντοχής στη διάβρωση. Αργότερα αναπτύχθηκε ο 18-8sMo ανοξείδωτος χάλυβας, ο οποίος περιέχει ένα μικρό ποσοστό μολύβδου για να βελτιωθεί η αντοχή στη διάβρωση σε χλωριούχο διάλυμα. Στη συνέχεια μειώθηκε η περιεκτικότητα σε άνθρακα από 0,08% σε 0,03% κατά βάρος, ώστε να επιτευχθεί καλύτερη αντοχή στη διάβρωση και να μειωθεί η ευαισθητοποίηση. Ύστερα η ελάχιστη αποτελεσματική συγκέντρωση χρωμίου είναι 11% για να επιφέρει αντοχή στη διάβρωση στους ανοξείδωτους χάλυβες.

Οι ωστενιτικοί ανοξειδωτοί χάλυβες είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται ευρέως για την κατασκευή εμφυτευμάτων. Αυτοί μπορούν να σκληρυνθούν, όχι με θερμή αλλά με ψυχρή κατεργασία. Αυτή η ομάδα ανοξειδωτων χαλύβων, είναι μη μαγνητική και διαθέτει καλύτερη αντοχή σε διάβρωση από ότι οι άλλες ομάδες. Η παρουσία του μολυβδαίνιου στο χάλυβα προσδίδει αντίσταση στη τρηματική ή σημειακή διάβρωση σε αλατόνερο.

Το νικέλιο σταθεροποιεί την ωστενιτική φάση (γ , εδροκεντρωμένο κυβικό σύστημα) σε θερμοκρασία δωματίου και αυξάνει την αντίσταση στη διάβρωση. Ο σχηματισμός της ωστενιτικής φάσης μπορεί να επηρεαστεί εξίσου από το ποσοστό του Νίκαι και του Cr., για ανοξειδωτους χάλυβες με 0,01% C. Η ελάχιστη ποσότητα για τη διατήρηση της ωστενιτικής φάσης είναι περίπου 10%, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.1.1.



Σχήμα 4.1.1.: Η επίδραση της περιεκτικότητας σε Ni και Cr στην ωστενιτική φάση των ανοξειδωτων χαλύβων με 0,01%C.[11]

Αρκετά καθοριστική για τις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα 316L (ο πιο διαδεδομένος ανοξειδωτος χάλυβας για εφαρμογές στα εμφυτεύματα), είναι η μέθοδος που εφαρμόζεται για την κατεργασία του κράματος. Με τη θερμή κατεργασία αποκτάται μαλακότερο υλικό με μεγαλύτερη ικανότητα επιμήκυνσης, ενώ με την ψυχρή το υλικό έχει υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό και σκληρότητα. Στον πίνακα 4.1.1. παρουσιάζονται οι μηχανικές ιδιότητες του ανοξειδωτου χάλυβα 316L.

| Μορφοποίηση | Μέγιστη Εφελκυστική Τάση (MPa) | Τάση Ένδοσης (MPa) | Επιμήκυνση (%) | Σκληρότητα Rockwel |
|----------------------|--------------------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| Ανόπτηση (annealing) | 485 | 172 | 40 | 95 HRB |
| Ψυχρή κατεργασία | 860 | 690 | 12 | - |

Πίνακας 4.1.1.: Μηχανικές Ιδιότητες των εμφυτευμάτων από ανοξειδωτο χάλυβα 316L.[12]

Ακόμη και τα κράματα χάλυβα 316L μπορούν να διαβρωθούν μέσα στον οργανισμό κάτω από ορισμένες συνθήκες σε περιοχή όπου ασκούνται υψηλές τάσεις και έχουν μειωμένο οξυγόνο, όπως οι κοιλίες των πλακών οστεοσύνθεσης. Γι' αυτό κρίνεται επιβεβλημένη η παραμονή τους μόνο για πρόσκαιρα εμφυτεύματα, όπως για πλάκες οστεοσύνθεσης, κοιλίες και ήλους για το ισχίο. Προκειμένου να βελτιωθεί η αντοχή στη διάβρωση, στη φθορά και η αντοχή στην κόπωση εφαρμόζονται μέθοδοι τροποποίησης της επιφάνειας, όπως η δημιουργία στρώματος ανόδου και η παθητικοποίηση (Park, B.J. and Young, K.K. 2000, p.622).

Η Αμερικανική Εταιρεία Δοκιμών και Υλικών, για την κατασκευή εμφυτευμάτων, συνιστά τον ωστενιτικό χάλυβα τύπου 316L σε σχέση με τον τύπο 316. Η μόνη διαφορά που παρουσιάζεται στη σύνθεση μεταξύ του 316 και του 316L είναι η μέγιστη περιεκτικότητα σε άνθρακα. Οι προδιαγραφές του ανοξειδωτού χάλυβα 316L δίνονται στον πίνακα 4.1.2.

| Στοιχείο | Ποσοστό(%) |
|------------|---------------|
| Άνθρακας | 0,03 max |
| Μαγγάνιο | 2,00 max |
| Φωσφόρος | 0,03 max |
| Θείο | 0,03 max |
| Πυρίτιο | 0,75 max |
| Χρόμιο | 17,00 - 20,00 |
| Νικέλιο | 12,00 - 14,00 |
| Μολυβδένιο | 2,00 - 4,00 |

Πίνακας 4.1.2: Περιεκτικότητα Ανοξειδωτού Χάλυβα 316L.[13]

4.1.2. Καθαρό τιτάνιο και Τι6ΑΙ4V

Το τιτάνιο είναι πολύ ελαφρύ υλικό με τη χαμηλότερη πυκνότητα (4,5gr/cm³), από τα άλλα χρησιμοποιούμενα κράματα μετάλλων. Οι καλές μηχανικές και χημικές του ιδιότητες αποτελούν σημαντικά χαρακτηριστικά για εφαρμογές σε εμφυτεύματα. Υπάρχουν τέσσερις τύποι μη κραματοποιημένου καθαρού εμπορικού τιτανίου, που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές χειρουργικής εμφυτευμάτων. Εντοπίζονται ποσότητες οξυγόνου, σιδήρου και αζώτου και διαφοροποιούνται οι μηχανικές τους ιδιότητες. Στους πίνακες 4.1.3 και 4.1.4 παρατηρείται ότι η παρουσία του οξυγόνου, επιφέρει αξιοσημείωτη μεταβολή στην ολκιμότητα και την αντοχή.

| Στοιχείο | Τύπος 1 | Τύπος 2 | Τύπος 3 | Τύπος 4 | Ti6Al4V |
|----------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| Άζωτο | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Άνθρακας | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,08 |
| Υδρογόνο | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,0125 |
| Σίδηρος | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,25 |
| Οξυγόνο | 0,15 | 0,25 | 0,35 | 0,4 | 0,13 |
| Τιτάνιο | Σε ισορροπία | | | | |

Πίνακας 4.1.3.: Χημική Σύσταση των τύπων εμπορικού τιτανίου και του κράματος Ti6Al4V (μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό κ.β.).[14]

| Ιδιότητα | Τύπος 1 | Τύπος 2 | Τύπος 3 | Τύπος 4 | Ti6Al4V |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Εφελκυστική αντοχή (Mpa) | 240 | 345 | 450 | 550 | 860 |
| Αντοχή στην ένδοση για 0,02% (Mpa) | 170 | 275 | 380 | 485 | 795 |
| Επιμήκυνση (%) | 24 | 20 | 18 | 15 | 10 |
| Μείωση της επιφάνειας (%) | 30 | 30 | 30 | 25 | 25 |

Πίνακας 4.1.4.: Μηχανικές ιδιότητες των τύπων εμπορικού τιτανίου και του κράματος Ti6Al4V.[15]

Στον πίνακα 4.1.4 δίνονται οι μηχανικές ιδιότητες του καθαρού εμπορικού τιτανίου και των κραμάτων του. Το μέτρο ελαστικότητας αυτών των υλικών είναι περίπου 110GPa, εκτός από το κράμα Ti13Nb13Zr. Το υψηλότερο ποσοστό ξένων σωμάτων στο cp-Ti οδηγεί σε αύξηση της αντοχής και μείωση της ολκιμότητας. Η αντοχή των υλικών κυμαίνεται μεταξύ μιας τιμής πολύ χαμηλότερης από αυτής του ανοξειδώτου χάλυβα 316. Ωστόσο, βάσει της σχετικής αντοχής, τα κράματα τιτανίου πλεονάζουν κάθε άλλου υλικού εμφύτευσης. Παρόλα αυτά, το τιτάνιο υστερεί σε διατμητική τάση, με αποτέλεσμα να μην προτιμάται σε μερικά είδη εφαρμογών, όπως είναι οι βίδες για τα οστά και οι πλάκες. Ακόμα έχουν την τάση να φθείρονται και να παραμορφώνονται όταν κατά την ολίσθηση έρχονται σε επαφή με αυτό ή με άλλο μέταλλο.

Για την κατασκευή εμφυτευμάτων χρησιμοποιείται ευρέως το Ti6Al4V (κράμα τιτανίου), με κύρια συστατικά του το Αργίλιο ~ 6,00% (5,50-6,50) και το βανάδιο ~ 4,00% (3,50-4,50). Το τιτάνιο χαρακτηρίζεται αλλοτροπικό υλικό, το οποίο εμφανίζεται ως εξαγωνική δομή μέγιστης συσσωμάτωσης (hcp, α-Ti) μέχρι τους 882°C και χωροκεντρωμένη κυβική δομή για υψηλότερες θερμοκρασίες. Τα κράματα τιτανίου μπορούν να αυξήσουν την αντοχή τους και οι μηχανικές τους ιδιότητες ποικίλλουν ανάλογα με την ελεγχόμενη σύνθεση και τις θερμομηχανικές κατεργασίες που εφαρμόζονται. Η προσθήκη στοιχείων κραμάτωσης στο τιτάνιο επιτρέπει την ύπαρξη μεγάλου εύρους ιδιοτήτων. Η προσθήκη αλουμινίου σταθεροποιεί την α-φάση αυξάνοντας τη θερμοκρασία μετάβασης από την α-φάση στη β-φάση, ενώ η προσθήκη βαναδίου σταθεροποιεί τη β-φάση χαμηλώνοντας τη θερμοκρασία του μετασχηματισμού από την α-φάση στη β-φάση.

Το α-κράμα έχει μονοφασική δομή, η οποία ενισχύει την συγκολλησιμότητα. Το αποτέλεσμα της σταθεροποίησης των κραμάτων με υψηλή περιεκτικότητα σε αλουμίνιο είναι

τα καλά χαρακτηριστικά μηχανικής αντοχής σε διάβρωση στις υψηλές θερμοκρασίες (300-600°C), ωστόσο δεν μπορούν να υποστούν θερμική κατεργασία για σκλήρυνση με κατακρήμνιση, αφού είναι μονοφασικά.

Η προσθήκη ελεγχόμενων ποσοτήτων β-σταθεροποιητών έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη αντοχή της β-φάσης για να παραμείνουν κάτω από τη θερμοκρασία μετασχηματισμού που οδηγεί σε διαφασικό σύστημα. Τα κατακρημνίσματα της β-φάσης εμφανίζονται με θερμική κατεργασία στη θερμοκρασία του στερεού διαλύματος και με διαδοχική μείωσή της, ακολουθούμενη από απόταση σε λίγο χαμηλότερη θερμοκρασία. Ο κύκλος απότασης προκαλεί την κατακρήμνιση μερικών α-μορίων από τη σχεδόν ασταθή β-φάση και έχοντας ολόκληρη την α-δομή μπορεί να δημιουργηθεί τοπικό πεδίο τάνυσης, ικανό να απορροφήσει την ενέργεια μετασχηματισμού. Οι ρωγμές είτε αναχαιτίζονται, είτε συγκρατούνται στα μόρια α, έτσι ώστε η σκληρότητα να είναι υψηλότερη από το στερεό διάλυμα.

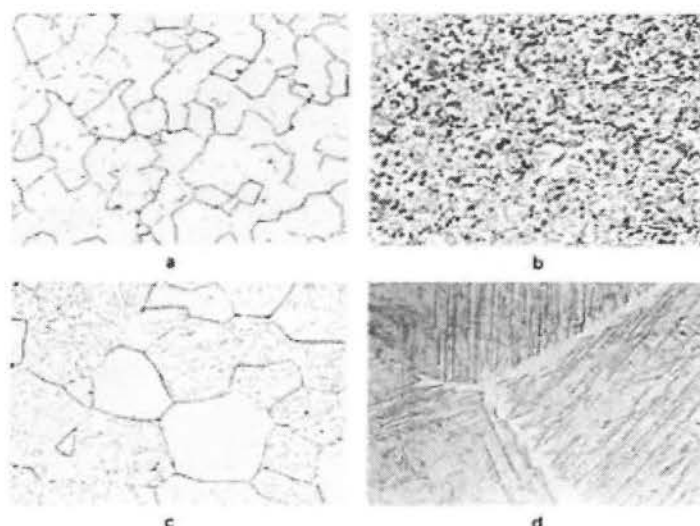
Η προσθήκη ελεγχόμενων ποσοτήτων β-σταθεροποιητών στοιχείων έχει ως αποτέλεσμα μικροδομή η οποία είναι στην ουσία β, και η οποία μπορεί να ενισχυθεί με θερμή κατεργασία. Ένα άλλο κράμα Ti, το Ti13Nb13Zr, παρουσιάζει μαρτενιτική δομή μετά από βαφή και επαναφορά με νερό, το οποίο παρουσίασε υψηλή αντοχή στη διάβρωση με χαμηλό μέτρο ελαστικότητας ($E=79\text{MPa}$). Ο σχηματισμός πλακών μαρτενσίτη μειώνει σημαντικά την ελαστική παραμόρφωση στο πλέγμα της κρυσταλλικής δομής και αυξάνει την αντοχή.

Το τιτάνιο αποκτά την αντίσταση του σε διάβρωση μέσω του σχηματισμού ενός στρώματος στερεού οξειδίου βάθους 10nm. Σε συνθήκες in vivo το οξείδιο TiO_2 είναι το μόνο σταθερό προϊόν αντίδρασης. Ωστόσο, οι μικροκινήσεις μεταξύ οστικού τσιμέντου-πρόσθεσης και οστικού τσιμέντου-οστού είναι αναπόφευκτη και συνεπώς το οξείδιο τιτανίου και τα σωματίδια από τα κράματά του απελευθερώνονται στην πρόσθεση άρθρωσης με τσιμέντο. Κάποιες φορές αυτά τα υπολείμματα από τη φθορά συγκεντρώνονται ως περιπροσθετικό υγρό και δίνει το ερέθισμα για έντονη κυτταρική απόκριση γύρω από το εμφύτευμα. Αυτή η κυστική συλλογή μεγεθύνεται και συγκεντρώνεται χρωματισμένο μαύρο υγρό που περιέχει μόρια από τη φθορά του τιτανίου και ιστοκύτταρα.

Η επιφάνεια ενός εμφυτεύματος τιτανίου αποτελείται από μια λεπτή στρώση οξειδίου και βιολογικό υγρό από μόρια νερού, διαλυμένα ιόντα και βιομόρια. Η μικρο – αρχιτεκτονική(μικρογεωμετρία, τραχύτητα), της επιφάνειας και η χημική σύνθεση είναι σημαντικά για τη φύση της επιφάνειας είτε σε ατομικό - μοριακό επίπεδο είτε σε ανώτερο επίπεδο, σχετικό με τις διαστάσεις των βιολογικών μονάδων. Μπορεί να προκαλέσει διαφορετικές επιφάνειες επαφής με τα βιομόρια και τα κύτταρα. Η χημική σύνθεση της επιφάνειας μπορεί να προκαλέσει διαφορετικούς τύπους δεσμών στα μόρια, τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν τις ιδιότητες και τη λειτουργία τους.

Η οστεοενσωμάτωση ορίζεται ως η άμεση επαφή, χωρίς ενδιάμεσους μαλακούς ιστούς, του βιώσιμου ανακατασκευασμένου οστού και ενός εμφυτεύματος. Η τραχύτητα της επιφάνειας των κραμάτων τιτανίου έχει μια σημαντική επίδραση στην παράθεση του οστού στο εμφύτευμα και στην αντοχή εξαγωγής της διεπιφάνειας εμφυτεύματος του οστού. Η μέση τιμή της τραχύτητας είναι από 0,5 σε 5,0 μm , και η αντοχή διάτμησης της διεπιφάνειας είναι από 0,48 σε 3,50MPa. Υψηλότερα επίπεδα εξάρτησης των οστεοβλαστών αποκτώνται στις τραχιές επιφάνειες που έχουν υποστεί αμμοβολή, όπου τα κύτταρα διαφοροποιούνται περισσότερο από αυτά των λείων επιφανειών (Keller, 2000). Οι χημικές μεταβολές της επιφάνειας του τιτανίου που ακολουθούνται από θερμική κατεργασία τείνουν να σχηματίζουν ένα στρώμα υδροπηκτώματος από TiO_2 στο επάνω μέρος του στρώματος του, το οποίο είναι δυνατόν να επιφέρει σχηματισμό κρυστάλλου απατίτη.

Γενικά στις πιο τραχιές επιφάνειες υπάρχουν λιγότερα κύτταρα, μειωμένος βαθμός της κυτταρικής εξάπλωσης και αύξηση της παραγωγής της μήτρας συγκριτικά με τις λείες επιφάνειες.



Σχήμα 4.1.2.:Μικροδομή των κραμάτων Ti (500X). (a) Ανοπτημένο α- κράμα, (b) Ti6Al4V, α-β ανοπτημένο κράμα, (c) β- κράμα ανοπτημένο, (d) Ti6Al4V, με θερμή επεξεργασία στους 1650°C και ανοπτημένο.[16]

4.1.3. Κράματα TiNi

Τα κράματα τιτανίου – νικελίου παρουσιάζουν ενδιαφέρουσες ιδιότητες. Για παράδειγμα, μετά την παραμόρφωσή του, το υλικό μπορεί να επανέλθει γρήγορα στο προηγούμενο σχήμα του, με θέρμανση αυτού. Το φαινόμενο ονομάζεται «επίδραση μνήμης σχήματος» (shape memory effect-SME).

Το ισοατομικό κράμα TiNi ή κράμα NiTi (νιτινόλη), εμφανίζει αυτή την ιδιότητα ακόμη και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αν υποστεί πλαστική παραμόρφωση κάτω από τη θερμοκρασία μετασχηματισμού, τότε μπορεί να επανακάμψει στο αρχικό σχήμα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Μια ακόμη ασυνήθιστη ιδιότητα είναι η υπερελαστικότητα. Όπως γίνεται αντιληπτό, η τάση της αυξανόμενης επιμήκυνσης δεν αυξάνεται μετά την αρχική ελαστική περιοχή τάσης και μετά την επιβολή του φορτίου ή της επιμήκυνσης. Το μεταλλικό ελατήριο επανέρχεται στο αρχικό σχήμα, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα μέταλλα. Η υπερελαστική ιδιότητα αξιοποιείται στα ορθοδοντικά σύρματα, καθώς τα συμβατικά από ανοξείδωτο χάλυβα είναι δύσκαμπτα και τραχιά για τα δόντια, αλλά ταυτόχρονα αξιοποιείται και η ιδιότητα μνήμης σχήματος.

Προκειμένου να βελτιωθούν οι εφαρμογές αυτών των κραμάτων, είναι επιβεβλημένη η κατανόηση της μηχανικής και της θερμικής συμπεριφοράς, που σχετίζονται με τον μετασχηματισμό της μαρτενσιτικής φάσης. Ένα ευρέως γνωστό κράμα TiNi είναι το 55-Nitinol (55% κατά βάρος ή 50% ατομικά Ni), το οποίο έχει μηχανική μνήμη, υψηλή ακουστική απόσβεση, άμεση μετατροπή θερμικής ενέργειας σε μηχανική, καλές ιδιότητες κόπωσης και ολκιμότητα σε χαμηλή θερμοκρασία. Απόκλιση από το 60-Nitinol στην κατεύθυνση υψηλού Ni, αποδίδει μια δεύτερη ομάδα κραμάτων, τα οποία είναι και αυτά

πλήρως μη μαγνητικά, αλλά διαφέρουν από το 55-Nitinol, λόγω της ικανότητάς τους να σκληραίνονται θερμικά σε υψηλότερα επίπεδα σκληρότητας. Η δυνατότητα ανάκτησης του σχήματος μειώνεται και η ικανότητα θερμικής επεξεργασίας αυξάνεται γρήγορα, καθώς το ποσοστό του Ni πλησιάζει το 60%. Τόσο το 55-Nitinol, όσο και το 60-Nitinol έχουν σχετικά χαμηλά μέτρα ελαστικότητας και μπορεί να είναι πιο δύσκαμπτα και ανθεκτικά.

Η ικανότητα ανάκτησης σχήματος του κράματος 55-Nitinol μπορεί να ελεγχθεί μεταβάλλοντας τις θερμοκρασίες σκλήρυνσης κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας. Για πιο αποτελεσματική ανάκτηση, το σχήμα σταθεροποιείται περιορίζοντας το δοκίμιο σε μια επιθυμητή διαμόρφωση και θέρμανση στους 482-510°C. Εάν το ανοπτημένο σύρμα είναι παραμορφωμένο σε μια θερμοκρασία κάτω από τη θερμοκρασία ανάκτησης σχήματος, τότε η ανάκτηση θα γίνει με θέρμανση, με αποτέλεσμα την παραμόρφωση η οποία δεν ξεπερνάει τα κρυσταλλογραφικά όρια της τάσης. Επίσης, παρουσιάζει καλή βιοσυμβατότητα και αντοχή στη διάβρωση in vivo.

Οι μηχανικές ιδιότητες των κραμάτων NiTi είναι εξαιρετικά ευαίσθητες στη στοιχειομετρική σύνθεση και σε κάθε θερμικό και μηχανικό ιστορικό. Παρόλο που αρκετά θέματα είναι γνωστά σχετικά με τη διεργασία, τη μηχανική συμπεριφορά και για ιδιότητες σχετικές με το SME, πολύ λίγα είναι γνωστά για τη θερμομηχανική και τη φυσική μεταλλουργία του κράματος. Στον πίνακα 4.1.5 παρατίθεται μια τυπική κατάσταση του NiTi.

| Στοιχείο | Σύσταση (%) |
|----------|--------------|
| Νικέλιο | 54,01 |
| Κοβάλτιο | 0,64 |
| Χρώμιο | 0,76 |
| Μαγγάνιο | 0,64 |
| Σίδηρος | 0,66 |
| Τιτάνιο | Σε ισορροπία |

Πίνακας 4.1.5.: Χημική σύσταση σύρματος από κράμα NiTi.[17]

4.1.4. Κράματα CoCr

Κυρίως υπάρχουν δυο τύποι κραμάτων κοβαλτίου – χρωμίου, το χυτό κράμα CoCrMo και το κράμα CoNiCrMo, που συνήθως υφίσταται κατεργασία σφυρηλάτησης. Το πρώτο κράμα αρχικά χρησιμοποιείται για οδοντιατρικές εφαρμογές και στις τεχνικές αρθρώσεις. Το δεύτερο χρησιμοποιείται σε στελέχη προθέσεων για αρθρώσεις που δέχονται υψηλά φορτία, όπως το ισχίο και το γόνατο.

Η ASTM κατηγοριοποίησε τα κράματα CoCr που συνιστώνται σε εφαρμογές χειρουργικών εμφυτευμάτων, στο χυτό κράμα CoCrMo (F75), το κράμα κατεργασίας CoCrWNi (F90), το κράμα κατεργασίας CoNiCrMo (F562) και το κράμα κατεργασίας CoNiCrMoWFe (F563). Στον πίνακα 4.1.6 παρατηρείται ότι οι χημικές συνθέσεις των παραπάνω διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους.

| Στοιχείο | CoCrMo (F75) | | CoCrWNi (F90) | | CoNiCrMo (F562) | | CoNiCrMoWFe (F563) | |
|----------|--------------|------|---------------|------|-----------------|-------|--------------------|-------|
| | min | max | min | max | min | max | min | max |
| Cr | 27,0 | 30,0 | 19,0 | 21,0 | 19,0 | 21,0 | 18,00 | 22,00 |
| Mo | 5,0 | 7,0 | - | - | 9,0 | 10,5 | 3,00 | 4,00 |
| Ni | - | 2,5 | 9,0 | 11,0 | 33,0 | 37,0 | 15,00 | 25,00 |
| Fe | - | 0,75 | - | 3,0 | - | 1,0 | 4,00 | 6,00 |
| C | - | 0,35 | 0,05 | 0,15 | - | 0,025 | - | 0,05 |
| Si | - | 1,00 | - | 1,00 | - | 0,15 | - | 0,50 |
| Mn | - | 1,00 | - | 2,00 | - | 0,15 | - | 1,00 |
| W | - | - | 14,0 | 16,0 | - | - | 3,00 | 4,00 |
| P | - | - | - | - | - | 0,015 | - | - |
| Si | - | - | - | - | - | 0,010 | - | 0,010 |
| Ti | - | - | - | - | - | 1,0 | 0,50 | 3,50 |
| Co | Σε ισορροπία | | | | | | | |

Πίνακας 4.1.6.: Χημική σύνθεση των κραμάτων Co-Cr.[18]

Τα δύο βασικά στοιχεία των κραμάτων CoCr σχηματίζουν μια στερεή σύνθεση, με περισσότερο από 65% σε Co. Το μολυβδαίνιο προστίθεται για τη δημιουργία λεπτόκοκκων υλικών, τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερες αντοχές μετά από χύτευση ή σφυρηλάτηση. Το χρώμιο έχει καλή αντοχή στη διάβρωση, αλλά και στην ισχυροποίηση του στερεού διαλύματος του κράματος.

Το κράμα CoNiCrMo είναι γνωστό ως MP35N και περιέχει περίπου 35%Coκαι 35% Ni. Το κράμα έχει μεγάλη αντοχή στη διάβρωση από το θαλασσινό νερό υπό πίεση. Η ψυχρή κατεργασία μπορεί να αυξήσει την αντοχή του κράματος σημαντικά. Ωστόσο, υπάρχει μια σημαντική δυσκολία στη ψυχρή κατεργασία αυτού του κράματος, ειδικά κατά την κατασκευή συσκευών, όπως τα στελέχη της άρθρωσης του ισχίου. Για την κατασκευή ενός μεγάλου εμφυτεύματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο θερμή σφυρηλάτηση με κράμα.

Οι ιδιότητες φθοράς των δύο κραμάτων είναι παρόμοιες και περίπου έχουν μετρηθεί στα 0,14mm/yr σε δοκμές προσομοίωσης άρθρωσης με κυπέλλιο από πολυαιθυλένιο υπερυψηλού μοριακού βάρους. Το κράμα CoCrMo συνιστάται για τις επιφάνειες των προσθέσεων που φέρουν φορτία εξαιτίας των μη ικανοποιητικών ιδιοτήτων τριβής. Αντιθέτως, οι ανώτερες ιδιότητες κόπωσης και μέγιστης εφελκυστικής αντοχής του κράματος CoNiCrMo, το καθιστούν κατάλληλο για εφαρμογές που απαιτούν μακρά διάρκεια ζωής χωρίς προβλήματα θραύσης και κόπωσης, όπως οι προσθέσεις αρθροπλαστικής ισχίου. Οι μηχανικές ιδιότητες που απαιτούνται για τα κράματα CoCr παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1.7, όπου μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η αυξημένη αντοχή συνοδεύεται από μειωμένη ελαστικότητα, ενώ και τα δύο κράματα έχουν πολύ καλή αντοχή στη διάβρωση.

Τα μεταλλικά προϊόντα που απελευθερώνονται από τις προσθέσεις εξαιτίας της φθοράς, της διάβρωσης και της τριβής μπορούν να επηρεάσουν τους γειτονικούς ιστούς και τα όργανα. Πειραματικές μελέτες έχουν δείξει ότι τα σωματίδια Co είναι τοξικά και επηρεάζουν τους ανθρώπινους οστεοβλάστες αναστέλλοντας τη σύνθεση του κολλαγόνου τύπου I στο μέσο καλλιέργειας.

Το μέτρο ελαστικότητας για τα κράματα CoCr δε μεταβάλλεται με αλλαγές στη μέγιστη τιμή αντοχής τους σε εφελκυσμό. Οι τιμές κυμαίνονται από 220GPa έως 234GPa, και είναι υψηλότερες απ' ό,τι σε άλλα υλικά, όπως οι ανοξείδωτοι χάλυβες. Κάτι τέτοιο ίσως έχει συνέπειες σε διαφορετικό τρόπο μεταφοράς φορτίου μεταξύ του οστού και του εμφυτεύματος. Η επίδραση της αύξησης του μέτρου ελαστικότητας στη σταθερότητα και τη μακροζωία του εμφυτεύματος δεν είναι πλήρως σαφείς. Η χαμηλή φθορά παρουσιάζεται ως πλεονέκτημα των metal-on-metal αρθρώσεων ισχίου λόγω της σκληρότητας και της ανθεκτικότητας που εμφανίζουν (Park, B.J. and Young, K.K. 2000, p.625).

| Ιδιότητα | Χυτό CoCrMo(F75) | Κατεργασμένο CoCrWNi(F90) | Κατεργασμένο CoNiCrMo (F562) | |
|-----------------------------|------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | Σκληρυμένο Διάλυμα | Ψυχρή κατεργασία και Γήρανση |
| Εφελκυστική Αντοχή (MPa) | 655 | 860 | 793-1000 | 1793min |
| Αντοχή Ένδοσης (0,2%) (MPa) | 450 | 310 | 240-655 | 1585 |
| Επιμήκυνση (%) | 8 | 10 | 50 | 8 |
| Μείωση της επιφάνειας (%) | 8 | - | 65 | 35 |
| Αντοχή σε κόπωση (Mpa) | 310 | - | - | - |

Πίνακας 4.1.7.: Απαιτούμενες Μηχανικές Ιδιότητες για τα κράματα Co-Cr.[19]

4.2.ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΒΙΟΪΛΙΚΑ

Πολυμερή χαρακτηρίζονται τα υλικά που αποτελούνται από πολύ μεγάλα μόρια-αλυσίδες ατόμων άνθρακα, στα οποία συνδέονται διάφορα άτομα ή ρίζες. Γίνεται αντιληπτό ότι τα μακρομόρια αυτά αποτελούνται από ομάδες μονομερών, δηλαδή μικρότερες δομικές μονάδες, που επαναλαμβάνονται κατά μήκος της αλυσίδας. Με αποτέλεσμα το μοριακό βάρος να είναι πολύ υψηλό υπερβαίνοντας κάποιες φορές το ένα εκατομμύριο. Οι αλυσίδες δεν είναι πάντα γραμμικές, αλλά συχνά μπορούν να διακλαδώνονται, να διασταυρώνονται ή να δικτυώνονται σχηματίζοντας τρισδιάστατες δομές. Αυτές οι διαμορφώσεις επιφέρουν αλλαγές στα φυσικά χαρακτηριστικά και τη συμπεριφορά του υλικού.

Τα πολυμερή που χρησιμοποιούνται ως βιοϋλικά είναι είτε φυσικά είτε τεχνητά. Τα φυσικά πολυμερή παράγονται μέσα από βιολογικές διεργασίες και απαντώνται, κατά κύριο λόγο, στους τένοντες, στα οστά, στα δόντια και στα αιμοφόρα αγγεία. Αντιπροσωπευτικά δείγματα είναι το κολλαγόνο, η ελαστίνη και η κερατίνη, όπου λειτουργικός τους ρόλος είναι η μηχανική στήριξη, η εξωτερική προστασία, η θερμική μόνωση, η συστολή και κινητικότητα.

Αρκετά εκτεταμένη είναι η χρήση των τεχνητών πολυμερών, κυρίως χάρη στην ικανότητά τους να μορφοποιούνται εύκολα και να αποκτούν διάφορες μορφές και να είναι ελαστικά. Όμως υστερούν σε σχέση με άλλα βιοϋλικά στη συμπεριφορά. Μακροπρόθεσμα αποσχηματίζονται, ενώ μπορούν να διασπαστούν και δεν είναι σκληρά. Οι κυριότερες κατηγορίες τεχνητών πολυμερών είναι το πολυαιθυλένιο, τα πολυαμίδια, ο πολυμεθακρυλικός μεθυλεστέρας, το πολυτετραφθοροαιθυλένιο και οι πολουρεθάνες.

4.2.1. Χιτίνη και Χιτοζάνη

Η χιτίνη και το παραγωγό της η χιτοζάνη είναι γραμμικά πολυμερή που εντοπίζονται κυρίως στους εξωσκελετούς. Η χιτίνη σχηματίζει μακριές γραμμικές αλυσίδες που χρησιμεύουν ως δομικά στοιχεία. Εμφανίζεται με τη μορφή διατεταγμένων κρυσταλλικών μικροϊνιδίων προσδίδοντας σταθερότητα στη δομή. Χαρακτηρίζεται από εξαιρετικές ιδιότητες, καθώς είναι σκληρή και αδιάλυτη, ταυτόχρονα όμως είναι εύκαμπτη και παρουσιάζει άριστη βιοσυμβατότητα.

4.2.2. Πολυαιθυλένιο

Το πολυαιθυλένιο (PE) είναι διαθέσιμο στο εμπόριο σε πέντε κατηγορίες: το υψηλής πυκνότητας (HDPE), το χαμηλής πυκνότητας (LDPE), το γραμμικό χαμηλής πυκνότητας (LLDPE), το πολύ χαμηλής πυκνότητας (VLDPE) και το πολύ υψηλού μοριακού βάρους (UHMWPE).

Το HDPE πολυμερίζεται σε χαμηλή θερμοκρασία (60-80°C) και σε χαμηλή πίεση περίπου 10kg/cm², χρησιμοποιώντας μεταλλικούς καταλύτες. Λαμβάνεται ένα κρυσταλλικό, γραμμικό πολυμερές με εύρος πυκνότητας από 0,94 έως 0,965gr/cm³. Το LDPE παράγεται με υψηλή θερμοκρασία, 150-300°C και πιέσεις 1.000-3.000kg/cm². Λαμβάνεται ένα υψηλά ομοιοπολικό πολυμερές με χαμηλότερη κρυσταλλικότητα και εύρος πυκνοτήτων από 0,915 έως 0,935gr/cm³. Το LLDPE και το VLDPE είναι γραμμικά πολυμερή, πολυμερίζονται κάτω από χαμηλές πιέσεις και θερμοκρασίες, ώστε να αποκτήσουν τις επιθυμητές ιδιότητες και πυκνότητες 0,91-0,94gr/cm³ και 0,88-0,89gr/cm³ αντίστοιχα. Το UHMWPE χρησιμοποιείται για κατασκευές ορθοπεδικών εμφυτευμάτων που έχουν εφαρμογή μεγάλου φορτίου, όπως το κυπέλλιο του ισχίου και η επιγονατίδα, επιπρόσθετα εμφανίζει εξαιρετικά υψηλή αντίσταση στην κρούση, στη φθορά και στην τριβή, ενώ έχει χαμηλό συντελεστή τριβής και καλή χημική αντίσταση στους κοινούς διαλύτες.

4.2.3. Πολυμεθακρυλικός μεθυλεστέρας

Ο πολυμεθακρυλικός μεθυλεστέρας (PMMA) έχει ειδικό βάρος 1,18-1,20g/cm³ και έτσι υπάρχει ελάττωση του όγκου κατά 21% σε σχέση με το αντίστοιχο μονομερές. Μια πολύ σημαντική παράμετρος είναι η σταθερότητα των διαστάσεων του υλικού. Η απορρόφηση

νερού από τις ακρυλικές ρητίνες είναι αμφίδρομη, δηλαδή το νερό αποβάλλεται κατά την ξήρανση, για αυτό και μια οδοντοστοιχία, που είναι κατασκευασμένη από PMMA, αν δεν φυλάσσεται σε υγρό περιβάλλον μπορεί να στρεβλώσει.

4.2.4. Πολυβινυλοχλωρίδιο

Το Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) είναι ένα άμορφο, άκαμπτο πολυμερές, λόγω της μεγάλης πλευρικής ομάδας. Έχει υψηλό ιξώδες τήξης, γι' αυτό και είναι δύσκολο να επεξεργαστεί. Για να προστατευθεί η θερμική πτώση του πολυμερούς, ενσωματώνονται θερμικοί σταθεροποιητές, όπως μεταλλικά άλατα λιπαρών οξέων ή άλατα. Τα λιπαντικά σταθεροποιούνται σε μίγματα PVC ώστε να εμποδίσουν την επιμονή σε μεταλλικές επιφάνειες και να διευκολύνουν τη ροή τήξης κατά τη διάρκεια της διεργασίας. Πλαστικοποιητές χρησιμοποιούνται σε εύρος από 10 έως 100 μέρη ανά 100 μέρη ρητίνης PVC για να το κάνουν εύκαμπτο.

4.2.5. Πολυπροπυλένιο

Το πολυπροπυλένιο (PP) μπορεί να πολυμεριστεί μέσω ενός παραγόμενου στερεοχημικά Ziegler – Nattaκαταλύτη, ο οποίος ελέγχει την ισοστατική θέση της μεθυλομάδας. Το πολυπροπυλένιο έχει εξαιρετικά υψηλή διάρκεια κάμψης και εξαιρετική αντοχή στην τάση θραύσης του περιβάλλοντος, γι' αυτό δοκιμάστηκε στην προσθετική αρθρώσεων δαχτύλων. Η διαπερατότητα του ατμού και του νερού του PP είναι μεταξύ αυτών του LDPE και του HDPE.

4.3. ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΒΙΟΪΛΙΚΑ

Τα κεραμικά έχουν βασικά συστατικά, ανόργανα μη μεταλλικά υλικά. Είναι δύστηκτες πολυκρυσταλλικές ενώσεις, συνήθως ανόργανες, που περιλαμβάνουν άλατα πυριτικού οξέος, μεταλλικά οξειδία, καρβίδια και διάφορα δύστηκτα υβρίδια, σουφλίδια και σεληνίδια. Οξειδία όπως τα Al_2O_3 , MgO , SiO_2 και ZrO_2 περιέχουν μεταλλικά και μη μεταλλικά στοιχεία και ιοντικά άλατα, όπως $NaCl$, $CsCl$ και ZnS . Εξαιρέσεις στα προηγούμενα αποτελούν τα κεραμικά ομοιοπολικών δεσμών, όπως το διαμάντι και ανθρακούχες δομές, όπως γραφίτης και πυρολυμένοι άνθρακες.

Σε αντίθεση με τα μέταλλα και τα πολυμερή, τα κεραμικά είναι δύσκολο να κατασκευαστούν, λόγω της ιοντικής φύσης του δεσμού και του ελάχιστου αριθμού των

συστημάτων ολίσθησης. Αυτά τα χαρακτηριστικά κάνουν τα κεραμικά ψαθυρά και να έχουν σχεδόν μηδενική παραμόρφωση σε θερμοκρασία δωματίου. Συνεπώς, τα κεραμικά εμφανίζουν μικρή αντοχή σε εφελκυσμό, μικρή αντοχή σε κόπωση, εύκολη διάδοση των ρωγμών.

4.3.1. Αλουμίνα

Η βασική πηγή της αλουμίνας υψηλής καθαρότητας (οξειδίο αλουμινίου Al_2O_3) είναι ο βωξίτης και το ατόφιο κουρούνδιο. Η συνήθως διαθέσιμη αλουμίνα μπορεί να παρασκευαστεί με πύρωση τρι-ένυδρης αλουμίνας. Η ASTM ορίζει ότι η αλουμίνα που χρησιμοποιείται στα εμφυτεύματα πρέπει να περιέχει 99,5% καθαρή αλουμίνα και λιγότερο από 0,1% συνδυασμό SiO_2 και αλκαλικών οξειδίων, κυρίως Na_2O .

Η αντοχή της πολυκρυσταλλικής αλουμίνας εξαρτάται από το μέγεθος των κόκκων και το πορώδες της. Γενικά, όσο μικρότεροι είναι οι κόκκοι, τόσο χαμηλότερο το πορώδες και υψηλότερη η αντοχή. Το πρότυπο ASTM απαιτεί μια αντοχή κάμψεως μεγαλύτερη από 400GPa και ένα μέτρο ελαστικότητας 380GPa. Η αλουμίνα έχει υψηλή σκληρότητα, χαμηλό συντελεστή τριβής και άριστη αντίσταση στη διάβρωση. Έτσι προσφέρουν χαμηλό ποσοστό φθοράς στις επιφάνειες των αρθρώσεων.

Τόσο η πολυκρυσταλλική όσο και η μονοκρυσταλλική αλουμίνα έχουν χρησιμοποιηθεί κλινικά. Η υψηλή σκληρότητα συνοδεύεται από χαμηλή τριβή, φθορά και αδράνεια, στις in vivo δοκιμές. Αυτές οι ιδιότητες κάνουν την αλουμίνα ένα ιδανικό υλικό για την αντικατάσταση αρθρώσεων. Εμφυτεύματα σε κόκκαλα μαϊμούδων, με οξειδία του αλουμινίου δεν έδειξαν κανένα σημάδι απόρριψης και τοξικότητας μέσα σε 350 μέρες. Μια από τις πιο δημοφιλείς χρήσης του οξειδίου του αλουμινίου είναι η ολική αρθροπλαστική ισχίου.

4.3.2. Ζιρκονία

Η καθαρή ζιρκονία (ZrO_2) μπορεί να αποκτηθεί με χημική μετατροπή του ζιρκον που είναι ένα πλούσιο ανόργανο μεταλλικό ίζημα. Σε θερμοκρασία μικρότερη από 2680°C εμφανίζεται σε τρεις κρυσταλλικές καταστάσεις, την κυβική, την τετραγωνική και την μονοκλινική.

Η μείωση του συντελεστή γραμμικής θερμικής διαστολής, καθώς και των μεταβολών του όγκου κατά τη θερμική επεξεργασία που παρουσιάζει η μερικώς σταθεροποιημένη ζιρκονία σε σχέση με τη μονοκλινική προσφέρει μεγαλύτερη αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις και αντίσταση στη διάβρωση και χαρακτηρίζεται σκληρότερη. Στον πίνακα 4.1.8 παρατηρείται ότι οι ιδιότητες της ζιρκονίας είναι κάπως κατώτερες από αυτές της αλουμίνας.

| Ιδιότητες | Αλουμίνα | Ζιρκονία |
|--------------------------------|-----------|----------|
| Μέτρο ελαστικότητας (Gra) | 380 | 190 |
| Αντοχή σε κάμψη (Gra) | >0,4 | 1 |
| Σκληρότητα, Mohs | 9 | 6,5 |
| Πυκνότητα (g/cm ³) | 3,8 - 3,9 | 5,95 |
| Μέγεθος κόκκων (μm) | 4 | 0,6 |

Πίνακας 4.1.8.: Απαιτήσεις των φυσικών ιδιοτήτων της αλουμίνας και της μερικώς σταθεροποιημένης ζιρκονίας.[20]

4.3.3. Καρβίδια

Τα καρβίδια μπορούν να δημιουργηθούν σε πολλούς διαφορετικούς αλλοτροπικούς σχηματισμούς, κρυσταλλικό διαμάντι, γραφίτης, μη κρυσταλλικό υαλώδες καρβίδιο και ημικρυσταλλικό πυρολιτικό καρβίδιο. Επίσης, είναι πιθανή η επίστρωση επιφανειών με διαμάντι. Η κρυσταλλική δομή του καρβιδίου είναι παρόμοια με τη δομή του γραφίτη. Οι δισδιάστατες εξαγωνικές διατάξεις σχηματίζονται από ισχυρούς ομοιοπολικούς δεσμούς, στους οποίους ένα από τα ηλεκτρόνια ή άτομα σθένους είναι ελεύθερα να κινούνται, έχοντας ως αποτέλεσμα υψηλή αλλά ανισοτροπική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Από τη στιγμή που ο δεσμός μεταξύ των στρωμάτων είναι ισχυρότερος από τις δυνάμεις Vander Walls, προτάθηκε ότι τα στρώματα διασταυρώνονται.

Οι μηχανικές ιδιότητες του καρβιδίου, ειδικά του πυρολυτικού εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την πυκνότητά του. Η αύξηση των μηχανικών ιδιοτήτων είναι ανάλογη με την αύξηση της πυκνότητας, γεγονός που δείχνει ότι οι ιδιότητες του πυρολυτικού καρβιδίου εξαρτώνται κυρίως από τη συνολική δομή του υλικού. Ο γραφίτης και το υαλώδες καρβίδιο έχουν πολύ χαμηλότερη μηχανική αντοχή από το πυρολυτικό καρβίδιο. Ωστόσο, η μέση τιμή του μέτρου ελαστικότητας είναι περίπου ίδια για όλα τα καρβίδια. Η αντοχή του πυρολυτικού καρβιδίου είναι ελαφρώς υψηλότερη συγκριτικά με του γραφίτη και του υαλώδους καρβιδίου.

| Ιδιότητες | Τύποι καρβιδίων | | |
|---|-----------------|--------|-------------------------|
| | Γραφίτης | Υαλώδη | Πυρολιτικά [Ⓔ] |
| Πυκνότητα (g/cm ³) | 1,5 - 1,9 | 1,5 | 1,5 - 2,0 |
| Μέτρο ελαστικότητας (Gra) | 24 | 24 | 28 |
| Τάση συμπίεσης (Mpa) | 138 | 172 | 517 (575 [Ⓔ]) |
| Σκληρότητα (Mn/cm ²) [Ⓔ] | 6,3 | 0,6 | 4,8 |

[Ⓔ] 1,0 w/ο πυρολυτικό καρβίδιο με Si, Pyrolite[Ⓔ] 1 m-N/cm²

Πίνακας 4.1.9.: ιδιότητες διάφορων τύπων καρβιδίων.[21]

4.3.4. Φωσφορικό Ασβέστιο

Το φωσφορικό ασβέστιο χρησιμοποιείται στο σχηματισμό του τεχνητού οστού. Μπορεί να κρυσταλλωθεί σε άλατα, όπως ο υδροξυαπατίτης. Ο σχηματισμός απατίτη του φωσφορικού ασβεστίου θεωρείται ότι είναι στενά συνδεδεμένος με την ανόργανη φάση του οστού και των δοντιών. Οι μηχανικές ιδιότητες του συνθετικού φωσφόρου ασβεστίου διαφέρουν σημαντικά. Οι μεγάλες διαφορές στις ιδιότητες του πολυκρυσταλλικού φωσφορικού ασβεστίου είναι λόγω των διαφορών στη δομή και τις κατεργασίες κατασκευής.

Ο πολυκρυσταλλικός υδροξυαπατίτης έχει χαμηλό μέτρο ελαστικότητας, 40–117GPa. Οι σκληροί ιστοί, όπως των οστών, είναι φυσικά σύνθετα και περιέχουν υδροξυαπατίτη. Το σμάλτο είναι ο πιο άκαμπτος σκληρός ιστός, με μέτρο ελαστικότητας 74GPa και περιέχει τις περισσότερες ανόργανες ουσίες. Η οδοντίνη με μέτρο ελαστικότητας 21GPa και το συμπαγές οστό με $E=12-18GPa$ περιέχουν λιγότερα ανόργανες ουσίες. Ο λόγος του Poisson για τις ανόργανες ουσίες ή τον συνθετικό υδροαπατίτη είναι περίπου 0,27, που είναι κοντά σε αυτό του οστού 0,3.

| Ιδιότητες | Τιμές |
|---|-----------|
| Μέτρο ελαστικότητας (Gpa) | 4,0 - 117 |
| Αντοχή σε συμπίεση (Mpa) | 294 |
| Αντοχή σε λυγισμό (Mpa) | 147 |
| Σκληρότητα (Vickers, Gpa) | 3,43 |
| Λόγος Poisson | 0,27 |
| Πυκνότητα (Θεωρητική, g/cm ³) | 3,16 |

Πίνακας 4.1.10.: Φυσικές ιδιότητες του φωσφορικού ασβεστίου.[22]

4.4. ΣΥΝΘΕΤΑ ΒΙΟΪΛΙΚΑ

Στην κατηγορία των σύνθετων υλικών εντάσσονται τα υλικά που αποτελούνται από δύο ή περισσότερα συστατικά, τα οποία συνδυάζονται για να επιτευχθούν ειδικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά, όπου το καθένα από τα συμμετέχοντα συστατικά δεν μπορεί από μόνο του να επιτύχει. Τα σύνθετα υλικά χαρακτηρίζονται από τη συνύπαρξη δύο τουλάχιστον μακροσκοπικά διακρινόμενων συστατικών, το πλέγμα και ενισχυτική φάση, με το συστατικό ενίσχυσης να προσδίδει στο υλικό βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες.

4.4.1. Κεραμικά Σύνθετα Βασισμένα στον Υδροξυαπατίτη

Η κατασκευή κεραμικών σύνθετων υλικών με βάση τον υδροξυαπατίτη μπορεί να λύσει μερικώς το πρόβλημα των ανεπαρκών μηχανικών ιδιοτήτων και επιπλέον μπορούν να κατασκευαστούν με τρόπο τέτοιο ώστε να ελέγχει τις βιολογικές ιδιότητες του εμφυτεύματος.

Ενισχύσεις υπό τη μορφή μορίων, δίσκων, μακρών ινών, ζιρκονίας και νανομορίων έχουν δοκιμαστεί προκειμένου να αυξήσουν τη μηχανική αξιοπιστία των υλικών και την αντοχή τους σε φθορά. Έχει παρατηρηθεί ότι με αυτή τη προσέγγιση αυξάνεται η αντοχή και η δυσθραυστότητά τους, με υψηλότερες αποδόσεις από αυτές των υλικών με μεταλλική ενίσχυση.

Ο Suchanek (1998) αναφέρει ότι σε γενικές γραμμές, η βιοδραστικότητα, δηλαδή η ικανότητα δέσμευσης του υλικού στο οστό, μειώνεται με την προσθήκη ενισχύσεων. Επιπλέον, οι περισσότερες ενισχύσεις προκαλούν αύξηση του μέτρου ελαστικότητας του υλικού, με αποτέλεσμα να γίνεται μεγαλύτερο από αυτό του οστού και το εμφύτευμα να φέρει περισσότερο φορτίο. Κατά συνέπεια, η αντοχή του πάσχοντος οστού είναι μικρή. Αυτά τα μειονεκτήματα συνδυαζόμενα με δυσκολίες σχετιζόμενες με την παρασκευή τους αποτελούν τροχοπέδη στην ευρεία χρήση τους για εμφυτεύματα.

4.4.2. Σύνθετα Υδροξυαπατίτη – Πολυμερούς

Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση για τη βελτίωση της αξιοπιστίας και την ελάττωση της ακαμψίας των βιοϋλικών του υδροξυαπατίτη, είναι η κατασκευή σύνθετων υλικών υδροξυαπατίτη – πολυμερούς. Ενδεικτικά αναφέρεται η δημιουργία σύνθετου υλικού υδροξυαπατίτη – πολυαιθυλενίου, όπου η αύξηση της περιεκτικότητας σε υδροξυαπατίτη προκαλούσε αύξηση στο μέτρο ελαστικότητας και στη μείωση της ολκιμότητα. Αυτά τα υλικά εμφανίζουν ψαθυρή και όλκιμη μετάβαση αντίστοιχα. Το μέτρο ελαστικότητας τους είναι 1GPa και 8GPa. Παρά τις χαμηλές μηχανικές ιδιότητες, το προϊόν είχε δύο σημαντικά πλεονεκτήματα, υψηλότερη επαγωγή της οστεοσύνθεσης από τα συστατικά του.

Ένα άλλο παράδειγμα τέτοιου σύνθετου υλικού είναι το HA/poly(L-lactide), με μέτρο ελαστικότητας 5-12GPa, αντοχή σε θλίψη 78-137MPa, κάμψη 44-280MPa και εφελκυσμό 10-30MPa. Ωστόσο, πρέπει να είμαστε επιφυλακτικοί όσον αναφορά στις εφαρμογές τους ως εμφυτεύματα που φέρουν φορτία, αφενός λόγω των ιδιοτήτων τους και αφετέρου λόγω της πιθανής τοξικότητας των προϊόντων της βιοαποικοδόμησης.

| Υλικά | Πλεονεκτήματα | Μειονεκτήματα | Παραδείγματα |
|---|--|--|---|
| Μεταλλικά (Τιτάνιο, Co-Cr, ανοξείδωτος χάλυβας, κ.α.) | Δυνατά, σκληρά, όλκιμα | Μπορεί να διαβρωθούν, δύσκολα στην κατασκευή | Πλάκες οστών, βίδες, αντικατάσταση αρθρώσεων |
| Πολυμερή (Νάιλον, σιλικόνη, πολυεστέρας, πολυτετραφθοροαιθυλένιο, κ.α.) | Ελαστικά, εύκολο να κατασκευαστούν | Παραμορφώνονται με τον χρόνο, μαλακά, | Ράμματα, μύτη, αυτιά, υποδοχή ισχίου |
| Σύνθετα (Άνθρακα-άνθρακα, σύρμα ή ενισχυμένο τσιμέντο οστών) | Δυνατά | Δύσκολα στην κατασκευή | Αντικατάσταση αρθρώσεων, βαλβίδες καρδιάς |
| Κεραμικά (Οξείδια του αργιλίου, φωσφορικό ασβέστιο, υδροξυαπατίτης) | Πολύ βιοσυμβατά, αδρανή, ανθεκτικά στην συμπίεση | Εύθραυστα, δύσκολα στην κατασκευή, ψαθυρά | Αντικατάσταση γοφού, ορθοπεδικά εμφυτεύματα, οδοντική επίστρωση |

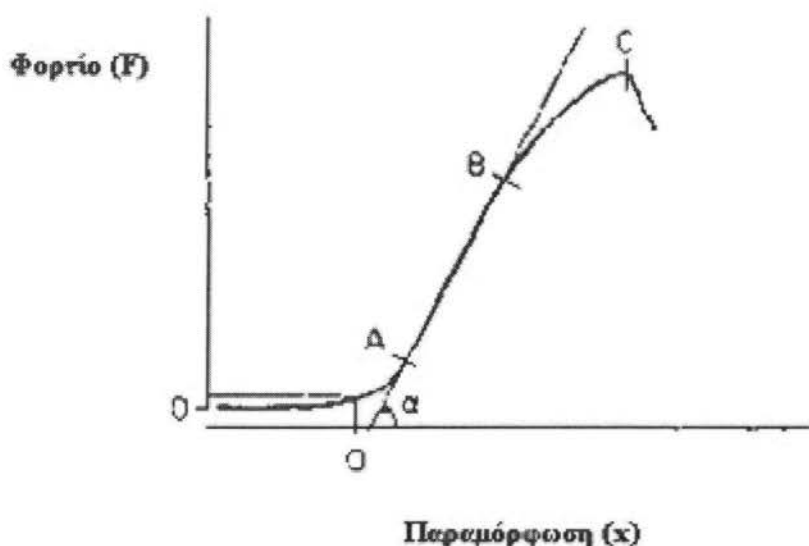
Πίνακας 4.1.11.: Υλικά για χρήση στο σώμα.[23]

4.5. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΒΙΟΪΛΙΚΑ

4.5.1. Κολλαγόνο

Το κολλαγόνο είναι επιμήκης πρωτεΐνη. Η βασική μονάδα του αποτελείται από τρεις πολυπεπτιδικές αλυσίδες, οι οποίες διαμορφώνονται δεξιόστροφα σε τριπλή έλικα βήματος 8,6nm και σχηματίζουν τελικά μια άκαμπτη ράβδο μήκους περίπου 300nm και μοριακού βάρους 300000. Σε κάθε περιστροφή της έλικας απαντώνται περίπου 3 αμινοξέα. Η κατεύθυνση της τριπλής έλικας διασφαλίζεται από δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των τριών αλυσίδων. Η κατεύθυνση των δεσμών υδρογόνου είναι κάθετη στον κεντρικό άξονα της ράβδου του κολλαγόνου.

Το κολλαγόνο είναι το βασικό στοιχείο των μαλακών και σκληρών ιστών. Δίνει δύναμη και ευστάθεια στους οργανισμούς, ενώ είναι ο κύριος φορέας των φορτίων σε καίρια σημεία των οργανισμών. Η σημασία του για τον οργανισμό μπορεί να συγκριθεί με τη σημασία του χάλυβα. Οι μηχανικές ιδιότητες των ιστών ποικίλλουν ανάλογα με τον τρόπο οργάνωσης της δομής των ινών, των κυττάρων και της θεμέλιας ουσίας. Η απλούστερη δομή, ως προς τις ίνες κολλαγόνου, περιλαμβάνει παράλληλες ίνες, όπως στην περίπτωση των τενόντων, οι οποίες είναι κυματοειδείς σε κατάσταση ηρεμίας και ευθυγραμμίζονται υπό τάση. Οι σύνδεσμοι έχουν παρόμοια δομή, αλλά πιο άτακτη. Η δομή του δέρματος, όπως και των αιμοφόρων αγγείων είναι τρισδιάστατη.



Σχήμα 4.1.3.: Καμπύλη τάσης- παραμόρφωσης για το κολλαγόνο.[24]

Από την καμπύλη διακρίνουμε ότι από το σημείο O έως A, το φορτίο αυξάνεται και έχουμε μια εκθετική αύξηση της παραμόρφωσης. Μεταξύ των σημείων A και B, η σχέση φορτίου-παραμόρφωσης είναι γραμμική. Στο τελευταίο κομμάτι, από B έως C, σχέση είναι μη γραμμική και καταλήγει σε αστοχία. Στα σημεία O και A είναι η περιοχή στην οποία συνήθως λειτουργεί ο ιστός, ενώ οι άλλες αντιστοιχούν στο απόθεμα αντοχής. Η μέγιστη τιμή φορτίου για τον ανθρώπινο τένοντα, που αντιστοιχεί στο C, κυμαίνεται μεταξύ 50 και 100 MPa, ενώ η μέγιστη παραμόρφωση είναι περίπου 10-15%. Το κολλαγόνο δεν υπακούει εντελώς στο νόμο του Hooke, όμως η κλίση του τμήματος AB μας δίνει το εφαπτόμενο μέτρο ελαστικότητας Young, που είναι περίπου 1,24GPa.

Αν ο ιστός φορτιστεί με ένα καθορισμένο ρυθμό και το μήκος κρατηθεί σταθερό τότε εμφανίζεται το φαινόμενο χαλάρωσης τάσης. Ακόμα αν πάρουμε ένα δείγμα ιστού, το θέσουμε υπό δοκιμή ελέγχου φορτίου-παραμόρφωσης για ένα κύκλο αποφόρτισης με σταθερό ρυθμό, το αφήσουμε μέχρι να ανακάμψει και επαναλάβουμε την ίδια διαδικασία φόρτισης, θα δούμε ότι η παραμόρφωση θα είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την αρχική. Αν η δοκιμή επαναληφθεί αόριστα, τότε διαπιστώνεται ότι η διαφορά μεταξύ των παραμορφώσεων μειώνεται ή ακόμη και εξαφανίζεται. Αυτό συμβαίνει λόγω της αλλαγής της εσωτερικής δομής που υφίσταται ο ιστός με την κυκλική φόρτιση.

4.5.2. Ελαστίνη

Η ελαστίνη είναι μια ινώδης πρωτεΐνη που απαντάται συνήθως στο δέρμα, στα αιμοφόρα αγγεία, στους πνεύμονες και προσδίδει ελαστικότητα στους ιστούς. Τα μόρια της ελαστίνης σχηματίζονται από σχετικά χαλαρές πολυπεπτιδικές αλυσίδες, χωρίς ιδιαίτερη δομική οργάνωση. Οι οποίες διασυνδέονται ομοιοπολικά μεταξύ τους και σχηματίζουν ένα ελαστικό πλέγμα.

Οι ελαστικές ίνες επιτρέπουν στο δέρμα και σε άλλους ιστούς να διατείνονται και κατόπιν να επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση χωρίς να υφίστανται ρήξη. Αυτή η ιδιότητα οφείλεται στην ικανότητα των μορίων της ελαστίνης να αποσυσπειρώνονται

αντιστρεπτά κατά τη διάταση. Το ερευνητικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στη χρησιμοποίησή της ελαστικής στη μηχανική ιστών και ειδικότερα στα τεχνητά αγγειακά μοσχεύματα, επιπρόσθετα στην προσπάθεια μίμησης των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων τους, συμπεριλαμβανομένης της αντοχής και της ελαστικότητας.

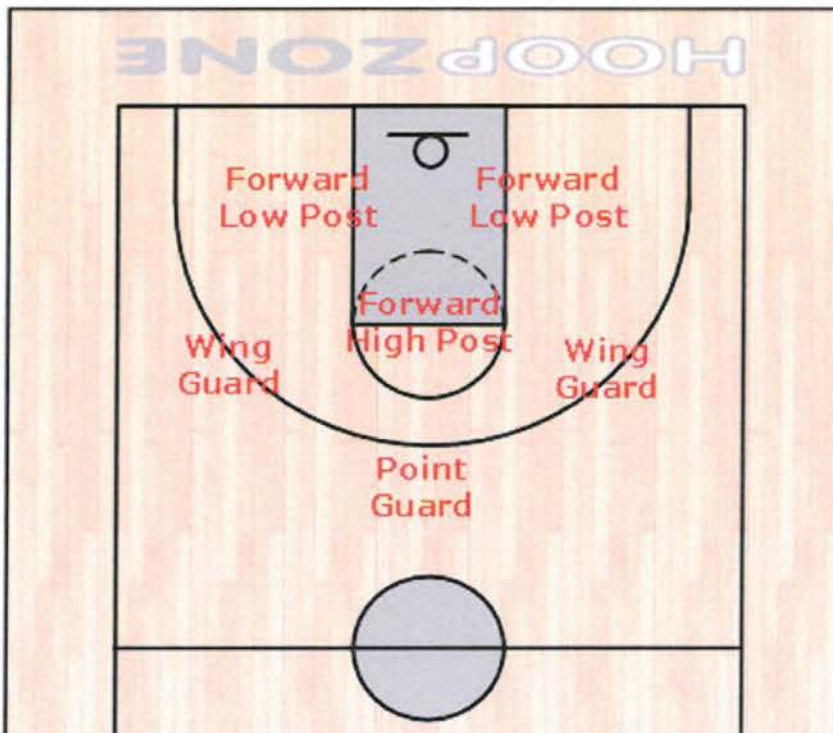
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΘΛΗΜΑΤΩΝ

Με την πάροδο του χρόνου ο αριθμός των αθλούμενων αυξάνεται, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερος ανταγωνισμός. Έτσι οι αθλητές αυξάνουν την ένταση στην προπόνηση προκαλώντας μεγαλύτερες επιφορτίσεις με κίνδυνο τη δημιουργία τραυματισμών.

Στην Ελλάδα τα αθλήματα με αυξημένο αριθμό αθλητών είναι η καλαθοσφαίριση, το ποδόσφαιρο και η πετοσφαίριση. Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί ο τρόπος διεξαγωγής των αθλημάτων αυτών για να υπάρξει μια γενική εικόνα των αγωνιστικών χώρων, των ατόμων που παίζουν και των κινήσεων που πραγματοποιούνται.

5.1. ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΗ

Η καλαθοσφαίριση παίζεται σε κλειστό γήπεδο που έχει παρκέ, με δυο αντικριστά καλάθια. Ο αγωνιστικός χώρος είναι παραλληλόγραμμος, με 28 μέτρα μήκος και 15 μέτρα πλάτος. Στο παρκέ υπάρχει μια γραμμή στα 6,75 μέτρα που από εκεί και πίσω το σουτ των παιχτών μετράει για τρεις πόντους. Από τα 6,75 μέτρα και μέσα το σουτ μετράει για δύο πόντους. Στο γήπεδο παρατάσσονται σε δύο ομάδες των πέντε ατόμων. Η κάθε ομάδα έχει επτά παίκτες στον πάγκο που μπορεί να χρησιμοποιήσει σαν αλλαγή. Οι παίκτες επιτρέπεται να ακουμπήσουν την μπάλα μόνο με τα χέρια. Ο αγώνας διαρκεί 40 λεπτά, αποτελείται από τέσσερις δεκάλεπτες περιόδους. Ανάμεσα στην πρώτη και στη δεύτερη περίοδο μεσολαβεί διάλειμμα δύο λεπτών και ανάμεσα στην δεύτερη και στην τρίτη υπάρχει ημίχρονο δεκαπέντε λεπτών, τέλος ανάμεσα στην τρίτη και την τέταρτη περίοδο υπάρχει διάλειμμα δύο λεπτών. Αν οι ομάδες έρθουν ισόπαλες συνεχίζουν μια πεντάλεπτη παράταση.



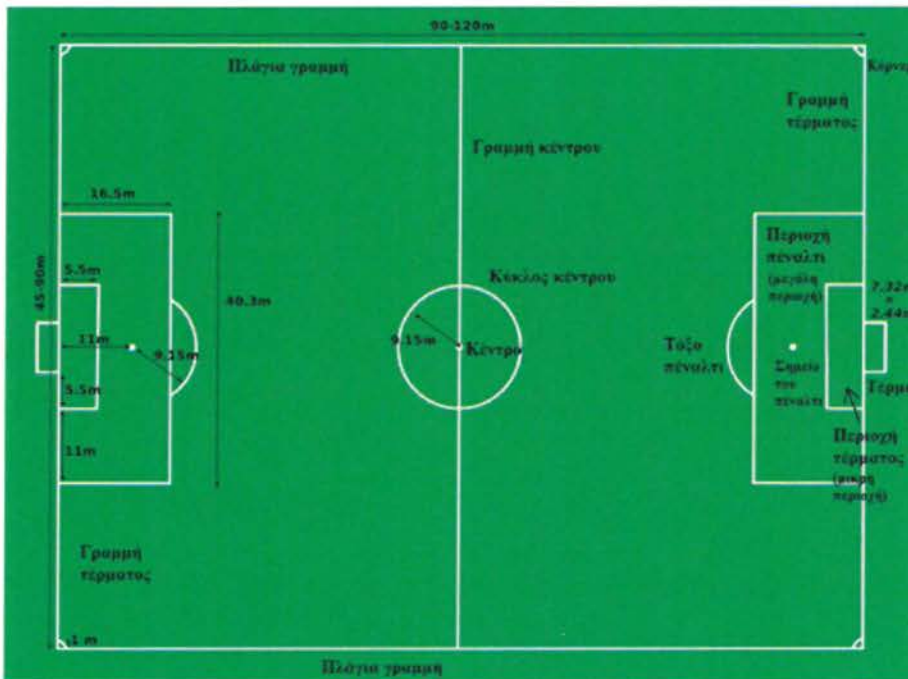
Εικόνα 5.1.: Γήπεδο καλαθοσφαίρισης και οι θέσεις.[25]

5.2. ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟ

Το ποδόσφαιρο παίζεται από δύο ομάδες, η καθεμία αποτελείται από έντεκα το πολύ παίκτες, εκ των οποίων ο ένας είναι ο τερματοφύλακας. Ένας αγώνας δεν επιτρέπεται να αρχίσει αν η κάθε ομάδα αποτελείται από λιγότερους από επτά παίκτες. Κατά τη διάρκεια του αγώνα μόνο τρεις ποδοσφαιριστές μπορούν να γίνουν αλλαγή, από τους επτά που δηλώνονται.

Οι παίκτες μπορούν να χειριστούν την μπάλα με τα πόδια και οποιοδήποτε μέρος του σώματος τους, εκτός από τα χέρια. Ο μόνος παίκτης που μπορεί να χειριστεί την μπάλα με τα χέρια είναι ο τερματοφύλακας και αυτός μπορεί να την πιάσει με τα χέρια μόνο αν βρίσκεται μέσα στην περιοχή, που καθορίζεται γύρω από το τέρμα.

Κάθε αγώνας αποτελείται από δυο περιόδους των 45 λεπτών. Ανάμεσα τους υπάρχει διάλειμμα δεκαπέντε λεπτών. Ο αγωνιστικός χώρος του ποδοσφαίρου είναι ένα γήπεδο σε σχήμα ορθογώνιου παραλληλογράμμου, με χορτάρι. Το μήκος της πλάγιας γραμμής πρέπει να κυμαίνεται από 100 μέχρι 110 μέτρα και η γραμμή τέρματος από 64 μέχρι 75 μέτρα.



Εικόνα 5.2.: Γήπεδο ποδοσφαίρου και οι διαστάσεις του.[26]

5.3. ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗ

Η πετοσφαίριση παίζεται σε γήπεδο διαστάσεων 9X18 μέτρα. Η κεντρική γραμμή χωρίζει το γήπεδο σε δύο άλλα ίσα γήπεδα διαστάσεων 9X9 μέτρα το καθένα. Το κάθε ένα από αυτά τα γήπεδα χωρίζεται σε δύο άνισες ζώνες (αμυντική και επιθετική). Η επιθετική γραμμή βρίσκεται μέχρι τα 3 μέτρα από την κεντρική γραμμή και η αμυντική γραμμή εκτείνεται από τα 3 μέτρα μέχρι τα 9 μέτρα. Πίσω από την γραμμή των 9 μέτρων βρίσκεται η ζώνη του σέρβις, η οποία έχει πλάτος 9 μέτρα. Πάνω από την κεντρική γραμμή απλώνεται φιλέ με ύψος, 2,43 μέτρα για τους άνδρες και 2,24 μέτρα για τις γυναίκες. Έχει πλάτος 1 μέτρο και μήκος 9,30 μέτρα και στις άκρες των πλάγιων γραμμών έχει δύο αντένες που προεξέχουν από το πάνω μέρος 80 εκατοστά.

Η κάθε ομάδα αποτελείται από έξι παίκτες μέσα στο γήπεδο και έξι αναπληρωματικούς. Σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς σε κάθε ομάδα μπορεί να αγωνίζεται ένας παίκτης λίμπερο. Ο λίμπερο παίζει μόνο στην άμυνα και βγαίνει όταν φτάνει στην επίθεση για να αντικατασταθεί από τον επιθετικό που άλλαξε στην άμυνα. Σκοπός του παιχνιδιού είναι να σταλεί η μπάλα πάνω από το φιλέ με στόχο την πρόσκρουση της στο αντίπαλο γήπεδο με τέτοιο τρόπο ώστε ο αντίπαλος να μην μπορέσει να την επιστρέψει χωρίς να υποπέσει σε κάποιο λάθος. Κάθε ομάδα έχει το δικαίωμα τριών επαφών με τη μπάλα. Ο ίδιος παίκτης δεν επιτρέπεται να χτυπήσει δυο συνεχόμενες φορές την μπάλα. Το παιχνίδι αποτελείται από περιόδους που τελειώνουν στους 25 νικηφόρους πόντους και έχουν διαφορά τουλάχιστον δυο πόντους από την άλλη ομάδα. Το παιχνίδι τελειώνει όταν μια ομάδα κατακτήσει τρεις περιόδους.



Εικόνα 5.3.: Γήπεδο πετοσφαίρισης.[27]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο : ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΘΛΗΜΑΤΩΝ

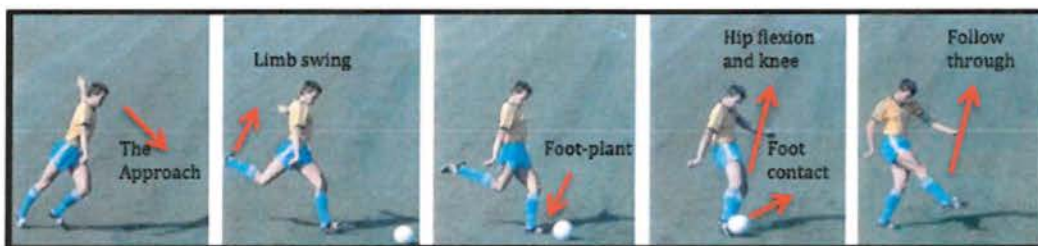
Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στις επιμέρους κινήσεις των τριών αθλημάτων που αναλύσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθεί εκτενέστερη περιγραφή στην βιομηχανική της καλαθοσφαίρισης, για να μπορέσουμε να βρούμε ποιες αρθρώσεις καταπονούνται περισσότερο και πόσο εφικτός είναι ένας τραυματισμός.

6.1. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟΥ

Στο ποδόσφαιρο χρησιμοποιείται κυρίως το λάκτισμα της μπάλας. Με αυτό τον τρόπο οι παίκτες μπορούν να πασάρουν ή να σουτάρουν. Για να επιτευχθεί αυτή η δεξιότητα θα πρέπει να εφαρμοστεί μια δύναμη στην μπάλα με το πόδι. Μοιάζει με το μοντέλο κίνησης του βάρδην και του τρεξίματος. Διαφέρει στο ότι η εφαρμογή της δύναμης γίνεται με την αιώρηση του ποδιού και όχι με την προβολή του στο έδαφος.

Στην διάρκεια του παιχνιδιού ένας παίκτης μπορεί να ακουμπήσει την μπάλα με το κεφάλι. Η πράξη της προώθησης της μπάλας με το κεφάλι διακρίνεται σε δύο μορφές. Στις κεφαλές όταν τα πόδια βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος και στις κεφαλές με άλμα.

Ακόμα υπάρχει και η ελεύθερη βολή με τα χέρια. Το πέταγμα γίνεται με προσανατολισμένο το σώμα προς το γήπεδο. Τα πόδια βρίσκονται σε επαφή με το έδαφος όταν η μπάλα αφήνεται. Η βολή γίνεται με τα δυο χέρια με ίση προωθητική δύναμη και από τα δυο. Ειδικότερα ο παίκτης προσεγγίζει την γραμμή τρέχοντας προς τα εμπρός και ακολουθεί ένα μικρό πήδημα, ένα βήμα και μετά η βολή. Το πήδημα πραγματοποιείται για να εξοικονομηθεί χρόνος για να σηκωθούν τα χέρια με την μπάλα ψηλά και πίσω από το κεφάλι, καθώς και για την υπερέκταση του κορμού. Ο κορμός διατείνει τους μπροστινούς μύες του, γεγονός που θα τους διευκολύνει στην ακολουθούμενη συστολή τους που απαιτείται. Η διευκόλυνση αυτή είναι αποτέλεσμα της ελαστικής ιδιότητας των μυών και των αντανακλαστικών τους κατά την έκταση.



Εικόνα 6.1.: Βιομηχανική του λακτίσματος.[28]

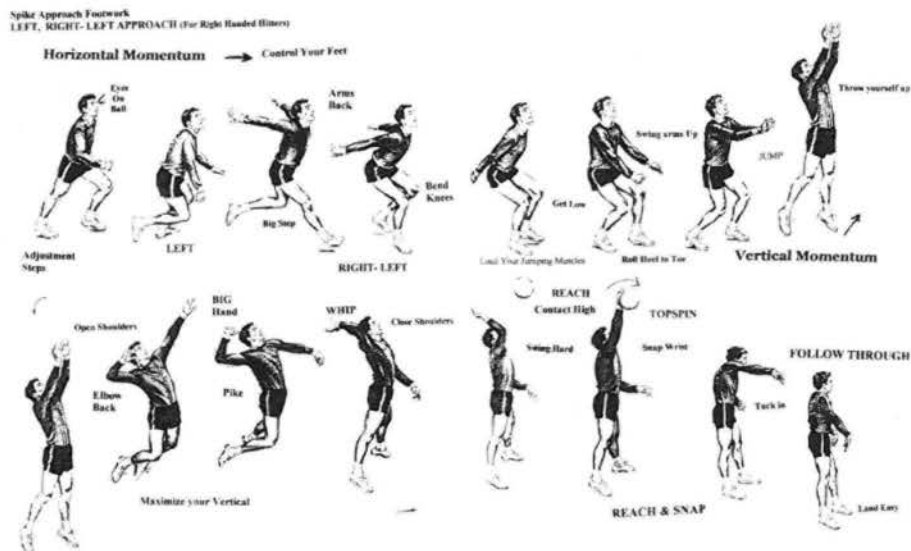
6.2. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ

Η πετοσφαίριση ερμηνεύεται από τους φυσικούς νόμους που περιγράφουν τα φαινόμενα της κρούσης, της μεταβολής της ορμής, της απορρόφησης ενέργειας, της πίεσης και της ελαστικότητας των σωμάτων.

Το σέρβις διέπεται στο φαινόμενο της κρούσης και γίνεται για την προώθηση της μπάλας στο αντίπαλο γήπεδο. Το ιδανικό σέρβις είναι εκείνο στο οποίο η μπάλα ταξιδεύει με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα και όσο το δυνατό πιο επίπεδη τροχιά. Έτσι το είδος των μοχλών και των μυών που χρησιμοποιούνται έχουν τη δυνατότητα παραγωγής μεγαλύτερης οριζόντιας ταχύτητας. Είναι σημαντικό να γίνονται τα χτυπήματα με τα μέλη στον κατάλληλο βαθμό έκτασης για να αυξάνεται η οριζόντια ταχύτητα.

Στο φαινόμενο της κρούσης έχουμε ακόμα το καρφί. Ο παίκτης προσεγγίζει το φιλέ με τρία βήματα ώστε να αποκτήσει την απαιτούμενη οριζόντια ορμή. Στην συνέχεια τα χέρια πάνε προς τα πίσω, ώστε να δώσουν ώθηση για την απογείωση, τα γόνατα λυγίζουν για να ακολουθήσει η απογείωση. Η οποία εκτελείται με βίαιη έκταση των ισχίων, των γονάτων και των ποδοκνημικών αρθρώσεων. Μετά την απογείωση ο παίκτης αιωρεί το σώμα του προς τα πίσω φροντίζοντας να έχει τα μέλη του συγκεντρωμένα κοντά στον κορμό του για να μειωθεί η ροπή αδράνειας και να αυξηθεί η ταχύτητα της περιστροφής.

Τέλος υπάρχει το μπλοκ. Ο παίκτης τοποθετείται μπροστά από το φιλέ, με τα πόδια του στο εύρος των ισχίων και τα γόνατα λυγισμένα. Τα χέρια κινούνται αρχικά ελαφρά προς τα κάτω για να αυξήσουν την επιβάρυνση και άρα τα οφέλη της έκκεντρης συστολής στα πόδια. Στη συνέχεια κινούνται προς τα πάνω αθροίζοντας την ορμή τους σε αυτή του κορμού και των ποδιών, με στόχο τη μεγιστοποίηση του ύψους στο οποίο θα φτάσουν τελικά τα χέρια του παίκτη. Για την αύξηση της αποτελεσματικότητας του μπλοκ απαιτείται η μεγιστοποίηση των επιφανειών επαφής των χεριών. Τα δάχτυλα και οι καρποί των χεριών πρέπει να είναι σταθεροποιημένα επαρκώς ώστε να μην τραυματιστούν λόγω της μεγάλης ταχύτητας που αποκτά η μπάλα στα καρφιά.



Εικόνα 6.2.: Βιομηχανική του καρφιού.[29]

6.3. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ

Υπάρχουν πολλές θεωρίες γύρω από την καλαθοσφαίριση και πολλές τεχνικές που εφαρμόζονται, αλλά οι αρχές της δυναμικής διαχείρισης της κίνησης ενός σώματος είναι αμετάβλητες. Όποια και αν είναι η θεωρία θα πρέπει να είναι σε αρμονία με αυτές τις αρχές.

Οι αρχές πρέπει να χρησιμοποιηθούν σαν το σταθερό μέσο με το οποίο θα ελέγχεται η αξιοπιστία της κάθε θεωρίας.

Στο παρόν κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την βιομηχανική ανάλυση των βασικών δεξιοτήτων της καλαθοσφαίρισης. Θα αναλυθεί ο τρόπος χρησιμοποίησης των ποδιών (footwork), τα είδη της πάσας, η ντρίπλα, τα άλματα και τα είδη των βολών.

6.3.1. Τρόπος χρησιμοποίησης των ποδιών (footwork)

Η γρήγορη εκκίνηση, η αλλαγές διεύθυνσης, η προσποίηση, οι ελιγμοί, τα σταματήματα και η αλλαγή βηματισμού σχηματίζουν τη βάση της επιτυχίας των κινήσεων ποδιών. Αυτές οι κινήσεις βασίζονται στον έλεγχο του κέντρου βάρους και στην εφαρμογή των δυνάμεων.

Κατά την γρήγορη εκκίνηση προς οποιαδήποτε διεύθυνση, η στάση μπορεί να καθορίζεται από τη ροπή στρέψης που δημιουργείται από τη στάση του σώματος, όπου το κατακόρυφο επίπεδο του κέντρου βάρους περνά εκτός βάσης των ποδιών. Ο αμυντικός παίκτης πρέπει να είναι έτοιμος να απατήσει σε οποιονδήποτε ελιγμό του αντιπάλου. Για να γίνει αυτό όμως ο αμυντικός πρέπει να χαμηλώσει το σώμα του, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια αναμονής. Αν ο παίκτης βρίσκεται χαμηλά και σε ασταθή θέση, η διεύθυνση του κέντρου βάρους του βρίσκεται εκτός του κατακόρυφου επιπέδου που περνά από τα πόδια του. Έτσι μειώνεται η κάθετος απόσταση μεταξύ της ευθείας της δύναμης (βάρους) και του άξονα περιστροφής (βάση των ποδιών). Επομένως η ροπή περιστροφής του σώματος είναι μικρότερη και γίνεται πιο δύσκολα η εκκίνηση. Από τη άλλη, όσο πιο κοντά περνά η διεύθυνση του κέντρου βάρους, από το σημείο περιστροφής που βρίσκεται στη βάση των ποδιών είτε στο ένα πόδι είτε στο άλλο, τόσο πιο εύκολα αλλάζει η διεύθυνση της περιστροφής.

Για να σταματήσει ξαφνικά κάποιος παίκτης όταν τρέχει γρήγορα απαιτείται χαμηλή θέση του κέντρου βάρους, για να μειωθεί έτσι ή να εξαφανιστεί η προς τα μπρος στροφορμή. Για τον ίδιο λόγο το χαμήλωμα του σώματος, κατ' επέκταση του κέντρου βάρους μειώνει την ακτίνα περιστροφής, γύρω από το σημείο επαφής του ποδιού με το πάτωμα, άρα και τη ροπή αδράνειας επομένως και τη στροφορμή. Έτσι απαιτείται το ένα πόδι να τοποθετηθεί μπροστά από το κέντρο βάρους, για να κατέβει το κέντρο βάρους και να δημιουργηθεί αντίθετη στροφορμή με τη γη.

Ένα χαμηλό πηδηματάκι με λύγισμα του γονάτου προσδίδει καλύτερο έλεγχο του σώματος, διότι τοποθετείται η διεύθυνση του παίκτη περισσότερο προς το κέντρο της βάσης, και θέτει τον παίκτη σε θέση εκκίνησης προς την άλλη κατεύθυνση και αυτό γίνεται σπρώχνοντας με το ένα από τα δυο πόδια για γρηγορότερη εκκίνηση. Η ταχύτητα με την οποία κινείται ένας παίκτης μπορεί να απαιτεί ένα πολύ χαμηλό σκύψιμο από το οποίο δημιουργείται ένα αναπήδημα που είναι απαραίτητο για γρήγορη εκκίνηση. Το περπάτημα αλλά και το τρέξιμο δεν είναι τίποτα άλλο παρά η περιστροφή του σώματος γύρω από το σημείο επαφής του ποδιού με το πάτωμα. Η περιστροφή διακόπτεται όταν το πόδι αφήσει το πάτωμα και το σώμα περιστραφεί γύρω από το άλλο πόδι. Έτσι ενώ τα σημεία του σώματος διαγράφουν διαδοχικά τόξα, ακριβώς λόγω αυτής της διαδοχής των τόξων έχουμε μεταφερόμενη κίνηση. Το σκύψιμο κατά την εκκίνηση σημαίνει ότι μικραίνει η απόσταση του κέντρου βάρους από το σημείο περιστροφής και η ροπή αδράνειας. Επομένως μπορεί ο αθλητής να αποκτήσει κάποια περιστροφική κίνηση γρηγορότερα από ότι αν ήταν όρθιος και

να διαγράψει γρηγορότερα τα προαναφερθέντα τόξα. Το χαμηλό κάθισμα, στο σταμάτημα μειώνει την δύναμη πάνω στο πόδι διότι εδώ η δύναμη εφαρμόζεται για μεγάλο διάστημα, ενώ το έργο που χρειάζεται για να εκμηδενιστεί η κινητική ενέργεια είναι δεδομένο. Επομένως μόνο αν μεγαλώσουμε την απόσταση εφαρμογής της δύναμης μπορούμε να τη μετριάσουμε. Εάν η δύναμη δεν περάσει από το γόνατο και το ισχίο το πόδι μπορεί να δεχθεί ένα χτύπημα λόγω του τρίτου νόμου του Νεύτωνα.

Η προσποίηση περιέχει κινήσεις του σώματος, του κεφαλιού, των ποδιών και των χεριών. Σχεδιάζεται για να εξαπατήσει τον αντίπαλο. Αυτές οι κινήσεις δεν μπορούν να είναι αποτελεσματικές εάν το κέντρο βάρους πέσει εκτός των βάσεων των ποδιών ή πολύ κοντά στην πλευρά της βάσης, στη διεύθυνση της προσποίησης.



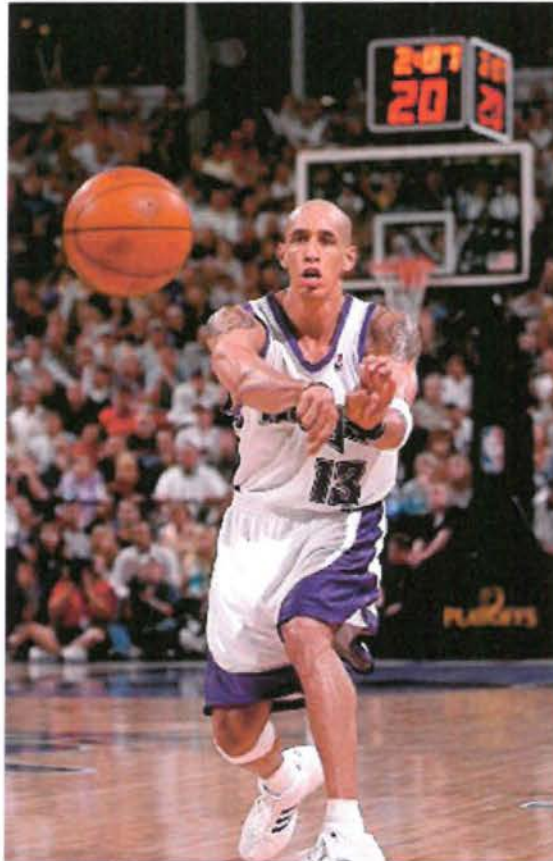
Εικόνα 6.3.1.: Χρησιμοποίηση των ποδιών(footwork).[30]

6.3.2. Είδη πάσας

Στην πάσα, η τροχιά της μπάλας επηρεάζεται από την βαρύτητα. Σε κοντινές αποστάσεις αυτό δεν είναι φανερό, σε μακρινές όμως αποστάσεις αυτό γίνεται εμφανές. Η ιδανική γωνία εκτόξευσης της μπάλας είναι 45 μοίρες για την επίτευξη του μέγιστου βεληνεκούς. Επιτυγχάνοντας αυτό είναι ευκολότερο για τον αθλητή να εκτιμήσει την δύναμη που απαιτείται για να φθάσει η μπάλα στο στόχο.

Εξαιτίας του μεγέθους του όγκου της μπάλας τα αποτελέσματα της αντίστασης του αέρα είναι σχετικά έντονα. Έτσι η περιστροφή της μπάλας πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά για να αποτρέψει μεγάλες αποκλίσεις από την προκαθορισμένη διεύθυνση, λόγω φαινομένου Magnus. Για πάσες μεγαλύτερες των 15 μέτρων, η μπάλα πρέπει να πετάγεται με περιστροφή αντίθετη με τη διεύθυνση της πτήσης, για να υπάρξει επιβράδυνση και επομένως ο συμπαίκτης να μπορεί πιο εύκολα να πιάσει την μπάλα.

Η ταχύτητα της μπάλας είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην καλαθοσφαίριση. Αν εξαιρέσουμε τις μακρινές πάσες δεν απαιτείται μεγάλη δύναμη. Το σπάσιμο του καρπού είναι η πρωταρχική πηγή δύναμης για την πάσα στην καλαθοσφαίριση. Οι κινήσεις του υπόλοιπου σώματος είναι σχετικά βραδύτερες. Με σκοπό την εξαφάνιση ή ελάττωση των άλλων βραδύτερων κινήσεων του σώματος, η μπάλα κρατιέται με τους καρπούς λυγισμένους και έτοιμους να αφήσουν την μπάλα. Μόνο μια γρήγορη έκταση των πήχων και των καρπών είναι αναγκαία για να αναπτυχθεί η απαιτούμενη δύναμη σε μια πάσα με τα δύο χέρια. Η κινητική ενέργεια της μπάλας είναι ίση με το έργο που παράγεται από την έκταση των χεριών.



Εικόνα 6.3.2.: Πάσα.[31]

6.3.3. Ντρίπλα

Κατά τη διάρκεια της ντρίπλας ακολουθούνται βασικές αρχές της μηχανικής και κυρίως ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Η μπάλα ακολουθεί μια καμπύλη πορεία έως ότου βρεθεί σε επαφή με το πάτωμα.

Όταν ο παίκτης θέλει να μετακινηθεί με ντριπλάροντας, θα προωθήσει την μπάλα με γωνία και αυτή θα ανακλαστεί υπό γωνία. Η μπάλα θα αποκτήσει και την ορμή του παίκτη και θα πρέπει, για να υπάρξει έλεγχος της μπάλας, η μέση οριζόντια ταχύτητα της μπάλας να ισούται με την αντίστοιχη του παίκτη.

Όταν ντριπλάρει ένας παίκτης έναν αντίπαλο πραγματοποιείται μια περιστροφική κίνηση, που έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση φυγοκεντρικής και κεντρομόλου δύναμης. Ο παίκτης πρέπει να σκύψει εντός της περιφέρειας της καμπυλωτής τροχιάς και να προωθήσει την μπάλα. Ωθεί με το πόδι που βρίσκεται εξωτερικά της τροχιάς προς το άλλο που βρίσκεται εσωτερικά. Έτσι το κέντρο βάρους αν προβληθεί βρίσκεται στο εσωτερικό της περιφέρειας και επομένως υπάρχει ασταθή θέση.



Εικόνα 6.3.3.: Ντριπλά.[32]

6.3.4. Άλματα

Τα άλματα στην καλαθοσφαίριση έχουν να κάνουν με τους νόμους που διέπουν τις βολές σωμάτων. Από τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα είναι γνωστό ότι ένα σώμα φτάνει πιο εύκολα σε μια τιμή ταχύτητας, όταν κινείται ήδη παρά αν έχει αρχικά μηδενική ταχύτητα. Έτσι ένας παίκτης θα πηδήξει ψηλότερα εάν περπατήσει ή πηδήξει πριν την απογείωση. Το κτύπημα του ποδιού στο μικρό πήδημα πριν το άλμα, όχι μόνο αυξάνει τη δύναμη αντίδρασης ανάμεσα στο πόδι και στο έδαφος, αλλά υποχρεώνει σε έκταση τους μυς του ποδιού. Αυτό δίνει μια ελαστική δραστηριότητα στην αναπήδηση, γιατί ένας μυς συστέλλεται γρηγορότερα και με μεγαλύτερη δύναμη αμέσως μετά την έκτασή του.

Κατά την απογείωση τα χέρια σηκώνονται προς τα πάνω γρήγορα και δυνατά, με αποτέλεσμα να προσδίδουν ορμή στο άλμα. Επίσης ανεβάζουν το κέντρο βάρους και έτσι έχουμε μεγαλύτερο ύψος απογείωσης. Εάν η απογείωση γίνει με το ένα πόδι. Ο μηρός του ελεύθερου ποδιού σηκώνεται πάνω γρήγορα και δυνατά. Λίγο πριν επιτευχθεί το μέγιστο ύψος το πόδι κατεβαίνει προς τα κάτω απότομα. Το χέρι που δεν χρησιμοποιείται καταπίπτει με τον ίδιο τρόπο. Έτσι το κέντρο βάρους μετατοπίζεται προς τα κάτω και έτσι δίνει περισσότερο ύψος στο χέρι που προσπαθεί να φθάσει ψηλότερα. Όλες οι δυνάμεις και κινήσεις πρέπει να διευθύνονται όσο είναι δυνατόν πιο κατακόρυφα. Οποιαδήποτε πλευρική αιώρηση, θα ξοδέψει ένα μέρος της δύναμης που απελευθερώνεται. Πριν την απογείωση

πραγματοποιείται μια αιώρηση των χεριών προς τα κάτω, με σκοπό να προσδώσει μεγαλύτερη δύναμη προς τη γη και συνεπώς να δεχτεί ο παίκτης μεγαλύτερη αντίδραση.



Εικόνα 6.3.4.: Άλμα με επαφή.[33]

6.3.5. Σουτ

Το μέγεθος του τόξου παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στο σουτ. Για να πραγματοποιηθεί το σουτ με μεγάλο τόξο, χρειάζεται περισσότερη δύναμη. Όταν ένας παίκτης έχει δυνατούς καρπούς μπορεί να έχει καλύτερη ακρίβεια στα σουτ. Πολλά από τα σουτ καθορίζονται από τον έλεγχο των μυών.

Στις ελεύθερες βολές τα πόδια του παίκτη κάμπτονται ελαφρώς και η μπάλα μεταφέρεται πίσω και πάνω. Τα χέρια κάμπτονται και η μπάλα αφήνεται. Κατά την άφεση έχουμε δράση του άκρου και των δακτύλων και η συνέχιση της κίνησης γίνεται ρυθμικά. Στην αρχή υπάρχει κάμψη των γονάτων που εν συνεχεία γίνεται έκταση. Ο ρυθμός δεν διακόπτεται μετά την εστίαση των ματιών στο στόχο.



Εικόνα 6.3.5.: Σουτ με άλμα.[34]

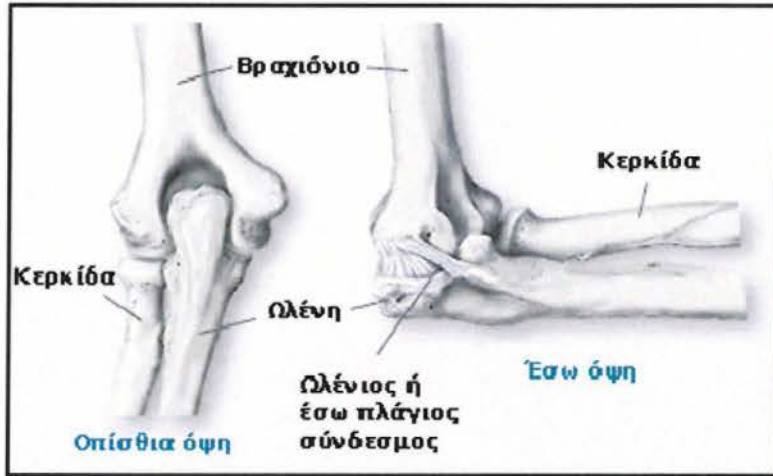
6.4. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ

«Το ανθρώπινο σώμα είναι άκαμπτο με την έννοια ότι μπορεί να διατηρήσει μια στάση και εύκαμπτο με την έννοια ότι μπορεί να αλλάξει τη στάση του και να κινηθεί. Η ευκαμψία του ανθρώπινου σώματος οφείλεται, κατά πρώτον, στις αρθρώσεις ή συνδέσεις του σκελετικού συστήματος» (Μπουντόλος, Κ. 2004, p.89). Η βασική λειτουργία των αρθρώσεων είναι να εξασφαλίζουν την κινητικότητα του μυοσκελετικού συστήματος. Εκτός από την εξασφάλιση της κινητικότητας, μια άρθρωση πρέπει να εξασφαλίζει ορισμένο βαθμό σταθερότητας. «Δεδομένου ότι οι διάφορες αρθρώσεις έχουν διαφορετικές λειτουργίες, ως εκ τούτου διαθέτουν ποικίλους βαθμούς κινητικότητας και σταθερότητας. Ορισμένες αρθρώσεις είναι κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχουν μέγιστη κινητικότητα» (Μπουντόλος, Κ. 2004, p.89).

6.4.1. Μηχανική του αγκώνα

Η άρθρωση του αγκώνα εξασφαλίζει μονοαξονική κίνηση, αλλά είναι πιο σταθερή και λιγότερο επιρρεπείς σε τραυματισμούς. Αποτελείται από τρεις ξεχωριστές αρθρώσεις την άνω κερκιδωλενική άρθρωση, τη βραχιονοωλενική άρθρωση και τη βραχιονοκερκιδική άρθρωση. Η άνω κερκιδωλενική άρθρωση είναι μια άρθρωση μοχλός που διαμορφώνεται από την εντομή της άνω ωλένης και την κεφαλή της κερκίδας. Επιτρέπει στην κερκίδα και την ωλένη να πραγματοποιήσουν σχετική περιστροφή γύρω από τον επιμήκη άξονα του ενός ή του άλλου οστού, προκαλώντας πρηνισμό ή υπτιασμό. Η βραχιονοωλενική άρθρωση είναι

μια άρθρωση αρμός που διαμορφώνεται από την άρθρωση μεταξύ του καρυλόμορφου τροχιακού οστού του ακραίου βραχίονα και του κοίλου τροχλικού βοθρίου της γειτονικής ωλένης. Η δομή της άρθρωσης είναι τέτοια που επιτρέπει μόνο περιστροφές ως προς τον άξονα, περιορίζοντας τα κινήσεις σε σχέση με την άρθρωση του αγκώνα στην κάμψη και στην έκταση. Μια ακόμα άρθρωση αρμός είναι μια βραχιονοκερκιδική άρθρωση, που διαμορφώνεται μεταξύ της μικράς κεφαλής του ακραίου βραχίονα και την κεφαλή της κερκίδας.



Εικόνα 6.4.1.: Άρθρωση του αγκώνα.[35]

Οι μύες που συντονίζουν και ελέγχουν την κίνηση της άρθρωσης του αγκώνα είναι:

α) Ο δικέφαλος βραχιόνιος μυς, ο οποίος είναι ο πιο ισχυρός καμπτήρας της άρθρωσης ιδιαίτερα όταν η άρθρωση βρίσκεται σε υπτιασμό. Στην ακραία πλευρά εκφύεται στο κερκιδικό φύμα και στην κεντρική πλευρά καταφύεται στην κορυφή της κορακοειδούς απόφυσης και το ανώτερο χείλος της ωμογλήνης. Ένας ακόμα σημαντικός καμπτήρας είναι ο πρόσθιος βραχιόνιος μυς που έχει πρόσφυση στο χαμηλότερο ήμισυ του πρόσθιου μέρους του βραχίονα και στην κορωνοειδή απόφυση της ωλένης. Ο μυς που ελέγχει την έκταση του αγκώνα είναι ο τρικέφαλος βραχιόνιος. Προσφύεται στη χαμηλότερη κεφαλή της ωμογλήνιας κοιλότητας της ωμοπλάτης, στο ανώτερο ήμισυ της οπίσθιας επιφάνειας του βραχίονα, στα χαμηλότερα δυο τρίτα της οπίσθιας επιφάνειας του βραχίονα και στο ωλέκραιο της ωλένης.

Οι συνήθεις τραυματισμοί του αγκώνα περιλαμβάνουν κατάγματα και εξάρθρωσεις. Τα κατάγματα εμφανίζονται στους επικονδύλους του βραχίονα και την πρόσφυση του ωλέκραιου. Ένας ακόμα τραυματισμός εμφανίζεται σαν αποτέλεσμα των επαναλαμβανόμενων και ισχυρών κινήσεων πρηνισμού και υπτιασμού του αγκώνα, διαφορετικά αναφέρεται και ως «αγκώνας του τενίστα».

6.4.2. Μηχανική του ώμου

Ο ώμος διαμορφώνει τη βάση για όλες τις κινήσεις των άνω άκρων. Διακρίνεται στην άρθρωση του ώμου και στην ωμική ζώνη. Η άρθρωση του ώμου επιτρέπει στον βραχίονα να κινείται στα τρία επίπεδα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η σταθερότητα και να αυξάνεται η ευπάθεια για τραυματισμούς.

Η ωμική άρθρωση είναι μια σφαιρική άρθρωση και δημιουργείται της σχεδόν ημισφαιρικής κεφαλής του βραχίονα και της ελαφρώς κοίλης ωμογλήνης της ωμοπλάτης. Η ρηχότητα της ωμογλήνης επιτρέπει μια σημαντική ελευθερία κίνησης της κεφαλής του βραχίονα πάνω στην αρθρική επιφάνεια της ωμογλήνης. Έτσι μπορεί να βρεθεί σε κάμψη, απαγωγή, προσαγωγή, έξω στροφή και έσω στροφή. Τη σταθερότητα της άρθρωσης εξασφαλίζει το γληνοβραχιόνιο και το κορακοβραχιόνιο. Οι σημαντικότεροι μύες της άρθρωσης είναι ο δελτοειδής, ο υπερακάνθιος, ο μείζων θωρακικός, ο κορακοβραχιόνιος, ο πλατύς ραχιαίος, ο μείζων στρογγυλός, ο υπακάνθιος και ο υποπλάτιος. Η διαμόρφωση των αρθρικών επιφανειών της άρθρωσης την καθιστά πιο επιρρεπή στην αστάθεια και στον τραυματισμό.



Εικόνα 6.4.2.: Άρθρωση ώμου.[36]

6.4.3. Μηχανική του ισχίου

Η άρθρωση του ισχίου συνδέει τη μηριαία κεφαλή και την κοτύλη της λεκάνης. Η σταθερότητά της εξασφαλίζεται από την σχετικά άκαμπτη, σφαιρική δομή, τους συνδέσμους της και από τους μεγάλους και ισχυρούς μύες που τη διασχίζουν. Η μηριαία κεφαλή προσαρμόζεται ιδανικά μέσα στη βαθιά υποδοχή της κοτύλης. Οι σύνδεσμοι της άρθρωσης του ισχίου στηρίζουν και συγκρατούν τη μηριαία κεφαλή μέσα στην κοτύλη, καθώς αυτή κινείται. Η κατασκευή της άρθρωσης είναι τέτοια που εξασφαλίζει μεγάλη σταθερότητα και κινητικότητα, επιτρέποντας ένα μεγάλο εύρος κινήσεων, όπως το περπάτημα, το κάθισμα και η θέση ημικαθίσματος. Οι κινήσεις του μηρού περιλαμβάνουν κάμψη – έκταση, απαγωγή – προσαγωγή, έσω στροφή – έξω στροφή. Δυσλειτουργίες του ισχίου μπορούν να παραχθούν από μεταβολές στην κατανομή των δυνάμεων στο χόνδρο της άρθρωσης, που οδηγούν σε εκφυλιστική αρθρίτιδα.



Εικόνα 6.4.3.: Άρθρωση του ισχίου.[37]

Οι μύες της άρθρωσης του ισχίου μπορούν να διακριθούν στους καμπτήρες μύες λαγονοψοϊτης, λαγόνιος, ορθός μηριαίος, κτενίτης και τείνων την πλατειά περιτονία. Χρησιμοποιούνται για να πραγματοποιήσουν δραστηριότητες όπως το τρέξιμο και το λάκτισμα. Ο μείζων γλουτιαίος και οι ισchioκνημιαίοι μύες είναι οι εκτείνονται μύες του ισχίου. Ο μέσος γλουτιαίος και ο ελάσσων γλουτιαίος είναι οι απαγωγείς μύες που εξασφαλίζουν την έσω στροφή του μηρού. Ο μέσος γλουτιαίος θεωρείται η βασική μυϊκή ομάδα που σταθεροποιεί τη λεκάνη σε μετωπιαίο επίπεδο. Ο μακρὺς προσαγωγός, βραχὺς προσαγωγός, μέγας προσαγωγός και κτενίτης είναι οι προσαγωγείς των ισχίων. Η έξω στροφή εξασφαλίζεται από μικρούς εν τω έσω βάθει μύες.

Η λεκάνη αποτελείται από το λαγόνιο, το ισχιακό, το ηβικό και το ιερό οστό. Τα οστά της λεκάνης ενώνονται μέσω ινωδών αρθρώσεων που δεν επιτρέπουν καμία κίνηση. Η λεκάνη βρίσκεται ανάμεσα της σπονδυλικής στήλης και των δύο μηρών. Η θέση της την κάνει λιγότερο ασταθή από την άρθρωση του ισχίου. Οι κινήσεις της λεκάνης γίνονται με σκοπό τη διευκόλυνση των κινήσεων της σπονδυλικής στήλης.

6.4.4. Μηχανική της σπονδυλικής στήλης

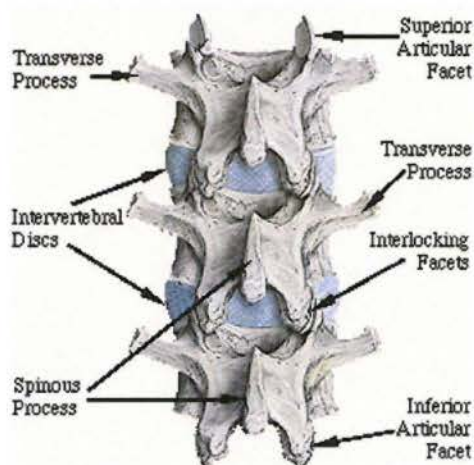
Η σπονδυλική στήλη είναι το πιο σύνθετο μέρος του μυοσκελετικού συστήματος. Έχει πολλές λειτουργίες, με κύριες την προστασία του νωτιαίου μυελού, να υποστηρίζει το κεφάλι, τον αυχένα και τα άνω άκρα. Ακόμα να μεταφέρει φορτία από το κεφάλι και τον κορμό στην λεκάνη, αλλά και να επιτρέπει ποικιλία κινήσεων.

Αποτελείται από 24 πολύπλοκους και σύνθετους σπονδύλους. Οι σπόνδυλοι έχουν μεταξύ τους αρθρώσεις που είναι χόνδρινες ενώσεις. Μεταξύ κάθε ζεύγους σπονδύλων παρεμβάλλεται ο ινοχόνδρινος μεσοσπονδύλιος δίσκος. Οι μεσοσπονδύλιοι υποβαστάζουν τα φορτία που μεταδίδονται από το επάνω τμήμα, ενεργούν ως αποσβεστήρες κραδασμών, εξουδετερώνουν την επαφή μεταξύ των οστών και ελαττώνουν τις επιδράσεις των δυνάμεων κρούσης παρεμποδίζοντας την άμεση επαφή μεταξύ των οστεωδών δομών των σπονδύλων.

Οι αρθρώσεις κάθε σπόνδυλου με τον γειτονικό σπόνδυλο επιτρέπουν την κίνηση σε τρία επίπεδα, έτσι ώστε ολόκληρη η σπονδυλική στήλη να λειτουργεί όπως μια σφαιρική άρθρωση. Η δομή της σπονδυλικής στήλης επιτρέπει μια ποικιλία κινήσεων συμπεριλαμβανομένης της κάμψης – έκτασης, της πλευρικής κάμψης και της περιστροφής.

Η σταθερότητα της σπονδυλικής στήλης εξασφαλίζεται από τους μεσοσπονδύλιους δίσκους, από τους συνδέσμους και από τους μύες που την περιβάλλουν. Οι σύνδεσμοι και οι δίσκοι εξασφαλίζουν την εγγενή σταθερότητα, ενώ οι μύες εξασφαλίζουν την εξωγενή υποστήριξη. Το πρόσθιο μέρος της σπονδυλικής στήλης περιλαμβάνει τους κοιλιακούς μύες, που εξασφαλίζουν την απαραίτητη δύναμη για την κάμψη του κορμού και διατηρούν τα εσωτερικά όργανα στην κατάλληλη θέση. Οι μύες που βρίσκονται στο οπίσθιο μέρος της συμβάλλουν στην έκταση του κορμού και βοηθούν ενάντια στην δράση της βαρύτητας. Ο τετράγωνος οσφυϊκός είναι σημαντικός στην πλάγια κάμψη του κορμού, σταθεροποιεί τη λεκάνη και την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης. Η πλάγια κάμψη του κορμού εκτελείται από τις δράσεις των κοιλιακών και οπίσθιων μυών. Η περιστροφική κίνηση του κορμού ελέγχεται από την ταυτόχρονη δράση των πρόσθιων και οπίσθιων μυών.

Η σπονδυλική στήλη είναι ευαίσθητη σε διάφορους τραυματισμούς. Ο πιο σοβαρός τραυματισμός αφορά των νωτιαίο σωλήνα, ο οποίος είναι εμποτισμένος σε υγρό και προστατεύεται από την οστεώδη δομή. Άλλοι κρίσιμοι τραυματισμοί αφορούν τα κατάγματα των σπονδύλων και την κήλη των μεσοσπονδύλιων δίσκων.



Εικόνα 6.4.4.: Άρθρωση της σπονδυλικής στήλης.[38]

6.4.5. Μηχανική του γονάτου

Το γόνατο είναι η μεγαλύτερη άρθρωση του σώματος. Είναι άρθρωση τροποποιημένου αρμού. Εκτός από την κάμψη και την έκταση του ποδιού στο οβελιαίο επίπεδο, η άρθρωση του γονάτου είναι σχεδιασμένη για να στηρίζει μεγάλα φορτία και έτσι την κάνει εξαιρετικά τρωτή σε τραυματισμούς. Ουσιαστικά το γόνατο είναι αρμόδιο για την ανθρώπινη κίνηση.

Το γόνατο είναι μια δι-αρθρική δομή που σχηματίζεται από την κνημιομηριαία άρθρωση και την επιγονοτιδομηριαία άρθρωση. Η κνημιομηριαία άρθρωση έχει δύο ευδιάκριτες διαρθρώσεις μεταξύ των έσω και των έξω κονδύλων του μηρού και της κνήμης. Αυτές οι αρθρώσεις χωρίζονται από στρώματα χόνδρου, που ονομάζονται μηνίσκοι. Οι έξω πλάγιοι και οι έσω πλάγιοι μηνίσκοι ελαχιστοποιούν την επαφή μεταξύ των οστού του μηρού

και της κνήμης και λειτουργούν ως αποσβεστήρες κραδασμών. Η επιγονατιδομηριαία άρθρωση είναι η άρθρωση μεταξύ της επιγονατίδας και του πρόσθιου άκρου των μηριαίων κονδύλων. Η επιγονατίδα είναι ένα πλεούμενο οστό που κρατιέται στη θέση του από τον τένοντα του τετρακέφαλου και τον επιγονατιδικό σύνδεσμο. Προστατεύει το γόνατο από τους τραυματισμούς που σχετίζονται με κρούσης και βελτιώνει τη έλξης των μυών του τετρακέφαλου στην κνήμη, μέσω του επιγονατιδικού τένοντα. Η σταθερότητα του γονάτου εξασφαλίζεται από μια πολύπλοκη συνδεσμική δομή, τους μηνίσκους και τους μύες που διασχίζουν την άρθρωση. Οι περισσότεροι τραυματισμοί του γονάτου χαρακτηρίζονται από βλάβη συνδέσμου και χόνδρου.



Εικόνα 6.4.5.: Άρθρωση του γονάτου.[39]

Οι μύες που διασχίζουν το γόνατο το προστατεύουν, του εξασφαλίζουν τις εσωτερικές δυνάμεις για την κίνηση του και ελέγχουν την κίνησή του. Ο έλεγχος του γονάτου εξασφαλίζεται κυρίως από τους μύες του τετρακέφαλου και των ισχιοκνημιαίων μυών. Η ομάδα του τετρακέφαλου αποτελείται από τον ορθό μηριαίο, τον έξω πλατύ, των μέσω πλατύ και των έσω πλατύ. Ο ορθός μηριαίος προσφύεται στην πρόσθιο-οπίσθια λαγόνια άκανθα και στην επιγονατίδα. Οι βασικές ενέργειες είναι η κάμψη του ισχίου και η έκταση του γονάτου. Ο έξω, έσω και μέσος πλατύς συνδέουν το μηρό και την κνήμη μέσω της επιγονατίδας και είναι όλοι εκτείνοντες του γονάτου. Ο δικέφαλος μηριαίος, ο ημιτενοντώδης και ο ημιϋμενώδης αποτελούν την ισχιοκνημιαία μυϊκή ομάδα, που συμβάλει στον έλεγχο της έκτασης του ισχίου, της κάμψης του γονάτου και στην μερική έσω-έξω στροφή της κνήμης. Οι ημιτενοντώδης και ημιϋμενώδης μύες έχουν κεντρικές εκφύσεις στο πυελικό οστό και ακραίες εκφύσεις στην κνήμη. Ο δικέφαλος μηριαίος έχει κεντρικές εκφύσεις στο ισχιακό κύρτωμα και το μηρό και ακραίες καταφύσεις στην κνήμη και την

περόνη. Υπάρχει επίσης ο ιγνυακός μυς που έχει εκφύσεις στο μηρό και στην κνήμη. Η βασική του λειτουργία είναι η κάμψη του γονάτου.

6.4.6. Μηχανική της ποδοκνημικής

Η ποδοκνημική αποτελείται από τρία οστά, την κνήμη, την περόνη και τον αστράγαλο. Είναι αρμόδια για τη μεταφορά φορτίου και για άλλες κινηματικές λειτουργίες. Η ανατομική διαμόρφωση των ποδοκνημικών αρθρώσεων είναι παρόμοια με αυτή του ισχίου. Η ποδοκνημική είναι έμφυτα πιο σταθερή από την άρθρωση του γονάτου, για το λόγο ότι είναι μια άρθρωση αρμός.

Το σύμπλεγμα της ποδοκνημικής άρθρωσης αποτελείται από την κνημιοαστραγαλική, περonioαστραγαλική και κάτω κνημιοπερνιαία άρθρωση. Επιτρέπει μόνο κάμψη και έκταση του ποδιού στο οβελιαίο επίπεδο. Οι υπόλοιπες κινήσεις του ποδιού περιλαμβάνουν ανάσπαση έσω και έξω χείλους, έσω και έξω στροφής, πρηνισμό και υπτιασμό. Αυτές οι κινήσεις εκτελούνται σε σχέση με τις αρθρώσεις των άκρων ποδιών, όπως η υποστραγαλική και η εγκάρσια άρθρωση του ταρσού που βρίσκεται μεταξύ του αστραγάλου και της πτέρνας.

Η απόσβεση της ποδοκνημικής εξασφαλίζεται από το σχήμα των τριών αρθρώσεων, από τους συνδέσμους και τους μύες που διασχίζουν την άρθρωση. Η σταθερότητα της ποδοκνημικής βελτιώνεται από το έσω δελτοειδές, έξω και πλάγιο συνδεσμικό σύστημα και τους μεσοστεικούς συνδέσμους. Υπάρχουν αρκετές μυϊκές ομάδες που διασχίζουν την ποδοκνημική. Οι πιο σημαντικές είναι οι πελματιαίοι καμπτήρες, ο γαστροκνήμιος και ο υποκνημίδιος. Ο γαστροκνήμιος και ο υποκνημίδιος προσφύονται στην οπίσθια επιφάνεια της πτέρνας μέσω του Αχιλλείου τένοντα. Ο γαστροκνήμιος είναι πιο αποτελεσματικός ως καμπτήρας του γονάτου, όταν το πόδι είναι ανυψωμένο και πιο αποτελεσματικός ως πελματιαίος καμπτήρας του ποδιού, όταν το γόνατο βρίσκεται σε έκταση. Οι πελματιαίοι εκτείνοντες είναι οπίσθιοι μύες. Υπάρχουν επίσης εμπρόσθιοι και πλάγιοι μύες των οποίων η βασική λειτουργία είναι να εξασφαλίζουν πρηνισμό και υπτιασμό, την έσω και έξω στροφή του ποδιού.

Η άρθρωση της ποδοκνημικής ανταποκρίνεται ασήμαντα σε μικρές αλλαγές, εξαιτίας της ανατομικής της διαμόρφωσης. Η απώλεια κινηματικών και δομικών περιορισμών, που οφείλονται σε σοβαρά διαστρέμματα, μπορούν να επηρεάσουν σοβαρά τη σταθερότητα της ποδοκνημικής και να δημιουργήσουν δισ-ευθυγράμμιση των επιφανειών της ποδοκνημικής άρθρωσης. Ο πιο συχνός τραυματισμός είναι το διάστρεμμα ανάσπασης του έσω χείλους και συμβαίνει όταν το σωματικό βάρος μεταβιβάζεται δυνατά στην ποδοκνημική, ενώ το πέλμα του ποδιού κοιτάζει προς τα μέσα.



Εικόνα 6.4.6.: Άρθρωση ποδοκνημικής.[40]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο : ΑΘΛΗΤΙΚΟΙ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΙ

Κατά τη διάρκεια μιας αθλητικής δραστηριότητας, το μυοσκελετικό σύστημα του αθλούμενου υφίσταται συνεχώς μια μηχανική επιφόρτιση. Όταν η επιφόρτιση είναι ιδιαίτερα έντονη ή γίνεται με λανθασμένο τρόπο μπορεί να οδηγήσει σε κάκωση των μυών, των τενόντων, των αρθρώσεων ή ακόμα και των οστών. Οι παράγοντες που μπορεί να ενεργήσουν άμεσα στην πρόκληση ενός τραυματισμού χωρίζονται σε εξωγενή και ενδογενή.

Οι εξωγενής παράγοντες περιλαμβάνουν τη λανθασμένη προπόνηση. Με την εφαρμογή ενός απότομου και γρήγορου ρυθμού στην προπόνηση, δε δίνεται ο απαραίτητος χρόνος για προσαρμογή των μυών και του σκελετού στις απαιτήσεις και μπορεί να επιφέρει τραυματισμούς. Επίσης, ρόλο παίζει το είδος και η ποιότητα του αγωνιστικού χώρου. Σε μια σκληρή επιφάνεια, όπως το τσιμέντο, οι κακώσεις των αρθρώσεων των κάτω άκρων και της σπονδυλικής στήλης είναι συχνότερες από ότι όταν η άσκηση γίνεται σε παρκέ γιατί η επιφάνεια του έχει μεγαλύτερη ικανότητα απορρόφησης των κραδασμών. Εκτός από τον τύπο του αγωνιστικού χώρου σημαντικό ρόλο, για την αποφυγή τραυματισμών, παίζει το αθλητικό υπόδημα. Πρέπει να παρέχει πλευρική σταθερότητα ώστε να αποφεύγεται ο υπερβολικός πρηνισμός. Το πέλμα του να έχει τη δυνατότητα απόσβεσης ή μείωσης των δυνάμεων κρούσης. Τέλος παρέχει επαρκή συγκράτηση της ποδοκνημικής άρθρωσης, για να αποφεύγεται ο υπερβολικός υπτιασμός και να περιορίζει τη διολίσθηση του ποδιού προς τα μέσα. Με αποτέλεσμα τη μεταφορά του βάρους προς την εσωτερική επιφάνεια του ποδιού.

Ως ενδογενή παράγοντες έχουμε τις ανατομικές ανωμαλίες. Αυτές μπορεί να είναι η υψηλή ποδική καμάρα, η διαφορά μήκους των άνω ή κάτω άκρων, το ραιβό ή βλαισό γόνατο και άλλα. Η ύπαρξη των ανωμαλιών αυτών αναγκάζει τον αθλητή να επιβαρύνει περισσότερο ορισμένους μυς, οστά, συνδέσμους ή αρθρώσεις και υπάρχει πιθανότητα τραυματισμών. Όταν κατά την εκτέλεση μιας έντονης άσκησης ένας μυς είναι σε μεγαλύτερο βαθμό γυμνασμένος από τον ανταγωνιστή του. Αυτό οδηγεί τους μυς σε ασυνέργεια και κατ' επέκταση σε τραυματισμό του ασθενέστερου μυός. Εκτός από τη συνέργεια των μυών, σημαντικό ρόλο στην αποφυγή τραυματισμών έχει η μυϊκή ευκαμψία. Έχει διαπιστωθεί ότι η αυξημένη σπαστικότητα μυών, συνδέσμων και τενόντων οδηγούν σε υπέρμετρη αύξηση της τάσης τοπικά και έτσι είναι επιρρεπή σε οξείες ή χρόνιες κακώσεις.

Οι διάφοροι τύποι άσκησης απαιτούν διαφοροποιήσεις στην ιστολογική οργάνωση των μυών, αναφορικά με τους τύπους των μυϊκών ινών που περιέχουν, στην αιμάτωση τους, καθώς και στην κατανομή των ενζύμων και των ιόντων που είναι απαραίτητα για την παραγωγή ενέργειας και για την συνολική λειτουργία τους. Διαταραχές των παραπάνω οδηγούν σε λειτουργικά προβλήματα των μυών και ευνοούν την εμφάνιση μυϊκών κραμπών ή άλλων επώδυνων συνδρόμων.

Η παροδική ή μόνιμη διακοπή της άθλησης σε ένα άτομο εξαιτίας μιας κάκωσης κατά την προπόνηση ή τον αγώνα αποτελεί ένα πολύ συχνό πρόβλημα με γενικότερες όμως προεκτάσεις. Ένας μεγάλος αριθμός αθλητών αναγκάστηκε να διακόψει πρόωρα την καριέρα του εξαιτίας ενός τραυματισμού. Η πρόωρη διακοπή της αθλητικής δραστηριότητας οδήγησε στην εμφάνιση σοβαρών προβλημάτων, όπως ψυχολογικών και οικονομικών σε αρκετούς από τους αθλητές αυτούς. Έτσι το πρόβλημα σε μια αθλητική κάκωση δεν επικεντρώνεται μόνο στην ιατρική πλευρά του.

7.1. ΕΙΔΗ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Τα είδη κακώσεων χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες, στις κακώσεις του δέρματος, στις κακώσεις μυών και τενόντων, στις κακώσεις αρθρώσεων και τις κακώσεις οστών. Σε μελέτες αθλητικών κακώσεων, το μεγαλύτερο ποσοστό των αθλητικών κακώσεων αφορά τα κάτω άκρα, τα άνω άκρα και η σπονδυλική στήλη. Τα κατάγματα των οστών είναι το συχνότερο είδος σοβαρής κάκωσης σε αθλητές ηλικίας 4-10 ετών και σε αθλητές άνω των 50 ετών. Ενώ στις υπόλοιπες την πρωτοπορία έχουν τα διαστρέμματα. Η μεγαλύτερη συχνότητα κακώσεων εμφανίζεται στο γόνατο και στην ποδοκνημική άρθρωση, με κύρια «ένοχα» αθλήματα το σκι και το μπάσκετ.

7.2. ΣΥΧΝΟΤΕΡΕΣ ΑΘΛΗΤΙΚΕΣ ΚΑΚΩΣΕΙΣ

Η άρθρωση του γόνατος, καθώς και η σπονδυλική στήλη θεωρούνται από τις πιο συχνές, αλλά και με χειρότερη πρόγνωση, αθλητικές κακώσεις γιατί αποτελούν συνήθη αιτία διακοπής της καριέρας ενός αθλητή.

Η επιγονατίδα είναι ένα μικρό οστό σχήματος τριγώνου που παρεμβάλλεται στον τένοντα κατάφυσης του τετρακέφαλου μυός. Αποτελεί σημαντικό ανατομικό και λειτουργικό στοιχείο της άρθρωσης του γόνατος και συντελεί κυρίως στην ενδυνάμωση της εκτατικής κίνησης του κάτω άκρου. Τα κατάγματα της επιγονατίδας διακρίνονται σε:

- 1) ρωγμώδη
- 2) αποσπαστικά
- 3) συντριπτικά κατάγματα.

Τα κατάγματα της επιγονατίδας επιφέρουν σοβαρά λειτουργικά προβλήματα στην άρθρωση του γόνατος. Οξύς τραυματισμός ή επαναλαμβανόμενοι μικροτραυματισμοί της επιγονατίδας προκαλούν αλλοίωση του ορθικού χόνδρου. Βίαια κάκωση μπορεί να προξενήσει εξάρθρημα της επιγονατίδας.

Η ρήξη των μηνίσκων είναι συχνή σε πολλά είδη αθλημάτων. Ο έσω μηνίσκος υφίσταται ρήξη συχνότερα από την έξω, για το λόγο ότι δέχεται μεγαλύτερες πιέσεις. Η ρήξη μπορεί να εμφανισθεί με τη μορφή της περιφερικής αποκόλλησης, ρήξη στο πρόσθιο ή στο οπίσθιο κέρασ και επιμήκους ρήξης, που είναι και η συχνότερη. Η κάκωση εμφανίζεται συνήθως όταν η άρθρωση του γόνατος βρίσκεται σε κάμψη και εκτελεί απότομη και έντονη απαγωγή προς τα έξω.

Οι μηνίσκοι είναι ινοχόνδρινοι σχηματισμοί και βρίσκονται δυο σε κάθε γόνατο. Συντελούν στη σταθερότητα του γόνατος, απορροφούν τους κραδασμούς και συντελούν στην εκτέλεση της έσω και έξω στροφής της κνήμης. Λόγω, όμως της ινοχόνδρινη κατασκευή τους συχνά η κάκωση αποκαθιστάται με αρθροσκόπηση.

Τέλος κατά την πτώση από ύψος και τη στήριξη σε λυγισμένο γόνατο, μπορεί να προκληθεί ρήξη του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου. Ρήξη του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου προκαλείται όταν το άνω άκρο της κνήμης κινηθεί βίαια προς τα εμπρός σε σχέση με το μηρό.

Η σπονδυλική στήλη αποτελεί τον απαραίτητο ανατομικό σχηματισμό του σκελετού για τη στήριξη, την όρθια στάση και την μετακίνηση του ανθρώπινου σώματος. Η σταθερότητα της σπονδυλικής στήλης εξασφαλίζεται με τους συνδέσμους, τους μεσοσπονδύλιους δίσκους, με τους κοιλιακούς και του ραχιαίους μυς. Όταν τραυματιστεί ο

μεσοσπονδύλιος δίσκος κατά την εκτέλεση κίνησης κάμψης του αθλητή, προκαλείται οπίσθια κήλη του μεσοσπονδύλιου δίσκου, ενώ ο τραυματισμός κατά την εκτέλεση έκτασης οδηγεί στην εμφάνιση πρόσθιας κήλης. Μερικές φορές οι απαιτήσεις μια άσκησης για εκτάσεις και υπερεκτάσεις της σπονδυλικής στήλης είναι τόσο έντονες, που μπορεί να οδηγήσουν σε μετατόπιση ενός σπόνδυλου, σπονδυλολυσία.

7.3. ΒΟΪΛΙΚΑ ΓΙΑ ΧΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΣΩΜΑ

Η πρόσθεση ισχίου είναι η πιο ενεργή περιοχή έρευνας και ανάπτυξης αναπληρωμάτων άρθρωσης. Οι συσκευές για την αρθροπλαστική ισχίου από τις αρχές του 1900. Μια σημαντική πρόοδος, στην αποτελεσματικότητα του εμφυτεύματος ισχίου, έγινε περίπου το 1960 από τον Sir John Charnley. Εισήγαγε μια συσκευή ολικής αρθροπλαστικής ισχίου, αποτελούμενη από μια μεταλλική μηριαία πρόσθεση συνδεδεμένη με το οστό με πολυμεθακρυλικό μεθυλεστέρα (PMMA) και από ένα κοτυλιδικό μέρος φτιαγμένο από πολυαιθυλένιο πολύ υψηλού μοριακού βάρους. Αυτό το σύστημα έχει συναντήσει πολλές παραλλαγές με τα χρόνια, αλλά ο βασικός σχεδιασμός εφαρμόζεται ακόμα σε όλες τις σύγχρονες προσθέσεις.

Περίπου 500.000 αναπληρώματα ολικού ισχίου και άρθρωση γονάτου, διεξάγονται ετησίως στις Η.Π.Α. και στην Ευρώπη. Αυτός ο αριθμός αναμένεται να αυξηθεί ταχύτατα, καθώς ο πληθυσμός μεγαλώνει σε ηλικία και καθώς αυτές οι διαδικασίες απαιτούνται όλο και περισσότερο σε νεαρότερους που θέλουν να παραμείνουν δραστήριοι παρά τον αρθρικό εκφυλισμό των αρθρώσεων τους.

Το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο ζεύγος στην προσθετική ισχίου ή στα αναπληρώματα άρθρωσης γονάτου, αποτελούνται από κράμα μετάλλου κοβαλτίου – χρωμίου που αρθρώνεται σε πολυαιθυλένιο πολύ υψηλού μοριακού βάρους. Από το 1970, ως εναλλακτική λύση χρησιμοποιούνται τα κεραμικά. Στη προσθετική ισχίου και στα έδρανα γονάτου, οι κεραμικές επιφάνειες προσφέρουν ένα μεγάλο όφελος των δραστικά μειωμένων τιμών φθοράς και προσφέρουν εξαιρετική μακρόχρονη βιοσυμβατότητα, η οποία μπορεί να αυξήσει τη μακροβιότητα του προσθετικού ισχίου και των αρθρώσεων γονάτου.

Ωστόσο τα κεραμικά είναι εύθραυστα και ο κίνδυνος της καταστροφής, παρόλο που είναι σπάνιο είναι μεγάλης σημασίας. Βελτιώσεις στην ποιότητα του υλικού, στις μεθόδους κατασκευής και στο σχεδιασμό του εμφυτεύματος είχαν ως αποτέλεσμα μια δραστική μείωση της επίπτωσης τέτοιων αστοχιών, έτσι ώστε τα σύγχρονα κεραμικά έδρανα να είναι ασφαλή και αξιόπιστα αν χρησιμοποιηθούν με στοιχεία αποδεδειγμένου σχεδιασμού και αντοχής. Μελλοντικές βελτιώσεις του υλικού μελετούνται δραστήρια για να μειώσουν τον κίνδυνο αστοχιών του κεραμικού ακόμα περισσότερο.

Η αλουμίνα και η ζirkονία είναι τα δυο κεραμικά με εκτενή ιστορικό χρήσης στα αναπληρώματα ισχίου και γονάτου. Τα κεραμικά έχουν κρυσταλλικές δομές, στις οποίες τα άτομα συγκρατούνται μεταξύ τους μέσω ενός συνδυασμού ισχυρών ιοντικών και ομοιοπολικών δεσμών. Ο ισχυρός ατομικός δεσμός μεταξύ των κρυστάλλων δίνει αύξηση στις επιθυμητές μηχανικές ιδιότητες των κεραμικών.

Η αλουμίνα παρουσιάστηκε ως ένα υποψήφιο υλικό για ορθοπεδικά εμφυτεύματα τη δεκαετία του 1970. Η σταθεροποιημένη ζirkονία παρουσιάστηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Η αλουμίνα είναι κατά πολύ το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο κεραμικό στο ισχίο. Εκτιμάται ότι πάνω από 5 εκατομμύρια μηριαίες κεφαλές και πάνω από 500 χιλιάδες κοτυλιδικά στοιχεία αλουμίνας έχουν εμφυτευτεί σε ισχία σε όλο τον κόσμο από το 2005.

Το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο πολυμερικό υλικό στα ορθοπεδικά έδρανα είναι το πολυαιθυλένιο πολύ υψηλού μοριακού βάρους (UHMWPE), για το κοτυλιδικό χιτώνιο σε

ισχίο και το κνημιαίο ένθετο σε γόνατο. Το UHMWPE παρέχει μια χρήσιμη αρθρική επιφάνεια για τη μεταλλική ή κεραμική μηριαία κεφαλή.

Ο σχεδιασμός ενός ιατρικού εμφυτεύματος με βάση το κολλαγόνο, για επιδιόρθωση ιστού ή οργάνου απαιτεί εκτενή κατανόηση της δομής και της λειτουργίας του ιστού ή του οργάνου που θα επιδιορθωθεί. Προς το παρόν, υπάρχουν δυο τρόποι σχεδιασμού ενός εμφυτεύματος, αναφέρονται ως μόνιμο και απορροφήσιμο εμφύτευμα. Τα μόνιμα εμφυτεύματα έχουν ως στόχο να αντικαταστήσουν οριστικά τους κατεστραμμένους ιστούς ή τα όργανα. Μεταξύ των βιολογικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη απορροφήσιμων ιατρικών εμφυτευμάτων, το κολλαγόνο έχει γίνει ένα από τα πιο δημοφιλή υλικά. Τα πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί με βάση το κολλαγόνο, είναι για το δέρμα, για τα περιφερειακά νεύρα, για τους στοματικούς ιστούς και για την αναπαραγωγή των μηνίσκων.

Στο σχεδιασμό ενός απορροφήσιμου εμφυτεύματος από κολλαγόνο δεν είναι σημαντική μόνο η αρχική μηχανική αντοχή, αλλά η βαθμιαία μείωση της αντοχής του μερικούς απορροφήσιμου προτύπου που πρέπει να αντισταθμίζεται από την αύξηση της αντοχής από τον αναπαραγόμενο ιστό, έτσι ώστε οι ολικές μηχανικές ιδιότητες του προτύπου να διατηρούνται.



Εμφύτευμα ισχίου – μεταλλική μηριαία πρόσθεση(αριστερά), κεραμικό κοτυλιδικό στοιχείο, πολυμερή κυπέλλιο.[41]

Χαρακτηριστικά για υλικά που χρησιμοποιούνται στα αναπληρώματα ολικής άρθρωσης:

- Μεγάλο μέτρο ελαστικότητας, μεγάλη αντοχή σε θραύση και μεγάλη αντοχή σε κόπωση. Αντοχή σε παραμόρφωση όταν υποβάλλεται φορτίο στο σώμα. Τα φορτία ποικίλουν από 3 φορές το βάρος του σώματος (3KN) για φυσιολογικό βάδισμα, μέχρι 8 φορές το βάρος του σώματος (8KN) για τζόκινγκ.
- Μεγάλη αντοχή σε διάβρωση και καλή βιοσυμβατότητα.
- Μεγάλη σκληρότητα και καλό φινίρισμα της επιφάνειας για μακρόχρονη αντοχή.
- Καλή ύγρανση μεταξύ επιφάνειας του εδράνου και των αρθρικών υγρών.



Μεταλλικό εμφύτευμα γόνατου.[42]

Υλικά για ισχίο και γόνατο:

- Πυρίμαχα μέταλλα ή κράματα μετάλλου: CoCr, ανοξείδωτος χάλυβας, Ti6Al4V για μηριαίες κεφαλές ή κοτυλιδικά κυπέλλια σε ισχία ή μηριαία στοιχεία σε γόνατα.
- Πυρίμαχα μονολιθικά κεραμικά οξειδία: αλουμίνα και ζirkονία για μηριαίες κεφαλές ή κοτυλιδικά χιτώνια σε ισχίο ή μηριαία στοιχεία σε γόνατο.

| ΒΙΟΪΔΙΚΑ | ΕΙΔΟΣ ΚΑΚΩΣΗΣ |
|-----------|--|
| Μεταλλικά | Συντριπτικά και τέλεια κατάγματα, κακώσεις γόνατος, ποδοκνημικής |
| Πολυμερή | Κάκωση μηνίσκου, συνδέσμων, ισχίου |
| Κεραμικά | Κάκωση γόνατος, ισχίου, κάταγμα μηριαίου |
| Σύνθετα | Κάκωση ισχίου, γόνατος |

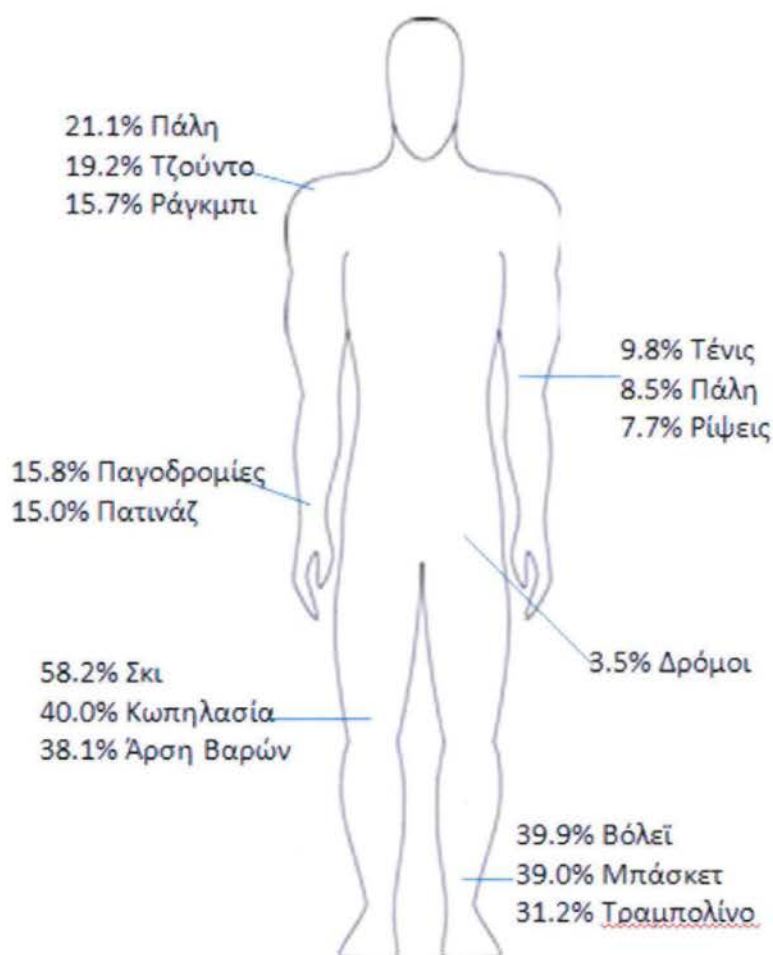
Πίνακας 7.1.: Βιοϋλικά - είδη κάκωσης.[43]

| ΒΙΟΪΔΙΚΑ | ΧΡΗΣΕΙΣΤΟΣΩΜΑ |
|-----------|--|
| Μεταλλικά | Αρθρώσεις, πλάκες - βίδες οστών, ράμματα |
| Πολυμερή | Γοφός, μαλακοί ιστοί |
| Κεραμικά | Μηριαία στελέχη, ορθοπεδικά |
| Σύνθετα | Αρθρώσεις |

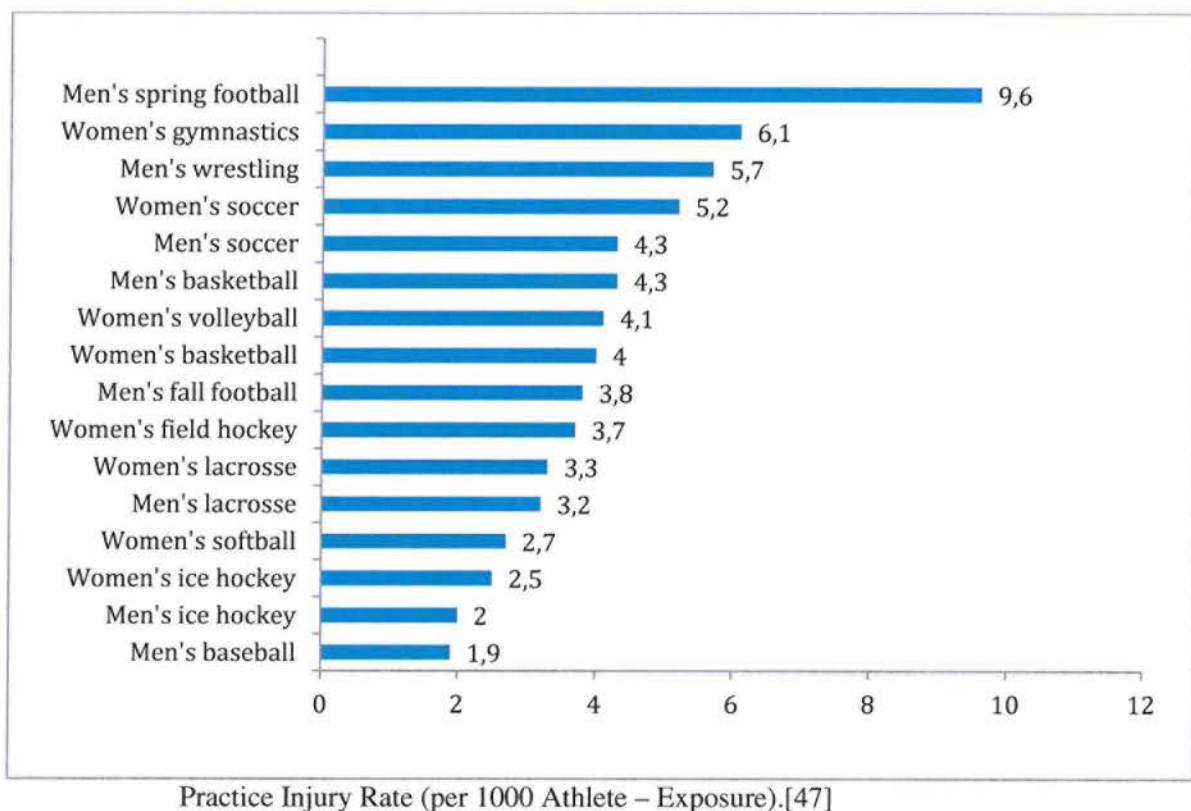
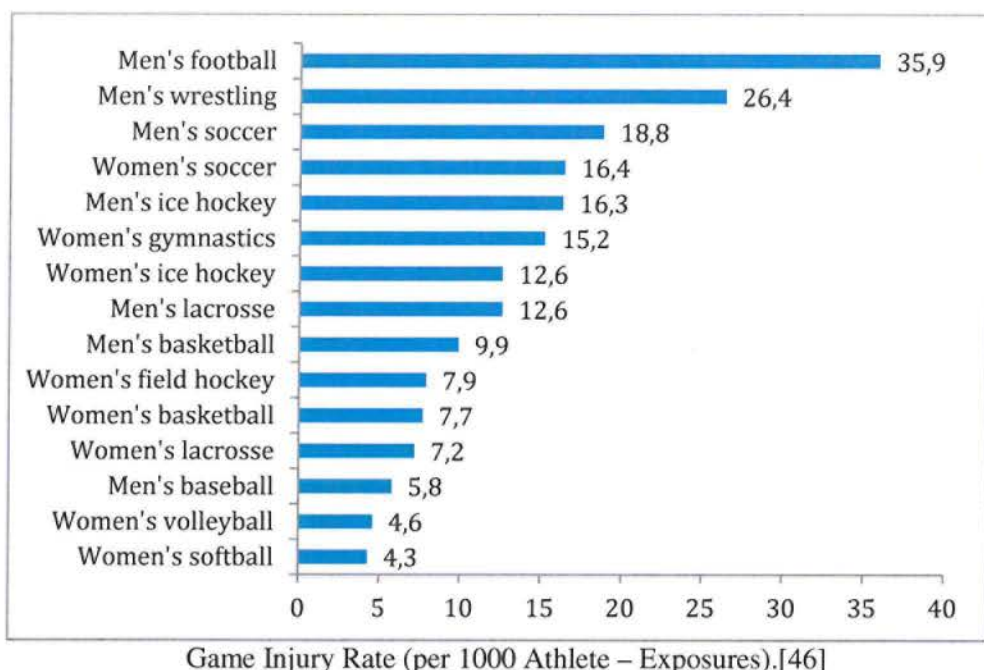
Πίνακας 7.2.: Βιοϋλικά για χρήσεις στο σώμα.[44]

7.4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Τα ποσοστά των διάφορων κακώσεων συνεχώς αυξάνουν, ως αποτέλεσμα κυρίως της παρουσίας στους αθλητικούς χώρους όλο και μεγαλύτερου αριθμού αθλούμενων, αλλά και του μεγαλύτερου ανταγωνισμού. Το μεγαλύτερο ποσοστό των αθλητικών κακώσεων αφορά τα κάτω άκρα με 68,9%, ακολουθούν τα άνω άκρα με 22,8% και η σπονδυλική στήλη με 4,7%.



Σχήμα 7.1.: Κακώσεις – Συμμετοχή ορισμένων αθλημάτων σε αυτές.[45]



Στα παραπάνω διαγράμματα φαίνονται οι τραυματισμοί στο κολεγιακό πρωτάθλημα της Αμερικής (NCAA), ανά άθλημα ανά χίλιους αθλητές. Τα πρώτο διάγραμμα δείχνει το ποσοστό των τραυματισμών στους αγώνες και στο δεύτερο το ποσοστό των τραυματισμών στην προπόνηση. Στους αγώνες κυρίαρχα αθλήματα τραυματισμών είναι τα αθλήματα επαφής, όπως το Αμερικάνικο ποδόσφαιρο και χόκεϊ επί πάγου. Το μπέιζμπολ και το

σόφτμπολ είναι χαμηλά σε τραυματισμούς γιατί δεν έχουν επαφή οι αθλούμενοι. Στην προπόνηση φαίνεται ότι μεγαλύτερο ποσοστό τραυματισμών έχει η ενόργανη γυμναστική, άθλημα με μεγάλη καταπόνηση στους αθλητές και με υπερβολικές απαιτήσεις από αυτούς. Χαμηλά βρίσκεται το χόκει επί πάγου, γιατί στην προπόνηση έχουν λιγότερες επαφές οι αθλούμενοι και με μικρότερη ένταση. Τα υπόλοιπα αθλήματα έχουν μικρές διαφορές στα ποσοστά τους από προπόνηση σε αγώνα. Αξιοσημείωτο είναι ότι η ενόργανη γυμναστική δεν καταγράφει ποσοστό στους αγωνιστικούς τραυματισμούς.

7.5. ΠΙΘΑΝΟΙ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΙ ΑΘΛΗΤΩΝ

Όταν τρέχουμε, πηδούμε, αλλάζουμε κατευθύνσεις ή κάνουμε περιστροφικές κινήσεις, ο αστράγαλος απορροφά σημαντικό μέρος των επιφορτίσεων. Μια ξαφνική κίνηση, ένα στραβοπάτημα, μια πτώση, μια αδέξια στροφή, μια σύγκρουση του ποδιού, μπορεί να μεταφέρει ένα ασυνήθιστα μεγάλο φορτίο στο σώμα μας με αποτέλεσμα να υπάρξει κάποιος τραυματισμός.

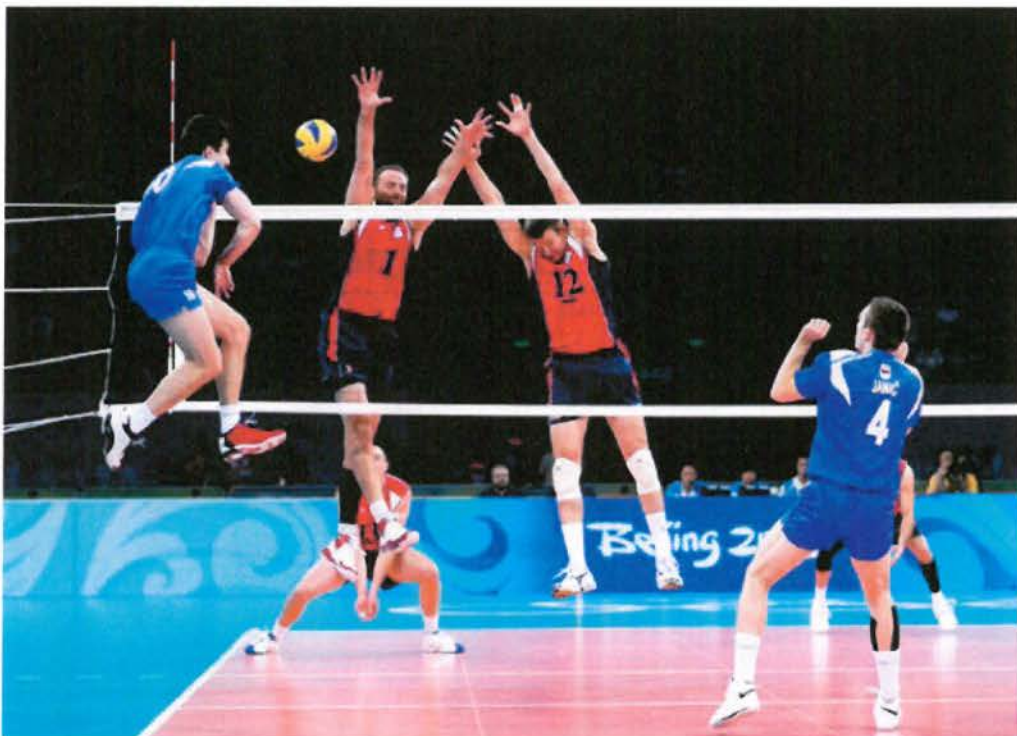
Οι παρακάτω εικόνες περιέχουν άλματα, αλλαγές κατεύθυνσης, επαφή παιχτών, απώλεια ισορροπίας. Το καθένα μόνο του ή και σε συνδυασμό μπορούν να οδηγήσουν ακόμα και σε σοβαρό τραυματισμό.



Εικόνα 7.5.1.: Σουτ με άλμα εκτός ισορροπίας.[48]



Εικόνα 7.5.2.: Μπλοκ και καρφί.[49]



Εικόνα 7.5.3.: Μπλοκ και καρφί χωρίς ισορροπία.[50]

Οι παραπάνω εικόνες της πετοσφαίρισης και της καλαθοσφαίρισης έχουν άλματα. Κατά την απογείωση ή την προσγείωση από το άλμα μπορούν να συμβούν κυρίως κακώσεις στην ποδοκνημική άρθρωση. Ειδικά στις περιπτώσεις που οι αθλητές της πετοσφαίρισης τρέχουν γρήγορα για να προλάβουν το άλμα στο μπλοκ, μπορεί να υπάρξει απώλεια ισορροπίας. Ομοίως και στην καλαθοσφαίριση ο παίχτης που κάνει το άλμα είναι εκτός ισορροπίας. Με αποτέλεσμα να υπάρξει μεγαλύτερη επιφόρτιση από την επιτρεπόμενη και να υπάρξουν τραυματισμοί. Εκτός από τις κακώσεις στην ποδοκνημική μπορούν να υπάρξουν πιο σοβαροί τραυματισμοί, όπως κάταγμα στην ποδοκνημική, ακόμα και κάκωση γονάτου.



Εικόνα 7.5.4.: Ντρίπλα και επαφή επιθετικού με αμυνόμενου.[51]

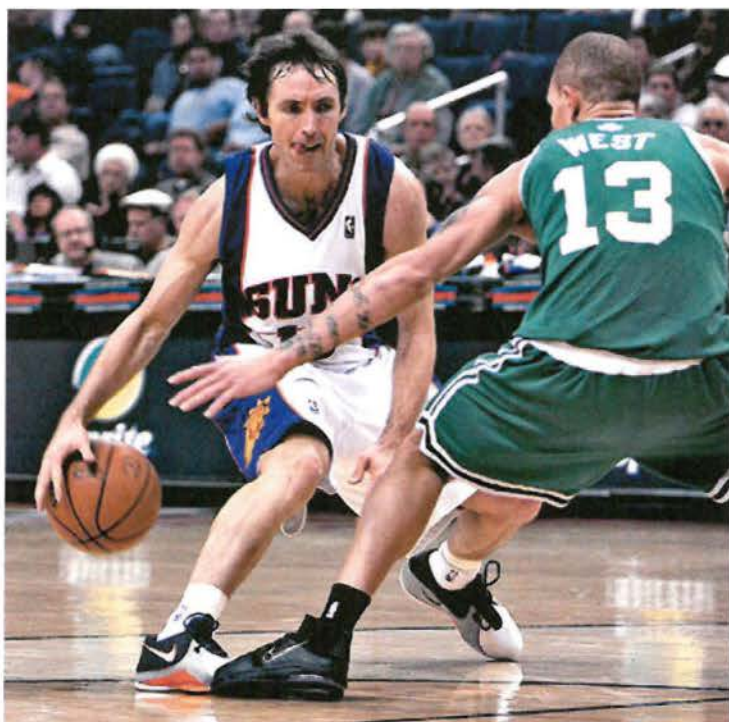


Εικόνα 7.5.5.: Διείσδυση και επαφή επιθετικού με αμυντικούς.[52]

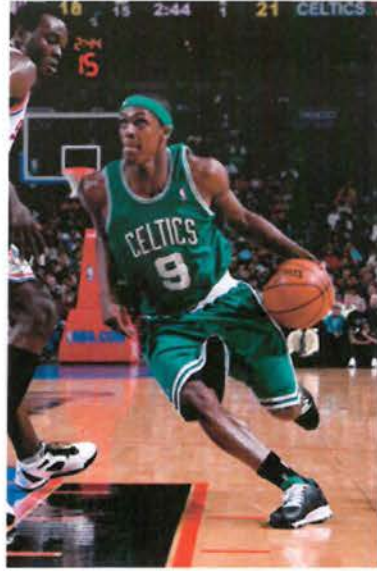


Εικόνα 7.5.6.: Επαφή αμυντικού με επιθετικού - πιθανός τραυματισμός.[53]

Στις παραπάνω φωτογραφίες υπάρχει επαφή αθλητών. Η καλαθοσφαίριση και το ποδόσφαιρο είναι από τα αθλήματα που έχουν την περισσότερη επαφή και για αυτό υπάρχει μεγάλη πιθανότητα τραυματισμού. Στην δεύτερη φωτογραφία υπάρχει σπρώξιμο και από τους δύο αθλητές που μπορεί να οδηγήσουν τον επιτιθέμενο αθλητή σε απώλεια ισορροπίας και να τραυματιστεί στην ποδοκνημική ή ακόμα και στο γόνατο. Στις φωτογραφίες του ποδοσφαίρου ο αμυντικός προσπαθεί να ανακόψει τον επιτιθέμενο, την ώρα που τρέχει και προσπαθεί να ντριπλάρει. Αυτή η επαφή μπορεί να οδηγήσει σε τραυματισμό των δυο παιχτών. Ειδικά στην εικόνα 7.5.6. φαίνεται ότι ο αμυντικός βάζει ανορθόδοξα το δεξί του πόδι στο έδαφος και σίγουρα υπάρχει τραυματισμός στην ποδοκνημική.



Εικόνα 7.5.7.: Ντριπλά με αλλαγή κατεύθυνσης.[54]



Εικόνα 7.5.8.: Διεΐσδυση με αλλαγή κατεύθυνσης και έλλειψη ισορροπίας.[55]



Εικόνα 7.5.8.: Ντρίπλα με αλλαγή κατεύθυνση – στροφική κίνηση.[56]

Στις παραπάνω φωτογραφίες οι αθλητές της καλαθοσφαίρισης και του ποδοσφαίρου, αλλάζουν κατευθύνσεις έχοντας πολύ μακριά το κέντρο βάρους τους από το σώμα τους με αποτέλεσμα να χάνουν την ισορροπία τους. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική επιφόρτιση της ποδοκνημικής και να υπάρξει κάποια κάκωση. Πιο δύσκολα μπορεί να υπάρχει κάκωση του γονάτου, αλλά και οι τρεις αθλητές μπορούν να κάνουν μια στροφική κίνηση με αποτέλεσμα να τραυματίσουν το γόνατο.



Εικόνα 7.5.9.: Κάκωση γονάτου.[57]



Εικόνα 7.5.10.: Ανοιχτό κάταγμα στο καλάμι.[58]

Οι φωτογραφίες είναι από τραυματισμούς αθλητών. Στην εικόνα 7.5.7., μετά από άλμα ο αθλητής χάνει την ισορροπία του και η επιφόρτιση πέφτει μόνο στο γόνατο, με αποτέλεσμα να υπάρξει εξάρθρωση γονάτου. Στην εικόνα 7.5.8., ο αθλητής κάνοντας ένα άλμα εκτός ισορροπίας πέφτει με την μύτη του ποδιού του, το κέντρο βάρους κατευθύνεται μπροστά και ο αθλητής παθαίνει κάταγμα στο καλάμι. Το κάταγμα στο καλάμι είναι ανοιχτό, δηλαδή έχει διαπεράσει το δέρμα και προβάλλει προς τα έξω. Χρειάστηκαν και οι δυο αθλητές χειρουργική επέμβαση, αλλά μπόρεσαν και επανήλθαν στους αγωνιστικούς χώρους.



Bo Jackson – Εξάρθρωση γοφού.[59]

Ο Μπο Τζάκσον έπαιζε επαγγελματικά μπέιζμπολ και Αμερικάνικο ποδόσφαιρο. Σε έναν αγώνα Αμερικάνικου ποδοσφαίρου, ένας αμυντικός του έκανε τάκλιν με αποτέλεσμα να του βγει ο γοφός και τον έβαλε και πάλι στην θέση του. Αυτή η ενέργεια δημιούργησε αιμορραγία στο μηριαίο οστό και χειροτέρεψε τον τραυματισμό. Η μόνη λύση ήταν η προσθήκη τεχνητού γοφού. Παρόλα αυτά δεν σταμάτησε να παίζει και μετά από καιρό επανήλθε στο μπέιζμπολ. Ήταν ο πρώτος παίκτης στην ιστορία του επαγγελματικού αθλητισμού με τεχνητό γοφό.



Brandon Roy – Τραυματισμός με επαφή.[60]

Ο Μπράντον Ρόι ήταν επαγγελματίας μπάσκετμπολίστας στο Αμερικάνικο πρωτάθλημα. Την Τρίτη χρονιά της καριέρας του τραυματίστηκε στο δεξί γόνατο, με ένα μικρό σκίσιμο του μηνίσκου. Μετά την εγχείριση συνέχιζε να παίζει, όμως την επόμενη χρονιά οι γιατροί παρατήρησαν ότι του λείπανε οι χόνδροι και από τα δύο γόνατα. Μετά από χειρουργική επανάκτηση των χόνδρων γύρισε στα γήπεδα. Όμως, την επόμενη χρονιά τραυματίστηκε εκ νέου στο δεξί γόνατο και σταμάτησε την καριέρα του.



Sebastian Deisler – Τραυματισμός στο γόνατο.[61]

Ο Σεμπάστιαν Ντάισλερ έπαιζε στην Μπάγιερν Μονάχου μέχρι τα 27 του που και σταμάτησε το ποδόσφαιρο, μετά από πολλαπλούς τραυματισμούς στα γόνατα. Κατά τη διάρκεια της καριέρας του έπαθε αρκετές φορές ρήξη χιαστών ώστε να μην μπορέσει να γυρίσει στην αρχική του κατάσταση. Η Μπάγιερν τον περίμενε να γυρίσει αλλά δεν άντεξε σωματικά, ούτε ψυχικά παθαίνοντας κατάθλιψη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία έγινε βιβλιογραφική μελέτη, κυρίως στην βιομηχανική της ανθρώπινης κίνησης και ειδικότερα στην βιομηχανική βασικών αθλημάτων στην Ελλάδα. Μέσα από τις βασικές κινήσεις των αθλημάτων αυτών, βρέθηκαν οι επιφορτίσεις που καταπονούν τις αρθρώσεις και παρουσιάστηκε η μηχανική των αρθρώσεων. Παρατηρήθηκε ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι επιφορτίσεις και όσο περισσότερο ασταθής είναι μια άρθρωση, είναι ευκολότερη η δημιουργία τραυματισμού. Στην συνέχεια καταγράφηκαν οι κυριότεροι τραυματισμοί των αθλημάτων και η σοβαρότητα του κάθε τραυματισμού, από μια απλή αποκατάσταση μέχρι την χειρουργική επέμβαση.

Ένας σοβαρός τραυματισμός, όπως ένα κάταγμα ή μια ρήξη στο γόνατο, χρειάζεται την προσθήκη ενός βιοϋλικού για να μπορέσει ο αθλητής να επανέλθει στην παλαιότερη φυσική του κατάσταση, χωρίς προβλήματα. Τα βιοϋλικά προέρχονται από πέντε βασικές κατηγορίες και ανάλογα με τις επιφορτίσεις που δέχεται η πάσχουσα περιοχή υπό φυσιολογικές συνθήκες, χρησιμοποιούνται και τα αντίστοιχα, από τις κατηγορίες που έχουν καταγραφεί στην εργασία, που μπορούν να αντέξουν χωρίς να αστοχήσουν.

Τέλος αναφέρθηκαν παραδείγματα πολύ σοβαρών ακόμα και πολλαπλών σοβαρών τραυματισμών, από επαγγελματίες αθλητές. Έγινε κατανοητό ότι ένας τραυματισμός δεν επηρεάζει μόνο σωματικά των αθλητή, αλλά και ψυχικά. Παρατηρήθηκε ότι αθλητές που τραυματίστηκαν σοβαρά, μετά την αποκατάσταση είχαν παρόμοιο τραυματισμό σε μικρό χρονικό διάστημα.

Από όλα αυτά συμπεραίνεται ότι ένας τραυματισμός δεν πρέπει να απασχολεί μόνο από ιατρικής πλευράς, αλλά χρειάζεται να εμπλέκονται και άλλοι επιστημονικοί τομείς. Στον κλάδο της μηχανικής κατατάσσεται το κομμάτι των κινήσεων που κάνει ο αθλητής κατά την αθλητική δραστηριότητα. Στη συνέχεια να γίνει καταγραφή των φορτίων που δέχεται το μυοσκελετικό σύστημα του αθλούμενου και κάθε άρθρωσης ξεχωριστά. Έτσι ο μηχανικός μπορεί να μελετήσει ευκολότερα τυχόν σοβαρούς τραυματισμούς και να γίνει έρευνα γύρω από την χρησιμοποίηση των βιοϋλικών ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν με καλύτερη ακρίβεια τα φορτία που δημιουργούνται στο μυοσκελετικό σύστημα του αθλούμενου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΛΙΣΤΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1. Δεληγιάννης Α. Π. (1992), *Ιατρική της άθλησης*. 2^ηεκδ., Θεσσαλονίκη: University studio press.
2. Δημητρίου, Θ. (1998) *Κλινική Ανατομία ΙΙ*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
3. Κασάμπαλης Θ. (2001), *Πετοσφαίριση Ι*. Ξάνθη: Εταιρεία αξιοποίησης και διαχείρισης περιουσίας Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.
4. Μάλλιου Π., Μπενέκα Α., Γιοφτσίδου Α. (2002), *Αθλητικές κακώσεις και αποκατάσταση*. Κομοτηνή: Εταιρεία αξιοποίησης και διαχείρισης περιουσίας Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.
5. Μανωλάκος Δ.Ε., Παντελής Δ.Ι. (2004), *Βιοϋλικά ΙΙ*, Αθήνα.
6. Μαυρομάτης Γ., Αγγελούσης Ν., Γουργούλης Β. (2000), *Βιοκινητική*. Ξάνθη: Εταιρεία αξιοποίησης και διαχείρισης περιουσίας Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.
7. Μαυρομάτης Γ., Αγγελούσης Ν., Χατζητάκη Β. (2003), *Βιομηχανική μελέτη της τεχνικής στα ατομικά και ομαδικά αθλήματα*. Κομοτηνή: Εταιρεία αξιοποίησης και διαχείρισης περιουσίας Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.
8. Μπουντόλος, Κ. (2004) *Θεμελιώδεις αρχές Βιο-Μηχανικής*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
9. Μπουντόλος, Κ. (2007) *Βασική Βιο-Μηχανική της ανθρώπινης κίνησης*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
10. Μπουρόπουλος Ν., Παύλου Ο (2002), *Εισαγωγή στα Βιοϋλικά*, Πανεπιστήμιο Πάτρας.
11. Στεργιούλας Α. (1992), *Τραυματισμοί στα σπορ*. Αθήνα: Συμμετρία.
12. Σωτηρόπουλος Α. (2003), *Το ποδόσφαιρο*. 2^ηεκδ., Αθήνα: Τελέθριον.
13. Bronzino, J.P. (2000) *Ceramic Biomaterials in Billotte, W. (ed) The Biomedical Engineering Handbook, Second Edition*. CRC Press.
14. Bronzino, J.P. (2000) *Hard Tissue Replacements in Keller, J.C. and Goel, V.K. and Park, S. H. (eds) The Biomedical Engineering handbook, Second Edition*. CRC Press.
15. Bronzino, J.P. (2000) *Polymeric Biomaterials in Lee, B.H. and Gilson, K. and Lee, H.J. (eds) The Biomedical Engineering Handbook*. CRC Press.
16. Bronzino, J.P. (2000) *Biologic Biomaterials in Li, S.T. The Biomedical Engineering Handbook, Second Edition*. CRC Press.
17. Bronzino, J.P. (2000) *Metallic Biomaterials in Park, B.J. and Young, K.K. (eds) The Biomedical Engineering Handbook, second Edition*. CRC Press.
18. Bronzino, J.P. (2000) *Composite Biomaterials in Roderic, L. (ed) The Biomedical Engineering Handbook, Second Edition*. CRC Press.
19. Bronzino, J.P. (2000) *Soft Tissue Replacements in Shalaby, S.W and Burg, K.J.L. and Chandran, K.B. (eds) The Biomedical Engineering Handbook, Second Edition*. CRC Press.

20. Geetha, M. Signh, A.K. Asokamani, R. and Gogia, A.K. (2009) Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopedic implants – A review. *Progress in material science*, 54(3), pp.397-425.
21. Jayakumar, R. Nwe, N. Tokura, S. and Tamura, H. (2007) Sulfated chitin and chitosan as novel biomaterials. *International journal of biological macromolecules*, 40(3), pp.175-181.
22. Kulkarni, R.K. Pani, K.C. and Neuman, C. and Leonard F. (1966) Polylactic acid for surgical implants. *Arch Surg*, 93(5), pp.839-43.
23. Ratner, B.D. Hoffman, A.S. and Schoen, F.J. (2013) Biomaterials science, third edition. Oxford: Elsevier Inc.
24. Vaccaro, A.R. and Madigan, L. (2002) Spinal application of bioabsorbable implants. *J Neurosurg*, 97(4), pp.407-12.
25. Tsiganos, G. Sotiropoulos, D. and Baltopoulos, P. (2007) Injuries in greek amateur soccer players. *Biology of exercise*, 3(1), pp.60-67.
26. Stergioulas, A. Tripolitsioti, A. Kostopoulos, N. Gavrilidis, A. Sotiropoulos, D. and Baltopoulos P. (2007) Amateur basketball injuries. A prospective study among male and female athletes. *Biology of exercise*, 3(1), pp.36-45.

ΛΙΣΤΑ ΑΝΑΦΟΡΩΝ

- Μπουντόλος, Κ. (2000) Θεμελιώδεις αρχές Βιο-Μηχανικής. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Black, J. (1992) Biological Performance of materials, 2nd ed. New York: M. Dekker Inc.
- Bronzino, J.P. (2000) Hard Tissue Replacements *in* Keller, J.C. and Goel, V.K. and Park, S. H. (eds) The Biomedical Engineering handbook, Second Edition. CRC Press.
- Bronzino, J.P. (2000) Metallic Biomaterials *in* Park, B.J. and Young, K.K. (eds) The Biomedical Engineering Handbook, second Edition. CRC Press.
- Bruck, S.D. (1980) Properties of Biomaterials in the Physiological Environment. FL: CRC Press.
- Buddy, D. Allan, S.H. Frederick, J. and Schoen, J. (2013) Introduction – Biomaterials science: An evolving multidisciplinary endeavor. *Biomaterials science: an introduction to materials in medicine*, pp.xxv-xxxix.
- Geetha, M. Signh, A.K. Asokamani, R. and Gogia, A.K. (2008) Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopedic implants – A review. *Progress in material science*, 54(3), pp.397-425.
- Suchanek, W. and Yoshimura, M. (1998) Processing and properties of hydroxiapatite – based biomaterials for hard tissue replacement implants. *Journal of materials research*, 13(1), pp.94-117.
- Vaccaro, A.R. and Madigan, L. (2002) spinal application of bioadsorbable implants. *Orthopedics*, 25(10), pp.1115-1120.

ΛΙΣΤΑ ΠΑΡΑΠΟΜΠΩΝ

- [1] Von Recum, A.F. (1994) Biomaterials: Educational Goals. In: Annual Biomaterials society Meeting. Boston, MA. Biomaterials Society.
- [2] Bronzino, J.P. (2000) The Biomedical Engineering Handbook. 2nd edition, CRC press.
- [3] Bronzino, J.P. (2000) The Biomedical Engineering Handbook. 2nd edition, CRC press.
- [4] Bronzino, J.P. (2000) The Biomedical Engineering Handbook. 2nd edition, CRC press.
- [5] <https://biotech-ntua.wikispaces.com/file/view/%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%20%CE%BF.pdf/375672340/%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%20%CE%BF.pdf>
- [6] <http://www.aid-n.com/all-about-human-cells/all-about-human-cells-human-cells/>
- [7] <http://retailretailretail-retailretailretail.blogspot.gr/2010/11/retail-bone.html>
- [8] <http://www.osteopath-edinburgh.com/2010/08/29/tennis-elbow-tendonopathy-look-at-the-complex-structure-of-the-tendon/>
- [9] http://www.goudelis.gr/index.php?page=body&subsubcat_id=53
- [10] <http://www.orthopedikos-pap.com/knee-anatomy.php?cat=knee-muscles>
- [11] Park J.B., Kon Kim Y. (2000) Metallic Biomaterials. *in*: Bronzino J.P. (ed.) The Biomedical Engineering Handbook, CRC press.
- [12] American Society for Testing and Materials (1992) F139-86, p.61
- [13] American Society for Testing and Materials (1992) F139-86, p.61
- [14] American Society for Testing and Materials (1992) F67-89, p.39. F136-84, p.55
- [15] American Society for Testing and Materials (1992) F67-89, p.39. F136-84, p.55
- [16] American society for Testing and Materials (1992) F139-86, p.61
- [17] American Society for Testing and Materials (1992) F139-86.p.61
- [18] American Society for Testing and Materials (1992) F75-87, p.42. F562-84,p.150
- [19] American Society for Testing and Materials (1992) F75-87, p.42. F562-84,p.150
- [20] Park J.B., Lakes R.S. (1992) Ceramic Implants. In: Biomaterials An Introduction, 2nd edition, New York: Plenum Press, pp.125
- [21] Park J.B., Lakes R.S. (1992) Ceramic Implants. In: Biomaterials An Introduction, 2nd edition, New York: Plenum Press, pp.133
- [22] Park J.B., Lakes R.S. (1992) Ceramic Implants. In: Biomaterials An Introduction, 2nd edition, New York: Plenum Press, pp.125
- [23] Bronzino, J.P. (2000) The Biomedical Engineering Handbook. 2nd edition, CRC press.
- [24] American Society for Testing and Materials (1992) F139-86.p.61
- [25] <http://www.hoopzonebasketball.com/book101/positions.html>
- [26] http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%AE%CF%80%CE%B5%CE%B4%CE%BF_%CF%80%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%A F%CF%81%CE%BF%CF%85
- [27] <http://blogs.sch.gr/gymkalam/?p=668>
- [28] <http://gabrielportolesi.wordpress.com/>
- [29] <http://volleyballadvice.com/>

- [30] <http://www.basketballxpert.com/tips/conditiongin091510.aspx>
- [31] http://blogs.webex.com/webex_interactions/2009/08/guest-blogger-you-got-the-ball-now-what.html
- [32] <http://basketball91.com/information/types-of-basketball-passes-and-dribbles/#.UdsXW22rtTc>
- [33] <http://lesterslegends.com/2010-fantasy-basketball-options-blocks/>
- [34] <http://www.thenbazone.com/2011/06/basketball-shooting-tips-to-improve.html>
- [35] http://www.physio-aid.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=17
- [36] http://www.physio-aid.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=21
- [37] http://www.physio-aid.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=19
- [38] http://www.drx9000.gr/view_cat.php?cat_id=514
- [39] <http://www.kouloumentas.gr/knee.php>
- [40] http://www.physio-aid.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=16
- [41] http://en.wikipedia.org/wiki/File:Hip_prosthesis.jpg
- [42] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Knieprothese.png>
- [43] Bronzino, J.P. (2000) The Biomedical Engineering Handbook. 2nd edition, CRC press.
- [44] Bronzino, J.P. (2000) The Biomedical Engineering Handbook. 2nd edition, CRC press.
- [45] Δεληγιάννη, Α.Π. (1992), Ιατρική της άθλησης, 2^η έκδοση, Θεσσαλονίκη:University studiopress
- [46] <http://www.washingtonpost.com/blogs/wonkblog/wp/2013/03/31/kevin-wares-injury-is-horrible-but-mens-basketball-is-among-the-safer-college-sports/>
- [47] <http://www.washingtonpost.com/blogs/wonkblog/wp/2013/03/31/kevin-wares-injury-is-horrible-but-mens-basketball-is-among-the-safer-college-sports/>
- [48] <http://www.zimbio.com/pictures/CKw1f13z6J/Chicago+Bulls+v+Brooklyn+Nets/5YSNi3GZLUT/C.j.+Watson>
- [49] <http://www.zimbio.com/pictures/G4T4X6YKzB3/Women+Volleyball+European+Championship+Italy/5-UpM1TJd6k>
- [50] http://www.elginpk.com/worsley1112_4/howard/2.htm
- [51] http://www.soccer-training-info.com/soccer_dribbling_skills.asp 10/9/13
- [52] <http://www.nydailynews.com/sports/olympics-2012/invincible-team-usa-women-basketball-wins-5th-straight-olympic-gold-medal-laughter-france-article-1.1134471>
- [53] <http://www.maldivesoccer.com/images/2012/7/9aedcc375989c3e597d15f3998ca73dd.jpg>
- [54] <http://tucsoncitizen.com/morgue/tag/sports-basketball-collegeua/page/121/>
- [55] <http://sportsofboston.com/2010/01/20/rajon-rondo-an-all-star/>
- [56] <http://www.smh.com.au/sport/soccer/heart-streak-suffers-palpitations-20120104-1pl6f.html>

- [57] <http://www.clipsnation.com/2011/8/16/2366809/former-draft-picks-and-what-happened-to-them-2004>
- [58] <http://sportsillustrated.cnn.com/-college-basketball-mens-tournament/news/20130402/kevin-ware-hospital.ap/>
- [59] http://www.guidespot.com/guides/career_ending_sports_injuries
- [60] <http://mikefratello.com/2010/01/>
- [61] http://news.bbc.co.uk/sport3/worldcup2002/hi/team_pages/germany/newsid_1996000/1996722.stm