

Εξώφυλλο Αναφοράς Πτυχιακής Εργασίας



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής

Τίτλος:

**Μελέτη της ανθρώπινης κίνησης και του ISO προτύπου H-Anim
καθώς και η εφαρμογή του σε περιβάλλον Web μέσω
του X3DOM framework**

Αλέξανδρος-Απόλλων Ροδόπουλος

(AM 3017)

Επιβλέπων καθηγητής:	Μαλάμος Αθανάσιος
Επιτροπή Αξιολόγησης:	Μαλάμος Αθανάσιος Παχουλάκης Ιωάννης Παπαδάκης Νικόλαος
Ημερομηνία παρουσίασης:	7/7/2015

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Αθανάσιο Μαλάμο για την εμπιστοσύνη και ανάθεση της πτυχιακής εργασίας, καθώς και της πίεσης που άσκησε για το καλύτερο αποτέλεσμα. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Ανδρέα Σταμούλια για την συμβολή του στην προσπάθεια και την καθοδήγηση. Επίσης στον Τσαμπίκο Κουναλάκη για την υποστήριξη του, ήταν σημαντικός ο ρόλος του. Τέλος θα ήθελα να αφιερώσω ένα μεγάλο ευχαριστώ από καρδιάς στους γονείς μου, που με στηρίζουν συνεχώς είτε οικονομικά είτε ψυχικά, προσφέροντας το δικό τους ξεχωριστό και μεγάλο έργο στον χαρακτήρα μου.

ABSTRACT

In this particular thesis, the student is called to study basic concepts and terms of human body, that contributes to the process of motion. As also the study of H-Anim ISO, which is a major fact for the following utilization. When the study is completed and the student have developed a familiarity about the subject, he then shall start the implementation process. The knowledge and the uses of technologies on X3DOM, H-Anim ISO, JavaScript, X3D, physics engine Bullet Physics etc. is required to reach the final goal. Which will offer to the user, the experience of a simulation of human body and functionality, through a web-browser having a realistic ragdoll inside a virtual space.

ΣΥΝΟΨΗ

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία ο φοιτητής καλείται να μελετήσει βασικές έννοιες και όρους του ανθρώπινου σώματος που συμβάλλουν στην διαδικασία της κίνησης του. Καθώς και τη μελέτη του προτύπου H-Anim, που συμβάλει για την μετέπειτα αξιοποίηση του. Αφού ολοκληρωθεί η μελέτη και η εξοικείωση με το αντικείμενο θα προβεί στην έναρξη της διαδικασίας υλοποίησης του. Η γνώση και η χρήση τεχνολογιών πάνω στο X3DOM, το πρότυπο H-Anim, JavaScript, X3D, στη μηχανή φυσικής Bullet Physics κ.α. είναι απαραίτητη για να πραγματοποιηθεί το τελικό αποτέλεσμα. Το οποίο θα προσφέρει στον χρήστη την εμπειρία μιας προσομοίωσης του ανθρώπινου σώματος και λειτουργίας του μέσα από έναν web-browser έχοντας ένα ρεαλιστικό ragdoll σε έναν εικονικό χώρο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	11
ΚΙΝΗΤΡΟ	11
ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ	12
ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	12
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ	12
ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ	13
ΚΙΝΕΤΙCS	13
ΚΙΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ	14
ΚΙΝΕΜΑΤΙCS	14
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	15
DYNAMICS	15
ΔΥΝΑΜΗ	16
ΡΟΠΗ	16
ΟΡΜΗ	17
ΣΤΡΟΦΟΡΜΗ	18
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	19
ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ	19
ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ	20
ΙΝΕΡΤΙΑ	20
ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	22
ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ	22
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	22
ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΙ ΑΞΟΝΕΣ	23
ΕΠΙΠΕΔΑ	23
ΆΞΟΝΕΣ	23
ΚΙΝΗΣΗ ΕΠΙ ΑΞΟΝΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	24
EXTENSION/FLEXION	25
ABDUCTION/ADDUCTION	27
ROTATION	29
ΜΕΡΗ - ΔΟΜΗ	31
ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ	34

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.	35
ΟΠΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	36
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	36
ΔΙΑΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	37
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ	37
ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ	38
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	38
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΟΣ	38
ΜΑΖΑ	39
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	39
ΚΕΝΤΡΑ ΜΑΖΑΣ	40
ΡΟΠΕΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΩΝ	40
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	41
SEGMENTS	41
ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ DEMPSTER ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ WINTER	43
ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ZATSIORSKY ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ DELEVA	52
ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΟΥ DEMPSTER - ZATSIORSKY	57
JOINTS	57
ΤΥΠΟΙ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥΣ	58
ΑΝΑΤΟΜΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ	59
ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΔΙΑΡΘΡΩΣΕΩΝ	61
ΤΥΠΟΙ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ	61
ΠΛΑΝΑ ΚΑΙ ΑΞΟΝΕΣ ΣΤΙΣ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ	68
DEGREES OF FREEDOM (DOF)	69
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΌΡΙΑ	73
<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΡΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ</u>	78
<u>Χ3DOM</u>	79
Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ	79
DOCUMENT STRUCTURE	80
Η ΣΚΗΝΗ	81
ΤΙ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ	82
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	82
<u>H-ANIM ISO</u>	82
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	82
ΓΕΝΙΚΑ	83

NODES	84
JOINT NODE	84
SEGMENT NODE	86
SITE NODE	88
DISPLACER NODE	89
HUMANOID NODE	91
ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ HUMANOID	92
JOINT HIERARCHY	95
BODY	96
HANDS	96
FACE	97
HIERARCHY	98
BULLET PHYSICS	98
ΑΜΜΟ	100
BULLETPHYSICSJS	102
ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	102
ΣΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΌΡΙΑ	103
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ	103
RAGDOLL	104
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	104
ΔΟΜΗ	105
ΧΡΗΣΗ	105
ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ RAGDOLL	105
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	105
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	105
ΜΟΝΤΕΛΑ H-ANIM	107
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ	107
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	107
ΑΠΛΟ RAGDOLL	107
H-ANIM RAGDOLL	108
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	110

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΛΕΨΕΙΣ	111
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	111
JAVASCRIPT	111
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	113

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1 - ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΙΝΗΣΗ.....	22
ΕΙΚΟΝΑ 2 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ PLANES ΚΑΙ AXIS ΣΤΟ ΣΩΜΑ.....	24
ΕΙΚΟΝΑ 3 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΣΤΑΣΗΣ.....	25
ΕΙΚΟΝΑ 4 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ	26
ΕΙΚΟΝΑ 5 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΠΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΠΑΛΑΜΕΣ ΚΑΙ ΔΑΚΤΥΛΑ.....	27
ΕΙΚΟΝΑ 6 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΠΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΜΕΛΩΝ ΣΩΜΑΤΟΣ	28
ΕΙΚΟΝΑ 7 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΠΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΧΕΡΙΑ ΚΑΙ ΠΟΔΙΑ	29
ΕΙΚΟΝΑ 8 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ.....	30
ΕΙΚΟΝΑ 9 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ.....	32
ΕΙΚΟΝΑ 10 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΟΔΙΟΥ ΜΕ ΡΟΠΗ ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟ ΙΣΧΙΟ	34
ΕΙΚΟΝΑ 11 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ	35
ΕΙΚΟΝΑ 12 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΟΙΡΕ ΚΑΙ LASER.....	36
ΕΙΚΟΝΑ 13 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΖΑΤΣΙORSKY ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟ ΑΠΟ DELEVA	52
ΕΙΚΟΝΑ 14 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΛΩΝ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΑ ΚΕΝΤΡΑ ΜΑΖΑΣ	56
ΕΙΚΟΝΑ 15 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΞΟΝΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΣΕ ΜΙΑ ΑΡΘΡΩΣΗ	68
ΕΙΚΟΝΑ 16 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΠΛΟΙΟΥ ΜΕ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ ΤΟΥ	71
ΕΙΚΟΝΑ 17 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟΥ ΜΕ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ.....	71
ΕΙΚΟΝΑ 18 - ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	78
ΕΙΚΟΝΑ 19 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΝΑΤΟΜΙΚΗΣ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΟΨΕΙΣ	93
ΕΙΚΟΝΑ 20 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΧΕΡΙΟΥ ΜΕ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΚΕΝΤΡΑ.....	94
ΕΙΚΟΝΑ 21 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΙΕΡΑΡΧΙΑΣ ΤΟΥ Η-ANIM.....	98
ΕΙΚΟΝΑ 22 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΚΩΝΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ.....	104
ΕΙΚΟΝΑ 23 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ RAGDOLL ΑΞΙΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΟ Η-ANIM	106
ΕΙΚΟΝΑ 24 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥ ΑΠΛΟΥ RAGDOLL ΣΤΗ ΣΚΗΝΗ.....	108
ΕΙΚΟΝΑ 25 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ Η-ANIM ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	109
ΕΙΚΟΝΑ 26 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΠΙΠΛΕΟΝ Η-ANIM ΜΟΝΤΕΛΩΝ	110

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 - ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΩΝ PLANE ΚΑΙ AXIS.....	24
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 - ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ.....	31
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 - ΤΜΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ.....	41
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 - ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ DEMPSTER ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ WINTER.....	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 - ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΩΝ SEGMENTS.....	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 6 - ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ DEMPSTER ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ WINTER.....	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 7 - ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΑ ΟΡΟΣΗΜΑ. ΜΟΝΤΕΛΟ ZATSIORSKY ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ DELEVA.....	53
ΠΙΝΑΚΑΣ 8 - ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΓΥΝΑΙΚΕΙΟ ΣΩΜΑ. ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΟΝΑΔΑ %.....	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 9 - ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΑΝΔΡΙΚΟ ΣΩΜΑ. ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΜΟΝΑΔΑ %.	55
ΠΙΝΑΚΑΣ 10 - ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΑΖΑΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ZATSIORSKY ΚΑΙ DEMPSTER	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 11 - ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΤΥΠΟ.....	68
ΠΙΝΑΚΑΣ 12 - ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΒΑΘΜΟΥΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥΣ.	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 13 - ΌΡΙΑ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΜΕΛΩΝ, ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ NASA.	77
ΠΙΝΑΚΑΣ 14 - ΟΜΑΔΑ ΣΩΜΑΤΟΣ. ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΤΑ ΜΕΛΗ ΚΑΙ ΤΑ ΟΝΟΜΑΤΑ ΤΗΣ.....	96
ΠΙΝΑΚΑΣ 15 - ΟΜΑΔΑ ΧΕΡΙΩΝ. ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΤΑ ΜΕΛΗ ΚΑΙ ΤΑ ΟΝΟΜΑΤΑ ΤΗΣ.	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 16 - ΟΜΑΔΑ ΠΡΟΣΩΠΟΥ. ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΤΑ ΜΕΛΗ ΚΑΙ ΤΑ ΟΝΟΜΑΤΑ ΤΗΣ.	97
ΠΙΝΑΚΑΣ 17 - ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΠΡΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΜΜΟ	101
ΠΙΝΑΚΑΣ 18 - ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΣΕ ΣΩΜΑΤΑ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ Χ3D ΚΑΙ ΑΜΜΟ.	103
ΠΙΝΑΚΑΣ 19 - ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΣΕ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ Χ3D ΚΑΙ ΑΜΜΟ.....	103

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία αφορά τη μελέτη της κίνησης του ανθρώπινου σώματος και όλων των παραγόντων που την επηρεάζουν με φυσικό τρόπο όπως είναι οι νόμοι της φυσικής. Αφού ολοκληρωθεί η μελέτη και κατανόηση λειτουργίας μπορούμε να προβούμε στην αναπαράσταση της συμπεριφορά του σε εικονικό περιβάλλον.

Περίληψη

Ο σκοπός αυτής της πτυχιακής είναι η διευκόλυνση της κατανόησης της λειτουργίας του ανθρωπίνου σώματος στη κίνηση του. Η μελέτη όλων των παραμέτρων και συνθηκών που επηρεάζουν και συμβάλλουν στο τελικό αποτέλεσμα της κίνησης. Σε δεύτερο χρόνο θα γίνει η αναπαράσταση του, μέσω μιας υλοποίησης σε εικονικό περιβάλλον. Το αποτέλεσμα που θα έχουμε θα είναι μια κούκλα ή ragdoll σε έναν εικονικό χώρο που θα έχει και θα υπακούει στα ανθρώπινα όρια καθώς θα μιμείται τις ανθρώπινες συμπεριφορές κίνησης.

Πιο αναλυτικά η μελέτη έγινε πάνω σε διάφορες πτυχές επιστημονικών πεδίων όπως είναι η κινησιολογία, η εμβιομηχανική, η ανθρωπολογία, η ανατομία κ.α. Η επίτευξη του τελικού αποτελέσματος υλοποιήθηκε σε web-based περιβάλλον ώστε να είναι ανεξάρτητο από εφαρμογές και λοιπά προγράμματα. Λόγω της ελευθερίας και ανεξαρτησίας που μας προσφέρει το διαδίκτυο μπορεί να τρέξει σε οποιοδήποτε browser που υποστηρίζει το X3DOM και είναι συμβατός για VRML97. Συγκεκριμένα οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν είναι το X3DOM framework που στηρίζεται όλη η σκηνή μας και ο εικονικός χώρος, το H-Anim πρότυπο που περιγράφει το ανθρώπινο σώμα με πολλά χαρακτηριστικά του. Η προσομοίωση έγινε με τη μηχανή φυσικής Bullet Physics που όμως χρησιμοποιήσαμε την JavaScript μορφή της.

Ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει με το ragdoll στον εικονικό χώρο και εκείνο δεχόμενο δυνάμεις από το περιβάλλον αλλά και από τον χρήστη να μετακινηθεί αντίστοιχα, δημιουργώντας έτσι μια προσομοίωση ανθρώπινης συμπεριφοράς.

Κίνητρο

Οι διαδικτυακές τεχνολογίες συνεχώς αυξάνονται και προχωρούν με αποτέλεσμα οι ανάγκες μας αλλά και οι δυνατότητες που μας προσφέρουν να μεγαλώνουν με τη σειρά τους.

Το ανθρώπινο είδος είχε αρχίσει την αναπαράσταση του σε τοίχους σπηλαίων από την παλαιολιθική εποχή, απεικονίζοντας στιγμές από τη ζωή τους με διάφορες δραστηριότητες τους. Χιλιάδες χρόνια μετά, εξακολουθεί να υπάρχει η ίδια ανάγκη για απεικόνιση του είδους μας, αλλά και τη μελέτη του όχι πια βέβαια σε τοίχους σπηλαίων αλλά σε οθόνες.

Έτσι αυτό το κίνητρο σε μια πιο εξελιγμένη μορφή οδήγησε στην διεξαγωγή αυτής της εργασίας.

Σκοπός και στόχοι

Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά οι στόχοι της πτυχιακής εργασίας

1. Μελέτη της ανθρώπινης κίνησης και άλλων εννοιών
2. Εξοικείωση με τις τεχνολογίες και κατανόηση τους
3. Αντιμετώπιση προβλημάτων – Σε θέματα συμβατότητας και υλοποίησης
4. Προσαρμογή των αναγκών και υλοποίηση τελικού αποτελέσματος

Από τους στόχους μπορούμε να καταλάβουμε ότι επικεντρώνεται η συγκεκριμένη εργασία πάνω στο ανθρώπινο σώμα και τη κίνηση του. Έχοντας ως σκοπό τη μεταφορά του στον browser με τη χρήση των κατάλληλων τεχνολογιών και εργαλείων.

Δομή Εργασίας

Ο διαχωρισμός και η εκπόνηση της εργασίας έγινε σε δύο κύρια μέρη για την καλύτερη κατανόηση των ανάλογων προβλημάτων που προήλθαν. Λόγω του ότι η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία είχε αρκετή μελέτη και έρευνα πάνω σε θέματα που ξεφεύγουν από το αντικείμενο του καθαρού προγραμματισμού.

- Το **πρώτο** μέρος είναι το **θεωρητικό** που μελετά και αναφέρει διάφορες έννοιες που είναι απαραίτητες στη μελέτη του ανθρώπινου σώματος και όχι μόνο. Εστιάζει στην υποδομή της θεωρητικής γνώσης, ώστε να υπάρχει το σωστό υπόβαθρο και να αποτελεί έτσι μια ολοκληρωμένη μελέτη.
- Το **δεύτερο** μέρος είναι το **πρακτικό** στο οποίο έχουμε κατανοήσει τη θεωρία οπότε μπορούμε να προβούμε στο κομμάτι της υλοποίησης, το οποίο περιλαμβάνει λεπτομερώς τις τεχνολογίες τη λειτουργία και χρήση τους καθώς και τις ενέργειες που επήλθαν για την αντιμετώπιση προβλημάτων που συναντήσαμε.
- Το **τρίτο** μέρος παρουσιάζει τα **αποτελέσματα** που λαμβάνουμε από την ολοκλήρωση της υλοποίησης, καθώς και μελλοντικές βλέψεις και αξιοποιήσεις της σε διάφορες εφαρμογές.

ΜΕΡΟΣ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται η θεωρητική προσέγγιση που έγινε, καθώς και η έρευνα που ακολούθησε για την ολοκληρωμένη παρουσίαση των εννοιών που συναντούμε σε αυτούς τους τομείς. Παρακάτω έχουμε όρους και έννοιες που είναι χρήσιμες για την εμβιομηχανική και κινησιολογία καθώς μεγάλο ρόλο παίζει και η φυσική που δεν παραλείπεται.

Εμβιομηχανική

Εμβιομηχανική (biomechanics) είναι η επιστήμη που μελετά τη δομή και την λειτουργία βιολογικών οργανισμών όπως είναι οι άνθρωποι, ζώα, φυτά, όργανα και κύτταρα με τη χρήση μεθόδων μηχανικής [1].

Η εμβιομηχανική σχετίζεται άμεσα με την μηχανική, καθώς την χρησιμοποιεί συχνά για να μελετήσει και να αναλύσει βιολογικά συστήματα. Η εφαρμοσμένη μηχανική, είναι πιο γνωστή ως mechanical engineering η οποία έχει ως κλάδους της, την μηχανική συνεχούς (continuum mechanics) που ασχολείται με την μελέτη των συνεχών υλικών, την μηχανική ανάλυση (mechanism analysis), την δομική ανάλυση (structural analysis), καθώς και την κινηματική (kinematics) και δυναμική (dynamics) οι οποίες έχουν μεγάλο ρόλο στην εμβιομηχανική.

Η αναπαράσταση και μελέτη ενός βιολογικού συστήματος είναι συνήθως πιο δύσκολη από όσο φαίνεται λόγω της πολυπλοκότητας της. Ο δρόμος για την επίλυση της είναι μια διαρκής διαδικασία από υποθέσεις, πολλαπλά επίπεδα μοντελισμού, προσομοίωση σε υπολογιστή και πειραματικές μετρήσεις.

Μερικά πεδία που εμπλέκονται:

- Soft body dynamics
- Kinesiology (kinetics + physiology)
- Animal locomotion & Gait analysis
- Musculoskeletal & orthopedic biomechanics
- Cardiovascular biomechanics
- Ergonomy
- Human factors engineering & occupational biomechanics
- Implant (medicine), Orthotics & Prosthesis
- Rehabilitation
- Sports biomechanics
- Allometry
- Injury biomechanics

Όπως βλέπουμε έχει πολλά υπό πεδία πάνω σε κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο το καθένα. Παρακάτω θα αναλύσουμε ορισμένα σημαντικά πεδία που συμβάλλουν στην κίνηση.

Kinetics

Kinetics ή κινητική, στη φυσική ορίζεται ο κλάδος που ασχολείται με την κλασική μηχανική η οποία μελετά τη συμπεριφορά μεταξύ της κίνησης των σωμάτων και των αιτιών της, όπως είναι οι διάφορες δυνάμεις που ασκούνται ή η ροπή.

Στη μηχανική η κινητική αντικαταστάθηκε από την κινηματική, καθώς δεν συμπεριλάμβανε άλλους παράγοντες όπως η μάζα.

Ένα από τα μεγαλύτερα αντικείμενα μελέτης της κινητικής είναι η ανάλυση του κέντρου πίεσης. Η μελέτη του γίνεται συνήθως πάνω σε μια δυναμό-πλατφόρμα που συνήθως διαθέτουν εργαστήρια εμβιομηχανικής.

Μελέτες που έχουν γίνει πάνω στο κέντρο πίεσης έχουν δείξει ότι η ορθοστατική (στάση του σώματος) ταλάντωση είναι ο χρόνος και η απόσταση που το αντικείμενο περνά μακριά από το ιδανικό κέντρο πίεσης.

Αυτό άμεσα συσχετίζεται με την ικανότητα ισορροπίας ενός σώματος, που πιο αναλυτικά σημαίνει ότι εάν έχουμε μια νοητή γραμμή που ξεκινάει από το κέντρο μάζας του σώματος και είναι κατακόρυφη προς την βαρύτητα, τότε το σώμα τείνει να ισορροπεί.

Κινησιολογία

Η κινησιολογία είναι γνωστή και ως human kinetics, είναι δηλαδή η επιστημονική μελέτη της ανθρώπινης κίνησης. Η κινησιολογία συνδυάζει φυσιολογικούς, μηχανικούς και ψυχολογικούς μηχανισμούς [2].

Έχει άμεση επαφή με την **ανατομία**, την **φυσιολογία** και την **μηχανική**. Η ανατομική πλευρά εστιάζει στην καταγραφή και μελέτη του σκελετικού, μυϊκού και νευρικού συστήματος που απαρτίζουν τον καθένα. Μέσω της φυσιολογίας μελετάτε ο τρόπος λειτουργίας τους και η συμπεριφορά μεταξύ των μυών, οστών και αρθρώσεων. Η μηχανική έχει ως ρόλο την παρατήρηση και την επίδραση όσο αφορά με την βαρύτητα και άλλες φυσικές δυνάμεις, που επιδρούν πάνω στο σώμα με αποτέλεσμα να παίζουν ρόλο στην κίνηση και στάση του σώματος.

Συνοψίζοντας για την μελέτη της επιστήμης της κινησιολογίας είναι απαραίτητη η γνώση βασικών αρχών νευτώνειας μηχανικής όπως:

1. Νόμοι του Νεύτωνα, ορισμοί βαρύτητας, κέντρο βάρους ισορροπίας, μοχλοί, ροπές, κ.α.
2. Επίπεδα και άξονες κίνησης
3. Ανατομία και φυσιολογία του ερειστικού συστήματος (σκελετός)
4. Ανατομία και φυσιολογία του μυϊκού συστήματος
5. Ανατομία και φυσιολογία του νευρικού συστήματος
6. Ανάλυση ανατομικών και κινησιολογικών, σωματικών περιοχών όπως αγκώνας, γόνατο κ.α.
7. Ανάλυση βάρδισης

Η χρήση και η μελέτη της κινησιολογίας μπορεί να βρει σε πολλούς τομείς πρακτική χρήση όπως στην ορθοπεδική, φυσικοθεραπεία, εργοθεραπεία όπως επίσης και σε άλλους τομείς όπως είναι η ρομποτική ή τα προσθετικά μέλη που μπορούν να αποκαταστήσουν χαμένα άκρα.

Kinematics

Τα kinematics ή **κινηματική** έχουν άμεσα σχέση με την κινησιολογία καθώς εκεί στηρίζεται η θεωρία της.

Κινηματική είναι ο κλάδος της κλασσικής μηχανικής που ασχολείται με την κίνηση των σημείων, των μεμονωμένων σωμάτων (αντικειμένων) καθώς και συνόλων σωμάτων δηλαδή σε μορφή ομάδας από πολλά αντικείμενα, αγνοώντας για την μάζα ή τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω τους ώστε να προκληθεί η κίνηση τους.

Η κινηματική μπορεί να χαρακτηριστεί και ως η γεωμετρία της κίνησης, καθώς έχει γνώμονες δύο γεωμετρικές έννοιες την «θέση» και το «μήκος» εάν συμπεριλάβουμε και τον «χρόνο» τότε έχουμε την κινηματική. Επίσης για την περιγραφή της κίνησης χρησιμοποιεί τροχιές σημείων, γραμμές, καμπύλες και άλλα γεωμετρικά αντικείμενα καθώς και ιδιότητες όπως η ταχύτητα και η επιτάχυνση.

Η μελέτη της κινηματικής μπορεί να είναι καθαρά μαθηματικές συναρτήσεις. Για παράδειγμα η περιστροφή μπορεί να αναπαρασταθεί από τα στοιχεία ενός κύκλου με ακτίνα ίση με ένα, ο οποίος βρίσκεται πάνω σε ένα σύστημα αξόνων.

Χρησιμοποιώντας τον χρόνο ως παράμετρο στην γεωμετρία οι μαθηματικοί, δημιούργησαν την επιστήμη της κινηματικής γεωμετρίας.

Οι γεωμετρικοί μετασχηματισμοί αναφέρονται και ως rigid transformations, οι οποίοι περιγράφουν την κίνηση των στοιχείων ενός μηχανικού συστήματος απλοποιώντας τις εξισώσεις της κίνησης που προκύπτουν.

Κινηματική ανάλυση

Η κινηματική ανάλυση είναι η διαδικασία κατά την οποία μετράτε η κινηματική ποσότητα η οποία περιγράφει την κίνηση. Για παράδειγμα η κινηματική ανάλυση μπορεί να μας δώσει το εύρος της κίνησης για ένα μηχανισμό. Από την άλλη η **κινηματική σύνθεση** μπορεί να παράγει τον μηχανισμό ώστε να είναι στο εύρος της κίνησης που έχουμε ορίσει.

Επιπλέον η κινηματική χρησιμοποιεί εφαρμοσμένη αλγεβρική γεωμετρία για τη μελέτη προηγμένων μηχανισμών ενός συστήματος ή μηχανισμού.

Οι χρήσεις της είναι σε πολλούς κλάδους της επιστήμης και εφαρμογές όπως αστροφυσική στην μελέτη της κίνησης των πλανητών και των ουράνιων σωμάτων, στην μηχανολογία στον σχεδιασμό μηχανών, στην ρομποτική για τον σχεδιασμό ρομποτικών βραχιόνων και άλλων καθώς και στην εμβιομηχανική για το σχεδιασμό ανθρώπινου σκελετού που έχουμε αναφερθεί.

Dynamics

Σε αντίθεση με την κινηματική, η **dynamics** ή δυναμική επικεντρώνεται και στη μελέτη της αιτίας που προκάλεσε την κίνηση. Δηλαδή αντικείμενο της είναι να εστιάσει στις δυνάμεις που ασκούνται καθώς και στη μάζα των σωμάτων όπου σε συνδυασμό ευθύνονται για την κίνηση που προκαλείται όπως και ο τρόπος που κινούνται [3].

Συγκεκριμένα η μελέτη γίνεται πάνω στις δυνάμεις (forces) και στην ροπή (torque) και πως αυτές επηρεάζουν την κίνηση. Ο Ισαάκ Νεύτων διατύπωσε τους θεμελιώδεις νόμους της φυσικής που διέπουν τη δυναμική στη φυσική. Όπου μέσα από αυτούς μπορεί να κατανοηθεί η

δυναμική ειδικά με τον **δεύτερο νόμο** που είναι άμεσα συνδεδεμένος και οι τρεις όμως είναι απαραίτητοι για την παρατήρηση ενός πειράματος.

Ο Νεύτων ανέφερε ότι **δύναμη** είναι η αιτία του να μπορείς να προκαλέσεις ένα σώμα με μια συγκεκριμένη μάζα να επιταχύνει.

Περιφραστικά οι τρεις νόμοι:

1. Πρώτος νόμος: "Νόμος της Αδράνειας" - Εάν δεν ασκείται καμία δύναμη σε ένα αντικείμενο, τότε η ταχύτητα του είναι σταθερή. Το αντικείμενο θα είναι είτε σε ακινησία δηλαδή η ταχύτητα του να είναι μηδέν είτε θα κινείται με μια σταθερή ταχύτητα προς μια κατεύθυνση.
2. Δεύτερος νόμος: "Θεμελιώδης νόμος της μηχανικής" - Το διανυσματικό άθροισμα των **δυνάμεων** που ασκούνται πάνω σε ένα σώμα είναι ίσο της ορμής. Όπου η ορμή ισούται με τη μάζα επί την επιτάχυνση.
3. Τρίτος νόμος: "Νόμος δράσης-αντίδρασης" - Όταν ένα αντικείμενο ασκεί μια δύναμη σε ένα άλλο σώμα τότε δέχεται μια δύναμη ίση με αυτή που άσκησε αλλά αντίθετης κατεύθυνσης.

ΔΥΝΑΜΗ

Δύναμη είναι η αιτία που προκαλεί κάθε μεταβολή της κίνησης ή της γεωμετρίας των σωμάτων. Κάθε σώμα μπορεί να δέχεται πάνω από μια δυνάμεις, όπου μπορούν να υπολογιστούν ως μια συνισταμένη δύναμη και μια συνισταμένη ροπή σε κάθε σημείο. Εάν οι δυνάμεις εξουδετερώνονται μεταξύ τους τότε το σώμα βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας.

Επίσης όσο αφορά τα ελεύθερα σώματα, που είναι δηλαδή ανεξάρτητα από άλλα σώματα η δύναμη είναι η αιτία της μεταβολής της κινητικής τους κατάστασης. Μπορεί δηλαδή από την ηρεμία να αναπτύξει ταχύτητα λόγω της επιτάχυνσης ή να φτάσει σε αυτήν με την επιβράδυνση. Ομοίως συμβαίνει και στην περιστροφή με την ίδια λογική μπορούμε μέσω της επιτάχυνσης και επιβράδυνσης να αλλάζει η κινητική κατάσταση του αντικειμένου.

Για σώματα που δεν είναι ελεύθερα, είναι σε κάποιο σύνθετο σύστημα ώστε να ακολουθούν κάποια συγκεκριμένα τροχιά ή το να περιστρέφονται γύρω από ένα σημείο όπως λειτουργεί μια πόρτα για παράδειγμα, όπου μπορούν να υπάρχουν και δυνάμεις τριβής ή γενικότερα αντιδράσεις στήριξης, τότε μετατρέπουμε τις δυνάμεις σε χαρακτηριστικά σημεία.

Όταν λοιπόν ασκείται μια δύναμη σε αυτά τα σώματα η κίνηση που θα προκληθεί θα είναι με βάση τα σημεία στήριξης ή διασύνδεσης τους, όπως για παράδειγμα συμβαίνει όταν ανοίγουμε μια πόρτα, θα κινηθεί με βάση το σημείο που βρίσκεται συνδεδεμένη με τον τοίχο.

Η δύναμη ορίζεται από τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα και μετριέται σε **newton** (νιούτον).

ΡΟΠΗ

Ροπή ορίζεται η τάση που παρουσιάζει μια δύναμη να περιστρέφει ένα αντικείμενο γύρω από ένα άξονα ή σημείο [4].

Ροπή έχουμε ως προς σημείο και ως προς άξονα.

Ροπή δυνάμεως ως προς σημείο είναι το διανυσματικό μέγεθος που έχει μέτρο ίσο προς το γινόμενο της δύναμης επί την κάθετη απόσταση της δύναμης από το σημείο.

Ροπή δυνάμεως ως προς άξονα είναι το διανυσματικό μέγεθος που έχει ως μέτρο το γινόμενο της δύναμης επί την κάθετη απόσταση της δύναμης από τον άξονα.

Σε γενικές γραμμές πρόκειται για ένα ψευδο-διάνυσμα που περιγράφει την ύπαρξη ή την δημιουργία ζεύγους δυνάμεων που είναι δύο δυνάμεις F και F' των οποίων η ροπή είναι ίδια προς οποιοδήποτε σημείο του επιπέδου τους.

Η ροπή εκφράζεται σε newton επί μέτρο. Ο συμβολισμός του γίνεται με τον ελληνικό χαρακτήρα “ τ ” που παραπέμπει στο torque στη φυσική και “ M ” για moment ροπή σημείων στη μηχανική.

Ένα παράδειγμα για να καταλάβουμε τι ακριβώς είναι η ροπή. Έχουμε μια μεγάλη πόρτα που θέλουμε να ανοίξουμε, έστω ότι ασκούμε πίεση σε κάποιο σημείο από το σημείο που είναι οι μεντεσέδες μέχρι την άλλη άκρη της. Παρατηρούμε ότι όσο πιο πολύ απομακρυνόμαστε να βάζουμε δύναμη από τους μεντεσέδες τόσο πιο εύκολα ανοίγει.

Αυτό εξηγείται καθώς από τον όρο που δώσαμε αρχικά όσο πιο μεγάλη η απόσταση από το σημείο περιστροφής τόσο μεγαλύτερη η ροπή, με αποτέλεσμα να έχουμε πιο εύκολη περιστροφή γύρω από το σημείο. Επίσης και η δύναμη που εφαρμόζεται στο σημείο θα πρέπει να εφαρμόζεται κάθετα για καλύτερη αξιοποίηση της.

Μερικά βασικά χαρακτηριστικά της ροπής είναι:

- Χαρακτηρίζεται αναλόγως με το είδος της δύναμης που ασκείται ηλεκτρική, μαγνητική ροπή ατόμου, αδράνειας κ.α. αλλά και το είδος του αντικειμένου που ασκείται η δύναμη.
- Είναι ανάλογη της ασκούμενης δύναμης, και της απόστασης της από το σημείο αντίδρασης. Είναι πολλαπλάσια της δύναμης και είναι πολλές κλίμακες μεγαλύτερη από την κλίμακα της ασκούμενης δύναμης.
- Στην περίπτωση σταθερού άξονα περιστροφής, οι προβολές των δυνάμεων που είναι παράλληλες στον άξονα, όπως και οι προβολές που περνάνε από τον άξονα δεν δίνουν περιστροφή. Όπου αυτό σημαίνει ότι μόνο στην περίπτωση του κάθετου μπορούμε να έχουμε.

ΟΡΜΗ

Momentum ή ορμή στα ελληνικά, ονομάζουμε το αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού της ταχύτητας και της μάζας ενός σώματος.

Αυτό συνεπάγει ότι ένα κινούμενο σώμα όσο πιο μεγάλη μάζα έχει ή και όσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα που κινείται, τόσο πιο μεγάλη θα είναι και η ορμή του. Αντιθέτως όσο πιο μικρά είναι αυτά τα μεγέθη, τόσο μικρότερη θα είναι η ορμή.

Για να το καταλάβουμε καλύτερα θα πούμε ένα παράδειγμα. Ας φέρουμε στο μυαλό μας ένα μεγάλο φορτηγό, νταλικά το οποίο τρέχει σε μια λεωφόρο με μεγάλη ταχύτητα. Το μεγάλο

βάρος της νταλίκας σε συνδυασμό με τη μεγάλη ταχύτητα που έχει αναπτύξει, θα μας δώσει μεγάλη ορμή.

Επίσης η ορμή είναι διανυσματικό μέγεθος καθώς έχει τη φορά και τη διεύθυνση της ταχύτητας. Σε ένα σύνολο σωμάτων ορμή ορίζεται το διανυσματικό άθροισμα των επιμέρους ορμών του καθενός.

ΣΤΡΟΦΟΡΜΗ

Στροφορμή (angular momentum) είναι η δύναμη που, οφείλεται η περιστροφή ενός σώματος γύρω από έναν άξονα, σε συνάρτηση με τη μάζα, το σχήμα και την ταχύτητα που κινείται.

Αυτό σημαίνει ότι αφορά αποκλειστικά και μόνο τα περιστρεφόμενα σώματα. Ένα σώμα μπορεί να περιστρέφεται γύρω από ένα άλλο σώμα, δηλαδή να έχει ως κέντρο περιστροφής όχι το κέντρο της μάζας του, αλλά κάποιο άλλο. Επιπλέον μπορεί να έχει και με βάση το δικό του κέντρο μάζας.

Για παράδειγμα ας δούμε την κίνηση στο ηλιακό μας σύστημα, οι πλανήτες γυρνάνε γύρω από τον ήλιο, επομένως οι συντεταγμένες που βρίσκεται ο ήλιος είναι το σημείο αναφοράς που γίνεται η περιστροφή των υπόλοιπων πλανητών (καθώς “συνδέονται” μαζί του μέσω της βαρύτητας), ο κάθε πλανήτης όμως περιστρέφεται και γύρω από τον εαυτό του με σημείο αναφοράς το κέντρο της μάζας του, εξ ου και η εναλλαγή ημέρας και νύχτας στη Γη.

Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε το μέγεθος της στροφορμής, την διεύθυνση και την φορά της, καθώς αποτελεί διανυσματικό μέγεθος και εμφανίζεται στην **περιστροφική κίνηση**.

Το μέτρο της στροφορμής L ισούται με το γινόμενο που προκύπτει από την **ορμή** του σώματος που περιστρέφεται (μάζα επί ταχύτητα) επί την απόσταση που βρίσκεται το κέντρο βάρους του από το κέντρο περιστροφής.

Ο άξονας περιστροφής του σώματος και η διεύθυνση του διανύσματος της στροφορμής συμπίπτουν. Αυτό σημαίνει ότι εάν σε ένα σύστημα περιστρέφεται ένα σώμα ως προς τον γ άξονα, τότε και η διεύθυνση του διανύσματος θα κινείται πάνω στον άξονα γ . Επίσης θεωρείται θετική όταν είναι δεξιόστροφη αντίθετα όταν είναι αριστερόστροφη είναι αρνητική.

Στην ουσία λειτουργεί παρόμοια με ένα κοχλία (βίδα) και αυτό γιατί όταν κινούμε (βιδώνουμε) δεξιόστροφα τότε προχωράει προς τα κάτω (θετικά), ενώ αριστερόστροφα (ξεβιδώνουμε) θα πάει προς τα πάνω (αρνητικά), στην ουσία είναι ο κανόνας του δεξιού χεριού.

Σε ένα περιστρεφόμενο σώμα ή σύστημα σωμάτων, όπου δεν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις η συνολική στροφορμή παραμένει σταθερή. Αυτό ονομάζεται “Αρχή διατήρησης της στροφορμής”. Αυτό σημαίνει ότι ένα σώμα περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του με σταθερή ταχύτητα και καθορισμένη φορά, εφόσον δεν ασκείται κάποια άλλη εξωτερική ροπή. Έτσι έχουμε τον ρυθμό μεταβολής της στροφορμής να είναι ίσος με την εφαρμοζόμενη ροπή.

Μπορούμε να δούμε στην πράξη τα παραπάνω, από το καλλιτεχνικό πατινάζ. Συγκεκριμένα όταν ο αθλητής κάνει την περιστροφή γύρω από τον εαυτό του, τότε ενώνει τα χέρια του σε

ανάταση ή τα φέρνει προς τα μέσα, με αυτό τον τρόπο μειώνει την ροπή αδράνειας και η στροφορμή που έχει παραμένει σταθερή.

Η **ροπή αδράνειας** όσο μικρότερη είναι τόσο πιο εύκολα περιστρέφεται ένα σώμα, ενώ όσο μεγαλύτερη τόσο πιο δύσκολα. Αυτό ερμηνεύεται από το πόσο καλά κατανεμημένα είναι τα υλικά σημεία ενός σώματος ως προς τον άξονα περιστροφής.

Για αυτό το λόγο ο αθλητής φέρνει τα χέρια του να κλείνουν πιο κοντά στον κάθετο άξονα όπου πραγματοποιείται η περιστροφή του.

Η ροπή αδράνειας συμβολίζεται με “ I ” και υπολογίζεται από το άθροισμα γινομένων στοιχειωδών μαζών επί την απόσταση τους από τον άξονα περιστροφής στο τετράγωνο.

Η ροπή αδράνειας ορίζεται πάντα ως προς κάποιον άξονα περιστροφής.

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

Περιστροφή ή περιστροφική κίνηση (**rotation**) είναι η κυκλική κίνηση που κάνει ένα σώμα έχοντας ως κέντρο περιστροφής ένα σημείο, το οποίο μπορεί να είναι το κέντρο μάζας του ή κάποιο άλλο πάνω σε ένα σύστημα. [5]

Ένα αντικείμενο τριών διαστάσεων περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα σε ένα σύστημα αξόνων XYZ, ο άξονας αυτός ονομάζεται άξονας περιστροφής. Εάν ο άξονας διαβαίνει από το κέντρο μάζας του τρισδιάστατου σώματος τότε λέμε ότι περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του.

Με την περιστροφή που πραγματοποιείται, το σώμα μεταβάλλει τον προσανατολισμό του στο χώρο.

Η περιστροφή είναι η κίνηση ενός άκαμπτου σώματος (rigid body), σε αντίθεση από την μετατόπιση (translation) κρατά ένα σημείο σταθερό.

Αυτό ισχύει για περιστροφές σωμάτων με δύο ή και τρεις διαστάσεις. Όλες οι κινήσεις των άκαμπτων σωμάτων είναι περιστροφές και μετακινήσεις ή ακόμα και ο συνδυασμός τους.

ΓΩΝΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Η γωνιακή ταχύτητα εκφράζει την ταχύτητα ενός σώματος που εκτελεί κυκλική κίνηση. Υπολογίζεται από τον ρυθμό μεταβολής του τόξου που διαγράφει το σώμα κατά την διάρκεια της κυκλικής του τροχιάς. [6]

Συμβολίζεται με το γράμμα “ ω ” και μετράτε σε ακτίνια ανά δευτερόλεπτο (rad/sec).

Η διεύθυνση του διανύσματος της γωνιακής ταχύτητας είναι κάθετη στο επίπεδο της τροχιάς και η φορά υπακούει στον κανόνα του δεξιού χεριού, δηλαδή η αριστερόστροφη (όπως κλείνουμε τα δάχτυλα προς τα αριστερά) κίνηση είναι προς τα πάνω ενώ η δεξιόστροφη (όπως κλείνουμε τα δάχτυλα προς τα αριστερά) προς τα κάτω.

ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

Η γραμμική κίνηση (linear motion) στη φυσική είναι η κίνηση που πραγματοποιείται σε ευθεία γραμμή, αυτό καθιστά την χρήση μιας διάστασης. [7]

Η γραμμική κίνηση έχει δύο κατηγορίες, την ομοιόμορφη γραμμική κίνηση η οποία έχει σταθερή ταχύτητα ή μηδενική επιτάχυνση και την μη ομοιόμορφη γραμμική ταχύτητα όπου παρουσιάζει μεταβλητή ταχύτητα ή μη μηδενική επιτάχυνση, με την παρουσία της επιτάχυνσης θα έχουμε και μεταβαλλόμενη ταχύτητα.

Η κίνηση ενός σώματος περιγράφεται από την θέση του x σε συνάρτηση με τον χρόνο. Ένα παράδειγμα γραμμικής κίνησης είναι ένας αθλητής που τρέχει τα εκατό μέτρα σε ευθεία μέσα σε συγκεκριμένο χρόνο. Με άλλα λόγια μεταβαίνει από το Α στο σημείο Β ακολουθώντας ευθεία πορεία.

Η γραμμική κίνηση είναι η πιο κοινή και απλή κίνηση. Στηριζόμενοι στο πρώτο νόμο του Νεύτωνα "Νόμος της Αδράνειας" όταν ένα αντικείμενο δεν επηρεάζεται από άλλες δυνάμεις και κινείται. Θα συνεχίσει να κινείται σε ευθεία γραμμή με σταθερή ταχύτητα, μέχρις ότου επηρεαστεί από άλλες δυνάμεις.

Στην πραγματικότητα είναι δύσκολο να συναντήσουμε τέτοιες περιπτώσεις καθώς υπάρχουν δυνάμεις όπως η βαρύτητα ή η τριβή και άλλες που καθιστούν αδύνατη την καθαρά και μόνο ευθεία τροχιά ενός αντικειμένου που κινείται.

Για αυτό το λόγο έχουμε την **γενική κίνηση** που καλύπτει τέτοιες περιπτώσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί λαμβάνουμε το κάθε σωματίδιο ως σημείο στο χώρο με την δική του ταχύτητα που περιγράφεται από διανύσματα, όπου το κάθε ένα έχει το δικό του μέγεθος και κατεύθυνση.

Στην γραμμική κίνηση η διεύθυνση όλων των διανυσμάτων του συστήματος είναι ίση και σταθερή, πράγμα που σημαίνει ότι τα αντικείμενα που απαρτίζονται από τα σωματίδια, κινούνται στον ίδιο άξονα και δεν αλλάζουν κατεύθυνση.

Για την ανάλυση τέτοιων συστημάτων, μπορούμε να απλουστεύσουμε την μελέτη τους, παραμελώντας την κατεύθυνση που έχουν τα διανύσματα των σωμάτων και ασχολούμενοι έτσι μόνο με το μέγεθος τους.

INERTIA

Inertia ή αδράνεια ονομάζουμε την ιδιότητα που παρουσιάζουν τα σώματα στο να αντιστέκονται στη μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης ως προς την ταχύτητα και την κατεύθυνση. [8]

Ο όρος inertia χρησιμοποιείται από την κλασική φυσική, για να περιγράψει την κίνηση των αντικειμένων και πως αυτά αντιδρούν με τις διάφορες δυνάμεις που μπορούν να ασκηθούν πάνω τους. Όταν δύο δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα εξουδετερώνονται μεταξύ τους τότε το σώμα θα εξακολουθεί να έχει την ίδια ταχύτητα που είχε, αλλιώς άμα δεν έχει τότε παραμένει ακίνητο.

Εάν ασκηθούν δυνάμεις σε ένα σώμα και αυτό δεν αλλάξει την κινητική του κατάσταση, σημαίνει ότι επιδρούν και άλλες δυνάμεις που δρουν αντίθετα και έτσι εμποδίζεται η μεταβολή, τέτοιες δυνάμεις μπορεί να είναι οι στατικές τριβές.

Έχουμε δύο ειδών αδράνειας. Στην μεταφορική κίνηση, ισούται με τη μάζα του σώματος και είναι σταθερή. Καθώς και όσο μεγαλύτερη η μάζα ενός σώματος τόσο δυσκολότερο να μετακινηθεί, ενώ όσο μικρότερο το καθιστά ευκολότερο.

Η άλλη μορφή αδράνειας είναι στην περιστροφική κίνηση ή ροπή αδράνειας, όπου έχει να κάνει με την κατανομή της μάζας του σώματος όπως έχουμε ήδη αναφερθεί.

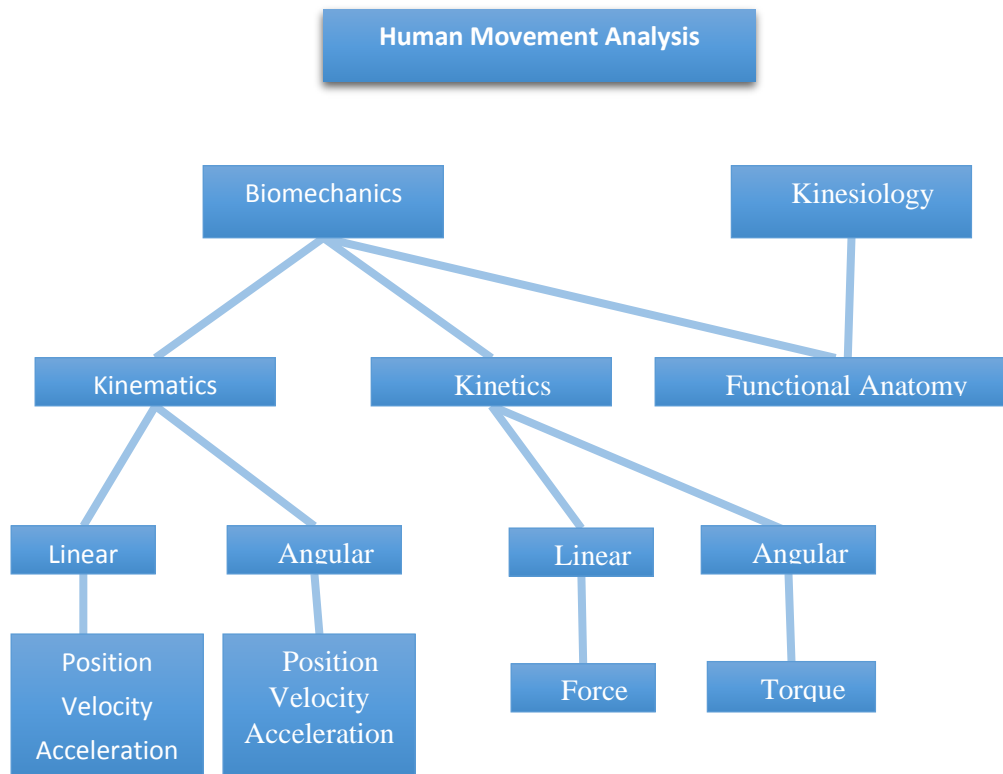
Η αγγλική λέξη “inertia” προέρχεται από την λατινική λέξη “iners” που σημαίνει αδρανής. Γενικά ο όρος εκφράζει την αντίσταση προβάλετε σε οποιαδήποτε αλλαγή της κινητικής κατάστασης ενός σώματος.

Στην επιφάνεια της Γης την συναντούμε ως δυνάμεις τριβής και αντίστασης από τον αέρα και τα δύο έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της ταχύτητας του αντικειμένου εφόσον έχει και αν όχι δυσκολεύουν στο να αποκτήσει.

Περιστροφική αδράνεια επίσης σημαίνει ότι ένα περιστρεφόμενο άκαμπτο σώμα, θα διατηρήσει την περιστροφική του κίνηση. Η στροφορμή του δεν αλλάζει εκτός και αν επηρεαστεί από μια ροπή. Αυτό το φαινόμενο επίσης αποκαλείται και διατήρηση της στροφορμής.

Η περιστροφική αδράνεια εξαρτάται από το ενδεχόμενο ένα αντικείμενο να μείνει δομικά ανέπαφο ως άκαμπτο σώμα. Στην πράξη, ένα γυροσκόπιο χρησιμοποιεί την ιδιότητα για αντίσταση αλλαγής του περιστρεφόμενου άξονα.

Ανάλυση ανθρώπινης κίνησης



Εικόνα 1 - Σχεδιάγραμμα για την ανθρώπινη κίνηση

Παραπάνω απεικονίζεται η ανθρώπινη κίνηση ως έχει, δείχνοντας τους σχετικούς τομείς και τις συσχετίσεις μεταξύ τους.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

Εισαγωγή

Από τα πρώτα βήματα που κάνει ένας άνθρωπος μέχρι το πέρας της ζωής του είναι για να βελτιώσει τον τρόπο που κινείται μέσα στο χώρο. Πολλές μελέτες έχουν γίνει κατά την διάρκεια των αιώνων, καθώς αποτελούσε πάντα αντικείμενο μελέτης το ανθρώπινο σώμα και ο τρόπος που πραγματοποιείται η κίνηση του. Πολλές φορές γινόταν για να αναπτυχθεί κάποια θεραπεία, άλλες για την εύρεση τεχνολογίας και βοηθημάτων που θα καθιστούσαν εφικτή την αντικατάσταση ή την ενδυνάμωση της (εξωσκελετοί κ.α.) καθώς και για προσομοίωση σε εικονικό περιβάλλον σε υπολογιστή και άλλες από την απλή περιέργεια που διέπει έναν άνθρωπο, όπου στην τελική αυτή μας οδήγησε στην εξέλιξη μας.

Παρακάτω θα αναλύσουμε τα μέρη που αποτελείται ένα ανθρώπινο σώμα, τις συνδέσεις μεταξύ τους, τους τύπους κινήσεων, τα όρια του και διάφορους χρήσιμους όρους όπου θα καθιστούν πιο εύκολη την κατανόηση.

Επίπεδα και άξονες

Παρακάτω αναλύονται τα επίπεδα και οι άξονες που λαμβάνουν χώρα σε ένα ανθρώπινο σώμα [9].

ΕΠΙΠΕΔΑ

Στην ανατομία έχουμε τρία βασικά επίπεδα που διαχωρίζουν/διαπερνούν το ανθρώπινο σώμα. Αυτά είναι:

- **Sagittal plane:** Οβελιαίο είναι το επίπεδο που είναι κάθετο ως προς το έδαφος, με αποτέλεσμα να χωρίζει το σώμα σε δεξί και αριστερό μέρος. Η μεσοβελιαίο ή διάμεσο επίπεδο είναι μια χαρακτηριστική ευθεία γραμμή, όπου περνάει από σημεία του σώματος που βρίσκονται στην μέση του, όπως ο ομφαλός ή η σπονδυλική στήλη. Επίσης μπορεί να αναφερθεί και σε άλλα μέρη του σώματος όπως για παράδειγμα ένα δάκτυλο.
- **Coronal ή Frontal plane:** Είναι γνωστό ως στεφανιαίο ή μετωπιαίο επίπεδο και είναι κάθετο ως προς το έδαφος όπου χωρίζει το σώμα σε ραχιαίο (πίσω) και κοιλιακό (μπρος) μέρος.
- **Transverse plane ή longitudinal plane:** Το εγκάρσιο ή διαμήκης επίπεδο είναι γνωστό και ως αξονικό επίπεδο ή διατομή. Καθώς χωρίζει το κρανιακό και το ουραίο τμήμα. Είναι παράλληλο με το έδαφος όπου διαχωρίζει έτσι το ανθρώπινο σώμα σε ανώτερο και κατώτερο μέρος.

Τα επίπεδα αυτά που διαχωρίζουν το σώμα, μας βοηθούν στη καλύτερη μελέτη της κίνησης του σώματος. Έτσι μετακινούμενο το σώμα στο διάμηκες επίπεδο, η κίνηση μετακινείται από το κεφάλι έως τα δάκτυλα. Για παράδειγμα εάν ένα άτομο πηδάει επανειλημμένα πάνω κάτω, το σώμα του θα κινείται μέσω του διάμηκες επιπέδου στο στεφανιαίο και οβελιαίο επίπεδο.

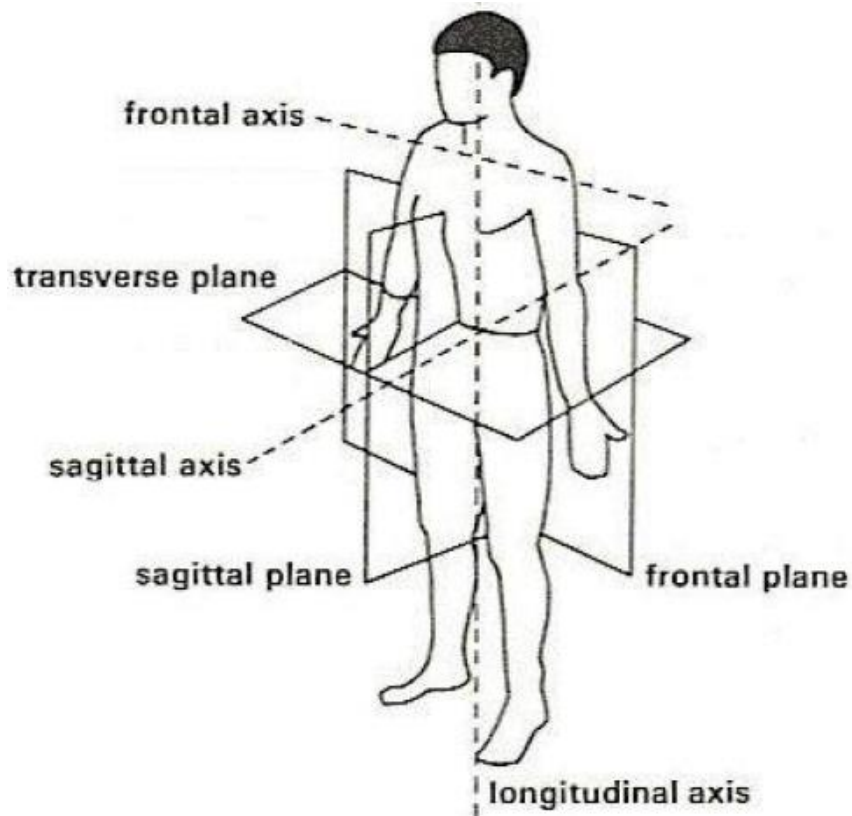
Άξονες

Οι άξονες χρησιμεύουν για να μπορούμε να κατατοπιζόμαστε ώστε να μετακινόμαστε στο τρισδιάστατο χώρο. Για αυτό το λόγω έχουμε τρεις άξονες, οι οποίοι στην ουσία είναι μια ευθεία γραμμή όπου ένα αντικείμενο μπορεί να περιστρέφεται γύρω του ή να μετακινείται καθοδόν του. Επιπλέον η κίνηση στις αρθρώσεις πραγματοποιείται σε ένα επίπεδο βασισμένο σε ένα άξονα.

Παρακάτω επεξηγούμε τους τρεις άξονες:

- **Sagittal axis:** Είναι ο άξονας που περνά οριζοντίως το σώμα, από το οπίσθιο έως το πρόσθιο μέρος του και διαμορφώνεται από την τομή του sagittal και transverse plane.
- **Frontal axis:** Ο άξονας που περνά οριζοντίως από τα αριστερά προς τα δεξιά του σώματος και σχηματίζεται από την τομή του frontal και transverse plane.
- **Longitudinal/Vertical axis:** Περνά καθέτως από το κατώτερο στο ανώτερο τμήμα του ανθρώπινου σώματος και σχηματίζεται από την τομή του sagittal και frontal plane.

Στην παρακάτω εικόνα προβάλλονται τα planes και τα axis πάνω στο σώμα, που αναφέραμε προηγουμένως.



Εικόνα 2 - Απεικόνιση planes και axis στο σώμα

Παρακάτω έχουμε μια συγκέντρωση των επιπέδων και των αξόνων που δρουν καθώς και τη περιγραφή για το κάθε συνδυασμό ξεχωριστά. Όστε να μπορεί να κατανοηθεί καλύτερα

Plane	Axis	Description
Sagittal	Frontal / Coronal / Lateral	Διχοτομεί το σώμα από μπρος προς τα πίσω χωρίζοντας το έτσι σε δεξί και αριστερό. Οι κινήσεις που γίνονται είναι flexion και extension συνήθως
Frontal	Sagittal / Antero-posterior	Διχοτομεί το σώμα από τη μια πλευρά προς την άλλη, χωρίζοντας το έτσι σε μπρος και πίσω μέρος. Οι κινήσεις που γίνονται σε αυτό είναι abduction και adduction
Transverse	Longitudinal / vertical	Χωρίζει το σώμα οριζοντίως σε ανώτερο και κατώτερο μέρος. Γίνονται συνήθως κινήσεις περιστροφής

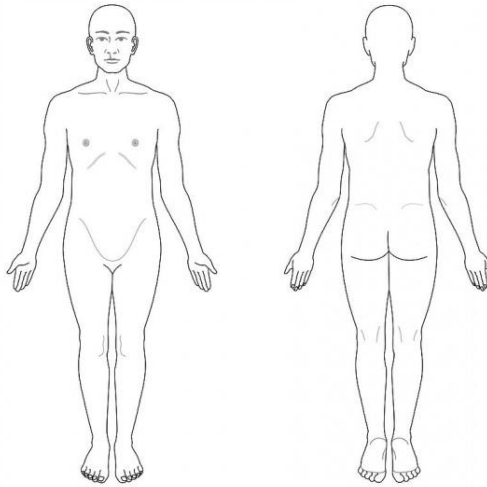
Πίνακας 1 - Συγκέντρωση περιγραφών plane και axis

Κίνηση επί αξόνων και περιγραφή

Όπως αναφέραμε η κίνηση πραγματοποιείται βάση το κάθε άξονα

Στην κίνηση των μελών segments του σώματος, υπάρχουν κάποιοι όροι που εκφράζουν την κάθε μια καλύτερα. Παρακάτω θα τις αναφέρουμε και απεικονίσουμε ξεχωριστά.

Αρχικά το σώμα θα πρέπει να βρίσκεται σε **ανατομική θέση** ως σημείο αναφοράς για όλες τις κινήσεις.



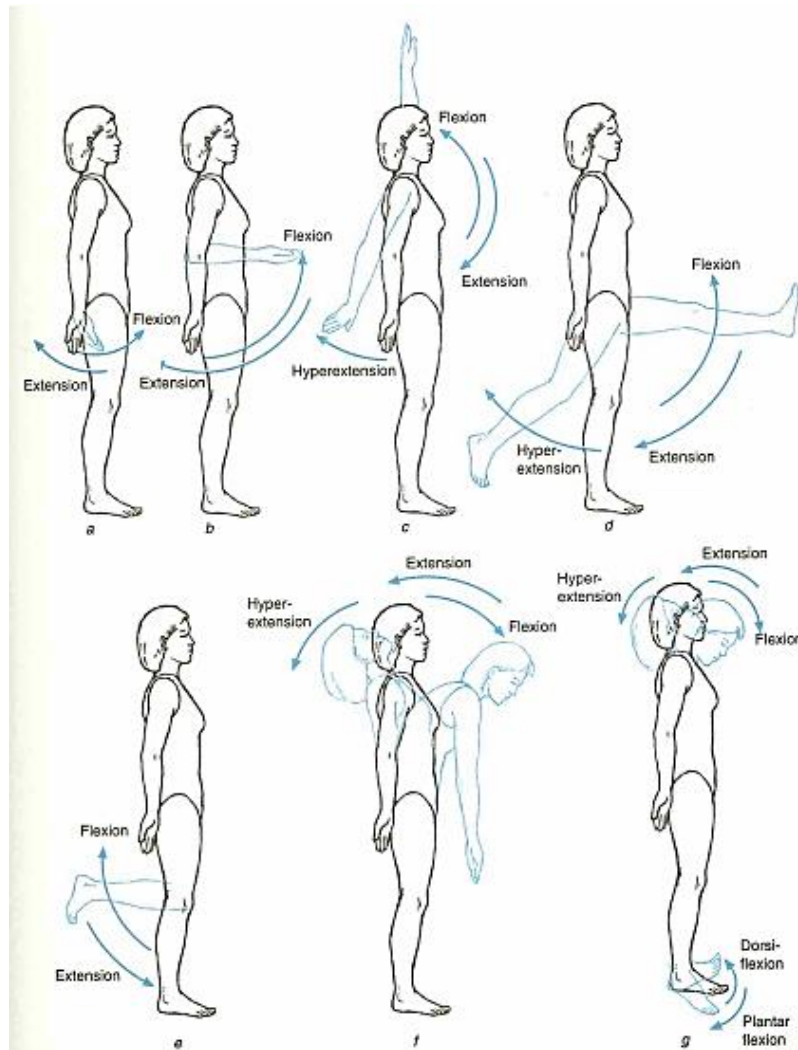
Εικόνα 3 - Απεικόνιση ανατομικής στάσης

Οι κινήσεις αυτές είναι άμεσα συνδεδεμένες με τους άξονες και τα επίπεδα. Αυτό θα το καταλάβουμε στη συνέχεια καλύτερα.

EXTENSION/FLEXION

Extension (Επέκταση): Είναι η κίνηση που θα γίνει ανάμεσα σε δύο γειτονικά segments του σώματος, τα οποία παρουσιάζουν τάση να απομακρύνονται το ένα από το άλλο αυξάνοντας έτσι την μεταξύ τους γωνία, συνήθως είναι η κίνηση όταν βρίσκονται τεντωμένα τα τμήματα. Η κίνηση αυτή πραγματοποιείται στο sagittal plane γύρω από το frontal axis που βρίσκεται στο πλάι. Εξάιρεση στη κίνηση αποτελεί του αντίχειρα, όπου γίνεται στο frontal plane γύρω από sagittal axis. Επίσης υπάρχει μια διαφορετική εκδοχή του extension ως hyper-extension, όπου στο συγκεκριμένο γίνεται επέκταση πέρα από αυτό που ήταν εφόσον το επιτρέπουν και οι δυνατότητες του σώματος.

Flexion (Κάμψη): Η κίνηση που γίνεται ανάμεσα σε δύο γειτονικά segments του σώματος, τα οποία παρουσιάζουν τάση να έλκονται το ένα από το άλλο μικραίνοντας έτσι την γωνία που σχηματίζουν. Η κίνηση αυτή λαμβάνει χώρα στο sagittal plane γύρω από το frontal axis που βρίσκεται στο πλάι. Ο αντίχειρας αποτελεί εξάιρεση και εδώ καθώς η κίνηση σε αυτόν πραγματοποιείται στο frontal plane γύρω από το sagittal axis.



Εικόνα 4 - Απεικόνιση κάμψης και επέκτασης

Στην παραπάνω εικόνα έχουμε 7 παραστάσεις του σώματος όλες στο sagittal plane. Οι περιστροφές γίνονται γύρω από τον frontal axis και η παραπάνω εικόνα μας βοηθά να καταλάβουμε πως λειτουργεί, καθώς τοποθετείται ένας άξονας στο ενδιάμεσο δύο τμημάτων του σώματος και το ένα από τα δύο μετακινείται.

Για παράδειγμα η απεικόνιση στο **d** τέταρτη μας δείχνει την περιστροφή ολόκληρου του ποδιού όπου ο άξονας περιστροφής βρίσκεται στο ισχίο, περιστρέφεται δηλαδή ως σημείο αναφοράς αυτό. Όπως βλέπουμε και από αυτά που αναφέραμε προηγουμένως το **flexion** θα είναι όταν το πόδι πάει προς τα πάνω, άρα και πιο κοντά στο υπόλοιπο σώμα σημειώνοντας και μικρότερη γωνία μεταξύ του ποδιού και του υπόλοιπου σώματος. Ενώ το **extension** είναι το πόδι όταν βρίσκεται μακριά από το υπόλοιπο σώμα συνήθως στην ανατομική του στάση, όπως όταν είμαστε όρθιοι. Υπάρχουν και περιπτώσεις που ανάλογα με τις δυνατότητες του σώματος, επιτρέπει να γίνει **hyper-extension** αυτό σημαίνει ότι πάει πιο μακριά από το συνηθισμένο όπως σημειώνεται στην απεικόνιση.

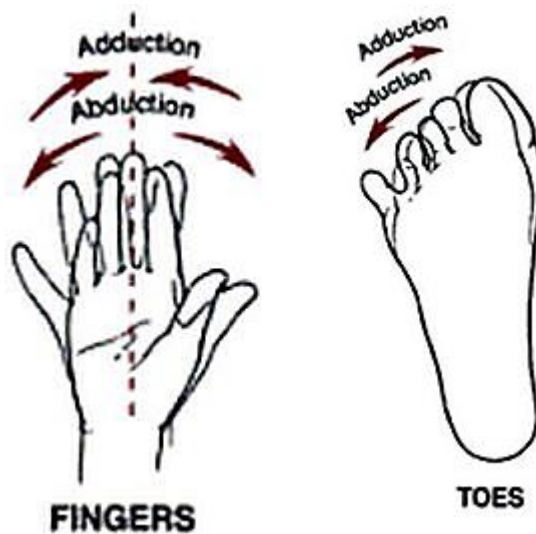
ABDUCTION/ADDUCTION

Abduction (απαγωγή): Είναι η κίνηση που γίνεται στο frontal plane γύρω από τον sagittal axis και απομακρύνει μακριά από τη νοητή κεντρική γραμμή του σώματος, ένα τμήμα. Στην περίπτωση των δακτύλων που ανήκουν στα χέρια και στα πόδια, αναφέρεται στην εξάπλωση τους, μακριά από τη μέση γραμμή που βρίσκεται στο καθένα. Επίσης το abduction για τον καρπό λέγεται και **radial deviation** δηλαδή κερκιδική απόκλιση.

Ένα παράδειγμα abduction των ώμων είναι όταν υψώνονται τα χέρια όπως όταν περπατάει κάποιος σε πάνω σε ένα σχοινί, για ισορροπία.

Adduction (προσαγωγή): Αναφέρεται στη κίνηση που γίνεται στο frontal plane γύρω από τον sagittal axis, η οποία φέρνει κοντά στη νοητή κεντρική γραμμή του σώματος ένα τμήμα του. Στην περίπτωση των δακτύλων των χεριών και των ποδιών, εκφράζει τη συγκέντρωσή τους, κοντά στη μέση γραμμή που βρίσκεται το κάθε μέλος. Για τον καρπό καλείται **ulnar deviation** ωλένια απόκλιση.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα adduction κίνησης είναι το ρίξιμο των ώμων στις άκρες ή φέρνοντας τα γόνατα κοντά το ένα από το άλλο.

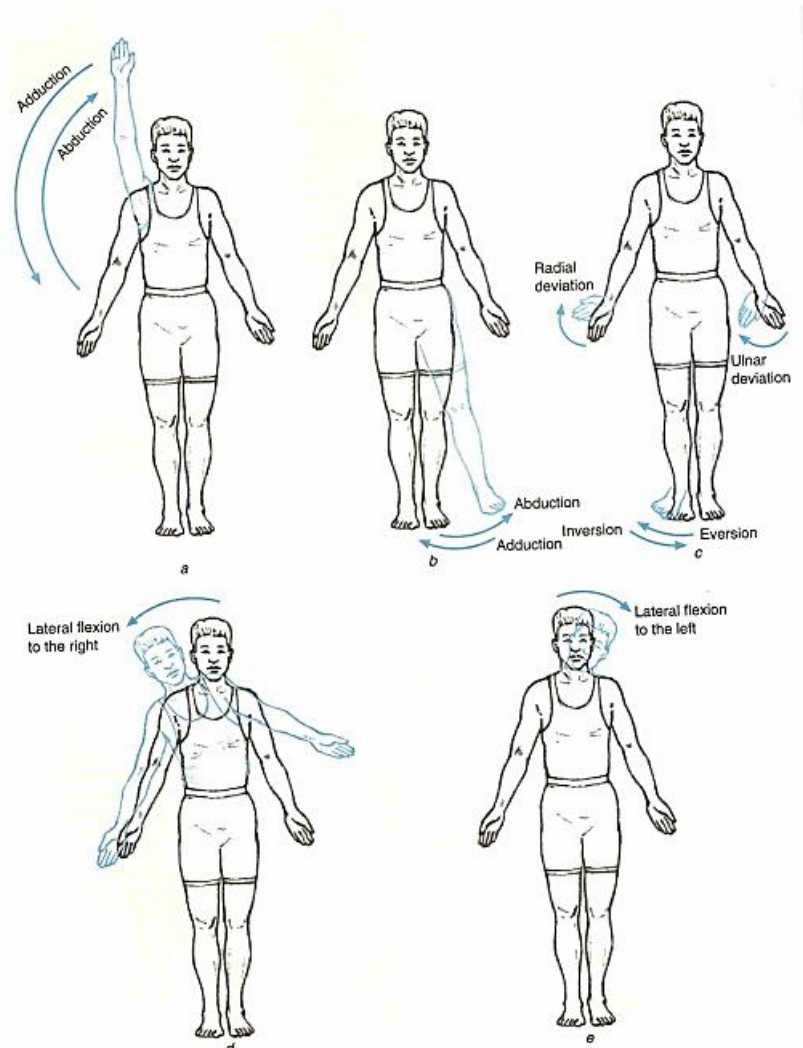


Εικόνα 5 - Απεικόνιση απαγωγής και προσαγωγής σε παλάμες και δάκτυλα

Παραπάνω βλέπουμε το “άπλωμα” των δακτύλων, η νοητή γραμμή απεικονίζεται στη μέση του χεριού, η απομάκρυνσή τους είναι η κίνηση που ονομάζεται **abduction** και η αντίθετη που τα φέρνει κοντά στη γραμμή αλλά και μεταξύ τους λέγεται **adduction**.

Στην παρακάτω εικόνα έχουμε 5 φιγούρες του σώματος να εκτελεί τις κινήσεις **abduction** και **adduction**. Όλες οι κινήσεις πραγματοποιούνται στον **frontal plane** και γύρω από τον **sagittal axis**. Στις απεικονίσεις **a, b** έχουμε τις κινήσεις σε χέρι και πόδι όπου γίνεται η περιστροφή με βάση τον ώμο και το μηρό αντίστοιχα και στα δύο η κίνηση που απομακρύνεται από τη νοητή γραμμή στη μέση του σώματος λέγεται **abduction**. Το ίδιο ισχύει και στο **c** που έχουμε τους καρπούς και τους αστράγαλους, όπου όταν απομακρύνονται ονομάζεται **radial deviation** και

extension αντίστοιχα στο καθένα, ενώ το η αντίθετη τους κίνηση ονομάζεται ulnar **deviation** και **inversion**. Οι **d** και **e** μας απεικονίζουν κομμάτι λαιμού-κεφαλιού, όπου η κίνηση προς τα δεξιά λέγεται **lateral flexion right** ενώ η κίνηση προς τα αριστερά **lateral flexion left**.



Εικόνα 6 - Απεικόνιση απαγωγής και προσαγωγής μελών σώματος

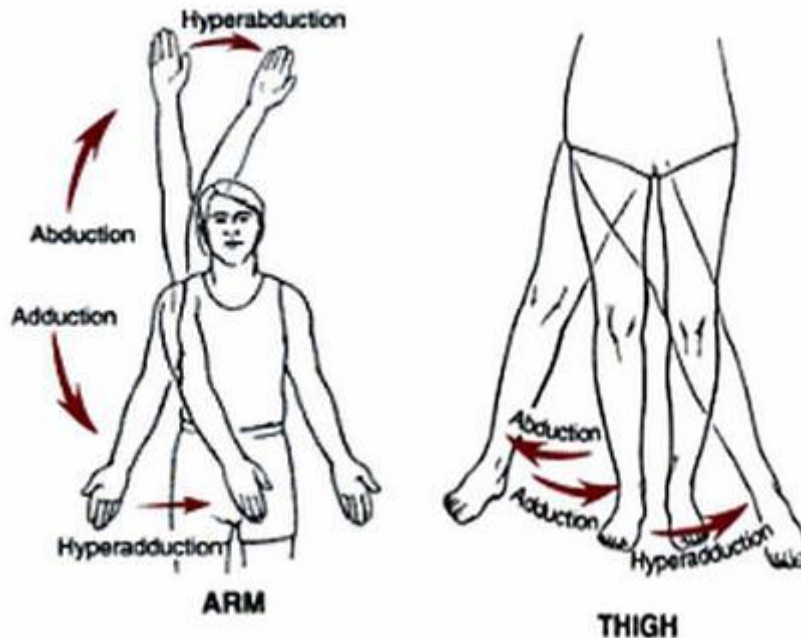
Επίσης παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες διαφοροποιήσεις από τη συγκεκριμένη επέκταση και απαγωγή που παρουσιάστηκαν. Υπάρχουν περιπτώσεις που το ανθρώπινο σώμα μπορεί να ξεπεράσει τα όρια του όπως συμβαίνει στα χέρια και στα πόδια που απεικονίζονται.

Όπως είδαμε η φυσιολογική κίνηση του abduction για το χέρι είναι να έρθει σηκωμένο δίπλα από το κεφάλι. Η εκδοχή όμως της υπερ-απαγωγής **hyper-abduction** είναι όταν ξεπερνάει αυτό το όριο και βρίσκεται πάνω από το κεφάλι όπως απεικονίζεται ενώ η ανάλογη κίνηση για την προσαγωγή adduction ονομάζεται **hyperadduction** όπου εκεί το άκρο έρχεται πιο κοντά στη λεκάνη έχοντας την τάση να φτάσει στο άλλο άκρο του σώματος.

Όπως και τα χέρια έτσι και τα πόδια έχουν και αυτά τα όρια τους. Όπου μπορούν και αυτά ανάλογα τις δυνατότητες του σώματος και των κλειδώσεων τους να τα ξεπεράσουν. Για παράδειγμα η κίνηση προσαγωγής adduction στα πόδια όπου πλησιάζει το άκρο, στο κεντρικό άξονα του σώματος, τείνει να κατευθύνεται και να ξεπερνά εφόσον είναι επιτρεπτό το άλλο

πόδι δημιουργώντας έτσι κίνηση υπερ-προσαγωγής **hyperadduction**. Στην εικόνα φαίνεται ξεκάθαρα τι εννοούμε.

Τέλος αυτό έχει να κάνει καθαρά με το κάθε σώμα καθώς η δυνατότητα υπέρβασης των ορίων που φτάνουν τα άκρα, δηλαδή μέχρι ποια θέση μπορούν να έρθουν δεν αποτελούν τον γενικό κανόνα αλλά μεμονωμένες περιπτώσεις πολλές φορές.



Εικόνα 7 - Απεικόνιση απαγωγής και προσαγωγής σε χέρια και πόδια

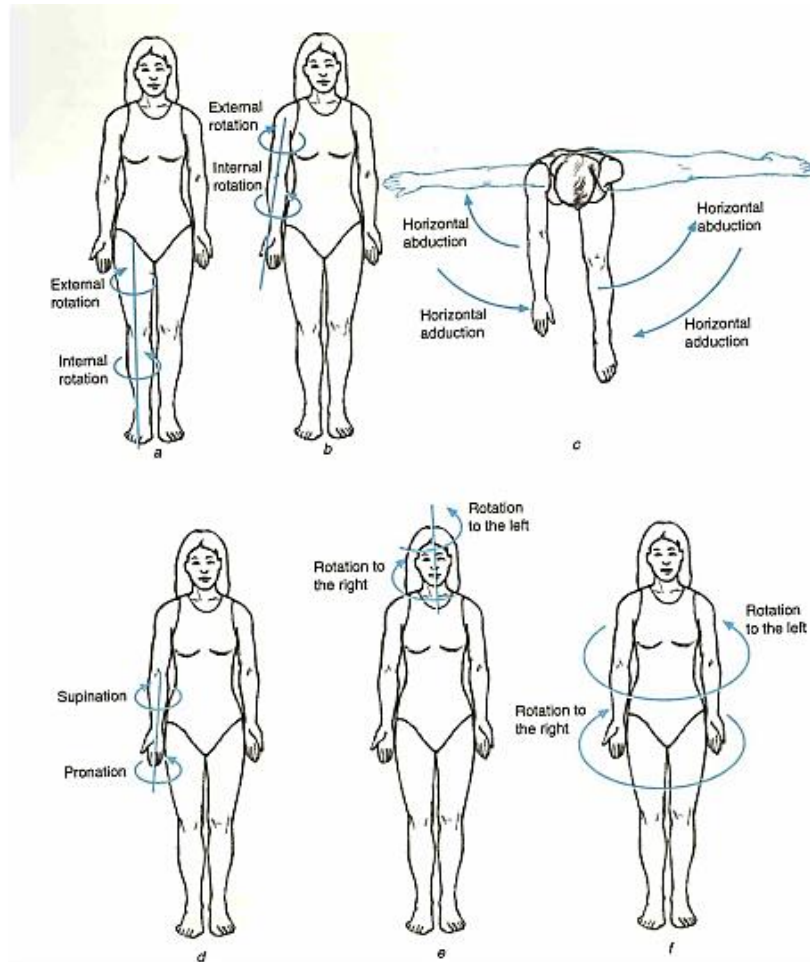
ROTATION

Rotation (περιστροφή): Η κίνηση αυτή λαμβάνει χώρα στο transverse plane γύρω από τον longitudinal axis και εμπλέκει οποιαδήποτε κίνηση έχει να κάνει με περιστροφή σε αυτόν τον άξονα. Οι περιστροφές των μελών μπορούν να διαχωριστούν σε **internal** και **external** αυτό έχει να κάνει με τη κατεύθυνση έχει η περιστροφή.

Η internal rotation ή εσωτερική περιστροφή γνωστή και ως medial αναφέρεται στην περιστροφή προς τον άξονα του σώματος δηλαδή προς τα μέσα.

Ενώ η external rotation ή εξωτερική περιστροφή γνωστή και ως lateral αναφέρεται στην περιστροφή προς τα έξω μακριά δηλαδή από τον άξονα του σώματος.

Η περιστροφή πραγματοποιείται χάρη στις αρθρώσεις του σώματος όπως είναι οι ώμοι και τα ισχία. Μπορούμε επίσης να περιστρέψουμε το λαιμό μας καθώς αποτελείται από πολλές μικρές αρθρώσεις.



Εικόνα 8 - Απεικόνιση της περιστροφής των μερών του σώματος

Στην παραπάνω εικόνα μπορούμε να διακρίνουμε 6 χαρακτηριστικές κινήσεις. Οι **a,b** μας δείχνουν τις external και internal περιστροφές για το χέρι και το πόδι. Η απεικόνιση **c** μας δείχνει την απεικόνιση της περιστροφής με τα χέρια και πόδια σε ορθή γωνία περιστρέφοντας τα γύρω από τον άξονα τους, η απομάκρυνση τους από άξονα του σώματος λέγεται **horizontal abduction** επειδή βρίσκεται σε οριζόντια θέση και αντίστοιχα **horizontal adduction** η επαναφορά τους κοντά στον άξονα. Στο **d** έχουμε την περιστροφή του πήχη και της παλάμης όπου προς την μεριά του άξονα του σώματος λέγεται pronation πρηνισμός, ενώ από την αντίθετη supination υπτιασμός. Στην **e** έχουμε την περιστροφή του κεφαλιού στο πλάι προς τα δεξιά rotation to the right και προς τα αριστερά rotation to the left, σε αυτή τη περίπτωση και τα δύο απομακρύνονται από τον κεντρικό άξονα. Τέλος στην **f** έχουμε περιστροφή γύρω από τον κεντρικό άξονα του σώματος, δηλαδή περιστροφή γύρω από τον εαυτό του προς τα αριστερά rotation to the left και προς τα δεξιά rotation to the right.

Μέρη - Δομή

Ένα ανθρώπινο σώμα απαρτίζεται από διάφορα “κομμάτια” όπου ο αγγλικός τους όρος είναι **segments**, τμήματα και αυτά ορίζονται χωρικά από τα **planes**. Στην τοποθεσία των planes βρίσκονται συνήθως οι ενώσεις, κλειδώσεις του σώματος τα λεγόμενα **joints** στα οποία θα αναφερθούμε παρακάτω.

Τα segments ονομαστικά από πάνω προς τα κάτω είναι: Head, Neck, Thorax, Pelvis, Thigh, Calf, Foot και τα μέρη που αποτελούν τα χέρια Upper arm, Forearm, Hand.

Επίσης μπορούμε να έχουμε και κάποια επίπεδα χωρισμού μεταξύ των **segments** τα οποία λέγονται **planes** και είναι τα εξής ξεκινώντας από πάνω πάλι Head, Neck, Thorax, Abdominal, Hip, Thigh, Knee, Ankle και για τα χέρια έχουμε Shoulder, Elbow, Wrist.

Τα Planes (επίπεδα) στην ουσία αποτελούν τα σημεία πάνω στο σώμα που είναι κλειδώσεις, για παράδειγμα όπως του knee που είναι το γόνατο χωρίζει και συνάμα ενώνει το thigh με το calf. Χρησιμεύουν για τον σωστό καθορισμό του καθενός segment, καθώς λειτουργούν, ως σημεία αναφοράς και οριοθετούν το κάθε ένα που αρχίζει και που τελειώνει.

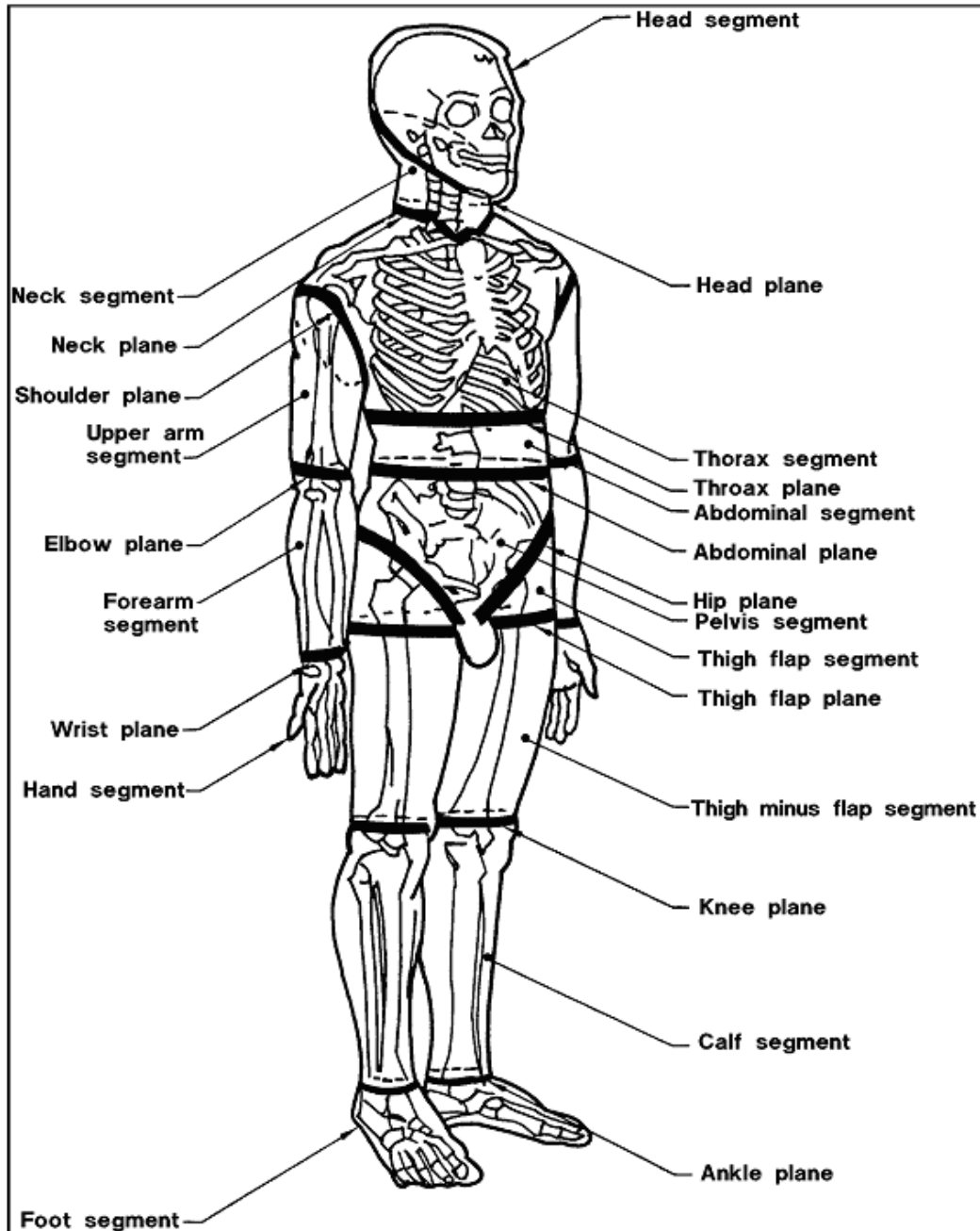
Πιο αναλυτικά μας τα εξηγεί ο παρακάτω πίνακας

Planes Definition

Head plane	Επίπεδο που περνάει από τις ακριανές γωνίες της γνάθου και τον αυχένα.
Neck plane	Ξεκινάει από την βάση του αυχένα και διαπερνά μέχρι εκεί που συναντιόνται οι άκρες των κλειδών (clavicle).
Thorax plane	Διέρχεται από το δέκατο πλευρό του θώρακα και διαχωρίζει οριζόντια την περιφέρεια.
Abdominal plane	Ξεκινάει από το ύψος που βρίσκονται οι άκρες της λεκάνης (λαγόνια ακρολοφία) και διέρχεται κατά μήκος.
Hip plane	Η διχοτόμηση του σχηματίζει ορθή γωνία μεταξύ των δύο ευθειών άμα τις επεκτείνουμε ώστε να συναντηθούν σε ένα σημείο, όπου χωρίζουν την λεκάνη με το αριστερό και δεξί πόδι αντίστοιχα. Έχουν κλίση καθώς ακολουθούν το σχήμα της λεκάνης σχηματίζοντας το χαρακτηριστικό “V”.
Thigh flap plane	Βρίσκεται εκεί που αρχίζουν οι γλουτοί και διαπερνά οριζόντια το μηρό.
Knee plane	Ξεκινάει από το ύψος του κονδύλου δηλαδή στην ένωση των δύο κοκάλων και χωρίζει το γόνατο.
Ankle plane	Το επίπεδο ξεκινάει στο σφαιρικό κομμάτι που παρουσιάζει ο αστράγαλος μας και τον τέννει.
Shoulder plane	Τέννει το κομμάτι που είναι ο ώμος περιμετρικά της μασχάλης, ξεκινώντας από την άκρη της ωμοπλάτης που ονομάζεται ακρώμιο.
Elbow plane	Διέρχεται από το ωλεκρανικό σημείο ως το μεσαίο και πλευρικό επικονδύλιο του βραχίονα.
Wrist plane	Ξεκινάει από την άκρη της ωλένης και της κερκίδας, τα δύο οστά του αντιβραχίου (forearm), διαπερνώντας κάθετα τον καρπό.

Πίνακας 2 - Ανάλυση των επιπέδων

Μια απεικόνιση που αποτελούν τα παραπάνω



Εικόνα 9 - Απεικόνιση των επιπέδων και των τμημάτων

Το ανθρώπινο σώμα διαθέτει κάποιες γεωμετρίες, όντας υλικό σώμα στο χώρο.

Τα γεωμετρικά μεγέθη χωρίζονται σε ορισμένες υποκατηγορίες:

1. Γραμμικά μεγέθη, ευθείες ή κυρτές γραμμές. Αποτελούν το μήκος του segment και τις καμπύλες τους.
2. Μεγέθη επιπέδου, όπως είναι η περιοχή επιφάνειας και γωνία επιπέδου.
3. Χωρικά μεγέθη, όπως την χωρητικότητα του στέρνου, τον συμπαγή όγκο, την στερεά γωνία.

Σχετικά με τα **segments** έχουμε το κάθε μέλος του ανθρώπινου σώματος να έχει μια μάζα καθώς και ένα κέντρο μάζας. Επίσης παρουσιάζεται και μια αντίσταση στην κάθε μεταβολή του η λεγόμενη αδράνεια inertia. [10]

Η οποία διαχωρίζεται σε μάζας, πυκνότητας, ακτίνας κέντρου βάρους, στατικής ροπής, ροπής αδράνειας, ακτίνας περιστροφής και ροπή απόκλισης. Ας εξηγήσουμε τι σημαίνει το καθένα για την αδράνεια.

- Μάζα είναι το μέγεθος της αδράνειας ενός αντικειμένου, το οποίο μετακινείται. Εξαρτάται από την πυκνότητα και τον όγκο του αντικειμένου.
- Η πυκνότητα ενός σώματος εξαρτάται από τι υλικό είναι φτιαγμένο, καθώς διαφορετικό υλικό θα έχει και άλλη πυκνότητα λόγω της δομής του σε μοριακό επίπεδο. Δίνεται μαθηματικά από την διαίρεση της μάζας με την πυκνότητα.
- Ακτίνα κέντρου βάρους είναι η απόσταση από το κέντρο μάζας και του σημείου αναφοράς του συστήματος. Όπου το σύστημα μπορεί να βρίσκεται εντός του σώματος ή εκτός.
- Η στατική ροπή διαχωρίζεται σε τριών ειδών:
 - a) Σε ροπή αδράνειας ενός σημείου. Όπου μαθηματικά αποτυπώνεται ως το γινόμενο της μάζας με το τετράγωνο της στροφορμής.
 - b) Ροπή αδράνειας όπου ο άξονας περιστροφής διασταυρώνεται με το κέντρο μάζας του σώματος.
 - c) Ροπή αδράνειας, που ο άξονας περιστροφής περνάει πέρα από το κέντρο μάζας του σώματος.

Ένα παράδειγμα εφαρμογής του είναι ο υπολογισμός της ροπής του χαμηλότερου μέρους του ποδιού σε σχέση με τον άξονα κίνησης του ισχίου, όπως φαίνεται στην εικόνα παρακάτω.

Αυτό που βλέπουμε είναι ότι το κάθε segment thigh, calf, foot έχοντας ως μια κουκίδα το κέντρο μάζας του καθενός, ενώνονται νοητά με μια ευθεία από το ισχίο που γίνεται η περιστροφή.

Ο υπολογισμός του θα είναι το συνολικό άθροισμα των ροπών του κάθε segment. Δηλαδή υπολογίζουμε την ροπή για το κάθε segment (thigh, calf, foot) ξεχωριστά αλλάζοντας κάθε φορά τους παράγοντες του τύπου

$$I = I_c + (m * a^2)$$

Όπου το I_c είναι η ροπή αδράνειας του άξονα

περιστροφής που διασταυρώνεται με το κέντρο μάζας του σώματος, m η μάζα του κάθε segment και a^2 η απόσταση μεταξύ του κέντρου μάζας του κάθε segment και του άξονα περιστροφής σε αυτό.

Αφού υπολογίσουμε και των τριών segment τις ροπές στην συνέχεια θα τα αθροίσουμε στο συνολικού τμήματος. Με την ίδια λογική μπορούν να υπολογιστούν ροπές και για τα χέρια κ.α.

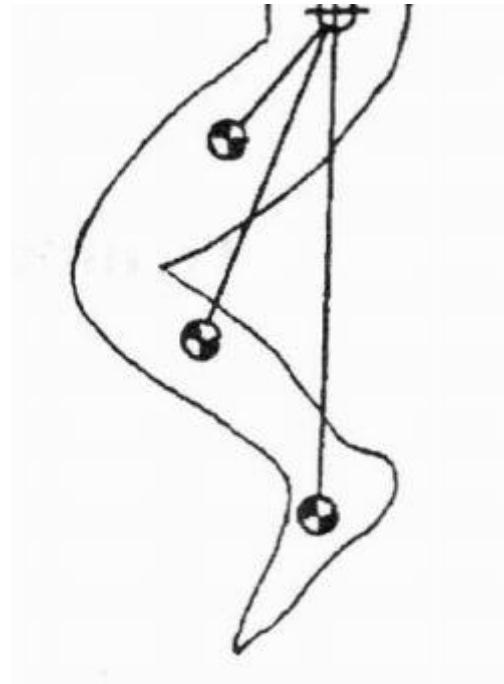
- Ακτίνα περιστροφής (radius of gyration) είναι η απόσταση μεταξύ του άξονα περιστροφής και ενός σημείου όπου θα μπορούσε να είναι ολόκληρη η μάζα ενός σώματος συγκεντρωμένη. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα η ροπή αδράνειας που προκύπτει από τη μάζα του σώματος και της ακτίνας περιστροφής, να είναι ακριβώς ίση με τη ροπή αδράνειας εάν η μάζα του σώματος δεν ήταν συγκεντρωμένη.
- Ροπή απόκλισης είναι το προϊόν της μάζας του σώματος και δύο τιμών του κέντρου σώματος x και y σε ένα ορθογώνιο σύστημα δύο αξόνων X και Y .

Μέθοδοι Μετρήσεως

Για την απόκτηση πληροφοριών που αφορούν το ανθρώπινο σώμα, τόσο γεωμετρικών μεγεθών όσο και για τιμές σχετικές με την αδράνεια, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες μέθοδοι:

- Μηχανικές και ηλεκτρομηχανικές μέθοδοι
- Οπτικές μέθοδοι για την γεωμετρία του σώματος
- Γεωμετρικές μέθοδοι για την αδράνεια
- Διαπεραστικές μέθοδοι
- Υπολογιστικές μέθοδοι
- Μοντελοποίηση

Εικόνα 10 - Απεικόνιση ποδιού με ροπή σε κίνηση γύρω από το ισχίο



Πριν προβούμε όμως σε οποιαδήποτε διαδικασία πρέπει πρώτα να γίνει μια **προετοιμασία**. Συγκεκριμένα το υποκείμενο θα πρέπει να έχει τα εσώρουχα του μόνο, δηλαδή να μην φοράει κάποια ενδυμασία όπως παπούτσια ή εξοπλισμό που τον καθιστά πιο βαρύ ώστε να αλλοιωθούν οι μετρήσεις, εκτός βέβαια από ορισμένες που χρειάζονται.

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων το υποκείμενο πρέπει να παραμένει ακίνητο για την σωστή καταγραφή τιμών, το οποίο δεν αποτελεί εύκολη υπόθεση καθώς πρέπει να παραμένει ακίνητο για μεγάλο χρονικό διάστημα, έτσι θα πρέπει να πραγματοποιείται σχετικά γρήγορα η διαδικασία της μέτρησης.

Για την σωστή καταγραφή της μάζας του σώματος, πρέπει να γίνεται η μέτρηση πρωινές ώρες ώστε το αντικείμενο να μην έχει φάει τίποτα ώστε να μην παρεκτρέπονται οι τιμές που λαμβάνουμε.

Επίσης πραγματοποιούνται και έρευνες με πτώματα για τη μελέτη των τιμών αδράνειας, πολλές φορές μάλιστα τμηματοποιούνται (segmentation) διαχωρίζονται δηλαδή σε τμήματα, νοητές γραμμές που βρίσκονται ανάμεσα στις κλειδώσεις, για την κατάλληλη μελέτη τους. Τις περισσότερες φορές ψύχονται πριν προβούν σε τμηματοποίηση ώστε να μην αλλοιώνεται η μάζα από τυχόν υγρά που χάνονται.

Παρακάτω θα αναφέρουμε μερικά επιπλέον πράγματα για τις μεθόδους.

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.

Για ευθείες διαστάσεις του σώματος χρησιμοποιούνται κυρίως μηχανικά ή ηλεκτρομηχανικά ανθρωπόμετρα όπως επίσης και χάρακες, διαβήτες, δαγκάνες για μέτρηση μελών καθώς και παχύμετρο για την μέτρηση του πάχους του δέρματος. Για τη μέτρηση καμπύλων γραμμών χρησιμοποιείται συνήθως μεζούρα.



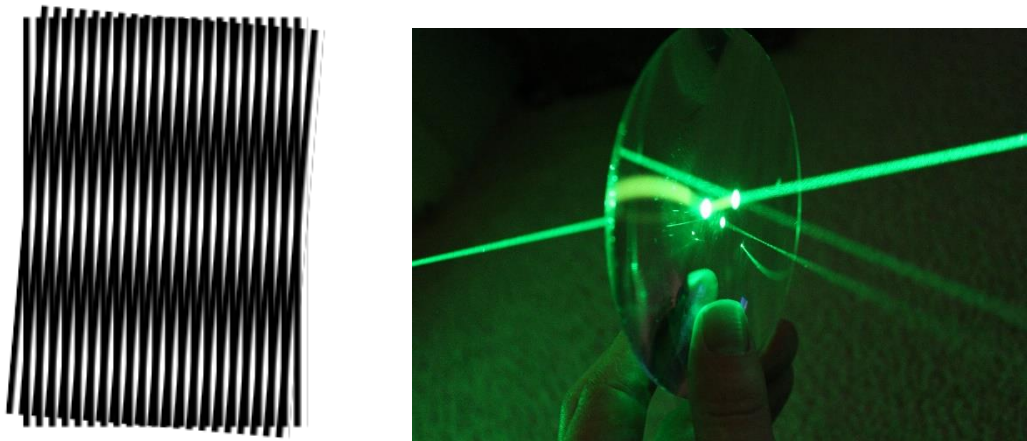
Εικόνα 11 - Απεικόνιση μηχανικών και ηλεκτρομηχανικών μεθόδων

Για την καταμέτρηση επιφανειών όπως είναι η πατούσα του ποδιού χρησιμοποιείται μια συσκευή με μελάνη. Επίσης για τον υπολογισμό του όγκου χρησιμοποιούνται τεχνικές βύθισης σε υγρό.

Για τον υπολογισμό της μάζας, βάρους ενός σώματος, υπάρχουν πολλοί τρόποι για την εφαρμογή του.

ΟΠΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα οπτικά μέσα αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για την φωτογραφία και αργότερα για τα φιλμ και την τηλεόραση. Από τον 19^ο αιώνα έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται σε ευρύτερη κλίμακα, με σκοπό την καταμέτρηση του ανθρώπινου σώματος. Επίσης ορισμένες νέες εφαρμογές ήρθαν στο προσκήνιο με τον καιρό, όπως ο δομημένος φωτισμός, moiré και laser που βοήθησαν στην βελτίωση του.



Εικόνα 12 - Απεικόνιση moiré και laser

Η τεχνική με φωτογραφίες χρησιμοποιείται κυρίως για την εξαγωγή γεωμετρικών δεδομένων. Με τη χρήση αυτής της μεθόδου μπορούμε να εντοπίσουμε ορισμένα σημεία ενδιαφέροντος στο ανθρώπινο σώμα, όπως επίσης να υπολογίσουμε και το μήκος του κάθε segment.

Μέσα από την εικόνα έχουμε και την δυνατότητα να εκτιμήσουμε μια επιφάνεια του σώματος που χρειάζεται για τον υπολογισμό της αντίστασης του αέρα, επί πρόσθετα με ειδικές εικόνες μπορούμε να παράγουμε ογκομετρικά δεδομένα.

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για να λάβουμε ορισμένα δεδομένα για την αδράνεια χρησιμοποιούμε γεωμετρικές μεθόδους, χρειάζεται όμως να ακολουθήσουμε κάποια στάνταρ όπως το ότι η πυκνότητα των σωμάτων είναι άγνωστη, το σώμα έχει την ίδια πυκνότητα σε ολόκληρο τον όγκο της, τέλος το κέντρο του όγκου σώματος έχει το ίδιο κέντρο με το κέντρο μάζας.

Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται κυρίως στις μετρήσεις του όγκου του σώματος ή των τμημάτων του. Χρησιμοποιείται η μέθοδος της βύθισης για τον υπολογισμό του όγκου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βρεθούν η μάζα, το κέντρο της μάζας και η ροπή αδράνειας. Απλά βυθίζοντας τα ανά 1 cm τη φορά.

Μπορούμε επίσης να υπολογίσουμε την γεωμετρία των μελών του σώματος χρησιμοποιώντας μια μεζούρα. Μετρώντας την περιφέρεια ανά 1 ή 2 εκατοστά κατά μήκος των αξόνων και στην συνέχεια μπορούμε να υπολογίσουμε την έκταση της επιφάνειας. Τέλος πολλαπλασιάζοντας την επιφάνεια με το ύψος του μέλους, θα έχουμε τον όγκο του.

ΔΙΑΠΕΡΑΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι τεχνικές αυτές στηρίζονται σε τεχνολογίες και μέσα, που μπορούν να διαπεράσουν το ανθρώπινο σώμα όπως η ακτινοβολία, που διαπερνά τα σώματα με ακτίνες X ή ακτίνες γάμα. Μπορούμε να τις κατευθύνουμε σε ένα αντικείμενο ώστε να το σαρώσουμε.

Η διαφορά στην ένταση των ακτινών μας δίνουν πληροφορίες για την πυκνότητα του αντικειμένου δηλαδή πόση ακτινοβολία αδυνατεί να περάσει λόγω μεγάλης πυκνότητας.

Άλλος τρόπος είναι οι υπέρηχοι, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως για ιατρικούς σκοπούς υπερηχογραφήματα αλλά και για εμβιομηχανικής. Αυτή η προσέγγιση στηρίζεται στον ήχο και τα φαινόμενα που παρουσιάζει καθώς ανακλάται πίσω και δέχεται το μηχάνημα τις ανάλογες τιμές.

Τέλος έχουμε τους μαγνητικούς τομογράφους οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς, είναι βέβαια πιο ακριβή διαδικασία από τις υπόλοιπες άλλα μας δίνει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς την μελέτη του ανθρώπινου σώματος.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι υπολογιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούν τις πληροφορίες που αποκτούμε από την μελέτη τόσο από άψυχα όσο και από ζωντανά σώματα και μέλη. Οι συντελεστές που χρησιμοποιούνται και τα σχετικά δεδομένα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση τιμών όπως:

- Γεωμετρικές μετρήσεις λ , που δίνεται από τη διαίρεση της απόλυτης τιμής του μήκους του κάτω άκρου, με το μήκος ολόκληρου του σώματος.
- Μάζα ενός τμήματος του σώματος μ , όπου διαιρούμε την απόλυτη τιμή της μάζας ενός τμήματος, με εκείνη ολόκληρου του σώματος.
- Ακτίνα του κέντρου μάζας ενός μέλους του σώματος δ , είναι η απόλυτη τιμή της ακτίνας του κέντρου μάζας ενός τμήματος διαιρούμενη με το μήκος του τμήματος.
- Ακτίνα της περιστροφής ενός τμήματος κ , υπολογίζεται από την διαίρεση της απόλυτης τιμής της ακτίνας περιστροφής του τμήματος, με το μήκος του τμήματος.

Μια άλλη μορφή είναι οι εξισώσεις παλινδρόμησης, όπου εξαρτημένες μεταβλητές υπολογίζονται από ανεξάρτητες μεταβλητές καθώς και κάποιες παραμέτρους. Μας επιτρέπουν

τον υπολογισμό της μάζας ενός τμήματος του σώματος, βασιζόμενη στη μάζα του συνόλου δηλαδή ολόκληρου του σώματος.

Το άθροισμα των ροπών της μάζας ισοδυναμεί με τη ροπή του αθροίσματος της μάζας. Για παράδειγμα έχουμε ένα αντικείμενο που το διαιρούμε σε τμήματα, για κάθε τμήμα του κέντρου της μάζας του, που αντιστοιχεί σε συντεταγμένες σε ένα ορθογώνιο σύστημα αξόνων. Ο πολλαπλασιασμός των μαζών και των συντεταγμένων που βασίζονται στους Χ και Υ άξονες μετατρέπονται σε άθροισμα. Διαιρώντας το με τη συνολική μάζα που υπάρχει και στους δύο άξονες, μας επιτρέπει να λάβουμε τις συντεταγμένες του κέντρου μάζας του σώματος.

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

Για την επίλυση προβλημάτων που συναντάμε με την γεωμετρία και τις ροπές, μπορούμε να επιστρατεύσουμε δύο ειδών μοντέλα, φυσικά και μαθηματικά. Τα φυσικά μοντέλα στηρίζονται στην προσομοίωση και αντιγραφή του ανθρώπινου σώματος όσο πιο πιστά γίνεται. Τέτοια μοντέλα συναντούμε ως κούκλες “dummies” και βρίσκουν εφαρμογή σε αυτοκινητιστικά δυστυχήματα αλλά και σε άλλες προσομοιώσεις ή πειράματα. Αυτές οι κούκλες μας επιτρέπουν να λάβουμε μετρήσεις καθώς και την τοποθεσία του κέντρου μάζας και της ακτίνας περιστροφής.

Τα μαθηματικά μοντέλα, δεν είναι τίποτα άλλο παρά μια έκφραση τους με μαθηματικά. Χάρη σε αυτά μπορούμε να παρουσιάσουμε το σώμα με αριθμούς και τα τμήματα του με γεωμετρικά σχήματα όπως κυλίνδρους, κώνους, καμπύλες κ.α. Ώστε να είναι δυνατή και ευκολότερη η οποιαδήποτε μελέτη τους καθώς και πιο εφικτή αλλά σε πιο θεωρητικό κομμάτι βέβαια. Επίσης μπορούν να εισαχθούν και σε ειδικά προγράμματα προσομοίωσης σε υπολογιστές, όπου στην ουσία επεξεργάζονται τα δεδομένα και μας δίνουν τις σχετικές πληροφορίες.

Αποτελέσματα

Με την χρήση των διάφορων μεθόδων που χρησιμοποιήσαμε μπορούμε να έχουμε ορισμένα αποτελέσματα πάνω σε αυτά που έχουμε αναφέρει. Τα δεδομένα αυτά διαφέρουν από άνθρωπο σε άνθρωπο καθώς ο τρόπος ζωής αλλά και οι κλιματικές συνθήκες, μπορούν να επηρεάσουν την μορφολογία του ανθρώπινου σώματος. Επιπρόσθετα ο κάθε λαός παρουσιάζει ορισμένα χαρακτηριστικά που τον ξεχωρίζουν, τα οποία είναι περασμένα στον γενετικό του κώδικα. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε μερικές σχετικές τιμές για τις διαστάσεις του σώματος, μάζα, πυκνότητα, κέντρα μάζας, ροπές αδράνειας και ακτίνες περιστροφών.

Υπενθύμιση οι τιμές και οι μετρήσεις αποτελούν μέσο όρο ενός συνόλου, οπότε δεν πρέπει να λαμβάνονται ως απόλυτες καθώς υπάρχουν και εξαιρέσεις.

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

Το ανθρώπινο σώμα ξεκινάει από ύψος το 0,5 μέτρο και φτάνει ως τα 1,59 μέτρα για τις γυναίκες και 1,73 για τους άντρες. Υπάρχουν και περιπτώσεις που αποκλείουν πολύ βέβαια από τον μέσο όρο. Αυτό συμβαίνει στις κατηγορίες των νάνων οι οποίοι έχουν ύψος περίπου στο 0,5 μέτρο και στους γίγαντες στους οποίους ο γυναικείος πληθυσμός φτάνει τα 2,4 μέτρα και τα 2,7 μέτρα ο αντρικός. Οι διαστάσεις και η μορφολογία του ανθρώπινου σώματος βέβαια

επηρεάζονται από την καθημερινότητα μας. Δηλαδή την στάση και την ζωή που έχουμε υιοθετήσει, επιπλέον πολύ εμπειρογνώμονες ισχυρίζονται ότι στο μέλλον το ανθρώπινο σώμα θα έχει αρκετές διαφορές μορφολογικά από τον σημερινό άνθρωπο.

ΜΑΖΑ

Η μάζα που παρουσιάζεται στα νεογνά είναι από 3,5 έως 5 κιλά. Η μικρότερη μάζα που μπορεί να παρουσιαστεί είναι στα 0,75 κιλά και αυτό λόγω πρόωρης γέννας.

Στην κατηγορία που ανήκουν οι εύσωμοι άνδρες και γυναίκες η μάζα τους μπορεί να φτάσει κάποιες εκατοντάδες κιλά. Αυτό οφείλεται στις συνήθειες του καθενός καθώς και στον σωματότυπο του, όπου μπορεί να παρουσιάσει και διαφορές κατά την ενηλικίωση.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι αθλητές που ανήκουν σε διαφορετικά αθλήματα και παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους, όπως ένας μαραθωνοδρόμος του οποίου η μάζα είναι γύρω στα 60 κιλά, ενώ ενός σφαιροβόλου είναι διπλάσια σχεδόν στα 120 κιλά.

Το κάθε τμήμα του ανθρώπινου σώματος δίνει ξεχωριστές τιμές, γενικά από όλα τα τμήματα αυτό με την μεγαλύτερη μάζα, είναι η κοιλιά με 16% της συνολικής μάζας αντιθέτως το τμήμα με την λιγότερη είναι το χέρι με 1%. Επίσης σε όλη τη διάρκεια της ενηλικίωσης το σώμα μεγαλώνει, αλλάζει με αποτέλεσμα να αλλάζουν και οι μάζες των τμημάτων. Για παράδειγμα η μάζα που έχει το κεφάλι ενός παιδιού 3 χρονών είναι 17% της συνολικής μάζας, ενώ για ενός 10 χρονών είναι 11% και για έναν ενήλικα είναι 5%. Αυτό είναι απόλυτα λογικό καθώς το παιδί έχει μεγαλύτερο το κεφάλι του σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μέλη του, σε αντίθεση με έναν ενήλικα που έχει αναπτύξει πλήρως τα μέλη του σώματος του και το κεφάλι του καταλαμβάνει μικρότερο ποσοστό της συνολικής μάζας.

Επίσης υπάρχουν και κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν τη μάζα των μελών του ανθρώπινου σώματος είτε μακροπρόθεσμα στη διάρκεια της ανάπτυξης είτε βραχυπρόθεσμα άμεσα δηλαδή. Τέτοιες διαταράξεις ή αλλαγές μπορούν να οφείλονται σε κάποιο άθλημα ώστε να αναπτυχθούν κάποια μέλη πιο πολύ και άλλα λιγότερο, την διατροφή, τις αρρώστιες που επηρεάζουν με κάποιο τρόπο ή ακόμα και γενετικές μεταλλάξεις, σύνδρομα κ.α. που επιφέρουν διάφορα προβλήματα στην διάπλαση του ατόμου.

ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Η πυκνότητα μετριέται στους διάφορους ιστούς του σώματος, δηλαδή το πόσο συμπαγής είναι ένας ιστός. Με τον όρο "ιστούς" δεν εννοούμε μόνο τη σάρκα αλλά τα κόκαλα και το αίμα. Χαρακτηριστικά έχουμε την χαμηλότερη πυκνότητα στους ιστούς των πνευμόνων μόλις 0,56 g/cm³.

Υπάρχει μια μειονότητα στους ιστούς που παρουσιάζουν πυκνότητα λιγότερη από 1 g/cm³, καθώς τα 2/3 των ιστών που ερευνώνται έχουν ανάμεσα σε 1,1 g/cm³ και 1,2 g/cm³. Την υψηλότερη μέση τιμή πυκνότητας σε στερεούς ιστούς παρουσιάζουν τα συμπαγή κόκαλα με 1,89 g/cm³. Για τους ιστούς υγρών έχουμε με 0,928 g/cm³ την χολή και 1,057 g/cm³ το αίμα.

Μπορούμε όμως να αναφέρουμε και τις πυκνότητες μελών του ανθρώπινου σώματος, που κυμαίνεται από 0,92 g/cm³ θώρακας έως 1,17 g/cm³ για το χέρι.

Η πυκνότητα ολόκληρου του σώματος διαφέρει λόγω της κατασκευής του κάθε σώματος. Η χαμηλότερη πυκνότητα με τιμή $1,01 \text{ g/cm}^3$ συναντάτε συνήθως σε ανθρώπους με μεγάλο όγκο στους λιπαρούς ιστούς, η μεγαλύτερη τιμή πυκνότητας σώματος που έχει παρουσιασθεί είναι $1,11 \text{ g/cm}^3$.

ΚΕΝΤΡΑ ΜΑΖΑΣ

Κάθε αντικείμενο έχει ένα κέντρο μάζας. Ολόκληρο το σώμα έχει ένα κέντρο μάζας σημείο αναφοράς, που βρίσκεται μεταξύ του άξονα που βρίσκεται στο ισχίο και στο ακρωτήριο του μαιευτήρα. Στη θέση (μέρος) δηλαδή που η (είναι το κάτω μέρος της) λεκάνη.

Σύμφωνα με μελέτη πιστεύεται ότι το κέντρο μάζας για ένα 3 χρονών παιδί βρίσκεται στο 57,6% από το πάτωμα, όπου 100% είναι το ύψος όλου του σώματος. Αντίστοιχα για ένα 18 χρονών αγόρι είναι 56,1% και για ένα κορίτσι της ίδιας ηλικίας είναι 55,5% του συνολικού τους ύψους. Η τοποθεσία που θα βρίσκεται για το κάθε τμήμα του σώματος, το κέντρο μάζας του εξαρτάται από το μέγεθος του τμήματος, αυτό συνεπάγεται από το που αρχίζει και που τελειώνει το καθένα.

ΡΟΠΕΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΩΝ

Μελέτες έχουν γίνει για την ροπή αδράνειας του ανθρώπινου σώματος. Συγκεκριμένα οι μετρήσεις έγιναν σε 66 άνδρες, όπου ο μέσος όρος ηλικίας τους ήταν τα 33,2 χρόνια, η μέση τιμή της μάζας σώματος τους ήταν 75,5 κιλά και το μέσο ύψος τους ήταν το 1,76 μέτρα. Η στάση του σώματος που βρίσκονταν ήταν σε όρθια θέση. Έτσι έχουμε ότι το κέντρο ροπής της αδράνειας καθορίζεται από τους άξονες X που είναι ο **sagittal** δηλαδή ο μπροστινός, Y **frontal** ο πλαϊνός και Z **longitudinal** ο κατακόρυφος άξονας έχουν τιμές $13 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, $11.64 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, $1.28 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

Η μεγαλύτερη ροπή αδράνειας που μπορούμε να έχουμε στο ανθρώπινο σώμα είναι όταν βρίσκεται σε όρθια θέση και έχοντας τα χέρια σηκωμένα πάνω από το κεφάλι τότε οι τιμές στους άξονες X και Y είναι $17.18 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ και $15.48 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ αντιστοίχως. Για τον Z άξονα έχουμε μέγιστη τιμή όταν το σώμα βρίσκεται όρθιο και τα άνω άκρα αλλά και τα κάτω είναι ζευγμένα μεταξύ τους, γνωστή και ως “στάση του αετού”. Η τιμή του θα είναι $4.14 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

Η μικρότερη ροπή αδράνειας που παρουσιάζει το ανθρώπινο σώμα είναι όταν είναι σε καθιστή θέση με τους μηρούς σηκωμένους και τις γάμπες τεντωμένες. Οι τιμές που παίρνουμε για τους άξονες X είναι $4.42 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ και για τον Y $4.29 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$. Για τον Z άξονα το σώμα βρίσκεται σε όρθια θέση με τα άνω άκρα του να είναι υψωμένα πάνω από το κεφάλι, η τιμή της ροπής αδράνειας θα είναι τότε $1.25 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

Επιπλέον όπως το σώμα παρουσιάζει ροπή αδράνειας, έτσι και το κάθε τμήμα μπορεί να παρουσιάσει. Στα μέσα του 20^{ου} αιώνα έλαβαν χώρα μελέτες για τον υπολογισμό των ροπών του κάθε τμήματος του ανθρώπινου σώματος, χρησιμοποιώντας πτώματα και εκκρεμή για αρχή. Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν ακτίνες γάμα ώστε να διευκολυνθεί η μελέτη και ο υπολογισμός τους.

Ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ροπή αδράνειας μπορεί να μας δώσει και την ακτίνα περιστροφής σε απόλυτες και σχετικές τιμές. Αυτές οι τιμές παρουσιάζονται σύμφωνα με το μήκος των τμημάτων στον ακόλουθο πίνακα.

Τμήματα του σώματος	Ακτίνα περιστροφής στηριζόμενη στον κάθε άξονα		
	Sagittal	Frontal	Longitudinal
Κεφάλι και λαιμός	30.3	31.5	26.1
Πάνω κορμός	50.5	32.0	46.5
Μέσος κορμός	48.2	38.3	46.8
Κάτω κορμός	35.6	31.9	34.0
Βραχίονας (arm)	32.8	31.0	18.2
Πήχης (forearm)	29.5	28.4	13.0
Χέρι (hand)	28.5	23.3	18.2
Μηρός (thigh)	26.7	26.7	12.1
Κνήμη (calf)	28.1	27.5	11.4
Πόδι (foot)	25.7	24.5	12.4

Πίνακας 3 - Τμήματα και ακτίνες περιστροφής

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση που μπορούν να βρουν όλες αυτές οι τιμές είναι πολλές και σε διάφορους κλάδους. Οι γεωμετρικές πληροφορίες και ειδικά οι τιμές των ροπών αδράνειας (**inertia**) βρίσκουν μεγάλη χρησιμότητα στην κατασκευή φυσικών και μαθηματικών μοντέλων που αναπαριστούν το ανθρώπινο σώμα. Η ροπή αδράνειας είναι απαραίτητη για την μελέτη στατικών συνθηκών, την ανάλυση της κίνησης, την εξέταση και ανάλυση ατυχημάτων κ.α.

Τέλος οι μετρήσεις πρέπει να επαναλαμβάνονται ανά χρονικά διαστήματα, λόγω του ότι συνεχώς μεγαλώνει ο πληθυσμός και αλλάζει η ποιότητα και οι συνθήκες ζωής. Για παράδειγμα τα παιδιά και οι νέοι του περασμένου αιώνα παρουσιάζουν αρκετές διαφορές και αυτό οφείλεται στο ότι έχει βελτιωθεί η ποιότητα ζωής αρκετά από τότε.

Επίσης οι έρευνες και μετρήσεις έχουν διεξαχθεί σε ορισμένα πληθυσμιακά δείγματα. Αποτελούνται δηλαδή κυρίως από πιο ηλικιωμένους και νεαρούς, υγιείς ενήλικες όπως φοιτητές και αθλητές. Γενικά χρειάζεται μια ευρεία γκάμα δειγμάτων, ώστε να είναι πιο καθολικές οι τιμές και όχι συγκεκριμένες. Επομένως θα χρειαστούν περισσότεροι διαφορετικοί πληθυσμοί.

Segments

Τα τμήματα του σώματος segments παρουσιάζουν κάποιες παραμέτρους **BSP** (Body segment parameters) όπως είναι το μέγεθος, ο όγκος, η μάζα, η πυκνότητα, το κέντρο μάζας, η ροπή αδράνειας και το κέντρο όγκου αποτελούν θεμελιώδες αρχή για την μελέτη της εμβιομηχανικής στην **ανθρώπινη κίνηση**.

Μερικές έννοιες κλειδιά είναι οι ακόλουθες:

- **Length, area, volume:** Μονάδες μέτρησης των γεωμετρικών αντικειμένων σε μια δύο ή τρεις διαστάσεις.
- **Mass:** Η μάζα ενός αντικειμένου, πιο συγκεκριμένα η αδρανειακή μάζα είναι η αντίσταση ενός αντικειμένου στην επιτάχυνση.
- **Density:** Πυκνότητα ενός αντικειμένου είναι η μάζα του ανά όγκο.
- **Center of mass:** Είναι το σημείο σε ένα σώμα, όπου βασιζόμενο σε αυτό τα διανύσματα τοποθεσίας του σώματος θα ισούται με μηδέν.
- **Center of gravity:** Είναι το σημείο γύρω από το οποίο η ροπή λόγω των δυνάμεων της βαρύτητας εξαφανίζεται. Στην επιφάνεια της Γης η βαρύτητα ασκείται κάθετα, το κέντρο βαρύτητας και το κέντρο μάζας της είναι το ίδιο.
- **Rotational inertia (or moment of inertia):** Το μέτρο, της αντίστασης της περιστροφικής επιτάχυνσης, γύρω από έναν άξονα ενός σώματος στο χώρο, εξαρτάται από τη μάζα.
 - **Radius of gyration:** Είναι η απόσταση από έναν άξονα, όπου μπορεί να συσσωρευθεί όλη η μάζα του σώματος και να έχει την ίδια ροπή με πριν.
 - **Parallel axis theorem:** Η ροπή αδράνειας σε ένα παράλληλο άξονα ισούται με την ροπή αδράνειας του κέντρου μάζας και τη ροπή αδράνειας του σώματος που αντιμετωπίζεται ως σημειακή μάζα στη νέα θέση στους άξονες.
- **Center of volume:** Είναι το σημείο που βρίσκεται στο κέντρο της πυκνότητας όπου είναι διασκορπισμένη στο χώρο και έχει την ιδιότητα ώστε τα διανύσματα βάρους που σχετίζονται με αυτό το σημείο να ισούνται με μηδέν.
- **Center of buoyancy:** Είναι το κέντρο όγκου του νερού, όπου όταν βυθίζεται ένα αντικείμενο να εκτοπίζεται. Το κέντρο της άνωσης είναι στο κέντρο του όγκου ως κέντρο βάρους προς το κέντρο μάζας.
- **Anthropometry:** Είναι η μελέτη των μετρήσεων του ανθρώπινου σώματος.

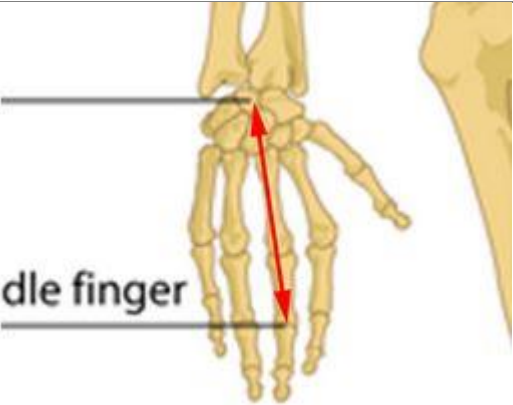
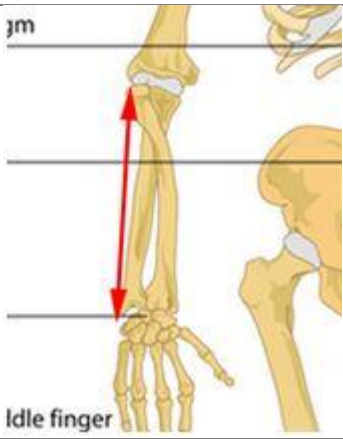
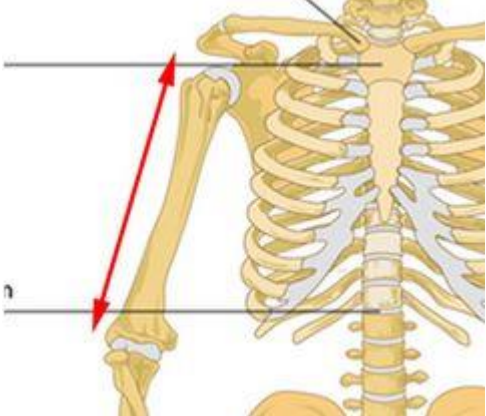
Στη συνέχεια θα αναφέρουμε ορισμένους πίνακες με τις τιμές των μετρήσεων **BSP**. Τα μοντέλα που μελετώνται είναι του Dempster (1955) με κάποιες παραμέτρους επιπλέον από τον Winter (2009) και του Zatsiorsky, Seluyanov και Chugunova (1990) όπου αργότερα με κάποιες παραλλαγές από τον DeLeva (1996).

Για τους πίνακες με τις BSP τιμές, αναφέρονται και ως ανθρωπομετρικοί πίνακες και έχουν ως ορίσματα:

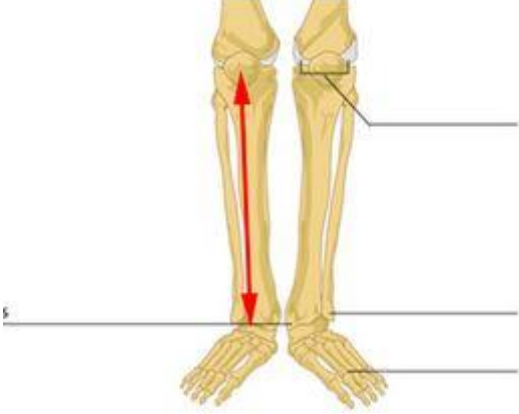
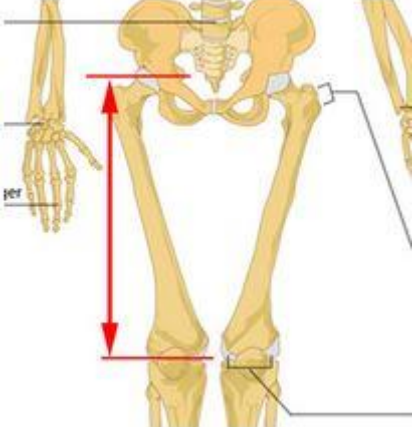
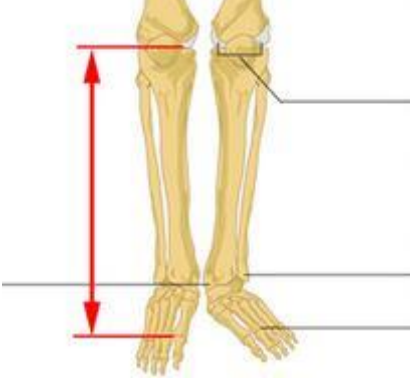
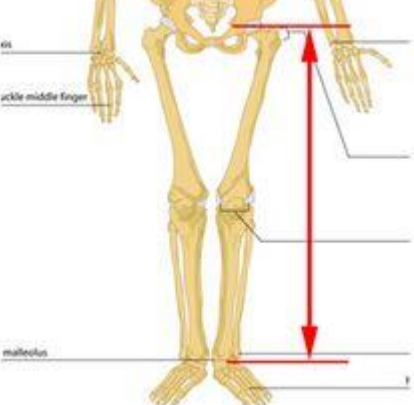
- Τη **μάζα (mass)** ενός segment που δίνεται ως μέρος της συνολικής του ανθρώπινου σώματος.
- Το **κέντρο μάζας (CM)** εκφράζει την τοποθεσία στο sagittal plane (μπροστινός άξονας) για το μήκος κάθε segment δίνοντας το σε δύο μέρη, με βάση το κοντινότερο (**proximal**) ή το πιο απομακρυσμένο (**distal**) joint.
- Η **ακτίνα περιστροφής (Rg)** γύρω από τον **transverse axis** (κάθετο άξονα) και γύρω από άλλους άξονες καθενός segment δίνεται ως μέρη του μήκους του με βάση το κέντρο μάζας του, την κοντινότερη (**proximal**) και πιο απομακρυσμένη (**distal**) τοποθεσία joint.

ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ DEMPSTER ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ WINTER
BSP segments από το μοντέλου του Dempster προσαρμοσμένο από τον Winter (2009):

Anthropometric Data Table [11]

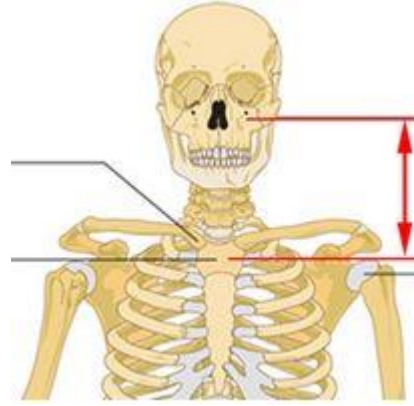
Segment	Περιγραφή ορισμός του κάθε segment	Metrics Απεικόνιση
Hand (Χέρι)	Άξονας καρπού μέχρι την δεύτερη άρθρωση του μεσαίου δακτύλου	
Forearm (Πήχης)	Άξονας αγκώνα μέχρι την άκρη του ωλένιου οστού	
Upper arm (Άνω βραχίονας)	Άξονα ωμοβραχίονα μέχρι άξονα αγκώνα	

<p>Forearm and hand (Πήχης και χέρι)</p>	<p>Άξονας βραχίονα ως την άκρη του ωλένιου οστού</p>	
<p>Total arm (Σύνολο χεριού)</p>	<p>Από ωμοβραχίονα μέχρι την άκρη του ωλένιου οστού</p>	
<p>Foot (Πόδι)</p>	<p>Αστράγαλος έως τη κεφαλή του δεύτερου μεταταρσίου</p>	

Leg (Κνήμη)	Από το μηριαίο κόνδυλο (γόνατο) έως τον έσω σφυρό (αστράγαλο)	 <p>A diagram showing the lower legs and feet of a human skeleton. A red double-headed vertical arrow indicates the measurement from the knee joint (knee cap) down to the inner malleolus of the ankle. Labels 's' are present at the top and bottom of the diagram.</p>
Thigh (Μηρός)	Μείζονα τροchanτήρα μέχρι το μηριαίο κόνδυλο (γόνατο)	 <p>A diagram showing the upper legs and pelvis of a human skeleton. A red double-headed vertical arrow indicates the measurement from the greater trochanter of the femur (hip) down to the knee joint. A label 'per' is visible on the left side.</p>
Foot and Leg (Πόδι και κνήμη)	Από το μηριαίο κόνδυλο έως τον έσω σφυρό (αστράγαλο)	 <p>A diagram showing the lower legs and feet of a human skeleton. A red double-headed vertical arrow indicates the measurement from the knee joint down to the inner malleolus of the ankle.</p>
Total leg (Σύνολο ποδιού)	Μείζονα τροchanτήρα μέχρι τον αστράγαλο	 <p>A diagram showing the upper legs and feet of a human skeleton. A red double-headed vertical arrow indicates the measurement from the greater trochanter of the femur (hip) down to the inner malleolus of the ankle. Labels 'pis', 'uckle middle finger', and 'malleolus' are visible on the left side.</p>

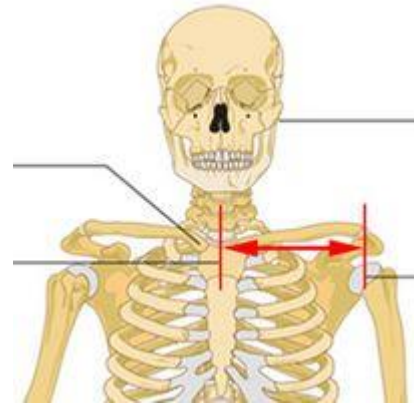
Head and neck
(Κεφάλι και
λαιμός)

C7-T1 και το πρώτο
πλευρό μέχρι το κανάλι
του αυτιού



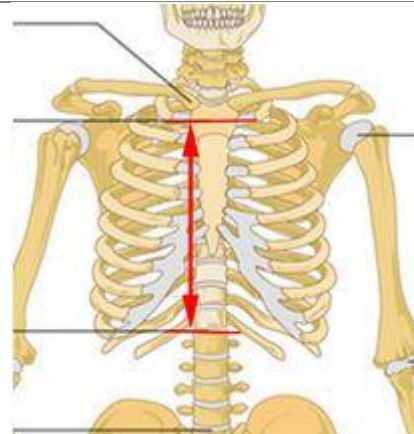
Shoulder mass
(Clavicle - οστό
της κλείδας)

Στερνοκλειδική
άρθρωση ως
ωμοβραχίονα



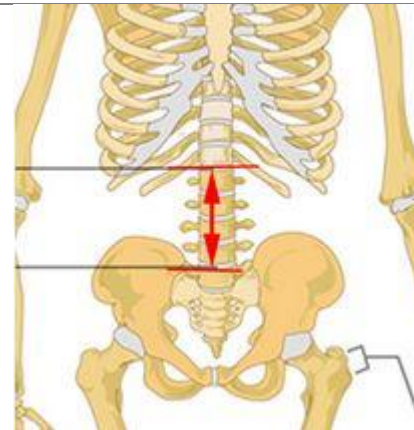
Thorax
(Θώρακας)

Από C7-T1 έως T12-L1
και διάφραγμα



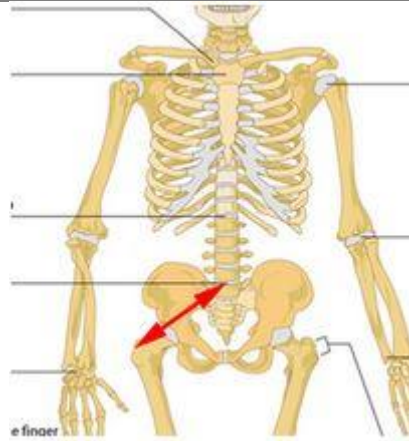
Abdomen
(Κουιλιά)

T12-L1 μέχρι L4-L5



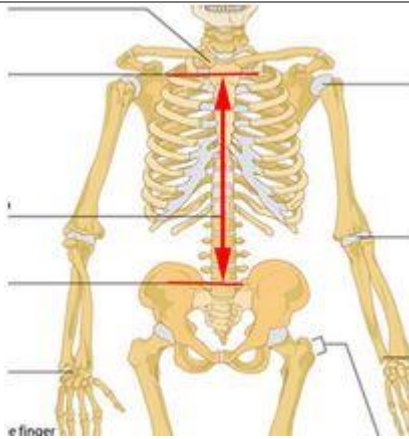
**Pelvis
(Λεκάνη)**

L4-L5 ως τον μείζονα
τροχαντήρα



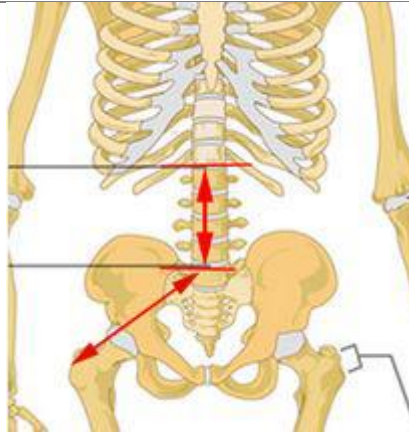
**Thorax and
abdomen
(Θώρακας και
κοιλιά)**

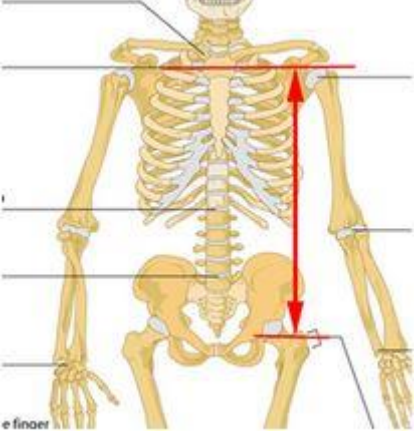
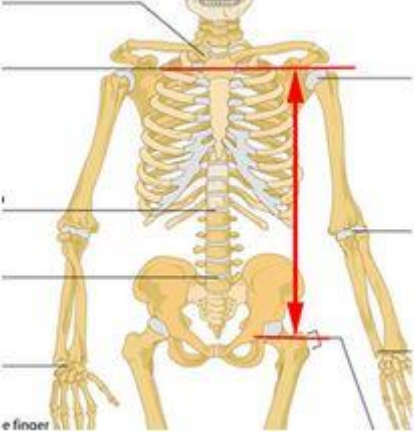
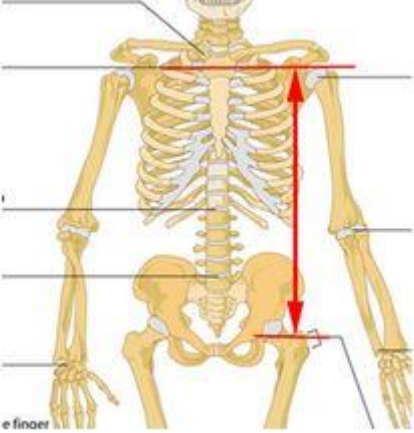
C7-T1 έως L4-L5



**Abdomen and
pelvis
(Κοιλιά και
λεκάνη)**

T12-L1 μέχρι τον
μείζονα τροχαντήρα



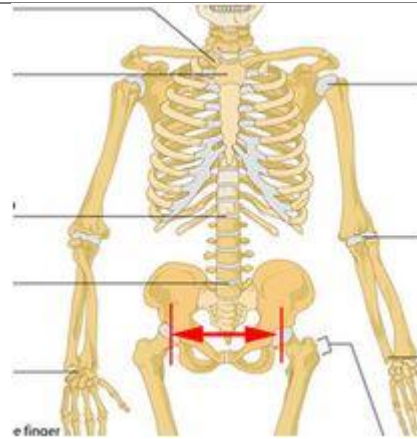
Trunk (Κορμός)	Ξεκινάει από το μείζονα τροchanτήρα και φτάνει ως τον ωμοβραχίονα	
Trunk head neck (Κορμός, κεφάλι, λαιμός)	Από μείζονα τροchanτήρα έως τον ωμοβραχίονα	
Head, arms and trunk (HAT)	Από μείζονα τροchanτήρα έως τον ωμοβραχίονα	

Πίνακας 4 - Ανθρωπομετρικές μετρήσεις με βάση το μοντέλο του Dempster προσαρμοσμένο από τον Winter

Ως επί πλέον πληροφορία σχετικά με το πλάτος των **segments** για την καταμέτρηση τους έχουμε παρακάτω, τα οποία δεν συμπεριλαμβάνονται στη θεωρητικό μοντέλο του του Dempster προσαρμοσμένο από τον Winter.

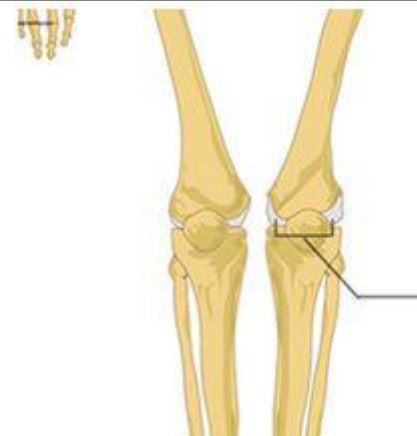
**Pelvis width
(Πλάτος λεκάνης)**

Μεταξύ των δύο
κλειδώσεων του
γοφού



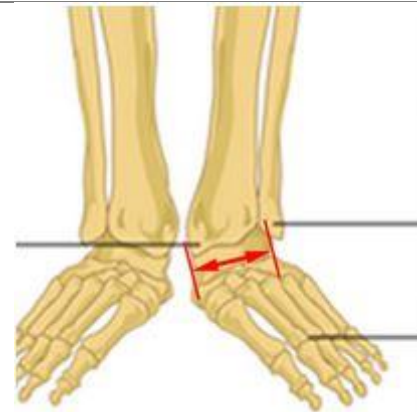
**Knee width
(Πλάτος γονάτου)**

Το πλάτος του
μηριαίου κόνδύλου

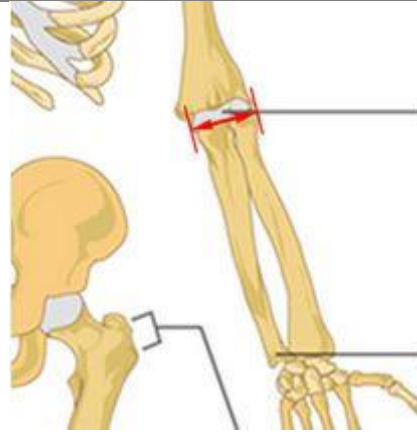


**Ankle width
(Πλάτος
αστράγαλου)**

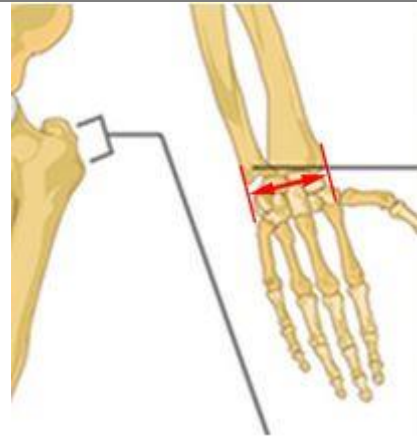
Το πλάτος του σφυρού



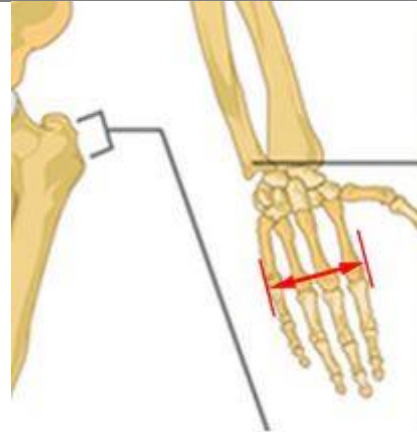
Elbow width
(Πλάτος αγκώνα) Το πλάτος της κλείδωσης του αγκώνα



Wrist width
(Πλάτος Καρπού) Το πλάτος του ωλένιου οστού δίπλα στον καρπό



Hand width
(Πλάτος χεριού) Το πλάτος του χεριού μετρώντας την πρώτη άρθρωση του



**Hand length
(Μήκος χεριού)**

Το μήκος του χεριού από το μεσαίο δάχτυλο μέχρι τον καρπό



**Shoulder offset
(όφσσετ ώμου)**

Το πλάτος του ώμου ξεκινώντας από την πλευρά της μασχάλης έως την εξωτερική



Πίνακας 5 - Ανθρωπομετρικές μετρήσεις για το πλάτος των segments

BSP τιμές (από το μοντέλο το Dempster προσαρμοσμένο από τον Winter)

Segment	Συντομογραφία	Mass	CM prox	CM dist	Rg CM	Rg prox	Rg dist
Hand	WJC-KNU2	0.0060	0.506	0.494	0.297	0.587	0.577
Forearm	EJC-STYL	0.0160	0.430	0.570	0.303	0.526	0.647
Upper arm	SJC-STYL	0.0280	0.436	0.564	0.322	0.542	0.645
Forearm hand	EJC-STYL	0.0220	0.682	0.318	0.468	0.827	0.565
Total arm	SJC-STYL	0.0500	0.530	0.470	0.368	0.645	0.596
Foot	LMAL-MT2	0.0145	0.500	0.500	0.475	0.690	0.690
Leg	KJC-MMAL	0.0465	0.433	0.567	0.302	0.528	0.643
Thigh	GTR-KJC	0.1000	0.433	0.567	0.323	0.540	0.653
Head neck	C7T1-RIB1EAR	0.0810	1.000	0.000	0.495	0.116	NaN
Thorax	C7T1-T12L1-DIAP	0.2160	0.820	0.180	NaN	NaN	NaN
Abdomen	T12L1-GTR	0.1390	0.440	0.560	NaN	NaN	NaN
Pelvis	L4L5-GTR	0.1420	0.105	0.895	NaN	NaN	NaN

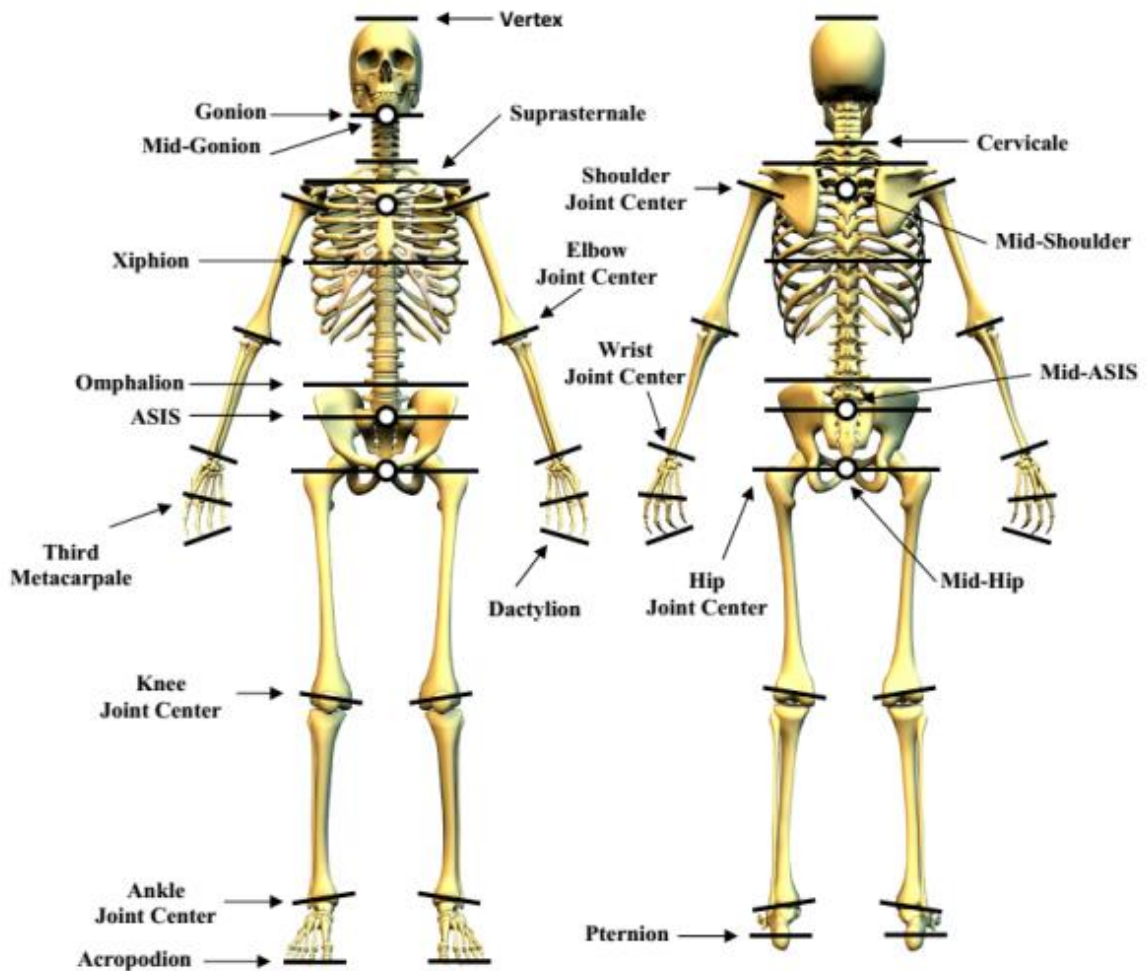
Trunk	GTR-SJC	0.4970	0.500	0.500	NaN	NaN	NaN
Trunk	GTR-SJC	0.5780	0.660	0.340	0.503	0.830	0.607
head							
neck							
HAT	GTR-SJC	0.6780	0.626	0.374	0.496	0.798	0.621
Foot leg	KJC-MMAL	0.0610	0.606	0.394	0.416	0.735	0.572
Total leg	GTR-MMAL	0.1610	0.447	0.553	0.326	0.560	0.650
Thorax	C7T1-L4L5	0.3550	0.630	0.370	NaN	NaN	NaN
abdomen							
Abdomen	T12L1-GTR	0.2810	0.270	0.730	NaN	NaN	NaN
pelvis							

Πίνακας 6 - Ανθρωπομετρικές τιμές με βάση το μοντέλο του Dempster προσαρμοσμένο από τον Winter

ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ZATSIORSKY ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ DELEVA

Τα segments σύμφωνα με το μοντέλο του Zatsiorsky προσαρμοσμένο από τον DeLeva

παρουσιάζεται παρακάτω [12]



Εικόνα 13 - Απεικόνιση μοντέλου Zatsiorsky προσαρμοσμένο από DeLeva

BSP ορόσημα από το μοντέλο του Zatsiorsky προσαρμοσμένο από τον DeLeva

<i>Landmark name</i>	<i>Συντομογραφία</i>	<i>Περιγραφή</i>
<i>Acromion</i>	ACRO	Είναι το άκρο σημείο της ωμοπλάτης
<i>Acropodion</i>	TTIP	Το άκρο του μακρύτερου δακτύλου του ποδιού
<i>Bispinous breadth</i>	BB	Η απόσταση μεταξύ των δυο ASIS
<i>Cervicale</i>	CERV	Είναι η ανώτερη άκρη της σπονδυλικής στήλης του 7 ^{ου} κυλινδρικού σπονδύλου (αυχένας)
<i>Dactylion (3rd)</i>	DAC3	Το άκρο του 3 ^{ου} δακτύλου του χεριού (μεσαίο)
<i>Gonion</i>	GONI	Η γωνία που σχηματίζει η κάτω γνάθος στο πίσω μέρος της
<i>Iliospinale</i>	ASIS	Το κατώτερο μέρος των άνω πρόσθιων λαγόνιων άκανθων
<i>Malleoli</i>	MMAL, LMAL	Εσωτερικές και εξωτερικές πλευρές του αστραγάλου
<i>Metacarpale (3rd)</i>	MET3	Το απώτατο μέρος του 3 ^{ου} μετακαρπίου δακτύλου (μεσαίο)
<i>Mid-gonion</i>	MIDG	Το μεσαίο σημείο μεταξύ των δύο γωνιών της κάτω γνάθου (gonion)
<i>Mid-hip</i>	MIDH	Το μεσαίο σημείο μεταξύ των κλειδώσεων των ισχίων
<i>Mid-shoulder</i>	MIDS	Μεσαίο σημείο μεταξύ των κλειδώσεων των δύο ώμων
<i>Omphalion</i>	OMPH	Το κέντρο του ομφαλού
<i>Pternion</i>	HEEL	Το πίσω σημείο της φτέρνας
<i>Radiale</i>	RADI	Πλευρική άκρη για την κοντινότερη κεφαλή της κερκίδας (πήχης)
<i>Sphyrion (tibia)</i>	TSPH	Στο κάτω μέρος της κνήμης. Εσωτερική πλευρά του σφυρού (αστράγαλος)
<i>Sphyrion fibulare</i>	FSPH	Στο κάτω μέρος της περόνης. Εξωτερική πλευρά του σφυρού (αστράγαλος)
<i>Stylian</i>	RSTY	Το περιφερειακό βάθος, μέσω της στηλοειδούς διαδικασίας της ακτίνας
<i>Suprasternale</i>	SUPR	Το βαθύτερο σημείο που βρίσκεται στο μέσον του ανώτερου μέρους του στέρνου
<i>Tibiale (medial)</i>	MTIB	Το πλησίον σημείο στο μεσαίο του άνω μέρους της κνήμης
<i>Tibiale laterale</i>	LTIB	Το πλησίον σημείο στο πλάγιο μέρος της άνω περόνης
<i>Trochanterion</i>	TROC	Ανώτερα σύνορα στο μείζονα τροχαντήρα του μηριαίου οστού
<i>Vertex</i>	VERT	Το ανώτερο τμήμα της κεφαλής
<i>Xiphion</i>	XYPH	Το κατώτερο άκρο του στέρνου

Πίνακας 7 - Ανθρωπομετρικά ορόσημα. Μοντέλο Zatsiorsky προσαρμοσμένο από τον DeLeva

BSP τιμές για γυναικείο σώμα, οι τιμές της κάθε παραμέτρου είναι %.

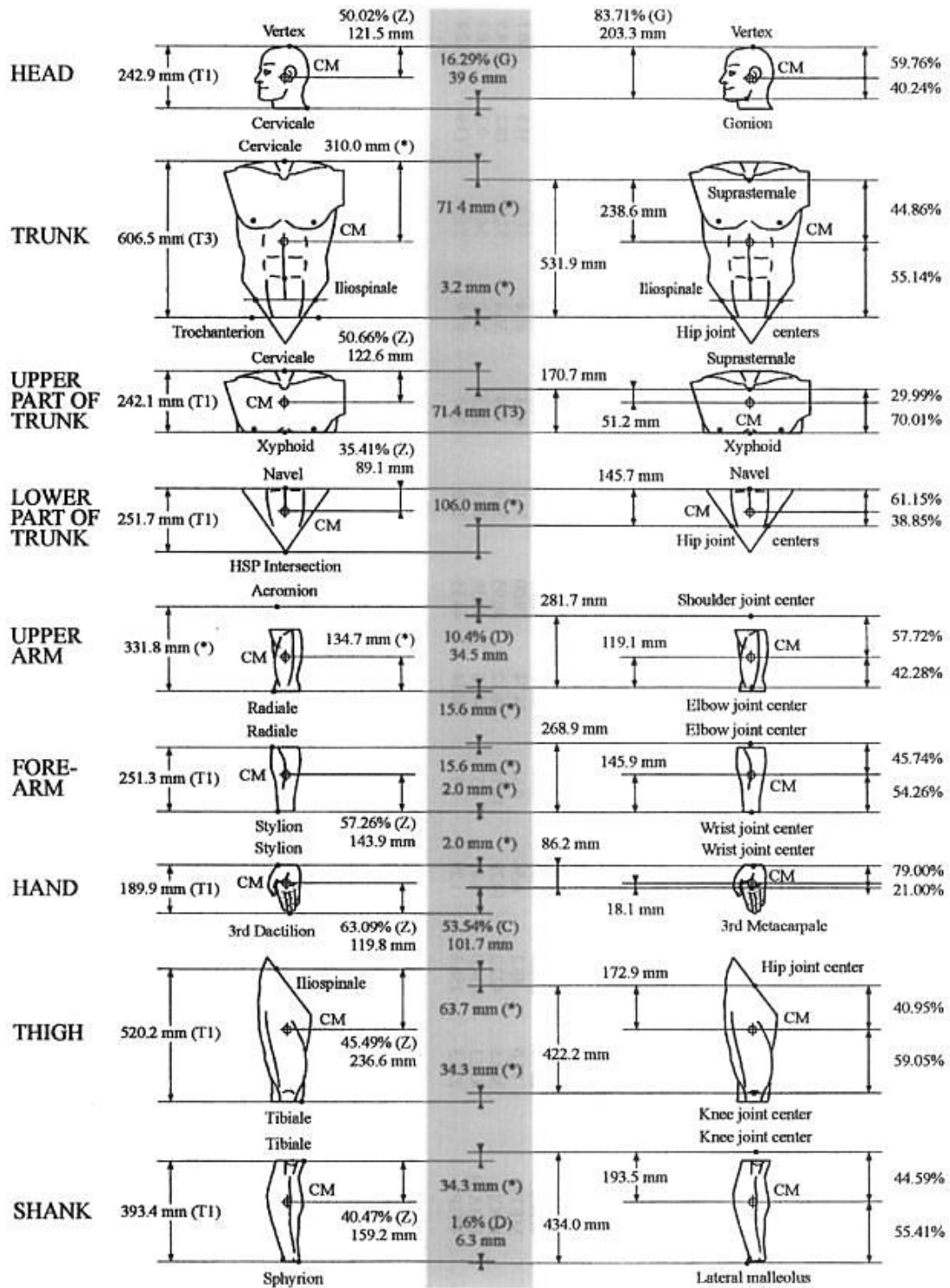
<i>Segment</i>	<i>Endpoints</i>	<i>Mass</i>	<i>CM Long</i>	<i>Rg Sag</i>	<i>Rg Trans</i>	<i>Rg Long</i>
<i>Head</i>	VERT-MIDG	0.0668	0.5894	0.330	0.359	0.318
<i>Trunk</i>	SUPR-MIDH	0.4257	0.4151	0.357	0.339	0.171
<i>Upper trunk</i>	SUPR-XYPH	0.1545	0.2077	0.746	0.502	0.718
<i>Middle trunk</i>	XYPH-OMPH	0.1465	0.4512	0.433	0.354	0.415
<i>Lower trunk</i>	OMPH-MIDH	0.1247	0.4920	0.433	0.402	0.444
<i>Upper arm</i>	SJC-EJC	0.0255	0.5754	0.278	0.260	0.148
<i>Forearm</i>	EJC-WJC	0.0138	0.4559	0.261	0.257	0.094
<i>Hand</i>	WJC-MET3	0.0056	0.7474	0.531	0.454	0.335
<i>Thigh</i>	HJC-KJC	0.1478	0.3612	0.369	0.364	0.162
<i>Shank</i>	KJC-AJC	0.0481	0.4352	0.267	0.263	0.092
<i>Foot</i>	HEEL-TTIP	0.0129	0.4014	0.299	0.279	0.139
<i>Head 2</i>	VERT-CERV	0.0668	0.4841	0.271	0.295	0.261
<i>Trunk 2</i>	CERV-MIDH	0.4257	0.4964	0.307	0.292	0.147
<i>Trunk 3</i>	MIDS-MIDH	0.4257	0.3782	0.379	0.361	0.182
<i>Upper trunk 2</i>	CERV-XYPH	0.1545	0.5050	0.466	0.314	0.449
<i>Forearm 2</i>	EJC-STYL	0.0138	0.4592	0.263	0.259	0.095
<i>Hand 2</i>	WJC-DAC3	0.0056	0.3427	0.244	0.208	0.154
<i>Hand 3</i>	STYL-DAC3	0.0056	0.3502	0.241	0.206	0.152
<i>Hand 4</i>	STYL-MET3	0.0056	0.7534	0.519	0.443	0.327
<i>Shank 2</i>	KJC-LMAL	0.0481	0.4416	0.271	0.267	0.093
<i>Shank 3</i>	KJC-SPHY	0.0481	0.4481	0.275	0.271	0.094

Πίνακας 8 - Ανθρωπομετρικές τιμές για γυναικείο σώμα. Ποσοστιαία μονάδα %.

BSP τιμές για ανδρικό σώμα, οι τιμές της κάθε παραμέτρου είναι %.

SEGMENT	ENDPOINTS	MASS	CM LONG	RG SAG	RG TRANS	RG LONG
HEAD	VERT-MIDG	0.0694	0.5976	0.362	0.376	0.312
TRUNK	SUPR-MIDH	0.4346	0.4486	0.372	0.347	0.191
UPPER TRUNK	SUPR-XYPH	0.1596	0.2999	0.716	0.454	0.659
MIDDLE TRUNK	XYPH-OMPH	0.1633	0.4502	0.482	0.383	0.468
LOWER TRUNK	OMPH-MIDH	0.1117	0.6115	0.615	0.551	0.587
UPPER ARM	SJC-EJC	0.0271	0.5772	0.285	0.269	0.158
FOREARM HAND	EJC-WJC	0.0162	0.4574	0.276	0.265	0.121
	WJC-MET3	0.0061	0.7900	0.628	0.513	0.401
THIGH	HJC-KJC	0.1416	0.4095	0.329	0.329	0.149
SHANK	KJC-AJC	0.0433	0.4395	0.251	0.246	0.102
FOOT	HEEL-TTIP	0.0137	0.4415	0.257	0.245	0.124
HEAD 2	VERT-CERV	0.0694	0.5002	0.303	0.315	0.261
TRUNK 2	CERV-MIDH	0.4346	0.5138	0.328	0.306	0.169
TRUNK 3	MIDS-MIDH	0.4346	0.4310	0.384	0.358	0.197
UPPER TRUNK 2	CERV-XYPH	0.1596	0.5066	0.505	0.320	0.465
FOREARM 2	EJC-STYL	0.0162	0.4608	0.278	0.267	0.122
HAND 2	WJC-DAC3	0.0061	0.3624	0.288	0.235	0.184
HAND 3	STYL-DAC3	0.0061	0.3691	0.285	0.233	0.182
HAND 4	STYL-MET3	0.0061	0.7948	0.614	0.502	0.392
SHANK 2	KJC-LMAL	0.0433	0.4459	0.255	0.249	0.103
SHANK 3	KJC-SPHY	0.0433	0.4524	0.258	0.253	0.105

Πίνακας 9 - Ανθρωπομετρικές τιμές για ανδρικό σώμα. Ποσοστιαία μονάδα %.



Εικόνα 14 - Απεικόνιση των μελών του σώματος με τα κέντρα μάζας

Γραφική απεικόνιση των κεντρικών προσαρμογών, σχετική με τα κέντρα μάζας των segments για τους άνδρες. Οι τροποποιημένες αποστάσεις φαίνονται στο δεξί μέρος από την σκιασμένη περιοχή. [13] Για όλα τα segments εκτός από του trunk και upper arm η σκιασμένη περιοχή αναφέρεται στην κάθετη απόσταση (longitudinal) μεταξύ των σημείων αναφοράς, του αρχικού (αριστερό μέρος) και του καινούργιου (δεξί μέρος). Όλες οι τιμές επί της εκατό είναι σχετικές με

τα μήκη των segments στο αριστερό μέρος. Ορισμένοι υπολογισμοί στα segments είναι ιδιαίτερα πολύπλοκοι.

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΟΥ DEMPSTER - ZATSIORSKY

Τα ανθρωπομετρικά μοντέλα του Dempster και Zatsiorsky παρουσιάζουν διαφορές σε αρκετά σημεία. Το μοντέλο του Dempster στηρίζεται σε μετρήσεις που έγιναν σε 8 πτώματα προχωρημένης ηλικίας στις Ηνωμένες Πολιτείες με κλασικές μεθόδους μέτρησης. Στο μοντέλο του Zatsiorsky, οι μετρήσεις έχουν πραγματοποιηθεί μέσω σάρωσης εικόνας σε 100 νέους άνδρες και 15 νέες γυναίκες, όπου ήταν στη διάρκεια αυτή φοιτητές της στρατιωτικής σχολής της πρώην Σοβιετικής Ένωσης.

Για ορισμένα **segments** παρουσιάζονται αρκετά μεγάλες διαφορές ανάμεσα στα δύο μοντέλα, όπως το κλάσμα μάζας του segment του μηρού (thigh) είναι 40% μεγαλύτερο στο μοντέλο του Zatsiorsky από ότι στο Dempster, αντιθέτως έχουμε και το trunk (κορμός) segment 15% μικρότερης μάζας στο μοντέλο του Zatsiorsky από ότι στο Dempster.

Επιπλέον ορισμένα segments δεν παρουσιάζουν την ίδια περιγραφή ανάμεσα στα δύο μοντέλα.

Παρακάτω έχουμε ένα πίνακα με τα segments και δύο στήλες για γυναίκες και άνδρες, όπου στην καθεμία πραγματοποιείται η διαφορά μεταξύ των αντίστοιχων τιμών από τα μοντέλα του Zatsiorsky και Dempster για το κάθε segment.

Η διαφορά μέρους μάζας σε % των segments στα μοντέλα Zatsiorsky και Dempster:

SEGMENT	FEMALES	MALES
FOOT	-11	-6
SHANK	3	-7
THIGH	48	42
LOWER TRUNK	-12	-21
MIDDLE TRUNK	5	17
UPPER TRUNK	-28	-26
TRUNK	-14	-13
UPPER ARM	-9	-3
FOREARM	-14	1
HAND	-7	2
HEAD	-18	-14

Πίνακας 10 - Διαφορά μάζας τμημάτων σε ποσοστό στα μοντέλα Zatsiorsky και Dempster

Joints

Σε αυτό το κομμάτι θα αναφέρουμε και θα εξετάσουμε το κομμάτι του σώματος που συνδέει τα segments μεταξύ τους και ευθύνεται για τα όρια που έχει μια κίνηση. Τα δομικά αυτά στοιχεία ονομάζονται joints ή στα ελληνικά αρθρώσεις.

Οι αρθρώσεις αποτελούν κομμάτι των σκελετών στους σπονδυλωτούς οργανισμούς όπως οι άνθρωποι, όπου τα οστά ορισμένου αριθμού συνδέονται μεταξύ τους και έχουν την ιδιότητα να μετακινούνται.

Στην περίπτωση των αρθροπόδων τα οποία δεν διαθέτουν σκελετό αλλά εξωσκελετό, οι αρθρώσεις βρίσκονται πάνω του. Ο σκοπός ύπαρξης των αρθρώσεων στα σπονδυλωτά όσο και στα ασπόνδυλα πλάσματα είναι στη λειτουργία των κινήσεων του ερειστικού συστήματος, στο οποίο δίνει ευκαμψία αλλά και στήριξη. Εμείς όμως λόγω της μελέτης μας ενδιαφέρει η κατηγορία των σπονδυλωτών και συγκεκριμένα για τον ανθρώπινο οργανισμό.

ΤΥΠΟΙ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥΣ

Οι αρθρώσεις στο ανθρώπινο σώμα διαχωρίζονται με γνώμονες τη δομή τους και την λειτουργικότητα τους, δηλαδή ανάλογα με την κινητικότητα που προβάλλουν και τον ιστό τους.

Παρακάτω θα τις διακρίνουμε σε 3 κατηγορίες με βάση την **δομή** τους:

1. **Ινώδης άρθρωση**, σε αυτή τα κόκαλα ενώνονται μέσω ενός πυκνού ιστού πλούσιο σε ίνες κολλαγόνου.
2. **Αρθρώσεις χόνδρων** λέγονται οι αρθρώσεις που ενώνονται μέσω ενός χόνδρου. Ο χόνδρος που τα ενώνει είναι ένας διαφανής, λευκός, εύκαμπτος λείος ιστός, επίσης δεν είναι το ίδιο σκληρός με τα κόκαλα για αυτό μπορεί και παρουσιάζει ορισμένη μεταβολή της κίνηση του.
3. **Αρθρική άρθρωση** δεν ενώνει απευθείας τα οστά μεταξύ τους καθώς είναι ένας συνδυασμός από διάφορα μέρη όπως τις αρθρικές κοιλότητες των ίδιων των οστών που ενώνονται από έναν πυκνό συνδετικό ιστό, όπου διαμορφώνει έτσι τον αρθρικό θύλακα, ο οποίος συνδέεται με άλλα παρεμφερή κομμάτια.

Διαχωρισμός σε 3 κατηγορίες με βάση την **κινητικότητα** τους:

1. **Διαρθρώσεις** είναι οι πιο γνωστές και συνηθισμένες αρθρώσεις που υπάρχουν στο ανθρώπινο σώμα. Τέτοιες συναντάμε στα γόνατα, αγκώνες, στους ώμους και άλλα μέρη του σώματος. Μέσω αυτών των αρθρώσεων είναι δυνατή η ελεύθερη κίνηση στο σώμα.
2. **Συναρθρώσεις ή συνδεσμώσεις** είναι στην ουσία οι ενώσεις σε πολύ κοντινά σημεία μεταξύ τους, στις οποίες οι κινήσεις παρουσιάζουν ελάχιστη ή και καθόλου κινητικότητα. Τέτοιου είδους βρίσκονται σαν ραφές στο κρανίο ή στα κόκαλα. Καθώς το σώμα μεγαλώνει γίνονται πιο στερεές και συμπυκνωμένες μέχρι την πλήρη ενηλικίωση του ατόμου.
3. **Αμφιαρθρώσεις** παρουσιάζουν ελάχιστη κίνηση σε σχέση με τις διαρθρώσεις λόγω της ινοχονδρώδης συνένωσης που παρουσιάζουν συνήθως είναι χόνδροι. Τέτοιου είδους αρθρώσεις συναντούμε στην ηβική σύμφυση και στους μεσοσπονδύλιους δίσκους.

Οι αρθρώσεις επίσης μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα με τους πόσους άξονες κίνησης έχουν εν ενεργεία, δηλαδή εάν γίνεται η κίνηση μόνο σε ένα άξονα μονοαξονική ή σε περισσότερους των δύο πολυαξονική. Το ανθρώπινο σώμα έχει από έναν έως τρεις.

Άλλος σημαντικός παράγοντας στις αρθρώσεις και στην κατηγοριοποίηση τους είναι τα degrees of freedom DOF όπου σημαίνει πόση ελευθερία κίνησης μπορεί να έχει ένα joint ενός, δύο ή τριών αξόνων κίνησης και εκφράζεται σε μοίρες. Όλα αυτά θα αναφερθούν πιο αναλυτικά παρακάτω.

Επίσης οι αρθρώσεις μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες με βάση την ανατομία που παρουσιάζουν ή με βάση τις εμβιομηχανικές τους ιδιότητες. Στηριζόμενοι στον ανατομικό διαχωρισμό μπορούμε να τοποθετήσουμε τις αρθρώσεις σε τρεις κατηγορίες, αναλόγως με τον αριθμό των οστών που αποτελούνται.

Μπορούν να διακριθούν σε απλές και συνδυαστικές, όπως και σε σύνθετες ή συνδυαστικές αρθρώσεις.

1. **Απλές αρθρώσεις** είναι αυτές που αποτελούνται από δύο επιφάνειες αρθρώσεων, τέτοιες είναι για παράδειγμα αυτές των ώμων και ισχίων.
2. **Συνδυαστικές αρθρώσεις** αποτελούνται από τρεις ή και περισσότερες επιφάνειες αρθρώσεων, αυτές υπάρχουν για παράδειγμα στην κερκιδοκαρπική άρθρωση, που βρίσκεται στο χέρι.
3. **Σύμπλεγμα αρθρώσεων** λέγονται οι αρθρώσεις που αποτελούνται από δύο ή παραπάνω επιφάνειες αρθρώσεων καθώς και ενός αρθρικού δίσκου ή μηνίσκου, συναντώνται συνήθως στις αρθρώσεις των γονάτων.

ΑΝΑΤΟΜΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ

Οι αρθρώσεις μπορούν να διαχωριστούν και με βάση την ανατομία στις ακόλουθες ομάδες:

1. **Αρθρώσεις χεριού** στον καρπό υπάρχει η κερκιδοκαρπιαία άρθρωση μεταξύ της κερκίδας και του καρπού. Μεταξύ των οστών του καρπού υπάρχουν διακαρπικές αρθρώσεις και μεσοκαρπικές. Η καρπομεταρκαπια άρθρωση συνδέει τα οστά του καρπού με το μετακάρπιο ή τα οστά που ενώνονται με τις ενδοκάρπιες αρθρώσεις. Τέλος στα δάκτυλα βρίσκεται η μετακαρποφαλαγγικές αρθρώσεις συμπεριλαμβανόμενων και των κλειδώσεων, που βρίσκονται μεταξύ των μετακαρπίων και των φαλάγγων ή τα οστά των δακτύλων που συνδέονται μέσω των μεσοφαλαγγικών αρθρώσεων.
2. **Αρθρώσεις αγκώνα** βρίσκονται μεταξύ του άνω και κάτω βραχίονα και επιτρέπουν στο χέρι να κινείται. Η ανώτερη κερκιδωλενική άρθρωση μοιράζεται την κάψουλα άρθρωσης του αγκώνα, αλλά δεν έχει κάποια επιρροή στην λειτουργία του αγκώνα. Ο αγκώνας περιλαμβάνει μέρη όπως η ωλεκρανική το οστό δηλαδή που προεξέχει στην άκρη του αγκώνα, τον λάκκο του αγκώνα καθώς και τα πλάγιο και μέσο επικονδύλιο .
3. **Αρθρώσεις καρπού** αποτελείται από τα καρπικά οστά, ένα συγκρότημα οκτώ οστών που σχηματίζουν την συνολική σκελετική μορφή του χεριού. Η άρθρωση του καρπού ή κερκιδοκαρπιαία άρθρωση, είναι ο σύνδεσμος μεταξύ της κερκίδας (του ενός οστού από τα δύο του χεριού) και του καρπού. Η περιοχή που περιβάλλει τον καρπό καθώς και η ευρύτερη περιοχή που εμπεριέχει τα

περιφερειακά τμήματα των οστών του πήχη και των κοντινότερων τμημάτων του μετακαρπίου ή τα πέντε μετακάρπια οστά και τις σειρές από αρθρώσεις μεταξύ αυτών των οστών αναφερόμενες και ως αρθρώσεις του καρπού.

4. **Μασχαλιαίες αρθρώσεις** αναφέρονται στις αρθρώσεις του ωμοβραχίονα και της ακρωμιοκλειδικής. Η άρθρωση του ωμοβραχίονα είναι πολυαξονική δηλαδή δρα και στους τρεις άξονες, ενώ ο τύπος της είναι **ball and socket**. Επίσης περιλαμβάνει την άρθρωση μεταξύ του γληνοειδούς βοθρίου της ωμοπλάτης και της κεφαλής του βραχιονίου. Λόγω της περιορισμένης διεπαφής που έχουν το βραχιόνιο και η ωμοπλάτη αποτελεί την άρθρωση με την μεγαλύτερη κινητικότητα. Η ακρωμιοκλειδική άρθρωση βρίσκεται στην κορυφή του ώμου και αποτελεί σύνδεση μεταξύ του ακρωμίου (το οποίο βρίσκεται στο υψηλότερο μέρος του ώμου και αποτελεί κομμάτι της ωμοπλάτης) και της κλείδας.
5. **Στερνοκλειδικές αρθρώσεις** αποτελούνται από δύο τμήματα τα οποία διαχωρίζονται από έναν αρθρικό δίσκο κατασκευασμένο από ινώδες χόνδρο. Τα μέρη που συνάπτονται είναι το στέρνου στο τέλος της κλείδας, το άνω και πλάγιο μέρος και ο χόνδρος του πρώτου πλευρού, που είναι ορατό ως υπερστερνική εγκοπή. Η αρθρική επιφάνεια της κλείδας είναι αρκετά μεγαλύτερη από του στέρνου και είναι καλυμμένο με ένα στρώμα χόνδρου που είναι ιδιαίτερα παχύτερη στις άκρες του οστού.
6. **Σπονδυλικές αρθρώσεις** βρίσκονται στην σπονδυλική στήλη γνωστή και ως ραχοκοκαλιά ή ράχη είναι μια σκελετική κατασκευή από οστά τους λεγόμενους σπόνδυλους και βρίσκεται σε όλους τους οργανισμούς που ανήκουν στην κατηγορία των σπονδυλωτών. Μέσα από τους σπόνδυλους περνάει το νωτιαίο κανάλι, όπου σε αυτό προστατεύεται μέσα του ο νωτιαίος μυελός.
7. **Κροταφογναθική άρθρωση** βρίσκεται στο σαγόγι και αναφέρεται ως ΚΓΔ (κροταφογναθική διάρθρωση). Αποτελεί μια διμερής άρθρωση μεταξύ της κάτω γνάθου και του κροταφικού οστού. Από αυτά τα δύο μέρη προκύπτει και το όνομα της άρθρωσης, επίσης ανήκουν στο πλαίσιο του κρανίου.
8. **Ιερολαγόνια άρθρωση** βρίσκεται μεταξύ του ιερού οστού και του λαγόνιου οστού της λεκάνης τα οποία συνδέονται με ισχυρούς συνδέσμους. Στο ανθρώπινο σώμα το ιερό οστό στηρίζει την σπονδυλική στήλη φέρνοντας και ένα λαγόνιο οστό στις δύο πλευρές. Το σώμα διαθέτει δύο ιερολαγόνιες αρθρώσεις, μια από τα αριστερά και μια στα δεξιά του από άτομο σε άτομο παρουσιάζουν διαφορές.
9. **Αρθρώσεις ισχίου** είναι οι αρθρώσεις που βρίσκονται μεταξύ του μηρού και της κοτύλης της λεκάνης, καθώς η κύρια λειτουργία του είναι να υποστηρίξει το βάρος του σώματος κατά την ορθοστασία και το περπάτημα ή τρέξιμο κατά διάρκεια την κίνησης του σώματος. Οι αρθρώσεις του ισχίου αποτελούν έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την διατήρηση της ισορροπίας. Επίσης η πυελική γωνία κλίσης αποτελεί το πιο σημαντικό στοιχείο για την στάση του ανθρώπινου σώματος, η οποία προσαρμόζεται στα ισχία.
10. **Αρθρώσεις γονάτων** συνδέουν τον μηρό με το πόδι και αποτελείται από δύο αρθρώσεις. Η μια είναι μεταξύ του μηρού και της κνήμης και η άλλη μεταξύ του

μηρού και της επιγονατίδας. Το γόνατο είναι ένας κινητός μεντεσές με περιστροφή που επιτρέπει τη κάμψη και την έκταση του ποδιού, όπως και μια μικρή εσωτερική και εξωτερική περιστροφή. Συχνή είναι η ομαδοποίηση τους για την διευκόλυνση της μελέτης τους σε μηροκνημιαίες και επιγονατιδομηριαία κομμάτια. Επίσης λόγω της πολυπλοκότητας της και της λειτουργίας της, η άρθρωση του γονάτου είναι ευάλωτη σε σοβαρούς τραυματισμούς από χτυπήματα αλλά και σε αρρώστιες στην δομή της όπως η παρουσία της οστεοαρθρίτιδας κ.α.

11. **Αρθρώσεις ποδιών** βρίσκονται στο χαμηλότερο επίπεδο του σώματος περιλαμβάνοντας τον αστράγαλο και τις μεσοφαλαγγικές αρθρώσεις του ποδιού. Απαρτίζεται από το καμπτήριο των δακτύλων και του αχίλλειου τένοντα καθώς κάμπτει την μεσοφαλλάγια άρθρωση του μεγάλου δακτύλου όπως και τα υπόλοιπα τέσσερα δάκτυλα αντίστοιχα. Οι τένοντες των δύο μυών φτάνουν ως πάνω που βρίσκονται τα υπόλοιπα σχετικά μέρη τους.

ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΔΙΑΡΘΡΩΣΕΩΝ

Μπορούμε να ξεχωρίσουμε τρία κομμάτια που διέπουν την δομή των αρθρώσεων στα πέρατα των οστών, όπου περιβάλλονται από τον αρθρικό υμένα και τον αρθρικό θύλακα. Οι αρθρικές επιφάνειες καλύπτονται από τον αρθρικό χόνδρο και πληρούνται από το αρθρικό υγρό.

- Ο **αρθρικός θύλακας** διαμορφώνεται παρόμοια όπως οι τένοντες και οι σύνδεσμοι από δεσμίδες ινών κολλαγόνου.
- Ο **αρθρικός χόνδρος** καλύπτει την εσωτερική επιφάνεια της άρθρωσης, ο οποίος απαρτίζεται από στιβάδα καλυπτήριων κυττάρων. Στην περίπτωση που εμφανιστή ή προκληθεί φλεγμονή, τα κύτταρα πολλαπλασιάζονται κατά πολλά και προκαλούν αρθρίτιδα στην άρθρωση.
- Το **αρθρικό υγρό** υπάρχει στις διαρθρώσεις και διευκολύνει την κίνηση των αρθρικών επιφανειών, ενώ παρέχει και θρεπτικές ουσίες για τον αρθρικό χόνδρο όπου συνδράμουν στην καλύτερη λειτουργία του. Επίσης παρουσιάζει αύξηση των ποσοστών του στην περίπτωση παθολογικών καταστάσεων όπως είναι οι φλεγμονές, οι οποίες μπορούν από κάποιο κτύπημα στην άρθρωση.

ΤΥΠΟΙ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ

Οι αρθρώσεις επιτρέπουν την κίνηση στο σώμα μεταξύ δύο ή περισσότερων οστών.

Μεγαλύτερη κίνηση και λειτουργικότητα παρουσιάζουν οι διαρθρώσεις με τις οποίες και θα ασχοληθούμε περισσότερο. Όπως είναι λογικό το ανθρώπινο σώμα λόγω της πολυπλοκότητας του δεν παρουσιάζει ένα είδος διαρθρώσεων, καθώς το κάθε ένα μέλος παρουσιάζει διαφορετική μορφολογία και εξυπηρετεί άλλο σκοπό. [14]

Για αυτό λοιπόν μπορούμε να ξεχωρίσουμε τις διαρθρώσεις σε ορισμένες κατηγορίες ή συμπεριφορές **gliding, hinge, saddle** και **ball and socket**. Για παράδειγμα το hinge συμπεριφέρεται ως μεντεσές όπως αυτοί που χρησιμοποιούμε σε μια πόρτα για να ανοιγοκλείνει.

- **Ball and socket joint** αποτελεί τον τύπο διάρθρωση που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων στο σώμα, χάρη στη ιδιαίτερη κατασκευή της. Οι αρθρώσεις που ανήκουν σε αυτό τον τύπο είναι των ώμων και των ισχίων καθώς χρειάζονται μεγάλη ελευθερία κινήσεων ώστε να μπορούν να προσφέρουν και καλύτερη λειτουργικότητα στα υπόλοιπα μέρη που ακολουθούν από αυτές, αφού φέρνουν να είναι και οι αρχές στα χέρια και τα πόδια.

Δύο σημαντικά μέρη εμπλέκονται στη δομή του ball and socket joint. Αυτά είναι ένα οστό που διαθέτει σφαιρικό κεφάλι-άκρη και το άλλο μέρος είναι το οστό που θα εφαρμόζει το σφαιρικό οστό μέσα του σαν θήκη δηλαδή από εκεί προέρχεται και το όνομα σφαίρα και υποδοχή.

Στον ώμο, η σφαιρική κεφαλή του βραχιονίου εφαρμόζει στη γλενοειδή κοιλότητα της ωμοπλάτης. Η γλενοειδής κοιλότητα είναι μια μικρή και ρηχή κοιλότητα που επιτρέπει το μεγαλύτερο εύρος κινήσεων στο ανθρώπινο σώμα. Ένας υαλώδης χόνδρος σε σχήμα δαχτυλιδιού που ονομάζεται επιχείλιος χόνδρος που περιβάλλει την γληνοειδή κοιλότητα ώστε να παρέχει μια ευέλικτη ενίσχυση στην άρθρωση, ενώ οι μυς του περιστροφικού πετάλου κρατούν το βραχιόνιο οστό μέσα στη κοιλότητα.

Η άρθρωση στο ισχίο παρουσιάζει μικρότερη κινητικότητα από τον ώμο αλλά μεγαλύτερη σταθερότητα και ισχύ. Η σταθερότητα και η δύναμη στο ισχίο είναι σημαντικά καθώς εκεί στηρίζεται όλο το βάρος του σώματος και σε αυτό βασίζεται και η κίνηση του όπως το περπάτημα και τρέξιμο.

Παρομοίως με τους ώμους έχουμε και εδώ την ειδική σφαιρική κεφαλή του μηριαίου οστού που βρίσκεται στην κοτύλη, μια βαθιά υποδοχή στο ισχίο, όπου σκληροί σύνδεσμοι και δυνατοί μύες κρατούν το κεφάλι του μηριαίου οστού στη θέση του. Λόγω του βάθους της κοτύλης αποφεύγονται και πιθανές εξάρθρωσεις του ισχίου, περιορίζοντας από την άλλη τις κινήσεις του μηριαίου οστού μέσα στην υποδοχή του.

Τέλος τα ball and socket joints μπορούν να κινηθούν σε όλους τους άξονες για αυτό λέγονται και multiaxial joints. Οι μυς που περιβάλλουν τις αρθρώσεις επιτρέπουν την κίνηση του βραχιονίου και του μηριαίου οστού, ώστε να εκτελούν τις κινήσεις abduction, adduction καθώς και flexion, extension όπως και να επιτρέπουν κάποια περιστροφή όπως είναι τα medially και laterally γύρω από τον άξονα. Το πλεονέκτημα αυτού του είδους άρθρωσης είναι ότι επιτρέπει όλες αυτές τις κινήσεις, όπου για να το επιτύχουν άλλα μέρη του σώματος όπως είναι οι αστράγαλοι ή ο καρπός απαιτούν τουλάχιστον δύο ξεχωριστές αρθρώσεις που να συνεργάζονται σύνθετα, ώστε να μας δώσουν αντίστοιχο αποτέλεσμα με το ball and socket.

- **Hinge joint** είναι μια απλή και συνηθισμένη άρθρωση στο ανθρώπινο σώμα που συναντάτε στους αστραγάλους, τους αγκώνες και στα γόνατα. Το hinge joint ενώνει δύο οστά ή περισσότερα τα οποία μπορούν να κινηθούν σε έναν άξονα και να πραγματοποιήσουν κίνηση flex ή extend.

Απλές αρθρώσεις αυτού του τύπου συναντούμε μεταξύ των φαλάγγων των δακτύλων των χεριών και των ποδιών. Οι αρθρώσεις αυτές μπορούν να αυξήσουν ή να μειώσουν την γωνία μεταξύ τους, επιτρέποντας έτσι να μαζευτούν σε μια γροθιά ή να απλωθούν, όταν τα δάκτυλα είναι ανοιχτά πλήρως η γωνία που σχηματίζουν είναι περίπου στις 180°. Λόγω του ότι δεν υπάρχει ιδιαίτερη ανάγκη για την υποστήριξη βάρους ή ιδιαίτερων μηχανισμών, ο συγκεκριμένος τύπος αποτελεί μια απλή διάρθρωση με λίγους και μικρούς συνδέσμους για ενίσχυση. Κάθε οστό είναι καλυμμένο με ένα προστατευτικό στρώμα λείου υαλώδους χόνδρου για τη μείωση των τριβών και την απορρόφηση των δυνάμεων που ασκούνται στην άρθρωση κατά την συμπίεση της. Επίσης τα οστά περιβάλλονται από μια κάψουλα φτιαγμένη από σκληρό ινώδες συνδετικό ιστό. Η κάψουλα σχηματίζει τους κόμπους των αρθρώσεων που είναι ορατή σε αυτές κάτω από το δέρμα που τις καλύπτει. Αρθρικά υγρά παράγονται από τον αρθρικό υμένα και έχουν στόχο την λίπανση της άρθρωσης ώστε να μειώνονται οι τριβές και να επιτρέπεται η ελευθερία κινήσεων, έχοντας καλύτερο αποτέλεσμα.

Η άρθρωση στον αγκώνα του χεριού είναι πιο πολύπλοκος από ότι στα δάκτυλα, καθώς σχηματίζεται μεταξύ του άνω βραχίονα, της ωλένης και της κερκίδας του πήχη. Ο αγκώνας είναι σχεδιασμένος για να αντέχει σε ισχυρότερες δυνάμεις από ότι οι αρθρώσεις στα δάκτυλα, για αυτό το λόγο παρουσιάζει αρκετές διαφορές ως προς τους συνδέσμους του που είναι πιο ισχυροί, αλλά και των δομών των οστών που παίζουν σημαντικό ρόλο στην αντοχή. Οι σύνδεσμοι μεταξύ της ωλένης και της κερκίδας βοηθούν στο να διατηρούν τη θέση τους στο βραχιόνιο οστό και να ενισχύουν την άρθρωση. Από εκεί που τελειώνει η ωλένη, προεξέχει το ωλεκρανικό οστό το οποίο εφαρμόζει σε μια εγκοπή γνωστή ως ωλεκρανικό βοθρίο, όπου εξυπηρετεί στη λειτουργία του αγκώνα και των ορίων ανοίγματος του. Συγκεκριμένα επιτρέπει το άνοιγμα του αγκώνα πριν το κλειδώσει στις 180°, που σημαίνει ότι βρίσκεται μέσα στο ωλεκρανικό βοθρίο άρα δεν έχει περιθώρια για περαιτέρω άνοιγμα (**extension**).

Όπως και στον αγκώνα έτσι και στον αστράγαλο έχουμε το hinge joint μεταξύ της κνήμης και της περόνης στο κάτω μέρος του ποδιού, καθώς και τον αστράγαλο του ποδιού. Η έσω σφύρα της κνήμης και η πλευρική σφύρα της περόνης σχηματίζουν μια οστεώδη υποδοχή γύρω από τον αστράγαλο, ώστε να περιορίζεται η κίνηση του ποδιού σε έναν άξονα. Τέσσερις σύνδεσμοι συμπεριλαμβανομένου και του δελτοειδούς συνδέσμου, συγκρατούν τα οστά μαζί και ενισχύουν την άρθρωση ώστε να αντέχει το βάρος του σώματος όταν στέκεται, περπατά κ.α.

Μεταξύ του μηρού του ποδιού, της κνήμης καθώς και της περόνης του κατώτερου μέρους του ποδιού εντοπίζεται το γόνατο, που αποτελεί την πιο μεγάλη και σύνθετη άρθρωση στο ανθρώπινο σώμα. Παρουσιάζει εξαιρετική ισχύ και ανθεκτικότητα για τις λειτουργίες του και το σκοπό που εξυπηρετεί, κρατώντας παράλληλα ένα ευρύ φάσμα κινήσεων που απαιτούνται για την κίνηση του σώματος. Το γόνατο διαθέτει πολλούς εσωτερικούς και εξωτερικούς συνδέσμους που το ενισχύουν, καθώς και οστά που βοηθούν στο να αντέχουν το βάρος του σώματος. Επίσης παρουσιάζει ευκολία στην

περιστροφή κατά την κάμψη του καθώς μπορεί να είναι μεγάλου βαθμού, λόγω της έλλειψης επιπλέον μερών προστασίας. Τη προστασία του από τραντάξεις και γενικότερα δυνάμεις που ασκούνται πάνω του, την αναλαμβάνει ο μηνίσκος που είναι στην ουσία ένα μαξιλάρι ινωδοχόνδρου μεταξύ του μηρού και της κνήμης καθώς λειτουργεί παρόμοια με τα αμορτισέρ των αυτοκινήτων, αλλά για την προστασία των οστών από συγκρούσεις κατά τη διάρκεια ενεργειών όπως τα άλματα και το τρέξιμο.

- **Gliding joint** είναι γνωστό και ως plane ή planar joint, αποτελεί έναν απλό τύπο διάρθρωσης που υπάρχει ανάμεσα στα οστά που έχουν τελείως ή σχεδόν επίπεδη επιφάνεια. Αυτού του είδους οι αρθρώσεις επιτρέπουν στα οστά να αιωρούνται/γλιστρούν μεταξύ τους επιτρέποντας να κινούνται προς οποιαδήποτε κατεύθυνση πάνω, κάτω, αριστερά, δεξιά καθώς και διαγώνια κατά μήκος τους. Επίσης μπορούν να πραγματοποιήσουν ορισμένες περιστροφές, που περιορίζονται όμως από το σχήμα των οστών και της ελαστικότητας που έχει η κάψουλα που τα περιβάλλει. Σε αντίθεση με τις περισσότερες αρθρώσεις η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ των οστών δεν αλλάζει σημαντικά, απλά η θέση τους σε σχέση με κάποιο.

Η δομή τους παρέχει ευελιξία στις αρθρώσεις γλιστρώντας το ένα οστό με το άλλο, περιορίζοντας όμως τις κινήσεις τους ώστε να αποφευχθεί τραυματισμός των οστών. Η αρθρική μεμβράνη που βρίσκεται μεταξύ των οστών ενισχύει την κάψουλα της άρθρωσης παράγοντας λιπαρό αρθρικό υγρό, το οποίο λιπαίνει τις αρθρώσεις και μειώνει τις τριβές. Η ινώδης κάψουλα του συνδέσμου σε συνδυασμό με άλλους λοιπούς συνδέσμους κρατάνε τα οστά στη θέση τους, περιορίζοντας παράλληλα τον βαθμό που γλιστρούν μεταξύ τους, αποτρέποντας έτσι την περίπτωση εξάρθρωσης. Ο αρθρικός χόνδρος μεταξύ των οστών παρέχει μια ομαλή, ελαστική επιφάνεια προστατεύοντας τα και από δυνάμεις που ασκούνται πάνω τους και μπορούν να προκαλέσουν βλάβη.

Πολλά gliding joints βρίσκονται στην περιοχή των καρπών των χεριών και μεταξύ των μετακαρπίων της παλάμης και του ταρσού του αστραγάλου. Όλα αυτά τα μικρά οστά που βρίσκονται σε όλα αυτά τα μέρη, δημιουργούν επίπεδες όψεις μεταξύ τους, δίνοντας έτσι λόγω της δομής τους εξαιρετική ευελιξία στα χέρια και τα πόδια. Gliding joint αποτελεί επίσης και η ακρωμιοκλειδική άρθρωση του ώμου, η οποία με τη σειρά της παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία στους ώμους, καθώς παρέχει και ένα σημείο περιστροφής για να ανυψώνονται ή να χαμηλώνουν (elevation ή depression).

Gliding joints υπάρχουν πολλά σε όλο το λαιμό και τον κορμό του ανθρώπινου σώματος βελτιώνοντας έτσι την ευελιξία των περιοχών αυτών. Έχουμε δύο σετ αρθρώσεων στην θωρακική περιοχή, ένα μεταξύ του στέρνου και των πλευρών sternocostal joints και το δεύτερο μεταξύ των σπονδύλων και των πλευρών όπου ονομάζονται vertebrocostal joints. Επιτρέπουν στα πλευρά να ανυψωθούν ή να χαμηλώσουν ελαφρά, καθώς και να αλλάξει ο όγκος της θωρακικής κοιλότητας. Οι κινήσεις αυτές μπορεί να είναι μικρές αλλά ζωτικής σημασίας για τη διαδικασία της αναπνοής.

Άλλο ένα μέρος που βρίσκουν εφαρμογή τα gliding joints είναι ανάμεσα στους είκοσι έξι σπονδύλους των μεσοσπονδύλιων αρθρώσεων. Καθώς επιτρέπουν ένα ευρύ φάσμα από πολλές χρήσιμες κινήσεις όπως flexion, extension, lateral flexion και rotation του κορμού, ενώ παράλληλα παρέχουν τη δύναμη που χρειάζεται η σπονδυλική στήλη για να στηρίζει το βάρος του σώματος αλλά και να προστατεύει το νωτιαίο μυελό που βρίσκεται μέσα της.

- **Pivot joint** σε αυτού του είδους τις αρθρώσεις, ο άξονας περιστροφής μιας κυρτής αρθρικής επιφάνειας είναι παράλληλα με τον κάθετο άξονα που διαπερνά το οστό. Επιτρέποντας έτσι την κίνηση ενός οστού γύρω από το άλλο. Παρόμοια με τα hinge joints έτσι και αυτά θεωρούνται ως κυλινδρικές αρθρώσεις.

Οι συγκεκριμένες αρθρώσεις επιτρέπουν κινήσεις όπως η περιστροφή, παράταση, συστολή, κάμψη και επέκταση η οποία μπορεί να είναι εξωτερική ή εσωτερική παρουσιάζοντας για παράδειγμα περιστροφή στον βραχίονα προς τα έξω ή προς τα μέσα. Αυτές οι κινήσεις όταν περιστρέφεται ο πήχης ονομάζονται πρηνισμού και υπτιασμού. Σε ανατομική στάση οι πήχεις βρίσκονται σε υπτιασμό, πράγμα που σημαίνει ότι οι παλάμες είναι ανοιχτές προς τα εμπρός και οι αντίχειρες δείχνουν μακριά από το σώμα. Στην αντίθετη κατάσταση είναι ο πήχης όταν βρίσκεται σε πρηνισμό, που θα κοιτάει η παλάμη προς τα πίσω και ο αντίχειρας θα είναι πιο κοντά στο σώμα δείχνοντας προς τα μέσα. Pivot joint εντοπίζονται να συμμετέχουν στην κίνηση της αρθρώσεως της εγγύς κερκίδας, της άπω κερκίδας που βρίσκεται στο χέρι, και στη διάμεση ατλαντοαξονική άρθρωση που βρίσκεται στην βάση του κεφαλιού όπου ένα οστό σε σχήμα δακτυλιδιού περιστρέφεται γύρω από τον άξονα ενός άλλου οστού, επιτρέποντας έτσι την κίνηση του αριστερά και δεξιά. Τέλος σε σύγκριση με άλλες σφαιρικές αρθρώσεις όπως του ball and socket που βρίσκεται στο ισχίο στο οποίο παρέχει περιστροφή και άλλες κατευθυντήριες κινήσεις ενώ το pivot joint παρέχει μόνο περιστροφή.

- **Compound joint** αυτές οι αρθρώσεις αποτελούνται από πολλές αρθρώσεις μεταξύ διαφορετικών οστών. Τα οστά συνδέονται το ένα με το άλλο με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται ένα εύρος κινήσεων στο κεφάλι και την σπονδυλική μέση. Οι κόνδυλοι στη βάση του κρανίου εφαρμόζουν στις όψεις του άτλαντα, έτσι γίνεται εφικτή η κίνηση του κεφαλιού. Μια από τις κινήσεις που έχει, είναι η περιστροφή γύρω από τον οδοντοειδή άξονα, επιτρέποντας την κίνηση στο κεφαλιού να γυρίσει από τη μια πλευρά στην άλλη. Υπάρχουν επίσης και άλλες αρθρικές επιφάνειες, όπου ο άτλας και ο άξονας συναντιούνται. Όλες αυτές οι αρθρώσεις μαζί σχηματίζουν μια κοινή άρθρωση, προσφέροντας στον λαιμό μια πληθώρα από κινήσεις.
- **Saddle joint** είναι η άρθρωση όπου το ένα κόκαλο φέρνει το σχήμα της να μοιάζει με σέλα με το άλλο κομμάτι να βρίσκεται από πάνω του. Αυτού του είδους η άρθρωση προσφέρει μεγάλη σταθερότητα στα οστά αλλά και περισσότερη ευελιξία σε σχέση με ένα hinge ή gliding joint. Το οστό που βρίσκεται από πάνω στο saddle joint μπορεί να κινηθεί στα πλαίσια ενός οβάλ σχήματος σε σχέση με το οστό από κάτω του.





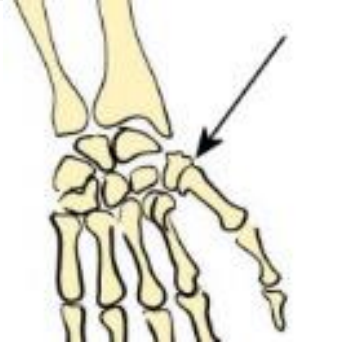


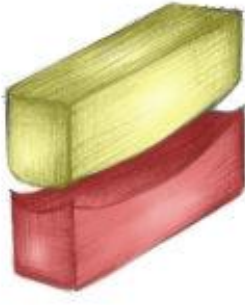
Το καλύτερο παράδειγμα του saddle joint είναι η καρπομετακάρπια άρθρωση του αντίχειρα που βρίσκεται μεταξύ του τραπέζιου οστού και του πρώτου μετακαρπίου. Έτσι λοιπόν έχουμε το τραπέζιο να σχηματίζει μια στρογγυλεμένη σέλλα όπου κάθετα το πρώτο μετακάρπιο. Η καρπομετακάρπια άρθρωση επιτρέπει στον αντίχειρα να κινείται κατά μήκος της παλάμης και να μπορεί να αγγίζει τα υπόλοιπα τέσσερα δάκτυλα του χεριού. Η αντίκρουση με τον αντίχειρα είναι ένα χαρακτηριστικό ανθρώπινο χαρακτηριστικό που επιτρέπει στο χέρι μας να κρατά σταθερά τα αντικείμενα και να χρησιμοποιεί διάφορα εργαλεία.

- **Condyloid joint** μπορεί να έχει τη μορφή μιας ωειδούς αρθρικής επιφάνειας ή να έχει την παρουσία ενός κονδύλου που βρίσκεται σε μια ελλειπτική κοιλότητα, που έτσι επιτρέπει την κίνηση σε δύο επίπεδα, καθώς πραγματοποιεί και κινήσεις όπως κάμψη, επέκταση, προσαγωγή, απαγωγή και περιστροφή.

Τέτοιες αρθρώσεις υπάρχουν στους αρθρώσεις των καρπών, των μετακαρποφαλάγγων και των μεταταρσιοφαλάγγων. Αυτές οι αρθρώσεις επίσης καλούνται και ως ευτυχής αρθρώσεις. Ο κόνδυλος του ενός οστού σε οβάλ σχήμα ταιριάζει στην ελλειπτική κοιλότητα άλλων οστών, έτσι επιτρέπονται διαξονικές κινήσεις. Για παράδειγμα η μπρος-πίσω κίνηση και από τη μια στην άλλη πλευρά, χωρίς όμως την περιστροφή, γεγονός που είναι αναμενόμενο αφού λαμβάνει χώρα σε δύο άξονες.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από τις πιο σημαντικές αρθρώσεις στο ανθρώπινο σώμα. Συνοπτικά και συγκεντρωμένα έχουμε τον τύπο της άρθρωσης, την κίνηση στην άρθρωση, κάποιο παράδειγμα για το που χρησιμοποιείται καθώς και μια απεικόνιση της δομής του. [15]

Τύπος άρθρωσης	Κίνηση στην άρθρωση	Παράδειγμα	Απεικόνιση δομής
Hinge	Κάμψη/Επέκταση	 Αγκώνας/Γόνατο	 Hinge Joint

<p><i>Pivot</i></p>	<p>Περιστροφή του ενός οστού γύρω από το άλλο</p>	 <p>Κορυφή του λαιμού</p>	 <p>Pivot joint</p>
<p><i>Ball and socket</i></p>	<p>Κάμψη/Επέκταση, Προσαγωγή/Απαγωγή, Εσωτερική και εξωτερική περιστροφή</p>	 <p>Ωμος/Ισχίο</p>	 <p>Ball and socket joint</p>
<p><i>Saddle</i></p>	<p>Κάμψη/Επέκταση, Προσαγωγή/Απαγωγή, Περιστροφή</p>	 <p>CMC άρθρωση του αντίχειρα</p>	 <p>Saddle joint</p>
<p><i>Condyloid</i></p>	<p>Κάμψη/Επέκταση, Προσαγωγή/Απαγωγή, Περιστροφή</p>	 <p>Καρπός/MCP & MTP αρθρώσεις</p>	 <p>Condyloid joint</p>

Gliding

Κινήσεις ολίσθησης



Διακαρπικές αρθρώσεις

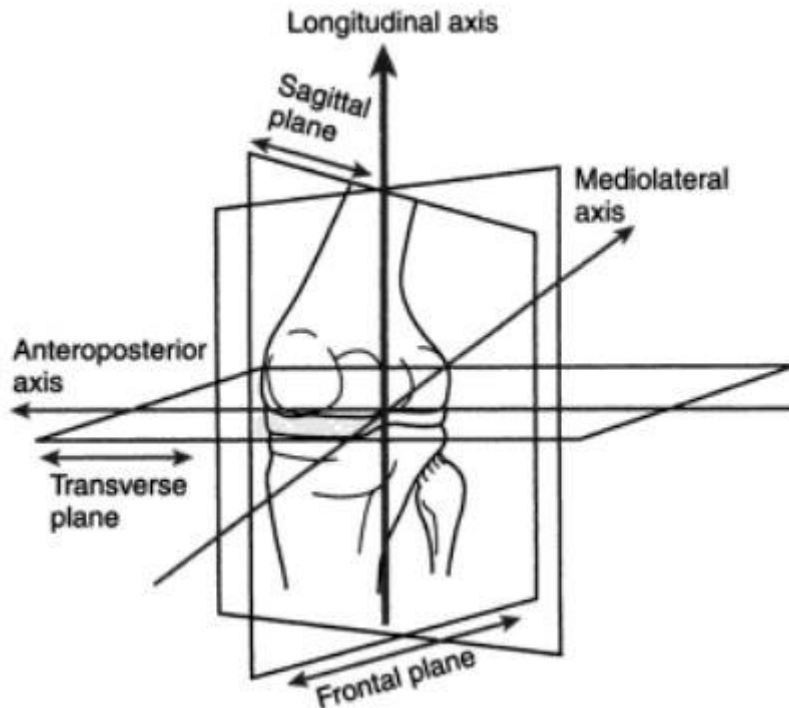


Gliding joint

Πίνακας 11 - Παρουσίαση αρθρώσεων σε κίνηση τοποθεσία και τύπο.

ΠΛΑΝΑ ΚΑΙ ΑΞΟΝΕΣ ΣΤΙΣ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ

Τα πλάνα και οι άξονες κίνησης εφαρμόζονται και στις αρθρώσεις για τη μελέτη και κατανόηση τους. Παρομοίως με το σώμα έτσι και στις αρθρώσεις μπορούν να τοποθετηθούν άξονες που υπολογίζουν την ακριβή κίνηση που εκτελείτε, βασιζόμενες στους αντίστοιχους άξονες sagittal, transverse και horizontal υπολογίζοντας τις μεταβολές με βάση αυτούς.



Εικόνα 15 - Απεικόνιση των αξόνων και επιπέδων σε μια άρθρωση

Λόγω της δυνατότητας που μας δίνεται μπορούμε να τοποθετήσουμε σε οποιοδήποτε μέρος του ανθρώπινου σώματος άξονες και επίπεδα. Αφού μπορούμε να έχουμε πάρα πολλά επίπεδα που να διασχίζουν το σώμα χωρίς να περνάνε από το κέντρο μάζας του. Η μόνη προϋπόθεση που πρέπει να υπακούει, είναι το επίπεδο που θα θέσουμε να είναι παράλληλο στο sagittal plane, έτσι μπορούμε να έχουμε πολλαπλά transverse και frontal planes. Το σημείο που συγκλίνουν τα τρία επίπεδα θα πρέπει να είναι στο κέντρο της άρθρωσης, ώστε οι κινήσεις σε αυτά να μπορούν να περιγραφούν και να μελετηθούν βρίσκοντας κυρίως εφαρμογή στα άκρα.

Για ανάλυση σε εμβιομηχανικό επίπεδο στις δυο διαστάσεις, λαμβάνεται υπόψη η κίνηση στο sagittal plane. Χαρακτηριστικά παραδείγματα κινήσεων στο sagittal plane είναι η κίνηση που γίνεται γνωστές ως flexion και extension, όπως η ύψωση του χεριού προς τα μπροστά, λύγισμα του κορμού μπρος και πίσω, ανύψωση και κάθοδος του ποδιού προς τα μπροστά, και σήκωμα των δακτύλων. Στο frontal plane λαμβάνονται χαρακτηριστικές κινήσεις όπως abduction και adduction του μηρού, στα δάκτυλα και χέρια έχουμε abduction, adduction καθώς και lateral flexion στο κεφάλι και τον κορμό και αναστροφή, εκστροφή του ποδιού. Παραδείγματα στο transverse plane για τον longitudinal άξονα που περιστρέφονται στην σπονδυλική στήλη, στους ώμους και τις αρθρώσεις στα ισχία καθώς παρουσιάζουν περιστροφή προς το καθένα ξεχωριστά.

Για τη μελέτη των λειτουργιών που παρουσιάζουν οι αρθρώσεις στα γόνατα, στους αστραγάλους και στους ώμους μας ή ακόμα και στην προσφορά γνώσης για τη δημιουργία τεχνητών αρθρώσεων και προσθετικών μελών. Όλα αυτά επιτυγχάνονται χάρη στη εμβιομηχανική χρήση του στιγμιαίου κέντρου περιστροφής (instant center of rotation).

Στιγμιαίο κέντρο περιστροφής γνωστό και ως στιγμιαίο κέντρο λέγεται το σημείο στο σώμα που υποβάλλεται σε επίπεδη κίνηση έχοντας μηδενική ταχύτητα σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Εκείνη τη στιγμή οι φορείς των ταχυτήτων των τροχών σε άλλα σημεία του σώματος, παράγουν ένα κυκλικό πεδίο γύρω από αυτό το σημείο, το οποίο είναι ιδανικό σε αυτό που παράγεται από μια καθαρή περιστροφή.

Μια κίνηση ενός σώματος στο επίπεδο περιγράφεται συχνά χρησιμοποιώντας ένα επίπεδο κίνησης σε δύο διαστάσεις. Το στιγμιαίο κέντρο βρίσκεται στο κινούμενο επίπεδο, όπου όλα τα άλλα σημεία περιστρέφονται σε κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Η συνεχής κίνηση στο επίπεδο έχει ένα στιγμιαίο κέντρο για κάθε χρονική στιγμή. Έτσι παράγεται μια καμπύλη γνωστή ως κινούμενο κεντροειδές (moving centrode). Τα σημεία σε ένα σταθερό επίπεδο αντιστοιχούν στα στιγμιαία κέντρα από το σταθερό centrode.

Στην ουσία centrode είναι το μονοπάτι που χαράζεται από τη στιγμιαία περιστροφή του κέντρου παριστάμενη σε ένα άκαμπτο επίπεδο κινούμενο σε ένα άλλο.

DEGREES OF FREEDOM (DOF)

Ο γενικός όρος του βαθμού ελευθερίας, σε ένα σύστημα στη μηχανική θεωρείται ο αριθμός των ανεξάρτητων παραμέτρων που καθορίζουν την διαμόρφωση του. Ο αριθμός των παραμέτρων που αποτελείται, διακρίνουν ένα σύστημα, καθώς είναι σημαντικό για την ανάλυση και τη μελέτη ενός συστήματος σωμάτων σε διάφορους κλάδους της μηχανική όπως είναι η μηχανολογία, η αεροναυτική, η ρομποτική και η δομική. Αποτελεί δηλαδή έναν αριθμό που επιτρέπει σε ένα σώμα να κινείται, αναλόγως με το τι αριθμό έχει, όσο μεγαλύτερος τόσο μεγαλύτερη είναι και η ελευθερία των κινήσεων, συνεπώς θα έχουμε και περισσότερες κινήσεις. [16]

Η τοποθεσία ενός μοναδικού βαγονιού κινούμενο κατά μήκος μιας τροχιάς, θα έχει ένα βαθμό ελευθερίας και αυτό λόγω του ότι η θέση καθορίζεται από την απόσταση που έχει διανύσει το

βαγόνι στη μια τροχιά που ακολουθεί. Εάν έχουμε μια αλυσίδα από άκαμπτα βαγόνια και αυτά συνδέονται μέσω hinge joints σε ένα κινητό βαγόνι (μηχανή) τότε ακόμα θα έχουμε ένα βαθμό ελευθερίας καθώς η τοποθεσία των βαγονιών πίσω από τη μηχανή περιορίζεται από τη μορφή της τροχιάς.

Ένα σώμα εξαιρετικά άκαμπτο κινείται σε ένα επίπεδο το οποίο αποτελείται όπως είναι φυσικό από δύο διαστάσεις στο χώρο. Το σώμα αυτό διαθέτει βαθμό ελευθερίας νούμερο τρία, αυτό σημαίνει ότι αποτελείται από δύο συνιστώσες μετακίνησης καθώς και μια για περιστροφή.

Συνολικά ένα άκαμπτο σώμα μπορεί να έχει έως έξι βαθμούς ελευθερίας. Συγκεκριμένα τρεις συνιστώσες έχουμε για την μετακίνηση του και άλλες τρεις για την περιστροφή του στο χώρο.

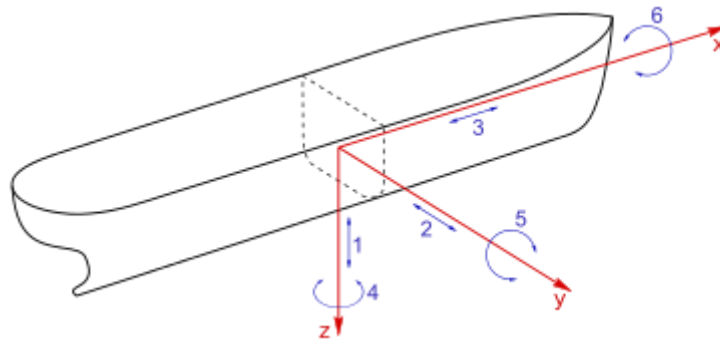
Ο βαθμός ελευθερίας σε ένα συστήματα μπορεί να παρουσιαστεί ως ο ελάχιστος αριθμός συντεταγμένων που χρειάζονται για να προσδιοριστεί η κίνηση. Έτσι με βάση αυτά έχουμε:

1. Ένα σωματίδιο που κινείται μόνο του σε ένα επίπεδο (δύο διαστάσεις) χρειάζεται δύο συντεταγμένες που θα περιγράψουν την τοποθεσία του, επομένως θα έχει δύο βαθμούς ελευθερίας.
2. Για ένα μόνο σωματίδιο στο χώρο (τρεις διαστάσεις) χρειάζονται τρεις συντεταγμένες, έτσι θα έχει τρεις βαθμούς ελευθερίας.
3. Δύο σωματίδια στο χώρο έχουν ένα συνδυασμένο βαθμό ελευθερίας που θα είναι συνολικά έξι. Αυτό οφείλεται στις τρεις διαστάσεις που έχει το καθένα.
4. Εάν δύο σωματίδια στο χώρο περιορίζονται ώστε να κρατούν μια απόσταση μεταξύ τους, (όπως τα διατομικά μόρια) τότε θα έχουμε τις έξι συντεταγμένες να ικανοποιούνται από μια εξίσωση περιορισμού που θα ορίζεται από τον τύπο της απόστασης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί ο βαθμός ελευθερίας από έξι σε πέντε και αυτό γιατί ο τύπος της απόστασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να λύσει τις υπόλοιπες συντεταγμένες αφού οι άλλες πέντε έχουν οριστεί.

Αναφορικά παρακάτω θα δούμε τις κινήσεις που γίνονται στην περίπτωση των έξι βαθμών ελευθερίας.

Translation είναι σαν την μεταφορά στο χώρο, η μετάβαση από το ένα σημείο στο άλλο και έχει:

- Μετακίνηση πάνω και κάτω (heaving)
- Μετακίνηση αριστερά και δεξιά (swaying)
- Μετακίνηση μπρος και πίσω (surging)



Εικόνα 16 - Απεικόνιση πλοίου με του βαθμούς ελευθερίας του

Η κίνηση ενός πλοίου στη θάλασσα έχει έξι βαθμούς ελευθερίας και μπορούμε να τους δούμε στην παραπάνω απεικόνιση.

Rotation είναι η περιστροφή που γίνεται γύρω από ένα άξονα, σε αντίθεση με τη κίνηση που είδαμε προηγουμένως. Έτσι έχουμε:

- Κλίση προς τα μπρος και προς τα πίσω (pitching)
- Στροφή προς τα αριστερά και δεξιά (yawing)
- Γύρισμα από πλευρά σε πλευρά (rolling)



Εικόνα 17 - Απεικόνιση αεροπλάνου με τις έννοιες περιστροφής

Η τροχιά ενός αεροπλάνου σε πτήση έχει τρεις βαθμούς ελευθερίας και κατά μήκος της τροχιάς του έχει άλλες τρεις επιπλέον, σύνολο έξι βαθμοί ελευθερίας. Επίσης μπορούμε να δούμε τις έννοιες των roll, yaw, pitch που αναφέραμε στο κομμάτι της περιστροφής.

Όσο αφορά τα συστήματα που αποτελούνται από πολλά σώματα, θα έχουν ένα συνδυαστικό DOF που θα έχει στο σύνολο τα DOFs όλων των σωμάτων που θα απαρτίζεται το σύστημα. Ένας μηχανισμός ή σύνδεση περιέχει έναν αριθμό από διασυνδεδεμένα άκαμπτα σώματα, τα οποία μπορούν να διαθέτουν από τους βαθμούς ελευθερίας για ένα μοναδικό άκαμπτο σώμα. Ο όρος του DOF σε αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις παραμέτρους που χρειάζονται για να περιγράψουν την έκταση του δεσμού.

Ένας ειδικός τύπος σύνδεσης είναι η ανοιχτή κινηματική αλυσίδα, όπου μια σειρά από άκαμπτους συνδέσμους ενώνονται στις αρθρώσεις. Μια άρθρωση μπορεί να προσφέρει ενός βαθμού ελευθερία, όπου ισοδυναμεί σε αρθρώσεις hinge, sliding ή δύο βαθμών ελευθερίας που θα είναι κυλινδρικές. Τέτοιες αλυσίδες συναντιούνται συχνά στην ρομποτική, στην εμβιομηχανική καθώς και για δορυφόρους και άλλες κατασκευές στο διάστημα. Στους ανθρώπους, το χέρι αποτελείται από επτά DOFs.

Αναλυτικά έχουμε τον ώμο που επιτρέπει τις κινήσεις pitch, pitch και roll, τον αγκώνα που επιτρέπει τα pitch και roll, ενώ ο καρπός τις κινήσεις pitch και yaw. Επομένως συνολικά έχουμε επτά βαθμούς ελευθερίας, τρεις από αυτές τις κινήσεις θα ήταν αρκετές για να μετακινήσουν το χέρι μέσα στο χώρο μεταξύ σημείων, στον άνθρωπο όμως είναι σημαντικό να μπορεί να χρησιμοποιήσει πιο πολύπλοκες και σύνθετες κινήσεις όπως το να πιάνει αντικείμενα από διαφορετικές γωνίες και κατευθύνσεις.

Από όσο έχουμε δει μέχρι τώρα όλα συσχετίζονται μεταξύ τους καθώς τα joints ενώνουν τα segments προκαλώντας παράλληλα και κίνηση. Η κίνηση πραγματοποιείται με βάση τα DOFs που διαθέτουν καθώς εξαρτάται από αυτά η ελευθερία που μπορεί να κινηθεί το κάθε segment μέσω των χαρακτηριστικών movements.

Έτσι παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας που μας δείχνει περιληπτικά τα segment, joint, DOF και movements που έχουν σχέση και αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους:

SEGMENT	JOINT	DOF	MOVEMENTS
ΚΕΦΑΛΙ	Μεσοσπονδύλιος	3	Επέκταση, κάμψη, υπερκάμψη, πλευρική επέκταση, περιστροφή αριστερά δεξιά και κυκλική περιστροφή
ΚΟΡΜΟΣ	Ατλαντοαξονικής	1	Αριστερή-δεξιά περιστροφή
	Μεσοσπονδύλιος	3	Κάμψη, επέκταση, υπερκάμψη, πλευρική επέκταση, περιστροφή αριστερά δεξιά και κυκλική περιστροφή
ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ	Όμος	3	Κάμψη, επέκταση, υπερκάμψη, απαγωγή, προσαγωγή, υπεραπαγωγή, οριζόντια απαγωγή/προσαγωγή, εσωτερική/εξωτερική περιστροφή, κυκλική περιστροφή
ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ/ΩΜΟΣ	Στερνοκλειδική	3	Ανύψωση, πτώση
ΘΩΡΑΚΙΚΗ ΖΩΝΗ	Ακρωμιοκλειδική	3	Απαγωγή, προσαγωγή (παράταση, σύμπτυξη), περιστροφή προς τα πάνω και προς τα κάτω
ΠΗΧΗΣ	Αγκώνας	1	Κάμψη, επέκταση, υπερέπέκταση
	Κερκιδωλενική	1	Πρηνισμός, υπτιασμός
	Καρπός	2	Κάμψη, επέκταση, υπερέπέκταση, ακτινική κάμψη, ωλένια κάμψη, κυκλική περιστροφή
ΔΑΧΤΥΛΑ ΧΕΡΙΟΥ	Μεσοφαλαγγική	1	Κάμψη, επέκταση, υπερέπέκταση
	Μετακαρποφαλαγγική	2	

ΑΝΤΙΧΕΙΡΑΣ	Καρπομετακάρπια	2	Κάμψη, επέκταση, υπερεπέκταση, απαγωγή, προσαγωγή, κυκλική περιστροφή
	Μετακαρποφαλαγγική	1	Κάμψη, επέκταση, απαγωγή, προσαγωγή, αντίθεση, κυκλική περιστροφή
	Μεσοφαλαγγική	1	Κάμψη, επέκταση
ΜΗΡΟΣ	Ισχίο	3	Κάμψη, επέκταση, υπερκάμψη, απαγωγή, προσαγωγή, υπεραπαγωγή, υπερπροσαγωγή, οριζόντια απαγωγή/προσαγωγή, εσωτερική/εξωτερική περιστροφή, κυκλική περιστροφή
	Γόνατο	2	Κάμψη, επέκταση, υπερεπέκταση, εσωτερική/εξωτερική περιστροφή
ΓΑΜΠΑ	Αστράγαλος	1	Πελματική κάμψη, ραχιαία κάμψη
ΠΟΔΙ	Ενδοτάρσια	3	Αναστροφή, εκστροφή
	Μετακαρποφαλαγγική	2	Κάμψη, επέκταση, απαγωγή, προσαγωγή, κυκλική περιστροφή
	Μεσοφαλαγγική	1	Κάμψη, επέκταση

Πίνακας 12 - Σύνδεσμοι σε διάφορα τμήματα με τους βαθμούς ελευθερίας τους και την κίνηση τους.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΌΡΙΑ

Μέχρι τώρα έχουμε δει τις κινήσεις αντικειμένων που βρίσκονται στον τρισδιάστατο χώρο οι οποίες προκαλούνται μέσω κάποιας άρθρωσης. Δεν έχουμε αναφέρει όμως κάποιον περιορισμό σε αυτές παρά μόνο το είδος τους, τον βαθμό ελευθερίας που διαθέτουν και πως ονομάζονται. Αυτά όμως από μόνα τους δεν μας δηλώνουν ξεκάθαρα το τι σημαίνει όρια των αρθρώσεων, δηλαδή μέχρι που μπορούν να φτάσουν, για το τι κινήσεις και μέχρι που είναι δυνατών να εκτελεστούν.

Από την καθημερινότητα μας όμως ήδη γνωρίζουμε εμπειρικά ότι μπορούμε να ανοίξουμε τον αγκώνα μας ορισμένες μοίρες ή ότι μπορούμε να σκύψουμε μπροστά έως ένα σημείο και άλλα παρόμοια. Σε αυτό το ποσοτικό πρόβλημα που προκύπτει λοιπόν με τις κινήσεις και τις αρθρώσεις, μπορούν να το διευκρινίσουν οι αριθμοί που κρύβονται πίσω από μια κίνηση, την οποία μπορούν να εκφράζουν είτε σε rad είτε σε μοίρες το οποίο είναι και πιο συνηθισμένο. Έτσι όταν λέμε πια για τα limits των joints θα εννοούμε σε πόσες μοίρες μπορεί να εκτελέσει μια κίνηση σε κάποιον ή κάποιους άξονες.

Επίσης μπορούμε να διακρίνουμε τρεις τύπους ευελιξίας :

- **Παθητική ευελιξία** είναι η έννοια του πόσο μπορεί να ανοίξει μια άρθρωση και να τεντωθεί ένας μυς. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια ενός άλλου σώματος, χρησιμοποιείται δηλαδή έμμεσα κάποιο άλλο αντικείμενο για να πραγματοποιηθεί η κίνηση. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η χρήση των μυών, αλλά περιορίζεται στο πόσο αντέχουν να τεντωθούν.
- **Ενεργητική ευελιξία** είναι η κίνηση που θα γίνει εξολοκλήρου στο σώμα και θα εξαρτάται μόνο από αυτό, χωρίς την παρουσία κάποιας υποβοήθησης. Καθώς πρέπει με την βοήθεια των μυών να κινηθεί και να σταθεί ακίνητο στο σημείο που θα

φτάσει, για παράδειγμα σηκώνοντας το πόδι όσο πιο ψηλά γίνεται και κρατώντας το εκεί.

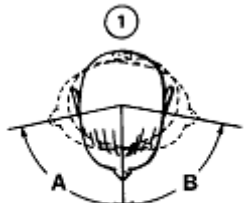
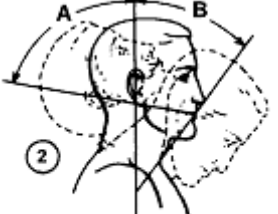
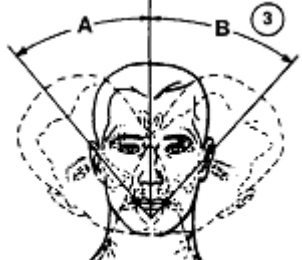
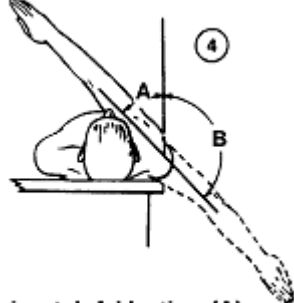
- **Δυναμική ευελιξία** είναι η χρήση και εκμετάλλευση της ορμής που θα αποκτήσει ένα σώμα κατά τη διάρκεια της κίνησης, με σκοπό το τέντωμα. Μια τέτοια κίνηση θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ακραία λόγω του ότι τα όρια μπορούν να ξεπεραστούν από αυτή, σε σχέση με αυτές που θα γινόταν με την παθητική ή την ενεργητική. Θα κρατούσε όμως για μια στιγμή, καθώς εκμεταλλεύεται για παράδειγμα την ορμή που αποκτά το πόδι κατά τη διάρκεια μιας κλωτσιάς, ξεπερνώντας έτσι τα όρια του. Τέτοιες κινήσεις μπορούν να φτάσουν τα όρια σε άλλα επίπεδα, είναι όμως παράλληλα επικίνδυνα καθώς μπορούν τραυματίσουν τους μυς, η καλύτερη χρήση τους είναι μετά από ένα καλό ζέσταμα των μυών ώστε να έχει μικρότερες πιθανότητες.

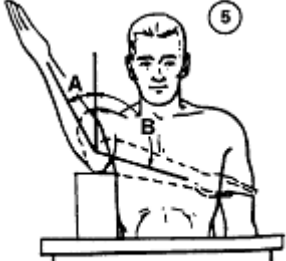
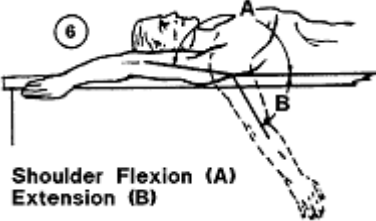
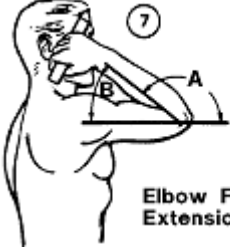
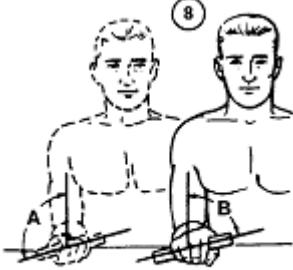
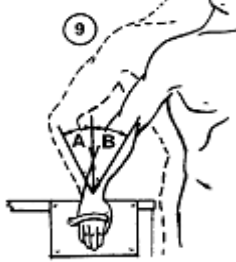
Προτού αναφέρουμε παραδείγματα στην κίνηση με τα όρια τους σε μίρες, καλό θα ήταν να επισυνάψουμε ορισμένα θέματα που αφορούν την ευελιξία των κινήσεων. Ευελιξία είναι το πόσο μια άρθρωση μπορεί να φτάσει στα όρια της ή ακόμα και να τα ξεπεράσει σε ορισμένες συνθήκες και περιπτώσεις.

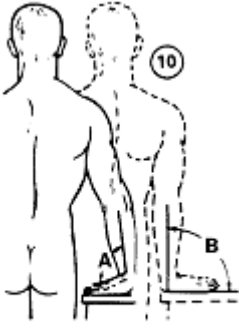

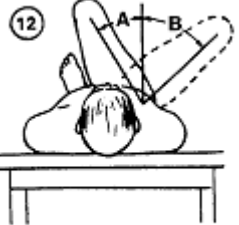


- Τα γυναικεία σώματα τείνουν να είναι πιο εύελικτα από τα αντρικά λόγω του ότι έχουν λιγότερη μυϊκή μάζα.
- Η ευελιξία που παρουσιάζεται σε μια άρθρωση δεν σημαίνει ότι μεταδίδεται και στις άλλες.
- Περισσότεροι μυς σε ένα σώμα συνεπάγει και λιγότερη ευελιξία. Τα άτομα που γυμνάζονται για να αποκτήσουν μεγάλους μυς (bodybuilders) παρουσιάζουν την πιο περιορισμένη και μικρή κίνηση για όλα τις αρθρώσεις. Αυτό εξηγείται επειδή πρώτον δεν μπορούν να τεντωθούν και δεύτερον επειδή βρίσκονται διογκωμένοι μυς στη μέση παρεμποδίζοντας έτσι την κίνηση. Υπάρχουν όμως και οι αθλητές που ακολουθούν ασκήσεις που δυναμώνουν τους μυς χωρίς όμως να τους διογκώνουν τόσο, αποκτώντας έτσι μυϊκή δύναμη αλλά και ευελιξία. Στην καθημερινότητα κάτι απλό όπως το ποδήλατο, θα προκαλέσει επίσης μείωση της ευελιξίας των ποδιών, εάν δεν γίνονται και άλλες ασκήσεις για διατήρηση της ευελιξίας. Επομένως εξαρτάται και από το κάθε άτομο πως θα εκπαιδεύει το σώμα του και τους μυς.
- Περισσότερη ευελιξία σημαίνει λιγότεροι μυς, σε αντίθεση με αυτό που αναφέρθηκε. Οι μυς που είναι πιο αδύναμοι είναι και πιο εύθραυστοι επειδή τεντώνονται τόσο πολύ. Για παράδειγμα ορισμένοι που κάνουν γιόγκα, υποβάλουν τους μυς τους σε τέντωμα χωρίς όμως να τους ενδυναμώνουν καθόλου, προκαλώντας έτσι μυϊκή ρήξη επειδή τους καθιστά ευάλωτους. Έτσι λοιπόν η μυϊκή ενδυνάμωση αποτελεί απαραίτητο πράγμα για διάφορες δραστηριότητες.
- Ορισμένα άτομα αποτελούν εξαίρεση γιατί παρουσιάζουν εξαιρετική ευελιξία ή διπλές αρθρώσεις ή έχουν υποβληθεί σε εντατική εκπαίδευση από μικρή ηλικία επηρεάζοντας έτσι και την ανάπτυξη τους. Τέτοια άτομα μπορούν να αψηφούν τα όρια ευελιξίας που υπάρχουν γενικά, για όλους τους άλλους όμως που δεν

αποτελούν εξαίρεση δεν είναι φυσιολογικό και θα είναι επικίνδυνο για τις αρθρώσεις τους.

[17]

Motion A	Figure	Motion B
Male: 73.3	 <p style="text-align: center;">①</p>	Male: 74.3
Female: 74.9	<p style="text-align: center;">Neck Rotation Right (A) Left (B)</p>	Female: 72.2
Male: 65.4	 <p style="text-align: center;">②</p>	Male: 34.5
Female: 64.9	<p style="text-align: center;">Neck Extension [A] Flexion (B)</p>	Female: 46.0
Male: 34.9	 <p style="text-align: center;">③</p>	Male: 35.5
Female: 37.0	<p style="text-align: center;">Neck Lateral Bend Right (A) Left (B)</p>	Female: 29.1
Male:	 <p style="text-align: center;">④</p>	Male: 173.2
Female:	<p style="text-align: center;">Horizontal Adduction (A) Horizontal Abduction (B)</p>	Female: 172.6

Male: 46.3		Male: 90.5
Female: 53.8	<p>Shoulder Rotation Lateral (A) Medial (B)</p>	Female: 95.8
Male: 164.4		Male: 39.6
Female: 152.0	<p>Shoulder Flexion (A) Extension (B)</p>	Female: 33.7
Male: 140.5		Male:
Female: 144.9	<p>Elbow Flexion (A) Extension (B)</p>	Female:
Male: 83.4		Male: 78.2
Female: 90.4	<p>Forearm Supination (A) Pronation (B)</p>	Female: 82.3
Male: 18.6		Male: 16.9
Female: 21.5	<p>Wrist Ulnar Bend (A) Radial Bend (B)</p>	Female: 16.1

Male: 61.5		Male: 40.1
Female: 68.3	<p>Wrist Flexion (A) Extension (B)</p>	Female: 42.3
Male: 116.5		Male:
Female: 118.5	Hip Flexion	Female:
Male:		Male: 26.8
Female:	<p>Hip Adduction (A) Abduction (B)</p>	Female: 27.2
Male: 118.4		Male:
Female: 125.2	Knee Flexion, Prone	Female:
Male: 36.1		Male: 8.1
Female: 44.2	<p>Ankle Plantar Extension (A) Dorsi Flexion</p>	Female: 6.9

Πίνακας 13 - Όρια και κινήσεις μελών, από μετρήσεις της NASA.

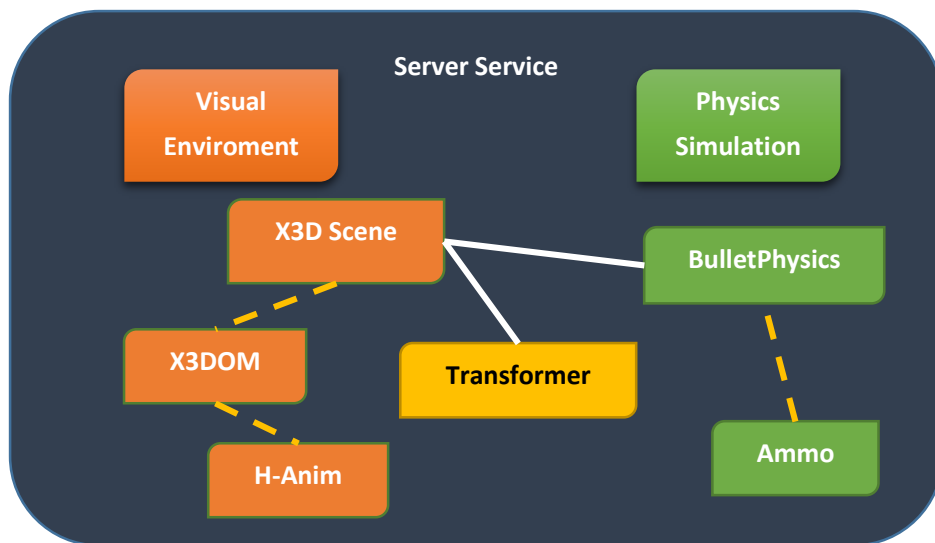
-----+++Times apo site work humanoid

ΜΕΡΟΣ 2^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΡΑΚΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ

Η κεντρική ιδέα είναι να έχουμε μια σκηνή σε X3DOM όπου θα ενσωματώνεται η κίνηση και αλληλεπίδραση στο χώρο με διάφορα αντικείμενα (rigid bodies) μέσω της αξιοποίησης μηχανής φυσικής. Στη σκηνή αυτή θα έχουμε ένα ή πολλά ragdolls που θα επηρεάζονται από δυνάμεις αλλά και από τον χρήστη μέσω του ποντικιού για μέσο εισόδου.

Η αρχιτεκτονική μορφή που λαμβάνουν τα αρχεία και η διασύνδεση τους είναι η ακόλουθη:



Εικόνα 18 - Αρχιτεκτονική δομή της εργασίας

Παραπάνω μπορούμε να έχουμε μια ιδέα του τι ακριβώς συμβαίνει, αφού τα αρχεία και όλα τα συστατικά στοιχεία βρίσκονται σε έναν **server**. Έπειτα έχουμε τα δύο μέρη το ένα είναι το γραφικό αυτό που απεικονίζεται και το άλλο της φυσικής εξομίωσης.

Στο μέρος του visual έχουμε τη σκηνή μας που έχει ως επέκταση το **X3DOM** και εκείνο με τη σειρά του το πρότυπο **H-Anim** για την περιγραφή του ανθρώπινου σώματος. Η διασύνδεση τους γίνεται μέσω ενός **JavaScript** (Transformer) που θα μετατρέψει τα δεδομένα από τη σκηνή που υπάρχουν ήδη με βάση το πρότυπο, σε αξιοποιήσιμα για το **bullet physics** JavaScript το οποίο χρησιμοποιεί τη διαδικτυακή μορφή της μηχανής φυσικής Bullet Physics την λεγόμενη **Ammo.js** προσφέροντας έτσι κίνηση στη σκηνή.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν στο πρακτικό μέρος της πτυχιακής άσκησης αναλύοντας τη κάθε μια ξεχωριστά με όλα τα χαρακτηριστικά της και τις χρήσεις της.

Τον τρόπο διασύνδεσης και λειτουργίας μεταξύ των διάφορων τεχνολογιών. Γενικά η χρήση όλων γίνεται μέσω του XAMPP και συγκεκριμένα του εξυπηρετητή ιστοσελίδων Apache server όπου ανεβάζουμε όλα τα απαραίτητα αρχεία στον κατάλληλο φάκελο, ώστε να μπορούμε να τα

προβάλλουμε και να έχουμε πρόσβαση μέσω ενός web browser ώστε να ακολουθούνται τα κατάλληλα standards.

Οι γλώσσες και τα αρχεία που χρησιμοποιούνται είναι σε μορφή JavaScript και X3DOM ώστε να είναι συμβατές στο web. Τα αρχεία που αναπαριστούν τον κόσμο είναι σε xhtml, όπου με τη βοήθεια ενός JavaScript αρχείου μετατρέπει τη δομή που έχει το ISO H-Anim σε DOM που είναι προσβάσιμο για επεξεργασία και χρήση του από την φυσική που ενσωματώνεται στα διάφορα components της σκηνής.

X3DOM

Μερικά πράγματα σχετικά με το X3DOM framework που χρειάζεται να γνωρίζουμε είναι ότι (το X3DOM που) προφέρεται ως “X-Freedom” και προέρχεται από τις γνωστές συντομογραφίες του X3D, το οποίο σημαίνει επεκτάσιμα 3D γραφικά, όπου αποτελεί ένα πρότυπο ISO για την δήλωση τρισδιάστατων γραφικών στο διαδίκτυο και όχι μόνο [18]. Η δεύτερη συλλαβή που είναι το DOM “Document Object Model” περιγράφει τις αλληλεπιδράσεις και αναπαριστά την ιεραρχική δόμηση που παρουσιάζεται σε ένα δομημένο σχήμα καθώς και την προσπέλαση των στοιχείων του διατρέχοντας από το ένα στο άλλο και παρουσιάζει συσχετίσεις με τα περιεχόμενα ενός HTML αρχείου.

Με το X3DOM επιτυγχάνουμε την περιγραφή σε μορφή γλώσσας, 3D περιεχομένου που βρίσκεται στην ιστοσελίδα, λόγω της παρουσίας ενός υποσυνόλου X3D. Παράλληλα όμως μας δίνεται και η δυνατότητα να έχουμε πολύ εύκολη πρόσβαση και να διαχειριστούμε τα X3D elements που έχουμε μέσα από το κομμάτι του DOM, όπως γίνεται παρόμοια με άλλα HTML elements.

Για παράδειγμα μπορούμε να αλλάξουμε δυναμικά το χρώμα ενός 3D αντικειμένου χρησιμοποιώντας ένα JavaScript που να κάνει `setAttribute()` στο αντίστοιχο στοιχείο που θέλουμε να επηρεάσουμε προσπερνώντας όλα τα προηγούμενα elements που μπορεί να βρίσκονται από πάνω του, στην δομή που έχουμε. Παρόμοια συμπεριφορά παρατηρούμε και στην δυναμική αλλαγή ενός κειμένου σε μια ιστοσελίδα αφού και εκεί έχουμε πρόσβαση στην δομή και μπορούμε να επηρεάσουμε τα attributes.

Η Δομή του

Η δομή που έχει μέσα σε μια σελίδα HTML λειτουργεί με τα tags που παρουσιάζονται σε αυτή και έχουν παρόμοια χρήση ορίζοντας μέσα τους παραμέτρους και χαρακτηριστικά [19].

Η επέκταση του αρχείου είναι xhtml αυτό σημαίνει ότι είναι μια HTML σελίδα αλλά με χαρακτήρα XML, όπου είναι μια γλώσσα σήμανσης στα αρχεία όπου πρέπει να κλείνουν και ανοίγουν σωστά (“well-formed”). Αυτή η συγχώνευση προήλθε από την ανάγκη να δημιουργηθεί μια πιο αυστηρή γλώσσα στο κομμάτι αυτό, καθώς η HTML είναι πιο ευλύγιστη στο θέμα να παραβλέπουν τέτοια λάθη οι περισσότεροι browsers ακόμα και αν δεν ακολουθούν τους κανόνες της.

Επομένως η XHTML είναι επανασχεδιασμένη να συμπεριφέρεται ως XML, παρουσιάζοντας αυστηρή σύνταξη στο κώδικα αφού κάτι να μην έχει γίνει κλείσει σωστά, θα προκαλέσει πρόβλημα και δεν θα αφήσει το browser να το τρέξει.

Κύριες διαφορές από την HTML είναι στα παρακάτω χαρακτηριστικά που είναι απαραίτητα στην δομή του αρχείου, καθώς έχουν και παράδειγμα:

Document Structure

- Το XHTML DOCTYPE που βρίσκεται στην αρχή του κάθε εγγράφου
- Τα xmlns attribute που υπάρχει στο <html>
- Τα tags <html>, <head>, <title> και <body> πρέπει να παρευρίσκονται πάντα

Παρακάτω έχουμε ένα παράδειγμα για το τι εννοούμε με τα προηγούμενα

```

<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0
Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">

<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">

<head>
  <title>Title of document</title>
</head>

<body>
  some content
</body>
</html>

```

XHTML Elements

- Τα XHTML elements πρέπει να είναι κατάλληλα φωλιασμένα

```
<b><i>This text is bold and italic</i></b>
```

- Τα XHTML elements πρέπει πάντα να κλείνουν τα tags τους. Παράδειγμα κλειστών tags:

```
<p>This is a paragraph</p>
```

```
<p>This is another paragraph</p>
```

- Τα XHTML elements πρέπει να είναι πάντα με μικρά γράμματα. Σχετικό παράδειγμα που το body πρέπει να είναι με μικρά γράμματα όπως παρακάτω::

```
<body>
```

```
<p>This is a paragraph</p>
```

```
</body>
```

- Τα XHTML documents πρέπει να έχουν ένα στοιχείο αφετηρία **root element**

XHTML Attributes

- Τα γνωρίσματα των ονομάτων πρέπει να είναι με μικρά γράμματα. Για παράδειγμα `towidth` δεν πρέπει να είναι με κεφαλαία γράμματα:

```
<table width="100%">
```

- Οι τιμές των γνωρισμάτων πρέπει να βρίσκονται μέσα σε εισαγωγικά. Όπως παρουσιάζεται:

```
<table width="100%">
```

- Η παράλειψη των τιμών των γνωρισμάτων δεν επιτρέπεται. Ένα λάθος παράδειγμα είναι το ακόλουθο, όπου παραλείπεται να γραφτεί το `checked`

```
<input type="checkbox" name="vehicle" value="car" checked
/>
```

Η σκηνή

Το κάθε XHTML αρχείο εμπεριέχει μέσα του μια σκηνή στην οποία υπάρχουν όλα τα αντικείμενα που θα προβάλλονται μέσω του browser. Οπότε μέσα στο **body** μιας σελίδας θα έχουμε και ένα κομμάτι κώδικα σαν το ακόλουθο:

```
<X3D xmlns="http://www.web3d.org/specifications/x3d-namespace"
showStat="false" showLog="false" x="0px" y="0px" width="400px"
height="400px" altImg="helloX3D-alt.png">
  <Scene>
    <Viewpoint position='0 0 10' />
    <Shape>
      <Appearance>
        <Material diffuseColor='0.603 0.894 0.909' />
      </Appearance>
      <Box DEF='box' />
    </Shape>
  </Scene>
</X3D>
```

Σε αυτό το παράδειγμα έχουμε την περιγραφή και προβολή ενός κύβου. Αρχικά βλέπουμε ότι τηρούνται οι κανόνες του XHTML, δηλαδή να κλείνουν σωστά τα tags, να έχουν εισαγωγικά οι τιμές κ.α. Όσο αφορά την ερμηνευση ως προς τον κώδικα έχουμε το tag του **X3D** που παίρνει ως ορίσματα σχετικά με τον χώρο που θα πιάνει τη τοποθεσία και άλλα. Στη συνέχεια ακολουθεί η σκηνή με το tag **<Scene>** το οποίο δηλώνει πως ότι υπάρχει μέσα σε αυτό ώσπου να κλείσει θεωρείται ως αντικείμενο της σκηνής και προβάλλεται με οπτικό τρόπο. Έπειτα έχουμε διάφορα tags τα οποία το καθένα έχει ένα ρόλο στη σκηνή το **<Viewpoint>** είναι η κάμερα που θα έχουμε την αντίστοιχη οπτική γωνία μέσα στη σκηνή, το **<Shape>** εμπεριέχει τα **<Appearance>** στο οποίο ρυθμίζεται το χρώμα ή το πέρασμα κάποιας εικόνας και το αντίστοιχο tag που εκφράζει το γεωμετρικό σχήμα στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το **<Box>**. Στην

περίπτωση πιο πολύπλοκων γεωμετριών χρησιμοποιούνται τα αντίστοιχα tags που έχει το **<IndexedFaceSet>**. Όλα τα tags κλείνουν το ένα μετά το άλλο με τη σωστή σειρά, ώστε να μην προκληθεί πρόβλημα στην διαδικασία απεικόνισης.

Τι Χρειάζεται

Το μόνο που χρειάζεται ένα X3DOM application είναι ένας browser και ένας text editor ώστε να μπορεί να γίνει η επεξεργασία του κώδικα. Συνήθως όμως η χρήση ενός μόνο browser για την X3DOM εφαρμογή δεν είναι αρκετή αφού είναι πολύ πιθανό η εξυπηρέτηση της να χρειάζεται να υποστηρίζεται σε έναν web server πλήρους κλίμακας όπως είναι ο Apache που αποτελεί το πιο γνωστό στο Internet για χρήση καθώς είναι και δωρεάν.

Ενδείκνυται να κατεβάζουμε και να φορτώνουμε στον server την πιο τελευταία έκδοση ή την πιο καλά συμβατή με την εφαρμογή μας. Διαφορετικά τα links στα ακόλουθα tags μας παρέχουν την πιο τελευταία και σταθερή έκδοση του X3DOM

```
<script src="http://www.x3dom.org/release/x3dom.js"></script>
<link rel="stylesheet"
href="http://www.x3dom.org/release/x3dom.css">
```

Πλεονεκτήματα

Μερικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται στο X3DOM είναι ότι είναι ανοικτός ο κώδικας του, οπότε μπορεί να είναι προσβάσιμος από τον καθένα για να πειραματιστεί. Στηρίζεται σε σύγχρονες τεχνολογίες και τους πιο τελευταίους browsers, οπότε δεν χρειάζεται η προσθήκη κάποιου plugin για να προβάλουν τις X3DOM σκηνές.

Σε γενικές γραμμές η έννοια του 3D σημαίνει ότι μπορεί να δημιουργηθεί και να παρουσιαστεί μια τρισδιάστατη σκηνή, επιτυγχάνοντας το με τη χρήση μιας δομημένης γραφικής αναπαράστασης, παρά με το γράψιμο σκέτου κώδικα. Στο κομμάτι του X3DOM η γραφική αναπαράσταση είναι μέρος του HTML αρχείου που περιγράφει την ιστοσελίδα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η ενσωμάτωση του 3D περιεχομένου μέσα σε μια ιστοσελίδα, παρομοίως όπως βλέπουμε και στα διάφορα κείμενα links και εικόνες ή video που παρουσιάζονται σε αυτή.

H-ANIM ISO

Εισαγωγή

Καθώς οι τεχνολογίες εξελίσσονται, πληθύνουν και οι εφαρμογές που τις αξιοποιούν. Μεγάλη πρόοδο έχουμε δει στον τομέα του διαδικτύου υποστηρίζοντας πλέον τα 3D γραφικά με αρκετά εντυπωσιακά αποτελέσματα. Αυτό το χαρακτηριστικό δημιουργεί την ανάγκη για δυνατότητα αναπαράστασης ανθρωποειδών σε εικονικό περιβάλλον. Για να επιτύχει αυτό θα χρειαστεί μια βιβλιοθήκη από παραμετροποιήσιμα ανθρωποειδή που θα δίνει την δυνατότητα αλλαγών, όπως προσφέρουν διάφορα εργαλεία, που καθιστούν εύκολη τη δημιουργία νέων humanoids καθώς και το animation τους με διάφορους τρόπους [20], [21].

Το H-Anim είναι ένα στάνταρτ που περιγράφει humanoids σε VRML97. Με αυτό το πρότυπο έχουμε τη δυνατότητα να επεξεργαστούμε ή να δώσουμε κίνηση σε humanoids που έχουν δημιουργηθεί από ένα διαφορετικό εργαλείο. Επίσης τα humanoids που είναι φτιαγμένα με το πρότυπο H-Anim μπορούν να γίνουν animated χρησιμοποιώντας τεχνικές keyframing, inverse kinematics, performance animation systems και άλλες.

Όσο αφορά ως προς την δημιουργία και το σκοπό του, ακολουθεί τρεις στόχους:

- **Compatibility:** Η συμβατότητα του έχει ως σκοπό να καλύπτει όλους τους browsers που υποστηρίζουν το VRML97. Παρουσιάζοντας έτσι χωρίς προβλήματα τα humanoids.
- **Flexibility:** Δεν έχουν γίνει υποθέσεις σχετικά με τις εφαρμογές που θα χρησιμοποιούν τα humanoids. Οπότε δεν μπορούμε να ορίσουμε την ευελιξία τους χωρίς αντικείμενο.
- **Simplicity:** Η απλότητα που παρουσιάζει είναι ότι άμα δεν πληροί κάτι, υπάρχει δηλαδή ασάφεια, καλύτερα να αφήνεται αφού η περιγραφή του μπορεί να επεκτείνεται.

Οι τρεις στόχοι έχουν εφαρμοστεί και στη πράξη καθώς η ανάγκη για συμβατότητα, οδήγησε στην αποφυγή της χρήσης scripting, αφού το VRML97 δεν απαιτεί καμία ειδική scripting γλώσσα για εφαρμογή. Η ανάγκη για ελαστικότητα οδήγησε στην **low-level** λογική, έχοντας έτσι την άμεση πρόσβαση στα joints του humanoid και στα vertices των μεμονωμένων segments του σώματος. Ο στόχος για απλότητα, οδήγησε στην επικέντρωση σε humanoids (ανθρωπόμορφη δομή δηλαδή) από ότι με οποιαδήποτε αρθρωτή φιγούρα.

Γενικά

Όπως γνωρίζουμε ήδη το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από έναν αριθμό segments όπως είναι τα χέρια και πόδια, όπου το καθένα συνδέεται με το επόμενο και προηγούμενο του (εφόσον έχει) μέσω συνδέσμων των λεγόμενων joints που τέτοια είναι ο αγκώνας, ο καρπός και ο αστράγαλος. Για την δημιουργία μιας εφαρμογής που θα χρησιμοποιείται στο να κάνει animation σε ένα humanoid, θα πρέπει να έχει πρόσβαση στα joints καθώς και να τα επηρεάζει ως προς την γωνία τους μέσω της περιστροφής. Επίσης η παροχή πληροφοριών όπως είναι τα όρια των συνδέσμων καθώς και οι μάζες των segment είναι χρήσιμη ως και απαραίτητη.

Τα segments του σώματος συνήθως περιγράφονται από ένα mesh πολυγώνων, μια εφαρμογή ενδέχεται να χρειάζεται να αλλάξει τις τοποθεσίες των κορυφών στο αντίστοιχο mesh. Επίσης η κάθε εφαρμογή θα χρειαστεί να γνωρίζει ποια vertices λειτουργούν σαν group, που εξυπηρετεί μια παραμόρφωση ενός αντικειμένου.

Ένα H-Anim αρχείο περιέχει κάμποσα nodes τύπου Joint τα οποία είναι διαβαθμισμένα ιεραρχικά. Κάθε κόμβος μπορεί να περιέχει άλλα Joint nodes, καθώς και segment node που περιγράφει το κομμάτι του σώματος που σχετίζεται-συνδέεται με το joint. Κάθε Segment node μπορεί να έχει ένα αριθμό από Site node, το οποίο ορίζει τοποθεσίες που σχετίζονται με το segment. Τα Sites χρησιμοποιούνται στο να επικολλιούνται αντικείμενα όπως είναι τα ρούχα ή

αξεσουάρ ένδυσης και εμφάνισης αλλά και ως μέσο για αντίστροφες κινηματικές εφαρμογές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον ορισμό της τοποθεσίας των `egepoint` και `viewpoint`.

Κάθε `Segment node` μπορεί να έχει έναν αριθμό από κόμβους `Displacer`, οι οποίοι προσδιορίζουν ποια συγκεκριμένα `vertices` αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη λειτουργία ή διαμόρφωση τους.

Το αρχείο του `H-Anim` περιέχει ένα μοναδικό **Humanoid node**, στο οποίο βρίσκονται πληροφορίες που αφορούν τον δημιουργό του καθώς και τα `copyrights` του. Επίσης αποτελεί το κεντρικό `node` που έχει αναφορές σε όλα τα `Joint`, `Segment` και `Site nodes` περιγράφοντας έτσι το `humanoid`, επιπλέον παρέχεται η δυνατότητα μετακίνησης του `humanoid` λόγο του ότι είναι στην κορυφή της ιεραρχίας και υιοθετεί χαρακτηριστικά κόμβου `Transform`.

Nodes

Παρακάτω θα παρουσιαστούν οι ειδικοί κόμβοι που σχεδιάστηκαν για την διευκόλυνση της δημιουργίας ανθρωποειδούς. Κάθε κόμβος δηλώνεται ως `PROTO` για να δημιουργηθεί. Η υλοποίησή τους αποτελείται από μια απλή δομή, όπου είναι αρκετά ευέλικτη ώστε να μπορεί κάλλιστα να χρησιμοποιηθούν προχωρημένες τεχνικές πάνω τους.

JOINT NODE

Εκφράζει τους ανθρώπινους συνδέσμους σε ένα σώμα και περιγράφει τη σχέση που έχουν το κάθε `segment` με τον άμεσο πατέρα τους.

Κάθε `Joint` μπορεί να είναι παιδί ενός άλλου `Joint node` ή να είναι παιδί μέσα στο πεδίο του `humanoidBody` στην περίπτωση του `humanoidRoot Joint`.

Επιπλέον μας δίνει τη δυνατότητα να κρατάμε πληροφορίες που αφορούν το `joint` και τη συμπεριφορά του. Συγκεκριμένα έχουμε το `joint name` με το οποίο μπορεί μια εφαρμογή ή διαδικασία να επικαλείται το συγκεκριμένο `joint`. Επιπλέον μπορεί να περιέχει πληροφορίες που αφορούν τον έλεγχο κίνησης της `H-Aim` φιγούρας. Τέτοιου είδους πληροφορίες αποτελούν τα πεδία `upper` και `lower joint limits` που μπορούν να οριστούν τα όρια για μετακίνηση σε κάθε σύνδεσμο, τα όρια περιστροφής του `joint` καθώς και οι τιμές `stiffness` που αποδίδουν την αντίσταση. Τα όρια και οι τιμές είναι προαιρετικές καθώς δεν χρησιμοποιούνται κάπου μέσα στη σκηνή αλλά παρέχονται ως τρόπος πληροφόρησης που μπορούν να εξυπηρετήσουν την κάθε εφαρμογή αξιοποιώντας τα ανάλογα.

Το `Joint node` είναι ίδιο σε αρκετά πράγματα από το `Transform node` καθώς αυτό μπορούμε να το δούμε στο **PROTO** του `Joint`:

```
PROTO Joint [
  exposedField SFVec3f center 0 0 0
  exposedField MFNode children []
  exposedField MFFloat llimit []
  exposedField SFRotation limitOrientation 0 0 1 0
  exposedField SFString name ""
  exposedField SFRotation rotation 0 0 1 0
```

exposedField	SFVec3f	scale	1 1 1
exposedField	SFRotation	scaleOrientation	0 0 1 0
exposedField	MFFloat	stiffness	[0 0 0]
exposedField	SFVec3f	translation	0 0 0
exposedField	MFFloat	ulimit	[]

Τα πεδία **center**, **children**, **rotation**, **scale**, **scaleOrientation**, **translation** στην ουσία είναι ίδια με τα αντίστοιχα στο Transform node. Είναι επιτρεπτό να εφαρμόζονται και με διαφορετικό τρόπο τα πεδία, το μόνο που περιορίζει ένα Joint είναι να έχει τα παραπάνω.

Ανάλυση Πεδίων

- Το πεδίο **center** εκφράζει την τοποθεσία που βρίσκεται το κέντρο περιστροφής του Joint σε συνάρτηση πάντα με την ρίζα ολόκληρου του humanoid. Το συγκεκριμένο πεδίο δεν είναι σχεδιασμένο για να δέχεται αλλαγές. Καθώς σκοπός του είναι να κρατά τις συντεταγμένες ενός σημείου στο χώρο καθιστώντας τες και αναγνώσιμες μέσα από το πεδίο του Joint.

Με τη γνώση των κέντρων των joints και αφού βρίσκονται όλα μέσα στο ίδιο πλαίσιο μπορεί να υπολογισθεί το μήκος κάθε segment υπολογίζοντας την απόσταση των δύο Joint που το συνδέουν του πατέρα και του παιδιού δηλαδή. Εξαιρέση στον κανόνα αποτελούν τα segments στα άκρα που δεν έχουν παιδιά Joint, όπως είναι για παράδειγμα τα δάκτυλα και τα πόδια. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται τοποθεσίες τερματισμού που βρίσκονται μέσα στα Segment.

- Τα πεδία **ulimit** και **llimit** περιγράφουν τα όρια που έχουν τα joints κατά τη διάρκεια της περιστροφής τους. Συγκεκριμένα τα δύο πεδία αποτελούνται από τρεις μεταβλητές τύπου **MFFloats** που αντιπροσωπεύουν τις τιμές X, Y και Z της περιστροφικής κίνησης. Το **ulimit** διαθέτει τις μέγιστες τιμές που μπορεί να φτάσει ένας σύνδεσμος στην περιστροφή του, ξεχωριστά για κάθε άξονα. Ενώ το **llimit** διαθέτει τις ελάχιστες τιμές που φτάνει ο σύνδεσμος. Με άλλα λόγια καθορίζουν ως που μπορεί να κινηθεί ένα segment. Η αρχική τιμή και για τα δύο πεδία είναι κενή, όπου καθιστά την περιστροφή των joint χωρίς όρια.
- Το **limitOrientation** πεδίο δηλώνει τον προσανατολισμό που έχουν τα **ulimit** και **llimit** των joint αφού βρίσκονται μέσα στο ίδιο πλαίσιο συντεταγμένων. Το συγκεκριμένο πεδίο περιγράφει τον προσανατολισμό των τοπικών συντεταγμένων στο πλαίσιο που βρίσκεται σε σχέση με τη θέση του κέντρου του Joint το οποίο αναφέρεται στο αντίστοιχο πεδίο.

- Το πεδίο stiffness αποθηκεύει τιμές από 0.0 έως 1.0 που δίνει στα συστήματα κίνησης την πληροφορία, για την τάση που παρουσιάζει μια άρθρωση για να κινηθεί σε έναν συγκεκριμένο βαθμό ελευθερίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια αλληλουχία αρθρώσεων, για παράδειγμα είναι δυνατό να υπάρχει κίνηση στον αριστερό καρπό και αγκώνα πέρα από την κίνηση που εκτελεί ο αριστερός ώμος. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε αυτόνομα Joint node που διαθέτουν πολλά DOF, ώστε να τους δώσει προβάδισμα στο κάθε βαθμό ελευθερίας ξεχωριστά. Η μεγαλύτερη τιμή συνεπάγει ότι θα παρουσιάζει μεγαλύτερη αντίσταση στην κίνηση που διεξάγεται στον αντίστοιχο άξονα που απευθύνεται, δηλαδή τους X, Y και Z αναφερόμενη στον καθένα με μια τιμή από 0.0 έως 1.0 για παράδειγμα (0.1, 0.5, 0.8).
- Το πεδίο name πρέπει να είναι το ίδιο με το DEF name που δηλώνεται για το κάθε Joint ξεχωριστά έχοντας επιπλέον ένα πρόθεμα μπροστά του. Το πρόθεμα αυτό πρέπει να είναι το ίδιο σε όλα τα Joints που βρίσκονται στο humanoid. Η χρήση του προθέματος έχει ιδανικό ρόλο στο να ξεχωρίζουν τα Joints ανάμεσα σε διαφορετικά humanoids που βρίσκονται στο ίδιο αρχείο, εξυπηρετώντας στην περιήγηση τους. Στην περίπτωση ενός μοντέλου μέσα στο αρχείο τότε θα πρέπει το πρόθεμα να είναι **“hanim_”** που προέρχεται από το Humanoid Animation, για παράδειγμα άμα θέλουμε να αναφερθούμε στον αριστερό ώμο θα έχει για DEF name **“hanim_l_shoulder”** όπου το **“l”** είναι για toleft .

Το DEF name χρησιμοποιείται για στατική χρήση, συνήθως συνδέοντας τους OrientationInterpolators με τα joints. Σε αντίθεση με το DEF name το name πεδίο χρησιμεύει στο να αναγνωρίζονται τα joints σε ζωντανό χρόνο που αποτελεί σημαντικό κομμάτι σε μια εφαρμογή η αξιοποίηση του.

Από όλα τα πεδία που είδαμε αυτό είναι το μόνο που δεν πρέπει να αγνοείται, ενώ όλα τα υπόλοιπα είναι προαιρετικά.

Τέλος, η δυνατότητα προσθήκης επιπλέον joints σε ένα σώμα είναι σημαντική για τον σχεδιαστή του humanoid, με την προϋπόθεση βέβαια ότι διαθέτει τα ελάχιστα βασικά joints που διέπουν ένα ανθρωποειδές.

SEGMENT NODE

Ο κόμβος αυτός περιγράφει και κρατά τις πληροφορίες για τα segment του σώματος. Το Segment node συμπεριφέρεται ως Group node το οποίο περιέχει ένα σύνολο από Shapes ή και Transform nodes για την τοποθεσία που βρίσκονται τα segments στο σύστημα συντεταγμένων του σώματος.

Παρακάτω παρουσιάζεται το PROTO του, που υιοθετεί πεδία του Group node:

```
PROTO Segment [
  field          SFVec3f    bboxCenter    0 0 0
  field          SFVec3f    bboxSize        -1 -1 -1
  exposedField   SFVec3f    centerOfMass    0 0 0
  exposedField   MFNode     children      [ ]
  exposedField   SFNode     coord           NULL
  exposedField   MFNode     displacers     [ ]
  exposedField   SFFloat    mass           0
  exposedField   MFFloat    momentsOfInertia [ 0 0 0 0 0 0 0
0 0 ]
  exposedField   SFString   name           ""
  eventIn       MFNode     addChildren
  eventIn       MFNode     removeChildren
]
```

Παρατηρούμε ότι τα πεδία **addChildren**, **bboxCenter**, **bboxSize**, **children**, **removeChildren** είναι τα αντίστοιχα που έχει το Group.

Ανάλυση Πεδίων

Το πεδίο name πρέπει να είναι πάντα δηλωμένο, ώστε να μπορεί να αναγνωρίζεται το αντίστοιχο Segment κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης. Τα υπόλοιπα αποτελούν προαιρετικά πεδία και δεν είναι απαραίτητο να διαθέτουν τιμές.

Για τη μάζα που διαθέτει ένα segment έχουμε το πεδίο mass που κρατάει τη τιμή της συνολικής μάζας. Επίσης το πεδίο centerOfMass δηλώνει τη τοποθεσία που βρίσκεται το κέντρο της μάζας του segment. Οι αρχικές τιμές της μάζας αλλά και της τοποθεσίας της είναι μηδέν ώστε να γνωρίζει ο κάθε σχεδιαστής ότι μπορεί να δώσει τις δικές του τιμές.

Το πεδίο momentsOfInertia αποθηκεύει ένα πίνακα από ροπές αδράνειας. Συγκεκριμένα αποτελείται από εννιά στοιχεία και αντιπροσωπεύονται σε έναν 3Χ3 πίνακα, τα τρία πρώτα στοιχεία αντιστοιχούν στη πρώτη γραμμή του πίνακα, τα τρία επόμενα στην μεσαία και τα τρία τελευταία στην τρίτη γραμμή.

Τα μοντέλα που είναι σχεδιασμένα ως ένα ενιαίο σώμα (mesh), θα διαθέτουν και αυτά Segment nodes ώστε να αποθηκεύεται ξεχωριστά για το κάθε κομμάτι η αντίστοιχη πληροφορία. Σε μια τέτοια περίπτωση τα Segment δεν διαθέτουν μέσα τους πληροφορία σχετική με τη γεωμετρία του αντικειμένου αλλά θα πρέπει να είναι παιδί του Joint node.

Όσο αφορά segments τα οποία παρουσιάζουν παραμόρφωση, τότε θα πρέπει το πεδίο coord να διαθέτει ένα Coordinate node το οποίο θα χρησιμοποιείται στο IndexedFaceSet του segment. Το Coordinate node θα πρέπει να έχει το ίδιο όνομα που έχει το DEF name του Segment αλλά με τη προσθήκη του προθέματος “_coords” για παράδειγμα “skull_coords” για το κρανίο.

SITE NODE

Ο συγκεκριμένος κόμβος προσφέρει αρκετά μεγάλη προσφορά καθώς εξυπηρετεί τρεις σκοπούς. Ο πρώτος είναι που καθορίζει το “end effector” το οποίο χρησιμεύει στα άκρα και στην κίνηση. Ο δεύτερος λόγος είναι για να ορίσει το σημείο σύνδεσης για διάφορα επιπλέον αντικείμενα όπως είναι τα ρούχα και τα κοσμήματα. Ο τρίτος σκοπός που εξυπηρετεί είναι για να καθορίσει την τοποθεσία που βρίσκεται η κάμερα αναφερόμενη στο πλαίσιο του segment που θέλει να δώσει μια οπτική γωνία, όπως για παράδειγμα θα μπορούσε να τοποθετηθεί στο κεφάλι για να έχει οπτική μέσα από τα μάτια του humanoid στον κόσμο που θα βρίσκεται.

Τα Sites αποθηκεύονται στο πεδίο children του Segment node καθώς εξαρτώνται από αυτά.

Το Site PROTO θα έχει την ακόλουθη μορφή:

```
PROTO Site [
  exposedField SFVec3f center 0 0 0
  exposedField MFNode children []
  exposedField SFString name ""
  exposedField SFRotation rotation 0 0 1 0
  exposedField SFVec3f scale 1 1 1
  exposedField SFRotation scaleOrientation 0 0 1 0
  exposedField SFVec3f translation 0 0 0
  eventIn MFNode addChilden
  eventIn MFNode removeChildren
]
```

Ορισμένα πεδία του Site ενσωματώνουν τις ίδιες παροχές με εκείνες του Transform node.

Τέτοια είναι τα **addChilden, center, children, removeChildren, rotation, scale, scaleOrientation, translation**.

Ανάλυση Πεδίων

- Τα πεδία rotation και translation του κόμβου χρησιμεύουν στη δήλωση της τοποθεσίας και τον προσανατολισμό που θα έχει ως το τέλος της επίδρασης που βρίσκεται στο πλαίσιο του Segment
- Το πεδίο children χρησιμοποιείται για να αποθηκεύει οποιοδήποτε διακοσμητικό στοιχείο (ρούχα, κοσμήματα) που μπορεί να προσκολληθεί σε ένα segment.
- Το πεδίο name δηλώνει το όνομα του Site που είναι απαραίτητο για να αναγνωρίζεται κατά την διάρκεια της εκτέλεσης. Όλα τα άλλα πεδία είναι προαιρετικά

Εάν χρησιμοποιούνται ως μέρη που βοηθούν στο να ξεχωρίζουν που τελειώνουν τα segments, θα πρέπει να διαθέτουν στο όνομα τους το όνομα του segment που αναφέρονται παίρνοντας και στο τέλος το “_tip”. Για παράδειγμα για να περιγράψουμε το δεξί δείκτη του δακτύλου θα πούμε “r_index_distal_tip” και το Site node θα είναι παιδί του “r_index_finger” του Segment.

Εάν χρησιμοποιηθούν για προσδιορίσουν την τοποθεσία της κάμερας, θα πρέπει να έχουν την κατάληξη “_view” μέσα τους. Τα Sites τα οποία δεν αποτελούν ούτε end effector αλλά ούτε camera locations θα πρέπει να διαθέτουν την κατάληξη “_pt”. Τέλος τα Sites που χρειάζονται στην λειτουργία μιας εφαρμογής και δεν αναφέρονται παραπάνω θα πρέπει να διαθέτουν το πρόθεμα “x_” στο όνομα τους για να ξεχωρίζουν ως άγνωστα.

Τα Sites που θα χρησιμοποιηθούν για να προσκολληθούν τα Viewpoint nodes μπορεί να είναι τα μάτια του ανθρωποειδούς. Θα πρέπει να είναι σωστά προσαρμοσμένη η περιήγηση τους ώστε να κοιτάνε στην ίδια κατεύθυνση που κοιτάει η κάμερα.

Με λίγα λόγια το αποτέλεσμα που θα έχουμε είναι ότι άμα προσκολλήσουμε το Viewpoint στο Site του αριστερού ματιού, θα λαμβάνουμε εικόνα που θα βλέπει από την οπτική γωνία του αριστερού ματιού.

Η αρχική θέση που έχει ένα Viewpoint node είναι 0 0 10 και το αρχικό orientation είναι 0 0 1 0. Για αυτό το λόγο όταν χρησιμοποιούνται μέσα στο Site node πρέπει να μην παραμένουν με τις αρχικές τους τιμές αλλά να αλλάζουν στις σωστές που χρειάζεται το κάθε ένα.

DISPLACER NODE

Η παραμόρφωση των σχημάτων ορισμένων Segments μπορεί είναι απαραίτητη για ορισμένες εφαρμογές. Το ίδιο το Segment node μας επιτρέπει την βασική προσέγγιση του μέσω του πεδίου coord που παίρνει ένα Coordinate node συμπληρώνοντας σε αυτό το point πεδίο του.

Ορισμένες φορές όμως μπορεί να χρειαστεί να παραμορφωθεί “εκτοπιστεί” μια συγκεκριμένη περιοχή σε ένα Segment, δηλαδή να επηρεαστεί μόνο ένα group από vertices. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η κίνηση των φρυδιών σε ένα κεφάλι, αφού όλα βρίσκονται στο ίδιο Segment πρέπει να καταλαβαίνει μια εφαρμογή ποια vertices μπορεί να επηρεάσει. Αυτή η πληροφορία μπορεί να κρατείται μέσα σε ένα node που ονομάζεται Displacer. Για κάποιο συγκεκριμένο Segment αποθηκεύονται τα Displacers nodes στο πεδίο displacers.

Η δήλωση PROTO του Displacer θα έχει τη μορφή:

```
PROTO Displacer [
  exposedField MFInt32 coordIndex [ ]
  exposedField MFVec3f displacements [ ]
  exposedField SFString name ""
]
```

Ανάλυση Πεδίων:

Το πεδίο name παρέχει το όνομα του Displacer που χρησιμεύει στην κατά την διάρκεια που τρέχει η εφαρμογή για την αναγνώριση του. Το ίδιο όνομα πρέπει να χρησιμοποιείται και τα στο DEF name του Displacer, όλα τα υπόλοιπα πεδία είναι προαιρετικά.

Το πεδίο **coordIndex** περιέχει τους δείκτες που αναφέρονται στα vertices του Segment ώστε να γνωρίζει πια θα επηρεάζει.

```
Displacer {
  coordIndex [ 7, 12, 21, 18 ]
  name "l_eyebrow_feature"
}
```

Παραπάνω έχουμε δηλώσει σε πια vertices του Segment αναφέρεται και τους δίνουμε το χαρακτηριστικό όνομα στο πεδίο name.

Το displacements πεδίο παρέχει τις τιμές που αναλογούν για κάθε στοιχείο του coordIndex, οι οποίες δείχνουν την τοποθεσία του στο χώρο. Οι τιμές αυτές αναπαριστούν τις μέγιστες τιμές εκτροπής, η εφαρμογή θα μπορεί να τις χρησιμοποιεί μετά όπως θέλει.

```
Displacer {
  coordIndex [ 7, 12, 21, 18 ]
  displacements [ 0 0.0025 0, 0 0.005 0, 0 0.0025 0, 0
0.001 0]
  name "l_eyebrow_raiser_action"
}
```

Η διαφορά που βλέπουμε παραπάνω σε σχέση με το προηγούμενο, είναι ότι έχουμε το πεδίο **displacements** που περιέχει τις εκτροπές που αναλογούν στο κάθε vertex. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα μετατοπιστούν και τα τέσσερα vertices στην κάθετη κατεύθυνση. Πιο αναλυτικά θα έχουμε την κορυφή με αριθμό 7 να εκτοπίζεται κατά 2.5 χιλιοστά στον κάθετο άξονα, η κορυφή 12 θα εκτοπιστεί κατά 5 χιλιοστά στον κάθετο άξονα, με τη σειρά της κορυφή 21 θα εκτοπιστεί κατά 2.5 χιλιοστά και τέλος η κορυφή 18 θα εκτοπιστεί κατά 1 χιλιοστό.

Το Displacer node μπορεί να χρησιμοποιηθεί με **τρεις** ξεχωριστούς τρόπους. Ο πιο γενικός τρόπος είναι ο διαχωρισμός των vertices ώστε να αξιοποιούνται από κάποια εφαρμογή με σκοπό την αλλαγή του displacements τους.

Ο **δεύτερος** τρόπος είναι η αναπαράσταση ενός συγκεκριμένου μυ, οποίος παρουσιάζει παραμόρφωση μέσω της κίνησης που εκτελεί, όπου μεταφράζεται σε εκτροπή των κορυφών σε διάφορες κατευθύνσεις.

Ο **τρίτος** τρόπος είναι η χρήση του Displacer για την πλήρη κάλυψη εκτροπών σε ένα Segment. Για παράδειγμα θα μπορούσε να υπάρχει ένας Displacer για αναπαράσταση της κάθε έκφρασης του προσώπου.

Οι Displacers που χρησιμοποιούνται για να αναγνωρίζουν μια ομάδα από vertices θα πρέπει να έχουν μια κατάληξη “_feature” στο όνομα τους, ενώ όσοι χρησιμοποιούνται για να μετακινούν μια ομάδα από vertices πρέπει να δίνεται στο όνομα τους η κατάληξη “_action” μαζί με ένα πρόθεμα μπροστά του που δηλώνει την ακριβές κίνηση όπως για παράδειγμα “l_eyebrow_raiser_action” που δηλώνει την ανύψωση του αριστερού φρυδιού. Όσοι έχουν μια συγκεκριμένη διαμόρφωση των κορυφών πρέπει να έχουν την κατάληξη “_config”.

Συνοψίζοντας οι Displacers χρησιμοποιούνται κυρίως για τον έλεγχο της μορφής του προσώπου, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν και για οποιοδήποτε μέρος του σώματος. Τέτοια χρήση μπορούν να έχουν στην αλλαγή του σχήματος του Segment του χεριού, ώστε να προσομοιώνει την αλλαγή του όγκου των μυών καθώς αυτοί διαστέλλονται και συστέλλονται.

HUMANOID NODE

Το Humanoid node χρησιμεύει στην αποθήκευση πληροφοριών που είναι εύκολα αναγνώσιμες από τους ανθρώπους. Τέτοιες είναι ο δημιουργός του μοντέλου και οι σχετικές πληροφορίες με τα δικαιώματα που δίνονται καθώς και οι αναφορές σε joints, segments και views. Επίσης χρησιμοποιείται και ως “δοχείο” για ολόκληρο το humanoid αφού βρίσκονται όλα τα υπόλοιπα Nodes μέσα του, αποτελώντας συνάμα και έναν εύκολο τρόπο μετακίνησης του humanoid μέσα στο χώρο.

Η μορφή PROTO που έχει το Humanoid node είναι η ακόλουθη:

```
PROTO Humanoid [
  field          SFVec3f    bboxCenter      0 0 0
  field          SFVec3f    bboxSize          -1 -1 -1
  exposedField   SFVec3f    center              0 0 0
  exposedField   MFNode     humanoidBody      [ ]
  exposedField   MFString   info               [ ]
  exposedField   MFNode     joints              [ ]
  exposedField   SFString   name               ""
  exposedField   SFRotation rotation          0 0 1 0
  exposedField   SFVec3f    scale              1 1 1
  exposedField   SFRotation scaleOrientation  0 0 1 0
  exposedField   MFNode     segments           [ ]
  exposedField   MFNode     sites              [ ]
  exposedField   SFVec3f    translation        0 0 0
  exposedField   SFString   version            "1.1"
  exposedField   MFNode     viewpoints         [ ]
]
```

Όπως έχουμε ήδη συναντήσει σε πολλά nodes έτσι και στο Humanoid έχουμε πολλά πεδία να είναι ίδια με τα πεδία του Transform node, τα οποία είναι τα ακόλουθα: **bboxCenter**, **bboxSize**, **enter**, **rotation**, **scale**, **scaleOrientation**, **translation** καθώς και τα **children** αποτελούν group από παιδιά viewpoints και humanoidBody.

Ανάλυση Πεδίων

Το πεδίο name πρέπει να είναι πάντα παρών ώστε να μπορεί να αναγνωρίζεται το ανθρωποειδές κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης. Τα υπόλοιπα πεδία μπορούν να παραμένουν και κενά λόγω του ότι είναι προαιρετικά.

Επίσης το Humanoid node μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τοποθέτηση του ανθρωποειδούς στο χώρο, το HumanoidRoot Joint χρησιμοποιείται συνήθως για τα animations που λαμβάνουν χώρα μέσα σε ένα σύστημα συντεταγμένων του humanoid όπως είναι για παράδειγμα το περπάτημα ή το πήδημα. Κατά τη διάρκεια που μετακινείται ολόκληρο το σώμα θα επηρεαστεί το HumanoidRoot Joint ενώ η μέση γραμμική ταχύτητα που περνάει από τη σκηνή θα επηρεάσει και το Humanoid node.

Το πεδίο humanoidBody περιέχει το HumanoidRoot node.

Το πεδίο version μας ενημερώνει σχετικά με την έκδοση της αναφοράς που υπακούει το Humanoid αρχείο. Η τρέχουσα έκδοση είναι η “1.1”.

Το πεδίο πληροφορίας info περιέχει ένα πίνακα από strings που το καθένα έχει τη μορφή “tag=value”. Τα στοιχεία που έχει αναγνωρίζονται σε :

- authorName
- authorEmail
- copyright
- creationDate
- usageRestrictions
- humanoidVersion
- age
- gender
- height
- weight

Επίσης μπορούν να προστεθούν και άλλα επιπλέον πεδία εάν είναι απαραίτητα. Το πεδίο humanoidVersion αναφέρεται στην έκδοση του humanoid που χρησιμοποιείται δίνοντας την πληροφορία έτσι σε ποια έκδοση βρίσκεται και τυχόν αναδρομή σε παλαιότερες εκδόσεις. Δεν πρέπει να συγχέεται με το πεδίο version του Humanoid node, καθώς εκείνο αναφέρεται στις προδιαγραφές του H-Anim που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του humanoid και όχι την χαρακτηριστική μορφή που έχει.

Το πεδίο **joints** περιέχει τις αναφορές όπως γίνεται για παράδειγμα με τα USEs και ισχύει για κάθε Joint node που υπάρχει στο σώμα. Η σειρά που αποθηκεύονται δεν έχει σημασία αφού το κάθε όνομα του joint βρίσκεται στο δικό του Joint node. Στην ίδια λογική λειτουργούν και τα πεδία **segments** όπου αναφέρονται στα Segment nodes του σώματος, το **viewpoints** που αναφέρεται στα Viewpoint node του αρχείου και το **sites** που αναφέρεται στα Sites nodes.

Στο Humanoid node πρέπει να δίνεται το DEF name ως “Humanoid” , έτσι ώστε να γίνεται εύκολα επιτρεπτό σε μια εφαρμογή να το αξιοποιήσει.

Μοντελοποίηση του Humanoid

Όσο αφορά τη μοντελοποίηση ενός ανθρωποειδούς ακολουθούνται κάποιοι κανόνες και τηρούνται κάποιες αρχές. Συγκεκριμένα το humanoid πρέπει να δημιουργηθεί σε όρθια στάση, κοιτώντας προς την θετική πλευρά του Z άξονα, ενώ η θετική πλευρά του Y άξονα βρίσκεται προς τα πάνω και η θετική πλευρά του X άξονα βρίσκεται στα δεξιά του humanoid. Η αρχική θέση του (0,0,0) πρέπει να βρίσκεται στο επίπεδο του εδάφους και μεταξύ των ποδιών του.

Τα πόδια του humanoid πρέπει να βρίσκονται παράλληλα στο επίπεδο του δαπέδου και απέχοντας μεταξύ τους απόσταση ίση όση απέχουν οι γοφοί σε πλάτος. Ο πάτος του ποδιού πρέπει να βρίσκεται στο $Y=0$ δηλαδή να ακουμπάει με τη πατούσα στον πάτο.

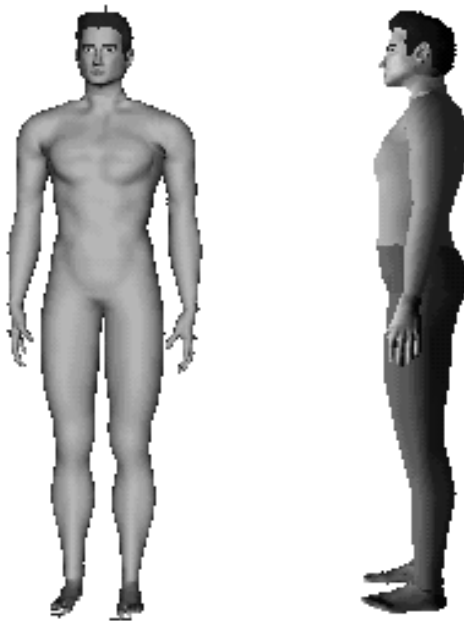
Τα χέρια πρέπει να είναι σε ευθεία και να βρίσκονται παράλληλα στα πλάγια του σώματος με τις παλάμες των χεριών να κοιτούν προς τα μέσα αντικρίζοντας τους μηρούς. Τα χέρια πρέπει να είναι επίπεδα έχοντας τα δάκτυλα τεντωμένα, δηλαδή από τους συνδέσμους “1” έως “3” που εντοπίζονται σε κάθε δάκτυλο θα πρέπει να είναι παράλληλα με τον άξονα Y , ενώ οι αντίχειρες βρίσκονται με κλίση γωνίας στις 45 μοίρες προς την θετική κατεύθυνση του Z άξονα. Το σύστημα αξόνων για κάθε joint του αντίχειρα είναι προσανατολισμένο ώστε να είναι ευθυγραμμισμένο με το συνολικό ανθρωποειδές.

Η κίνηση που γίνεται στο joint “0” των δακτύλων είναι πολύ περιορισμένη καθώς και ποικίλει η ακαμψία που παρουσιάζει το κάθε δάκτυλο.

Όσο αφορά το πρόσωπο πρέπει να σχεδιαστεί με τα φρύδια στην κανονική τους θέση, το στόμα κλειστό και τα μάτια ανοιχτά.

Το ανθρωποειδές πρέπει να φτιάχεται με αναφορά τα κανονικά μεγέθη ενός σώματος. Όλες οι διαστάσεις είναι σε μέτρα και συνήθως το μέσο ύψος ενός ανθρώπου είναι 1.75 μέτρα.

Απεικόνιση της θέσης του humanoid:



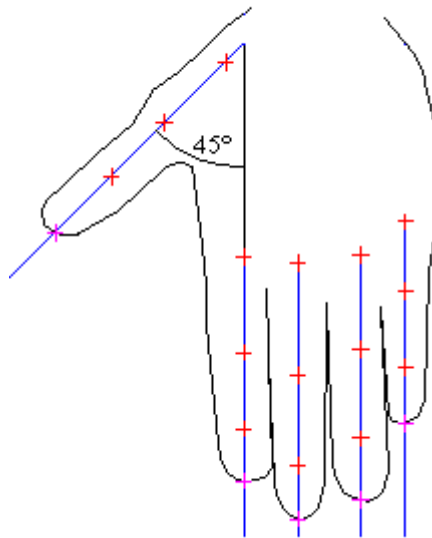
Εικόνα 19 - Απεικόνιση ανατομικής θέσης και στις δύο όψεις

Σε αυτή τη θέση, όλες τις γωνίες των joints πρέπει να είναι μηδενικές. Με άλλα λόγια θα πρέπει όλα τα rotation πεδία σε όλα Joint nodes να είναι στην αρχική τους τιμή η οποία είναι (0 0 1 0). Επίσης και τα πεδία translation πρέπει να αφεθούν στις αρχικές τους τιμές που είναι (0 0 0) αλλά και ο παράγοντας του scale που ελέγχει το μέγεθος θα πρέπει να είναι στην αρχική του τιμή που είναι (1 1 1). Το μόνο πεδίο που δεν διαθέτει κενές και default τιμές είναι το center, το

οποίο χρησιμοποιείτε ως το σημείο που θα περιστρέφεται ένα joint αλλά και τα παιδιά του που μπορεί να είναι άλλα joints ή και segments μέσα σε αυτό. Βάζοντας τις πληροφορίες των αρχικών τιμών που έχουν οι μεταβλητές θα πρέπει να γυρνάει το σώμα στην αρχική του τοποθεσία και να ταιριάζει στην περιγραφή που αναφέρθηκε νωρίτερα.

Η τοποθέτηση του center πεδίου σε κάθε joint θα πρέπει να είναι αντίστοιχη με αυτή των πραγματικών joint ώστε να περιστρέφονται φυσιολογικά και ρεαλιστικά.

Στην επόμενη εικόνα έχουμε την προβολή του χεριού και των αρθρώσεων του καθώς και τις πιθανές τοποθεσίες που προτείνονται για τα κέντρα των joint και τις άκρες των δακτύλων.



Εικόνα 20 - Απεικόνιση χεριού με προτεινόμενα κέντρα

Είναι καλό αλλά όχι απαραίτητο όλα τα segments του σώματος να φτιάχνονται το κάθε ένα στο μέρος που πρέπει. Έτσι αποφεύγεται η τυχόν ανάγκη για μετακίνηση, περιστροφή ή αλλαγή μεγέθους ώστε να ενώνονται με τα γειτονικά segments. Μπορούμε να δώσουμε ένα παράδειγμα για να καταλάβουμε τι εννοούμε. Το χέρι πρέπει να φτιαχτεί στην σωστή τοποθεσία σε σχέση με το βραχίονα καθώς και αυτός με τον άνω βραχίονα και ούτω κάθε εξής.

Όλες οι συντεταγμένες του σώματος έχουν μια κοινή αρχή, η οποία είναι το ίδιο το humanoid. Τέλος εάν αποτελεί δύσκολη διαδικασία για κάποιο εργαλείο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το Transform node μέσα σε κάθε segment ή ακόμα και η χρήση πάνω του ενός Transforms, ώστε να φτιαχτεί σωστά η γεωμετρία που ανήκει στο segment.

Joint Hierarchy

Τα Joints ακολουθούν μια ιεραρχία μεταξύ τους διαθέτοντας το καθένα κάποιο Segment ή όχι. Τα ονόματα επίσης που χρησιμοποιούνται είναι καθορισμένα και δεν γίνεται να αλλάξουν, αφού αποτελεί πρότυπο.

Το σώμα παρουσιάζεται σε μια δομή από εμφωλευμένα Joint nodes, τα οποία μπορούν να έχουν και άλλα nodes όπως Segments συσχετίζοντας τα έτσι μεταξύ τους. Παρακάτω παρουσιάζουμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού που εννοούμε:

```

...
DEF hanim_l_shoulder Joint { name "l_shoulder"
  center 0.167 1.36 -0.0518
  children [
    DEF hanim_l_elbow Joint { name "l_elbow"
      center 0.196 1.07 -0.0518
      children [
        DEF hanim_l_wrist Joint { name "l_wrist"
          center 0.213 0.811 -0.0338
          children [
            DEF hanim_l_hand Segment { name "l_hand"
              ...
            }
          ]
        }
      ]
    }
    DEF hanim_l_forearm Segment { name "l_forearm"
      ...
    }
  ]
}
DEF hanim_l_upperarm Segment { name "l_upperarm"
  ...
}
]
}
...

```

Αναφορικά έχουμε δηλωμένα Joints μέσα σε άλλα Joints, όπου στην κορυφή βρίσκεται ο ώμος ο οποίος έχει για παιδιά του, το Joint του αγκώνα αλλά και tosegment του άνω βραχίονα, ο αγκώνας με τη σειρά του έχει το Joint του καρπού και το segment του κάτω βραχίονα και τέλος ο καρπός δεν έχει άλλο Joint για παιδί του, έχει όμως το segment του χεριού.

Το H-Anim αποτελεί πρότυπο, επομένως όπως είναι αναμενόμενο θα έχει κάποια συγκεκριμένα ονόματα που χρησιμοποιούνται στη δομή του. Αυτά τα ονόματα χαρακτηρίζουν κάποια Joints, κατηγοριοποιώντας τα στη συνέχεια, σε σχετικά μεταξύ τους, θα έχουμε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία κάποιων ομάδων.

BODY

Η πρώτη ομάδα Joints που αναφέραμε δεν είναι άλλη από αυτή του βασικού σώματος που αποτελείται από τα πόδια, τα χέρια, τους σπόνδυλους καθώς και το βασικά μέρη του σώματος.

ΟΜΑΔΑ

ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΠΟΔΙ	l_hip	l_knee	l_ankle	l_subtal ar	l_midtar sal	l_metatarsal	
ΔΕΞΙ ΠΟΔΙ	r_hip	r_knee	r_ankle	r_subtal ar	r_midtar sal	r_metatarsal	
ΣΠΟΝΔΥΛΟ I	vl5	vl4	vl3	vl2	vl1		
ΣΠΟΝΔΥΛΟ I	vt12	vt11	vt10	vt9	vt8	vt7	
ΣΠΟΝΔΥΛΟ I	vc7	vc6	vc5	vc4	vc3	vc2	vc1
ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΧΕΡΙ	l_acromioclavicular	l_shoulder	l_elbow	l_wrist			
ΔΕΞΙ ΧΕΡΙ	r_acromioclavicular	r_shoulder	r_elbow	r_wrist			
ΚΕΝΤΡΙΚΑ	HumanoidRoot	Sacroiliac (pelvis)	skullbase				

Πίνακας 14 - Ομάδα σώματος. Περιέχει τα μέλη και τα ονόματα της.

Τα vl5 και sacroiliac Joints είναι παιδιά του HumanoidRoot το οποίο βρίσκεται στο πεδίο humanoidBody του Humanoid node. Τα υπόλοιπα Joints βρίσκονται κάτω από το sacroiliac ή το vl5. Στην περίπτωση που λείπουν αυτά τα Joints μπορούν να είναι παιδιά του HumanoidRoot.

HANDS

Εάν παρίστανται χέρια στο ανθρωποειδές θα πρέπει να έχουν ονόματα όπως είναι τα παρακάτω.

ΟΜΑΔΑ

ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΜΙΚΡΟ ΔΑΚΤΥΛΟ	l_pinky0	l_pinky1	l_pinky2	l_pinky3
ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΠΑΡΑΜΕΣΟΣ	l_ring0	l_ring1	l_ring2	l_ring3
ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΜΕΣΟΣ	l_middle0	l_middle1	l_middle2	l_middle3
ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ	l_index0	l_index1	l_index2	l_index3
ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑΣ	l_thumb1	l_thumb2	l_thumb3	
ΔΕΞΙ ΜΙΚΡΟ ΔΑΚΤΥΛΟ	r_pinky0	r_pinky1	r_pinky2	r_pinky3
ΔΕΞΙΟΣ ΠΑΡΑΜΕΣΟΣ	r_ring0	r_ring1	r_ring2	r_ring3
ΔΕΞΙΟΣ ΜΕΣΟΣ	r_middle0	r_middle1	r_middle2	r_middle3

ΔΕΞΙΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ	r_index0	r_index1	r_index2	r_index3
ΔΕΞΙΟΣ ΑΝΤΙΧΕΙΡΑΣ	r_thumb1	r_thumb2	r_thumb3	

Πίνακας 15 - Ομάδα χεριών. Περιέχει τα μέλη και τα ονόματα της.

FACE

Έχουν γίνει πολλές προσεγγίσεις για να εκφραστούν οι ανθρώπινες εκφράσεις του προσώπου με τη χρήση των στοιχείων του προσώπου. Η δομή που έχει στο H-Anim είναι σχετικά μια πολύ απλή και βασική, αφού διαθέτει απλά joints και segments για να επιτευχθεί το **facial animation**.

Η κύρια κίνηση του προσώπου οφείλεται κυρίως στους μυς από ότι σε joints για αυτό το λόγο μπαίνει η κατάληξη “_joint”, εξαίρεση σε αυτά αποτελεί το temporomandibular joint που είναι το σαγόκι και είναι το μόνο κομμάτι που είναι άρθρωση στο πρόσωπο. Η κατάληξη “_joint” μας βοηθά στο να καταλάβουμε την διασύνδεση που υπάρχει μεταξύ του joint και του αντίστοιχου segment που λαμβάνει δράση.

Όλα τα joints του προσώπου είναι παιδιά του **skullbase joint**. Το κέντρο περιστροφής του ματιού και του βλεφάρου είναι το γεωμετρικό κέντρο του οφθαλμού. Η περιστροφή του βλεφάρου είναι από την αρχή μηδέν, ενώ η θετική περιστροφή σε 180 μοίρες θα κλείσουν τελείως το μάτι. Τα φρύδια βρίσκονται και αυτά στις μηδέν μοίρες από προεπιλογή, μπορούν να περιστραφούν γύρω από τη μέση τους. Το στόμα είναι κλειστό όταν το temporomandibular joint βρίσκεται στις μηδέν μοίρες. Επομένως θα έχουμε για το πρόσωπο τα ονόματα:

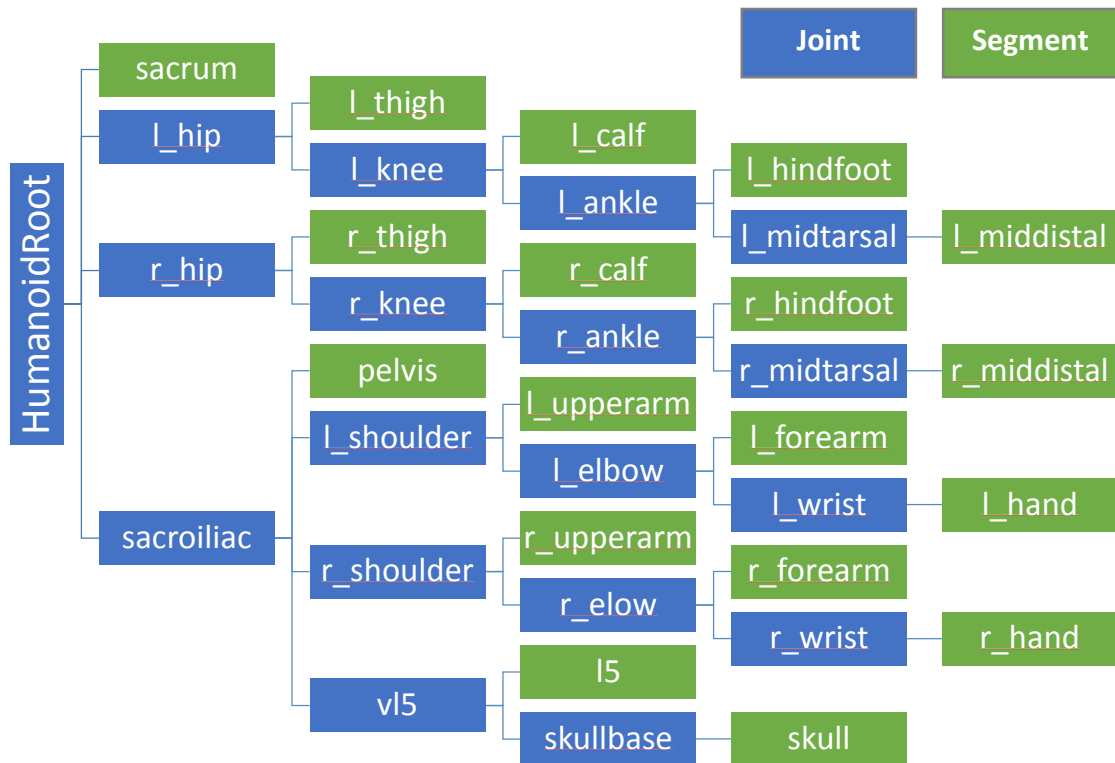
ΟΜΑΔΑ

ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΜΑΤΙ	l_eyeball_joint	l_eyebrow_joint	l_eyelid_joint
ΔΕΞΙ ΜΑΤΙ	r_eyeball_joint	r_eyebrow_joint	r_eyelid_joint
ΓΝΑΘΟΣ	temporomandibular		

Πίνακας 16 - Ομάδα προσώπου. Περιέχει τα μέλη και τα ονόματα της.

Επίσης είναι δυνατό να χρειάζονται επιπλέον facial joints στη δομή. Αυτά τα joints πρέπει να περιγράφονται στην αρχή του αρχείου και να εφαρμόζονται σε όλα τα humanoidς που μπορεί να υπάρχουν σε αυτό.

HIERARCHY



Εικόνα 21 - Απεικόνιση της ιεραρχίας του H-Anim

Παραπάνω έχουμε μια ιδέα από την απεικόνιση της ιεραρχίας που αναφερθήκαμε. Όπως παρατηρούμε έχουμε στην κορυφή το root όπου μέσα του διαθέτει ένα segment και τρία Joints, το κάθε joint εκτείνει το δικό του δένδρο αναπτύσσοντας έτσι το καθένα ξεχωριστό κομμάτι του σώματος. Για παράδειγμα αν ακολουθήσουμε τη διαδρομή του l_hip μέχρι τέλους, θα έχουμε την περιγραφή του αριστερού ποδιού.

Τέλος με μπλε χρώμα αναπαρίστανται τα Joints και με πράσινο τα Segments. Προφανώς δεν είναι η πλήρη απεικόνιση, αλλά ένα παράδειγμα ώστε να προβληθεί και να κατανοήσουμε τις δυνατότητες.

BULLET PHYSICS

Η Bullet είναι μια βιβλιοθήκη μηχανής φυσικής σχεδιασμένη σε C++, η οποία είναι ελεύθερη και ανοιχτή σε όλους, που ενδιαφέρονται και θέλουν να ασχοληθούν πάνω σε αυτή. Προσφέρει όπως οι υπόλοιπες μηχανές φυσικής, προσομοίωση όλων των φυσικών κανόνων που βασίζονται στον εντοπισμό συγκρούσεων, στην αλλαγή σχημάτων ενός σώματος τα λεγόμενα **soft body dynamics**, αλλά και στα άκαμπτα σώματα και τη μετακίνηση του γνωστά ως **rigid body dynamics** [22].

Επομένως συνοψίζοντας στα πλεονεκτήματα της έχουμε ότι είναι δωρεάν με πολλές δυνατότητες προσβασιμότητας και αλλαγών καθώς όμως και τη μεγάλη γκάμα που προσφέρει αλλά και αξιοπιστία στην προσομοίωση της.

Για αυτούς τους λόγους, έχει παρουσιαστεί να συμβάλει πολλές φορές στην ανάπτυξη των ηλεκτρονικών παιχνιδιών όσο και στην παραγωγή οπτικών εφέ σε ταινίες.

Δημιουργός της είναι ο Erwin Coumans, ο οποίος έχει δουλέψει σε μεγάλες εταιρείες όπως είναι η Sony Computer Entertainment US R&D από το 2003 έως το 2010, για την AMD έως το 2014 και τώρα για την Google.

Χαρακτηριστικά και δυνατότητες

- Προσομοίωση των soft και rigid body καθώς και συνεχόμενη ανακάλυψη συγκρούσεων
- Τα collision shapes δίνουν την δυνατότητα σε ένα αντικείμενο να αποκτήσει φυσική, που τους δίνεται μέσω ενός σχήματος όπως είναι η σφαίρα, το κουτί, ο κύλινδρος, ο κώνος καθώς και το convex που παίρνει το ακριβές σχήμα του αντικειμένου
- Τα soft bodies επιτρέπουν την υποστήριξη αντικειμένων και των συμπεριφορών τους όπως είναι τα ρούχα, σχοινιά και άλλα αντικείμενα που παρουσιάζουν παραμόρφωση
- Μια πλούσια συλλογή από περιορισμούς στη κίνηση των rigid body και soft body, καθώς όρια αλλά και κινητήρες
- Plugins για τα προγράμματα Maya, Softimage καθώς εμπεριέχεται και στα προγράμματα εφέ Houdini, Cinema4D, LightWave 3D και Blender αλλά εμπεριέχεται και η COLLADA 1.4
- Πρόσθετες προαιρετικές βελτιώσεις για το PlayStation 3 Cell SPU, CUDA και OpenGL

Χρήση της μηχανής σε Projects

Η μηχανή φυσικής Bullet όπως είναι αναμενόμενο έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά projects για να προσθέσει τους φυσικούς κανόνες και συμπεριφορές είτε σε ταινίες είτε σε παιχνίδια. Για να δείξουμε πόσο διαδεδομένη και σημαντική είναι θα παρουσιάσουμε μερικούς τίτλους εντελώς εγκυκλοπαιδικά.

Συμμετοχή σε παιχνίδια

Παρακάτω θα αναφέρουμε μερικά παιχνίδια που έχουν δημιουργηθεί από έμπειρους developers για διάφορες κονσόλες παιχνιδιών και υπολογιστές. Έτσι έχουμε:

- *Toy Story 3: The Video Game* από την Disney Interactive Studios
- *Grand Theft Auto IV, Grand Theft Auto V* και *Red Dead Redemption* της Rockstar Games
- *Trials HD* από τη RedLynx
- *Free Realms* της Sony Online Entertainment

- *HotWheels: Battle Force 5*
- *Gravitronix*
- *Madagascar Kartz* published της Activision
- *Regnum Online* από τη ngd Studios. Είναι ένα παιχνίδι MMORPG το οποίο στο τελευταίο του μεγάλο update άλλαξε τη μηχανή φυσικής του με την Bullet.

Συμμετοχή σε ταινίες

Όπως είναι φυσικό δεν θα μπορούσε να λείπει η παρουσία της Bullet από το χώρο του θεάματος, καθώς πολλά κινηματογραφικά στούντιο του Hollywood την έχουν χρησιμοποιήσει για τη δημιουργία ειδικών εφέ και προσομοίωση φυσικής σε 3D animations. Ταινίες που έχουν χρησιμοποιήσει την μηχανή φυσικής είναι:

- *2012* από τη Digital Domain
- *Hancock* από την Sony Pictures Imageworks
- *Bolt* από τη Walt Disney Animation Studios που χρησιμοποίησε τη Bullet στο Dynamica Maya plugin
- *The A-Team* από την Weta Digital
- *Sherlock Holmes* από τη Framestore
- *Megamind* και *Shrek 4* από τη PDI/DreamWorks

Τέλος η γλώσσα που είναι αναπτυγμένη η Bullet δεν μας επιτρέπει την άμεση χρήση της απευθείας σε εφαρμογές διαδικτύου. Επομένως αυτό που χρειαζόμασταν ήταν η μεταφορά της σε μια γλώσσα που θα είχε δυνατότητα να υποστηρίξει την παρουσία της στο διαδίκτυο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της JavaScript και συγκεκριμένα του **ammo.js**.

Ammo

Το ammo.js αποτελεί μια μεταφορά της μηχανής φυσικής Bullet σε JavaScript, όπου για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιήθηκε το Emscripten που συμβάλει πολύ στην μετατροπή κώδικα από C++ σε JavaScript χωρίς την παρουσία ανθρώπου που να τον ξαναγράφει όλον από την αρχή. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι πανομοιότυπο στην αρχική Bullet που ήταν σε C++ [23].

Το όνομα ammo είναι τα ακρωνύμια του “Avoided Making My Own js physics engine by compiling bullet from C++” όπου αποτελεί και λίγο χιουμοριστικό τίτλο ενώ παράλληλα έχει σχέση και με την Bullet καθώς με το ammo (πυρομαχικά) μας φέρνει στο μυαλό τη Bullet (σφαίρα).

Χρήση της

Το κύριο θέμα που συναντούμε είναι να θέλει κάποιος να γράψει τον κώδικα του σε C++ αλλά να τον χρησιμοποιήσει στο διαδίκτυο. Έτσι μπορεί να γίνεται compile του κώδικα στο

LLVM (Low Level Virtual Machine), να συνδέεται με τη bullet και να γίνεται compile σε JavaScript μέσω του emscripten.

Από την άλλη, αν προτιμά κάποιος να γράψει κώδικα σε JavaScript μπορεί μέσω της αυτόματης δημιουργίας συσχέτισης μεταξύ των γλωσσών. Υπάρχουν και παραδείγματα που μπορούν να είναι αρκετά χρήσιμα για τη μετατροπή του κώδικα.

Συμβατότητα των API και αντιμετώπιση προβλημάτων

Το ammo.js παράγει αυτόματα το API του από τον πηγαίο κώδικα της Bullet. Παρά όμως τις ομοιότητες που έχουν παρουσιάζουν έτσι και κάποιες διαφοροποιήσεις, που θα πρέπει να έχουμε υπόψη:

- Όλα τα στοιχεία του ammo.js μπορούν να γίνουν προσβάσιμα από την εντολή `Ammo.*` που βάζουμε στην κονσόλα του browser. Μέσω αυτού μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε όλα τα υπό-στοιχεία του που βρίσκονται σε αυτό, όπως το `Ammo.btVector3`
- Η χρήση των getter και setter συναρτήσεων επιτρέπει την πρόσβαση των μεταβλητών των κλάσεων.
- Οι συναρτήσεις που επιστρέφουν ή παίρνουν `float&` και `btScalar&` είναι σε μορφή `float`. Ο λόγος που είναι `float&` είναι επειδή η C++ έχει το `float*` με πιο ωραίο συντακτικό, όσο αφορά όμως την JavaScript θα χρειάζεται να γράφεται ένα σωρό φορές, που θα καλείται μια τέτοια συνάρτηση καθιστώντας το δύσχρηστο.
- Δεν εκτίθενται όλες οι κλάσεις, παρά μόνο αυτές που περιγράφονται στο `ammo.idl`.
- Όσο αφορά τη συσχέτιση μεταξύ των δύο γλωσσών για τους συντελεστές πράξεων έχουμε τον παρακάτω πίνακα:

OPERATOR	NAME IN JS
=	op_set
+	op_add
-	op_sub
*	op_mul
/	op_div
[]	op_get
==	op_eq

Πίνακας 17 - Αντιστοίχιση πράξεων και εξισώσεων στην Ammo

Συχνό φαινόμενο αποτελεί να ξεχάσει κανείς να γράψει τη λέξη "new" όταν δημιουργεί ένα νέο αντικείμενο για παράδειγμα ο παρακάτω τρόπος είναι λάθος

```
var vec = Ammo.btVector3(1,2,3); // Λείπει το "new"
```

Το παραπάνω σφάλμα μπορείς να μας δίνει ένα μήνυμα σφάλματος όπως το επόμενο

```
Cannot read property 'a' of undefined cannot read property 'ptr'  
of undefined
```

Η σωστή χρήση γίνεται παρακάτω της δημιουργίας αντικειμένου γίνεται παρακάτω:

```
var vec =new Ammo.btVector3(1,2,3); // Σωστή χρήση
```

Το ammo.js μας δίνει την φυσική αλλά το πρόβλημα είναι ότι δεν μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε απευθείας στο X3DOM διότι δεν υπάρχει άμεση συμβατότητα ώστε να κάνει εμφανή την κίνηση στην σκηνή.

BulletPhysicsJS

Το bulletphysics.js είναι η γέφυρα μεταξύ του κόσμου της φυσικής της Ammo δηλαδή και της X3D σκηνής μας, αφού μεταφέρει την προσομοίωση σε αυτή.

Η χρήση της είναι αρκετά απλή αφού τα Nodes που χρειάζονται μπαίνουν μέσα στην ίδια τη σκηνή, τα οποία τραβάει μετά και τα χρησιμοποιεί στο Ammo.js ώστε να επιτύχει την προσομοίωση όπου θα αναλάβει να ενημερώνει συνεχώς τη σκηνή ώστε να συμβαδίζει.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Τα κύρια Nodes components που συναντάμε για την λειτουργία της είναι collidableShape, rigidbody, collisionSensor

- **CollidableShape:** Αποτελεί την μεταφορά του εικονικού σχήματος σε αυτό της φυσικής. Με άλλα λόγια αντιγράφει τα χαρακτηριστικά του transform node
- **Rigidbody:** Είναι η επιπλέον πληροφορία που χρειάζεται για το collidableShape όπως η μάζα και άλλες παράμετροι. Βρίσκεται μέσα σε μια συλλογή από rigidbodies που επηρεάζονται από την ίδια βαρύτητα
- **CollisionSensor:** Αποτελεί μια συλλογή από collidableShapes που αντιλαμβάνονται τη σύγκρουση
- **Joints:** Αποτελεί μια ειδική κατηγορία από πολλαπλά nodes για την αναπαράσταση αρθρώσεων όπως το **SingeAxisHingeJoint**

ΣΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΌΡΙΑ

Όπως αναφέραμε έχουμε δύο κύριες λειτουργίες τα σώματα συγκρούσεων και τα όρια που παρεμβάλλονται ανάμεσα σε δύο όρια, σχηματίζοντας έτσι διαφορετικά είδη αρθρώσεων με ξεχωριστές ιδιότητες το καθένα.

Παρακάτω θα δούμε την διασύνδεση-αντιστοίχιση που γίνεται μεταξύ του **X3D** και του **Ammo**.

Collidable Shapes

<i>X3D</i>	<i>Ammo</i>
<i>Sphere</i>	btSphereShape
<i>Box</i>	btSphereShape
<i>Cylinder</i>	btCylinderShape
<i>Cone</i>	btConeShape
<i>IndexedFaceSet</i>	btConvexHullShape
<i>'Not exist'</i>	btCapsuleShape

Πίνακας 18 - Αντιστοίχιση σε σώματα μεταξύ του X3D και Ammo.

Constraints-Joints

<i>X3D</i>	<i>Ammo</i>
<i>BallJoint</i>	btPoint2PointConstraint
<i>SliderJoint</i>	btSliderConstraint
<i>MotorJoint</i>	btGeneric6DofConstraint
<i>UniversalJoint</i>	btUniversalConstraint
<i>SingleAxisHingeJoint</i>	btHingeConstraint
<i>DoubleAxisHingeJoint</i>	btHingeConstraint

Πίνακας 19 - Αντιστοίχιση σε αρθρώσεις και περιορισμούς μεταξύ του X3D και Ammo.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

Έχοντας απώτερο σκοπό την χρήση της φυσικής για τη δημιουργία ενός ragdoll, χρειάστηκε η αλλαγή και βελτίωση του JavaScript bulletphysics ώστε να λειτουργεί πιστά πιο σωστά στην κίνηση που λαμβάνει από το ammo.

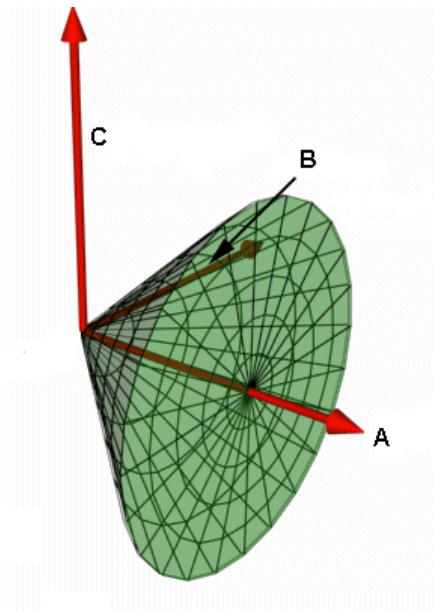
Αυτό σημαίνει ότι χρειάστηκε να αλλάξει τόσο και στη μεταφορά της κίνησης όσο και σε μερικά πιο μικρά θέματα που αφορούσαν τα constraints κυρίως, όπως πως θα δέχεται τα anchorPoints κ.α.

Μια όμως από τις πιο σημαντικές προσθήκες ήταν αυτή του **coneTwistJoint**.

Το coneTwistJoint χρησιμεύει ώστε να αναπαριστά την κίνηση που γίνεται στο πάνω μέρος των χεριών και ποδιών. Αποτελεί σημαντικό constraint για τη σωστή προσομοίωση και απεικόνιση του ανθρώπινου σώματος. Αυτός είναι και ο λόγος που συμπεριλήφθηκε στη bulletphysics.

Cone Twist Joint

Είναι ειδικό point-to-point constraint το οποίο προσθέτει σαν όρια στους άξονες έναν κώνο και πόση συστρόφη θα κάνει. Για την δημιουργία του απαιτεί τα δύο **σώματα** (rigid bodies) που λαμβάνουν μέρος καθώς και τα frames που τα χαρακτηρίζουν [24].



Εικόνα 22 - Απεικόνιση της κωνικής άρθρωσης

Ορίσματα

Τα ορίσματα που χαρακτηρίζουν τον constructor είναι τα ακόλουθα:

- anchorPoint1
- anchorPoint2
- euler1
- euler2
- swingSpan1
- SwingSpan2
- twistSpan

Τα anchorPoint καθορίζουν που θα δημιουργηθεί ο δεσμός μεταξύ των δύο σωμάτων, έχοντας ως αφετηρία το δικό του σώμα το καθένα αντίστοιχα. Το όρισμα euler είναι η γωνία που δίνουμε για το καθένα δημιουργώντας σε συνδυασμό με τα anchorPoints ένα frame για το κάθε σώμα.

Τα όρια που δέχεται ως παράμετροι είναι τρία. Τα δύο πρώτα τα swingSpan είναι που καθορίζουν τη γωνία που θα επιτρέψει να κινείται στους άξονες Y και Z διαμορφώνοντας έτσι τον κώνο ενώ το twistSpan καθορίζει την περιστροφή στον X άξονα.

RAGDOLL

Εισαγωγή

Είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται κυρίως στα ηλεκτρονικά παιχνίδια, όπου περιγράφει χαρακτήρες που πέφτουν καθώς και τα μέρη του σώματος αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον αφού πεθάνουν. Ο στόχος τους εκεί είναι να προσομοιώσουν πιο ρεαλιστικά άψυχα σώματα στην κίνηση.

Πιο αναλυτικά το ragdoll αποτελεί ένα ανδρείκελο, είναι δηλαδή ένα ομοίωμα του ανθρώπινου σώματος με τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει. Ας φανταστούμε λοιπόν μια κούκλα που μπορούμε να την πετάμε σε έναν χώρο, αντιδρώντας στην κίνηση της όπως ένας άνθρωπος.

Τέτοιου είδους κούκλες έχουν ως στόχο την προσομοίωση της ανθρώπινης κίνησης και συμπεριφοράς, με περαιτέρω σκοπό την μελέτη και έρευνα.

Δομή

Η δομή της είναι απλή αφού αντιγράφει την ανθρώπινη σύσταση του σώματος. Έτσι διαθέτει:

- Κεφάλι
- Κορμό
- Χέρια
- Λεκάνη
- Πόδια

Όλα αυτά ενώνονται κατάλληλα μεταξύ τους, με τους σωστούς δεσμούς, έχοντας έτσι αποκτήσει την λειτουργία της κίνησης.

Χρήση

Γενική

Τα ragdolls συναντιόνται ως άψυχα σώματα σε πολλά παιχνίδια, μην έχοντας κάποιον ιδιαίτερο σκοπό, μιμούμενα απλώς την κίνηση που θα έκανε ένα ανθρώπινο σώμα πετώντας το από εδώ και από εκεί.

Υλοποίηση

Αυτό που θα προσπαθήσουμε να κάνουμε είναι να υλοποιήσουμε μια τέτοια προσέγγιση με τις τεχνολογίες που προαναφέραμε, έχοντας στόχο την απλότητα και την σωστή λειτουργία στο σημείο που μας επιτρέπεται.

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ RAGDOLL

Εισαγωγή

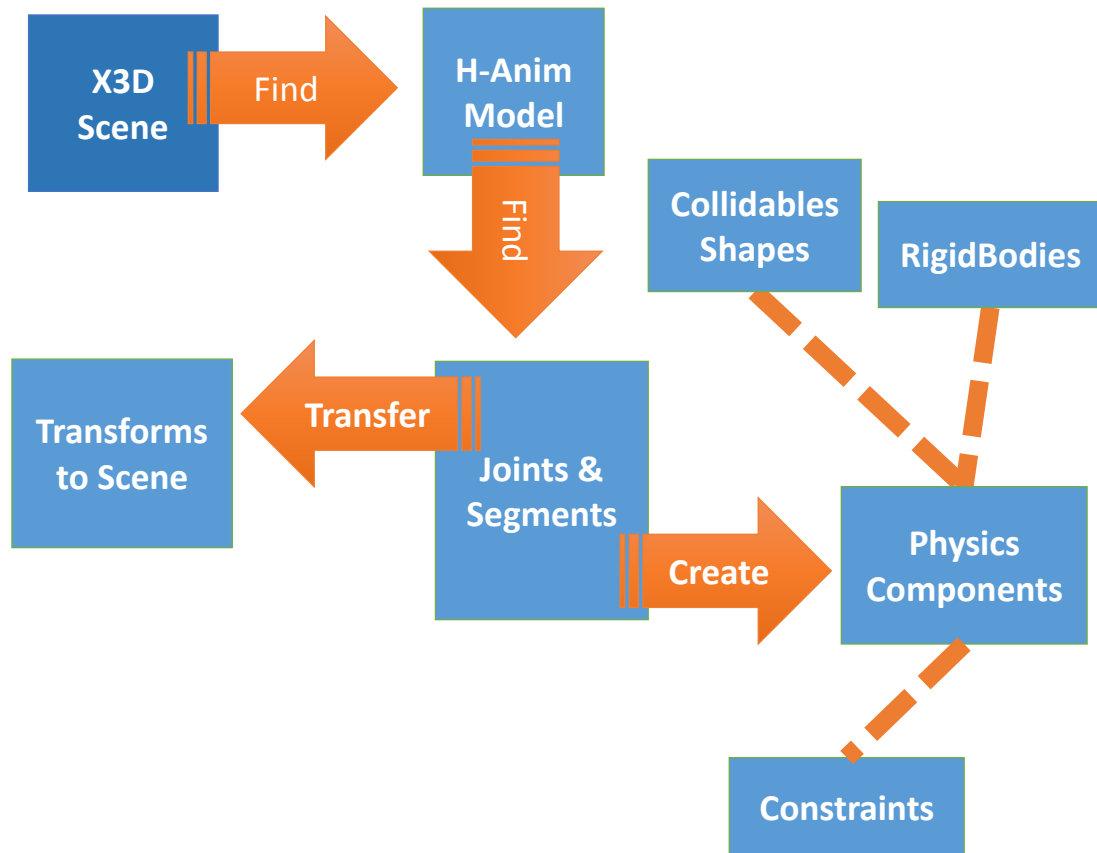
Η εργασία που ακολούθησε, αφού ήταν εφικτή η δημιουργία ενός απλού συμβατικού ragdoll καθώς και η κατανόηση του καλύπτοντας τις ανάγκες που παρουσίασε για την σωστή λειτουργία του.

Η μελέτη για προσθήκη δυνατότητας δυναμικής δημιουργίας ragdoll χρησιμοποιώντας κάποιο μοντέλο που ακολουθεί το πρότυπο H-Anim επεξηγείται παρακάτω αναλύοντας την αρχιτεκτονική που έχει δημιουργηθεί.

Αρχιτεκτονική ανάλυση

Λογική σχεδιάγραμμα

Παρακάτω παρουσιάζεται η συνολική λογική που ακολουθείται για την συγκεκριμένη υλοποίηση.



Εικόνα 23 - Απεικόνιση της αρχιτεκτονικής δημιουργίας ragdoll αξιοποιώντας το H-Anim

Αυτό που βλέπουμε στο σχεδιάγραμμα είναι μια συνοπτική απεικόνιση του τι ακριβώς γίνεται.

Αρχικά έχουμε την σκηνή μας όπου περιέχει όλα τα αντικείμενα που λαμβάνουν χώρα και δράση σε αυτήν.

Παρακάτω έχουμε τη σειρά που ακολουθούνται οι ενέργειες που λαμβάνουν χώρα στη σκηνή:

- Χρησιμοποιώντας λοιπόν σε αυτήν μια μέθοδο εντοπίζουμε όλα τα H-Anim μοντέλα που υπάρχουν.
- Για κάθε μοντέλο εκτελείται ξεχωριστά η εύρεση όλων των συνδέσμων και τμημάτων του, αποθηκεύοντας τα σε σωστές δομές για την κατάλληλη μετέπειτα χρήση τους.
- Το ακόλουθο βήμα είναι η μεταφορά του Transform node που διαθέτει το κάθε segment (τμήμα) στην σκηνή ώστε να μπορεί να συνεχίσει η διαδικασία για την χρήση φυσικής προσομοίωσης.
- Αφού μεταφερθούν στη σκηνή, θα ξεκινήσει η διαδικασία αρχικοποίησης των στοιχείων για την προσομοίωση της φυσικής.
- Με αυτή την ενέργεια αντλούμε από το μοντέλο πληροφορίες για την δημιουργία του ragdoll όπως είναι η τοποθεσία των joints η μάζα και άλλα.

- Έτσι μπορούμε και δημιουργούμε τα κατάλληλα συστατικά για την σωστή λειτουργία του τελικά.

Το μετέπειτα αποτέλεσμα θα είναι να έχουμε αποτυπώσει το μοντέλο του humanoid σε μορφή που θα μπορεί να αξιοποιηθεί από τη φυσική.

Μοντέλα H-Anim

Τα μοντέλα έχουν σχεδιαστεί με τις προοπτικές και τα πρότυπα που χαρακτηρίζει το ISO H-Anim. Αυτό σημαίνει πως ότι μοντέλα και να έχουν σχεδιαστεί θα είναι συμβατά για την σωστή επεξεργασία και χρήση τους.

Παραδείγματα

Αξίζει να αναφέρουμε τα παραδείγματα μοντέλων H-Anim που υπάρχουν ελεύθερα στην ιστοσελίδα του web3d. Στο συγκεκριμένο χώρο βρίσκονται πολλά και διάφορα αρχεία, λίγα όμως είναι έγκυρα με το πρότυπο. Συγκεκριμένα αφότου μελετήθηκαν όλα και ζυγίστηκαν ως προς την καλύτερη και αξιοποιήσιμη χρήση τους. Αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί η σειρά των κορεάτικων μοντέλων που αποτελούνται από μια ντουζίνα 3D χαρακτήρων παιχνιδιών, οι οποίοι δημιουργήθηκαν από κάποιο σχεδιαστικό εργαλείο και στη συνέχεια ενσωματώθηκε πάνω τους το πρότυπο μετατρέποντας τα έτσι σε X3D H-Anim μοντέλα.

Τα συγκεκριμένα μοντέλα στο σύνολο τους είναι δώδεκα και το κάθε ένα αποτελεί ξεχωριστό χαρακτήρα με διαφορετικά σχήματα και textures [25].

ΜΕΡΟΣ 3^ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αφού ολοκληρώθηκαν όλα τα προηγούμενα που ήταν απαραίτητα για τη χρήση των περαιτέρω διενεργειών, θα αναφέρουμε το τελικό αποτέλεσμα.

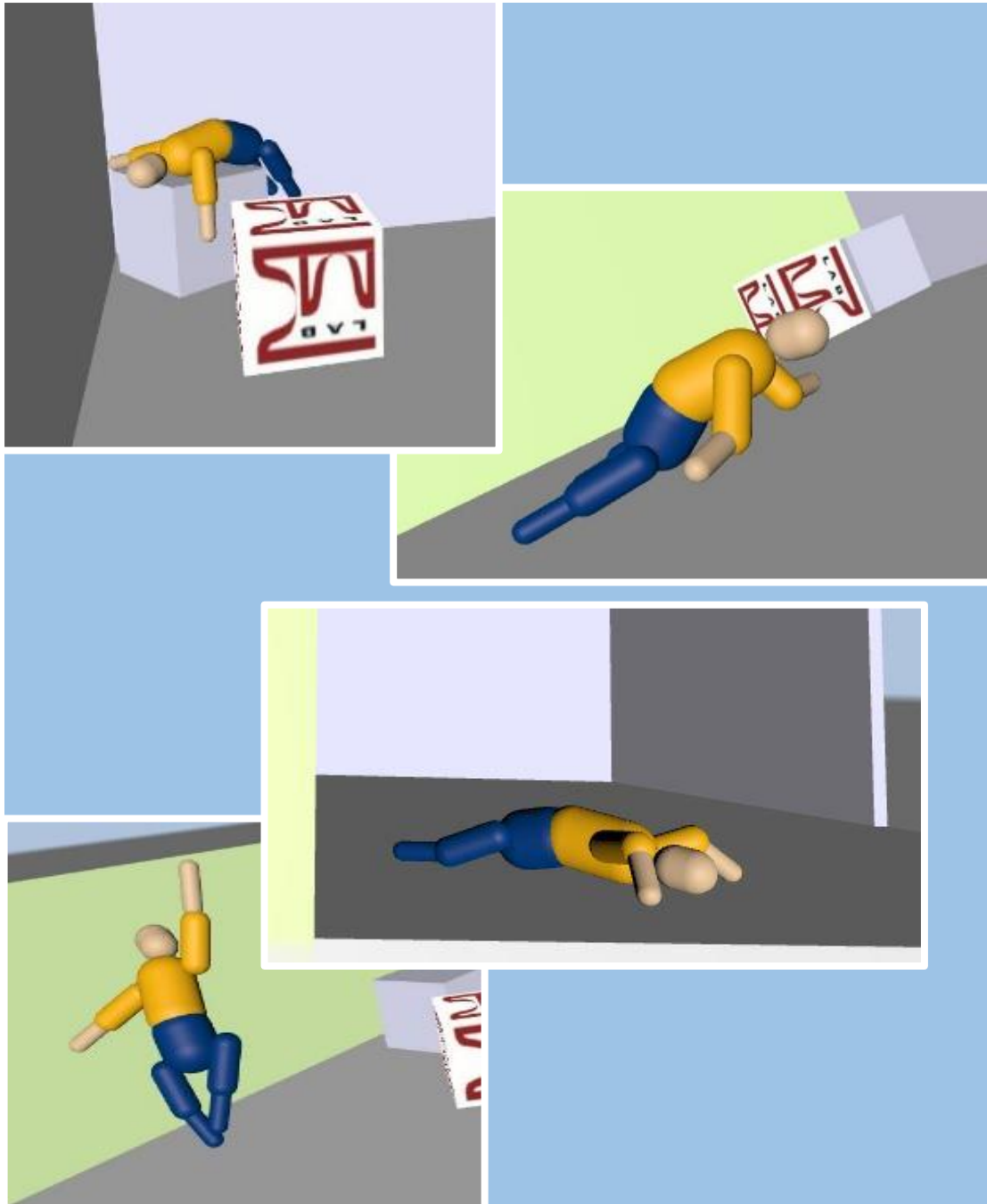
Αρχικά έχουμε ένα απλό λειτουργικό ragdoll ως αρχική προσέγγιση της έννοιας και της ιδέας, ελέγχοντας συνάμα την λειτουργικότητα και επίδοση των προηγούμενων πραγμάτων που εφαρμόστηκαν άλλαξαν, όπως για παράδειγμα στην φυσική.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί το σύνθετο και αυτοματοποιημένο ragdoll που θα είναι βασισμένο στο H-Anim μοντέλο και θα γίνεται δυναμικά.

Απλό ragdoll

Το συγκεκριμένο ragdoll φτιάχτηκε αποκλειστικά στο χέρι τοποθετώντας απλά σχήματα για αναπαράσταση των τμημάτων του (segments) προσθέτοντας και χρώμα σε αυτά για την καλύτερη απεικόνιση του.

Βρίσκεται σε έναν εικονικό χώρο με πάτωμα και μερικούς τοίχους ώστε να το κρατά σταθερό και να μην πέφτει στο κενό. Επίσης υπάρχουν και κάποια αντικείμενα για αλληλεπίδραση όπως κουτιά. Παρακάτω έχουμε εικόνες από το συγκεκριμένο:



Εικόνα 24 - Απεικόνιση του απλού ragdoll στη σκηνή

H-Anim ragdoll

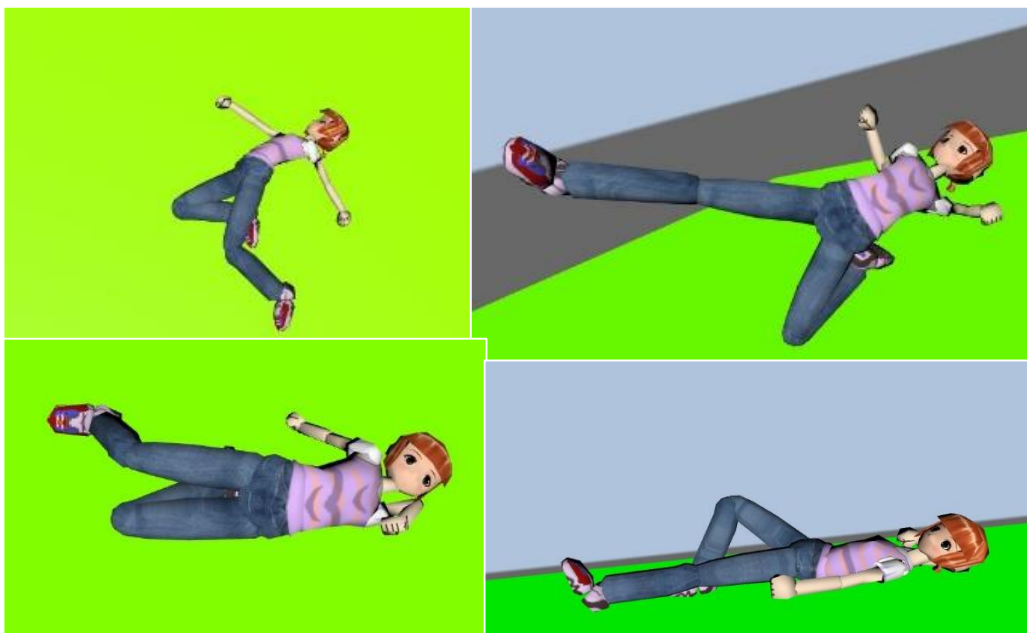
Το H-Anim μοντέλο μπορεί να μας προσφέρει όλες τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε προκειμένου να δημιουργήσουμε το ragdoll. Τα σχήματα του μπορεί να είναι είτε απλά είτε πιο σύνθετα, όπως για παράδειγμα της μορφής indexedFaceSet που είναι μια ακανόνιστη μορφή ένα mesh στην ουσία. Μπορούν να διαθέτουν εικόνες για textures προσφέροντας τους έτσι μια πιο ρεαλιστική εικόνα χαρακτηριστική ως ανθρώπινο ον.

Η διασύνδεση τους γίνεται μέσω απλών ή πιο πολύπλοκων συνδέσμων που έχουν ως σκοπό τη χρήση τους ώστε να κρατούν τα μέλη συνδεδεμένα προσφέροντας συνάμα και τη σωστή κίνηση περιορισμένη από όρια.

Οι πληροφορίες που σχετίζονται με τη δημιουργία και λειτουργία του ragdoll δεν είναι απαραίτητο να υπάρχουν οπωσδήποτε μέσα στο H-Anim ως πληροφορία καθώς δεν είναι αναγκαστικό, αλλά θα αποτελούσε καλό. Αν βέβαια δεν υπάρχουν τότε χρησιμοποιούνται εναλλακτικές σταθερές τιμές.

Όπως και στο απλό ragdoll έτσι και σε αυτό το έχουμε σε ένα εικονικό χώρο με πάτωμα ώστε να μην πέφτει στο κενό, προκαλώντας έτσι συγκρούσεις και προσομοίωση με το χώρο.

Παρακάτω έχουμε στιγμιότυπα εικόνων:



Εικόνα 25 - Απεικόνιση H-Anim μοντέλου μέσα από την εφαρμογή

Επίσης μερικές εικόνες από άλλα μοντέλα που είναι διαθέσιμα:



Εικόνα 26 - Απεικόνιση επιπλέον H-Anim μοντέλων

Συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση του πρακτικού μέρους αλλά και την μελέτη που έγινε στο πρώτο μέρος για την λειτουργία και συμπεριφορά του ανθρωπίνου σώματος στην κίνηση. Μπορούμε να εκφέρουμε άποψη και να έχουμε μια ιδέα για το πώς λειτουργεί ως μια προσομοίωση της συμπεριφοράς της ανθρώπινης κίνησης.

Η λειτουργικότητα που επιτεύχθηκε είναι αρκετά ικανοποιητική και πιστή στην ανθρώπινη κίνηση, αφού σχεδιάστηκε να είναι όσο πιο πιστό γινόταν.

Η απεικόνιση και παρουσίαση του ανθρωπίνου σώματος είναι σχετικά πολύ πιο εύκολη με τη χρήση του H-Anim προτύπου αφού συγκεκριμενοποιεί και συμμαζεύει όλες τις πληροφορίες που απαρτίζουν ένα ανθρώπινο σώμα, καθορίζοντας τα έτσι σε μια απλή και καθαρή δομή που μπορεί να μας βοηθήσει στην οργάνωση και κατανόηση.

Με τη βοήθεια και χρήση της bullet physics επιτυγχάνουμε την φυσική προσομοίωση, με τις κατάλληλες αλλαγές και παραμετροποιήσεις μπορέσαμε να αλλάξουμε προς το καλύτερο την λειτουργία και να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα που αφορούν και το ragdoll.

Η διασύνδεση του H-Anim μοντέλου και της φυσικής έγινε με το JavaScript που αναπτύξαμε, έχοντας απλή την χρήση του και καθιστώντας το πιο έγκυρο στις μετατροπές και υπολογισμούς γλυτώνοντας έτσι και σημαντικό χρόνο από τον χρήστη.

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΛΕΨΕΙΣ

Το κεντρικό concept και ιδέα που ήταν να γίνει, έγινε από εκεί και πέρα υπάρχουν πολλές προοπτικές να βελτιωθεί, τόσο στη φυσική όσο και σε άλλα μέρη. Επίσης θα μπορούσαν να δημιουργηθούν και επιπλέον μοντέλα για χρήση.

Οι χρησιμότητες που θα μπορούσε να βρει είναι πολλές. Σε πολλούς τομείς χρειάζεται μια προσομοίωση της ανθρώπινης κίνησης, είτε για μελέτη ή παρατήρηση, είτε για πειραματισμούς και πρόληψη όπως είναι αυτοκινηστικά δυστυχήματα όπου μπορεί να υπολογισθεί η ζημιά που γίνεται και πώς να αποφευχθεί στο ελάχιστο δυνατό, εφαρμόζοντας τις κατάλληλες ενέργειες.

Θα μπορούσε να σηματοδοτήσει αρκετές εύκολες εφαρμογές και βασισμένες στο web που θα προσφέρανε μεγάλη ευελιξία και πρόσβαση από παντού. Οι δυνατότητες και προοπτικές είναι πολλές που μπορούν να δοθούν.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

JavaScript

Αποτελεί μια ευρέως γνωστή και διερευνημένη γλώσσα προγραμματισμού στον κόσμο της πληροφορικής. Σε πρώτη φάση αποτέλεσε κομμάτι της υλοποίησης των browsers, όπου θα υποστήριζε την ασύγχρονη ανταλλαγή δεδομένων καθώς και να αλλάζουν δυναμικά τα περιεχόμενα του εγγράφου που εμφανίζεται στον χρήστη.

Η JavaScript βασίζεται στο προγραμματισμό με πρωτότυπα, είναι δυναμική, με ασθενείς τύπους και διαθέτει συναρτήσεις ως αντικείμενα πρώτης τάξης. Συντακτικά παρουσιάζει ομοιότητα με τη C, καθώς όμως αντιγράφει και πολλά ονόματα και συμβάσεις ονοματολογίας από τη Java, γενικά όμως δεν έχουν κάποια ιδιαίτερη σχέση, καθώς διαθέτουν διαφορετική σημασιολογία παρά την ομοιότητα που παρουσιάζουν και στα ονόματα τους.

Οι βασικές αρχές της JavaScript προέρχονται από τις γλώσσες Self και Scheme. Αποτελεί μια πολύ δυνατή γλώσσα και αρκετά ευέλικτη καθώς, είναι βασισμένη σε διαφορετικά προγραμματιστικά παραδείγματα, υποστηρίζοντας παράλληλα αντικειμενοστραφές, προστακτικό και συναρτησιακό στυλ προγραμματισμού.

Η JavaScript χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλούς της πληροφορικής και της ανάπτυξης διάφορων εφαρμογών. Εκτός από ιστοσελίδες που είναι και πιο γνωστή κυρίως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και εφαρμογές εγγράφων PDF, εξειδικευμένους browsers καθώς και μικρές εφαρμογές της επιφάνειας εργασίας, αλλά και η αξιοποίηση της ως εναλλακτική γλώσσα προγραμματισμού σε διάφορες πλατφόρμες και IDE για παράδειγμα στο Unity.

Η υποστήριξη και η δυνατότητα που έχουν παρουσιάσει οι νεότερες εικονικές μηχανές και η ανάπτυξη JavaScript όπως του Node.js, την έχουν κάνει πολύ δημοφιλή για ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών στην πλευρά του server που την φιλοξενεί.

Η γλώσσα προγραμματισμού από όπου επηρεάστηκε στην αρχή η ανάπτυξη της JavaScript ήταν η C. Στην συνέχεια εξελίχθηκε και ενσωμάτωσε χαρακτηριστικά και δυνατότητες που

παρουσιάζουν πιο σύγχρονες γλώσσες. Αρχικά αξιοποιήθηκε από την πλευρά του πελάτη (client) που ήταν ο browser του χρήστη και έτσι χαρακτηρίστηκε ως client-side γλώσσα προγραμματισμού. Πράγμα που σημαίνει ότι η επεξεργασία του κώδικα αλλά και η παραγωγή της εμφάνισης του τελικού περιεχομένου HTML δεν γίνεται στον διακομιστή αλλά στον browser των επισκεπτών της σελίδας. Σε αντίθεση έχουμε γλώσσες όπως η PHP που εκτελείται ο κώδικας τους στον server και όχι στον client (server-side).

Οι γλώσσες JavaScript και Java πολλές φορές συγχέονται λανθασμένα κυρίως λόγω της ομοιότητας που παρουσιάζουν στα ονόματά τους. Καταρχήν η Java αποτελεί τελείως ξεχωριστή γλώσσα προγραμματισμού, έχοντας τελείως διαφορετικές εφαρμογές και χρήσεις. Η ύπαρξη του ονόματος Java εξυπηρετεί τη σχέση με το προφίλ του προϊόντος και όχι κάποια συμβατότητα ή σχέση μαζί της. Δεύτερο λόγο παίζουν οι επιρροές που έχουν δεχθεί από την γλώσσα προγραμματισμού C, τόσο η Java όσο και η JavaScript στο συντακτικό, ενώ και οι δυο είναι αντικειμενοστραφείς γλώσσες. Επίσης η γραφή της λέξης JavaScript ως δύο ξεχωριστές λέξεις είναι λανθασμένος καθώς έτσι αναφέρεται σε κάτι τελείως διαφορετικό.

Η χρήση του κώδικα JavaScript σε μια σελίδα σηματοδοτείται από τις ετικέτες της HTML `<script type="text/javascript">` όπου ανοίγει το μέρος του κώδικα που μπορούμε να γράψουμε μέσα στα tag αυτά καθώς καταλαβαίνουμε και που κλείνει από το `</script>`. Ένα παράδειγμα είναι το παρακάτω όπου ο κώδικας σε JavaScript θα εμφανίσει Hello world σε μήνυμα alert στην ιστοσελίδα.

```
<script type="text/javascript">
alert("Hello world");
</script>
```

Για την χρήση κώδικα που διαθέτει πάνω από μια εντολές χρησιμοποιείται το ελληνικό ερωτηματικό «;» για τον διαχωρισμό τους, εάν είναι η τελευταία εντολή δεν χρειάζεται να τοποθετηθεί. Επίσης μια ιδιότητα που έχουν οι πιο σύγχρονοι browsers είναι να μην χρειάζονται τα ερωτηματικά για να διαχωρίζουν τις εντολές.

Μια άλλη δυνατότητα που παρουσιάζει η JavaScript πολύ σημαντική είναι οι συναρτήσεις, όπου με τη βοήθεια τους μπορούμε να καλούμε πολλές φορές και πολύ εύκολα μια διαδικασία, απλά καλώντας το όνομα της με τις μεταβλητές που τυχόν χρειάζεται. Παρακάτω έχουμε μια αναδρομική συνάρτηση όπου θα καλεί τον εαυτό της, ώσπου να μην το επιτρέπει άλλο η συνθήκη που έχει, με αποτέλεσμα να ανακαλείται κάθε φορά και να γυρνά προς τα πίσω.

```
function factorial(n) {
    if (n === 0) {
        return 1;
    }
    return n * factorial(n - 1);
}
```


ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] «Wikipedia Biomechanics,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Biomechanics>.
- [2] «Wikipedia Kinesiology,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Kinesiology>.
- [3] «Wikipedia Dynamics,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available:
[https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamics_\(mechanics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamics_(mechanics)).
- [4] «Wikipedia Torque,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Torque>.
- [5] «Wikipedia Rotation,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Rotation>.
- [6] «Wikipedia Angular velocity,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available:
https://en.wikipedia.org/wiki/Angular_velocity.
- [7] «Wikipedia Linear motion,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available:
https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_motion.
- [8] «Wikipedia Inertia,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Inertia>.
- [9] «Physio-Pedia Cardinal Planes and Axes of Movement,» 2013. [Ηλεκτρονικό].
Available: http://www.physio-pedia.com/Cardinal_Planes_and_Axes_of_Movement.
- [10] W. S. Erdmann, «Actabio,» 1999. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<http://www.actabio.pwr.wroc.pl/Vol1No1/3.pdf>.
- [11] «Motion-database,» 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://motion-database.humanoids.kit.edu/anthropometric_table/.
- [12] M. Duarte, «nbviewer Body segment parameters,» [Ηλεκτρονικό]. Available:
<http://nbviewer.ipython.org/github/demotu/BMC/blob/master/notebooks/BodySegmentParameters.ipynb>.

- [13] P. d. Leva, «ebm,» 1996. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://ebm.ufabc.edu.br/wp-content/uploads/2013/12/Leva-1996.pdf>.
- [14] «InnerBody,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.innerbody.com/image/skel07.html>.
- [15] «Teachpe Types of joint,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.teachpe.com/anatomy/joints.php>.
- [16] «Wikipedia Degrees of freedom,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Degrees_of_freedom_\(mechanics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Degrees_of_freedom_(mechanics)).
- [17] «msis Nasa Antropometry and biomechanics,» 2000. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://msis.jsc.nasa.gov/sections/section03.htm#_3.3_ANTHROPOMETRIC_AND.
- [18] «X3DOM documentation,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://doc.x3dom.org/>.
- [19] «W3Schiiks XHTML,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.w3schools.com/html/html_xhtml.asp.
- [20] «Web3d H-Anim,» 2005. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.web3d.org/documents/specifications/19774/V1.1/HAnim/HAnim.html>.
- [21] «H-Anim specification,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://h-anim.org/Specifications/H-Anim1.1/>.
- [22] «Bullet Physics,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://bulletphysics.org/wordpress/>.
- [23] «GitHub AmmoJs,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://github.com/kripken/ammo.js/>.
- [24] «Bullet physics Conetwist joint,» 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://bulletphysics.org/mediawiki-1.5.8/index.php/Constraints#Cone_Twist.
- [25] «Web3d H-Anim examples,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.web3d.org/x3d/content/examples/Basic/HumanoidAnimation/>.