



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

**Επίδραση της άθλησης στην σχέση
δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω
άκρων**

ΓΚΑΡΤΖΙΟΣ ΜΑΡΚΟΣ

Αριθμός Μητρώου: 48017113

Επιβλέπων Καθηγητής

Μαρία Καλλέργη, Ph.D, Καθηγήτρια

Αθήνα 13/10/2022

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Μαρία Καλλέργη

Καθηγήτρια

Αικατερίνη Σκουρολιάκου

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Νεφέλη Χατζηστεφανή

Ακαδημαϊκή Συνεργάτης

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο υπογράφων Γκάρτζιος Μάρκος του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 48017113 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

13/10/2022

Ο/Η Δηλών/ούσα



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, έχει ως σκοπό να διερευνήσει και να προσδιορίσει πειραματικά τις ταχυδυναμικές σχέσεις για τις μυϊκές ομάδες των κάτω άκρων, σε γυμνασμένους και αγύμναστους νεαρούς ενήλικες. Η προτεινόμενη εργασία, βασίζεται κυρίως στην καταγραφή οριζόντιων δυνάμεων και ταχυτήτων των κάτω άκρων, που προκύπτουν κατά την άσκηση sprint, με την καταγραφή τους στο μετωπιαίο επίπεδο κίνησης τους.

Οι μετρήσεις πάρθηκαν από 43 γυμνασμένους και αγύμναστους νεαρούς ενήλικες. Σε όλους τους νεαρούς ενήλικες, χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια υλικά και το ίδιο πρωτόκολλο μέτρησης. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις ήταν η εφαρμογή MySprint και ένα smartphone. Ειδικά τροποποιημένα κοντάρια-κόννοι και ένα μέτρο, βοηθούν στον διαχωρισμό των αποστάσεων για το sprint. Για την πραγματοποίηση σταθερών πλάνων, έγινε χρήση ενός τριπόδου. Μια ζυγαριά και εφαρμογές(apps), χρειάστηκαν για τον υπολογισμό των σωματομετρικών δεδομένων και καιρικών-ατμοσφαιρικών χαρακτηριστικών της περιοχής, καθώς και ένα γήπεδο ποδοσφαίρου για να γίνουν οι μετρήσεις.

Κατά κύριο λόγο, τα μηχανικά αποτελέσματα των νεαρών ενηλίκων που προέκυψαν, αφορούν την θεωρητική μέγιστη οριζόντια δύναμη $HZTF_0(N/Kg)$, την μέγιστη οριζόντια ταχύτητα $HZTV_0(m/s)$ και η αναλογία της συνολικής παραγωγής δύναμης επί της εκατό RF(%). Μέσω των παραπάνω μηχανικών αποτελεσμάτων, δημιουργήθηκαν οι ταχυδυναμικές σχέσεις των νεαρών ενηλίκων και οι σχέσεις συνολικής παραγωγής δύναμης και ταχύτητας. Από την καταγραφή του sprint, προέκυψαν και τα χρονικά αποτελέσματα των κατηγοριών. Στατιστική ανάλυση συσχέτισης και T-Test πραγματοποιήθηκε για τα σωματομετρικά δεδομένα των ενηλίκων και των μηχανικών-χρονικών αποτελεσμάτων.

Η επεξεργασία των δεδομένων οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι το ταχυδυναμικό προφίλ των γυμνασμένων είναι μετατοπισμένο στην ταχύτητα, ενώ το προφίλ των αγύμναστων στην δύναμη. Τα χρονικά αποτελέσματα των αποστάσεων, αποδεικνύουν το προβάδισμα των γυμνασμένων για όλο το sprint των 30m. Ενώ στις στατιστικές αναλύσεις, αποδεικνύεται ότι δεν συσχετίζονται ή υπάρχει ασθενής συσχέτιση μεταξύ σωματομετρικών δεδομένων και μηχανικών αποτελεσμάτων. Τέλος, μέσω της στατιστικής ανάλυσης T-Test, αποδεικνύεται η στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ των κατηγοριών.

Λέξεις Κλειδιά: Δύναμη, Ταχύτητα, Ταχυδύναμη, Μvs, Συστολή, MySprint

ABSTRACT

This dissertation aims to investigate and define experimentally the force-velocity relationships for the muscle groups of the lower extremities, in trained and untrained young adults. The proposed work is mainly based on the recording of horizontal forces and velocities of the lower extremities, which arise during the sprint exercise, by recording them at their frontal plane of movement.

Forty-three trained and untrained young adults took part in the experiments. In all experiments, the same materials and the same measurement protocol were used. The materials used were the MySprint app and a smartphone. Specially modified poles-cones and a meter tape, were used to separate the distances for the sprint. To carry out fixed shots, a tripod was used. A scale and mobile applications (apps) were employed to calculate the anthropometric data and the weather-atmospheric conditions of the area. All experiments took place in a football field.

Predominantly, the resulting mechanical effects of young adults are for the theoretical maximum horizontal velocity of HZTF0(N/Kg), the maximum horizontal speed of HZTV0(m/s) and the ratio of total power generation to one hundred RF(%). Through the above mechanical results, the force-velocity relationships of young adults and the relationships of total power generation and speed were created. From the recording of the sprint, the time results of the categories were also obtained. Statistical analysis and T-Tests were performed for the anthropometric data of adults and the mechanical-temporal results.

The processing of the data leads to the conclusion that the tachodynamic profile of the trained tends to speed, while the profile of the untrained tends to power. The time results of the distances, prove that trained athletes take the lead for the entire sprint of 30m. While in the statistical analyses, it turns out that they are not correlated or there is a weak correlation between anthropometric data and mechanical results. Finally, through the T-Tests, the statistically significant difference between the categories is proven.

Keywords: *Force, Velocity, Speed Force, Muscle, Contraction, MySprint*

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Γιώργο και Ρίτσα, για την στήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια και την βοήθειά τους στο να εκπληρώσω τις σπουδές μου με τον πιο αποτελεσματικό δρόμο για μένα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια Μαρία Καλλέργη και την Ακαδημαϊκή Συνεργάτη του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής Νεφέλη Χατζηστεφανή για την βοήθεια τους στις πειραματικές μετρήσεις και τις πολύτιμες ιδέες τους στην διαμόρφωση της εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
Κεφάλαιο I Μηχανική Ιστών	11
I.1 Μακροσκοπική Δομή των Μυών	11
I.1.1 Σκελετικοί γραμμωτοί μύες.....	12
I.1.2 Κατασκευή του σκελετικού μυ.....	12
I.1.3 Δομή των σκελετικών γραμμωτών μυών	12
I.1.4 Μορφολογία των μυών.....	13
I.1.5 Είδη μυών των ποδιών.....	14
I.2 Μικροσκοπική Δομή των Μυών	17
I.2.1 Οργάνωση του σκελετικού μυός στον μικρόκοσμο	17
I.2.2 Ανάλυση του μυοϊνιδίου δομικά και λειτουργικά.....	17
I.2.3 Οργάνωση παχέων και λεπτών νηματίων στην μυϊκή ίνα.....	18
I.2.4 Οργάνωση του λεπτού νηματίου ακτίνης	19
I.2.5 Οργάνωση του παχέου νηματίου μυοσίνης	20
I.2.6 Μηχανισμός διολίσθησης νηματίων ακτίνης και μυοσίνης.....	20
I.2.7 Κύκλος της εγκάρσιας γέφυρας μυοσίνης-ακτίνης.....	21
I.3 Παλιές και Σύγχρονες Μελέτες	22
I.3.1 Ανάλυση Μοντέλου του Hill 1938.....	22
I.3.2 Αποτελέσματα της υπερβολικής εξίσωσης του Hill 1938	23
I.3.3 Hugh E. Huxley-AF. Huxley για την έννοια του συρόμενου νήματος.....	24
I.3.4 Σύγχρονες μελέτες.....	25
I.3.5 Εμπειρικές εξισώσεις των σύγχρονων μελετών.....	26
I.3.6 Συσχέτιση γραφημάτων απλών και εργαστηριακών εφαρμογών	27
I.4 Συσχέτιση Μεγεθών Συστολής	29
I.4.1 Σχέση Μήκους – Δύναμης	29
I.4.2 Σχέση Ταχύτητας – Δύναμης.....	30
I.4.3 Σχέση Ισχύς - Ταχύτητας.....	30
I.5 Κύκλος της Βάδισης	31
I.6 Κύκλος του Τρεξίματος & Sprint:	33
Κεφάλαιο II Μέθοδοι Μέτρησης	34
II.1 Ανάλυση Εργαστηριακών Εφαρμογών	34
II.1.1 Μέτρηση δύναμης των κάτω άκρων μέσω της τεχνικής κατακόρυφο ύψος άλματος.....	34
II.1.2 Συστήματος GPS για αξιολόγηση παικτών Rugby	34
II.1.3 Σύστημα φωτισμού χρονισμού για την μέτρηση χρόνων sprint.....	35
II.2 Ανάλυση Εφαρμογών Apps	36
II.2.1 Εφαρμογή My Jump για μέτρηση άλματος.....	36
II.2.2 Εφαρμογή COD Timer	37
II.2.3 Εφαρμογή My Lift για μέτρηση ταχύτητας της μπάρας.....	37

II.3 Ανάλυση της Εφαρμογής MySprint.....	38
II.4 Ανάλυση Υλικών Πειραματικής Διάταξης	40
II.5 Μετρήσεις Νεαρών Ενηλίκων.....	42
II.6 Στήσιμο Υλικών.....	46
II.7 Μέτρηση Ανθρωπομετρικών & Καιρικών Δεδομένων	47
II.8 Εξοικείωση Πειράματος	47
II.9 Στατιστικές Αναλύσεις.....	49
II.9.1 Μέση Τιμή.....	49
II.9.2 Τυπική Απόκλιση.....	49
II.9.3 Διακύμανση.....	50
II.9.4 Συσχέτιση	50
II.9.5 T-Test.....	51
II.9.6 Συνάρτηση Κατανομής Πιθανοτήτων (Κανονική Κατανομή)	51
Κεφάλαιο III Αποτελέσματα.....	52
III.1 Αποτελέσματα της Εφαρμογής MySprint	52
III.2 Χρονικά Αποτελέσματα.....	58
III.3 Στατιστική Ανάλυση Συσχέτισης	65
III.4 Στατιστική Ανάλυση T-Test.....	67
Κεφάλαιο IV Συμπεράσματα.....	68
IV Συμπεράσματα - Μελλοντικές Βελτιστοποιήσεις.....	68
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	71

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το τρέξιμο sprint είναι από τους πιο βασικούς παράγοντες απόδοσης σε πολλές αθλητικές δραστηριότητες, όχι μόνο για την επίτευξη της υψηλότερης μέγιστης ταχύτητας, αλλά και για την κάλυψη μιας απόστασης σε σύντομο χρονικό διάστημα όπως για παράδειγμα σε ομαδικά αθλήματα, ενδεικτικά ποδόσφαιρο και μπάσκετ ή σε ατομικά αθλήματα, όπως είναι οι αγώνες στίβου. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να εφαρμοστεί μεγάλη επιτάχυνση προς τα εμπρός, όπου με την σειρά της συσχετίζεται με την εφαρμογή υψηλών ποσοτήτων ισχύος εξόδου σε οριζόντια κατεύθυνση με το έδαφος. Η απόδοση ισχύος εξόδου, εξαρτάται από την ικανότητα του κάθε ανθρώπου νευρομυϊκά και οστεοαρθρικά να εφαρμόσει υψηλά ποσά οριζόντιας δύναμης σε διάφορες ταχύτητες. Η συνολική μηχανική ικανότητα παραγωγής εξωτερικής δύναμης στη διάρκεια του sprint, περιγράφεται από την γραμμική σχέση δύναμης-ταχύτητας (F-V). Αυτή η σχέση χαρακτηρίζει τα εμβιομηχανικά αποτελέσματα ολόκληρου του νευρομυϊκού συστήματος κατά την διάρκεια του sprint και συνοψίζεται μέσω της μέγιστης οριζόντιας δύναμης (HZT F_0) και της μέγιστης οριζόντιας ταχύτητας (HZT V_0). Επιπλέον, η κλίση της γραμμικής σχέσης δύναμης-ταχύτητας (F-V) μπορεί να καθορίσει το μηχανικό προφίλ του αθλητή, δηλαδή αν ο αθλητής τείνει το προφίλ του στην δύναμη και λιγότερο στην ταχύτητα και το αντίστροφο. Μέχρι πρότινος, το να μετρηθεί η γραμμική σχέση δύναμης-ταχύτητας και με την σειρά της να δημιουργηθεί ένα προφίλ ταχυδύναμης για τον αθλητή, χρειαζόνταν ακριβές και συχνά εργαστηριακές τεχνολογίες, όπως για παράδειγμα ειδικά δυναμοδάπεδα για την μέτρηση των δυνάμεων του αθλητή και ειδικούς διαδρόμους για μέτρηση της ταχύτητας σε συνδυασμό με επαγγελματικές κάμερες, αλλά και ένα ειδικά εκπαιδευμένο για αυτές τις μετρήσεις ερευνητή. Πλέον, έχουν δημιουργηθεί πιο ευέλικτες εφαρμογές για την μέτρηση της σχέσης δύναμης-ταχύτητας (F-V). Μια από αυτές τις εφαρμογές με όνομα MySprint, εφαρμόστηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία, η οποία είναι και εγκεκριμένη επιστημονικά εφαρμογή για την μέτρηση γυμνασμένων και αγύμναστων αθλητών, με σκοπό την εξαγωγή της ταχυδυναμικής σχέσης μυών των κάτω άκρων. Καθότι η εργασία έχει ακαδημαϊκό χαρακτήρα, χρησιμοποιήθηκε ένας αρκετά οικονομικός εξοπλισμός για την εξαγωγή το αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε είναι κατά κύριο λόγο η εφαρμογή MySprint, ύστερα έγινε χρήση ενός smart phone ώστε να καταγράφει το τρέξιμο των νεαρών γυμνασμένων και αγύμναστων ενηλίκων. Επίσης, οι πειραματικές διατάξεις ξεκίνησαν και ολοκληρώθηκαν σε ένα γήπεδο ποδοσφαίρου και οι συμμετέχοντες έπρεπε να εκτελούν sprint τριάντα μέτρων απόστασης, αλλά και για να υπάρχει άνεση χώρου στην πειραματική διάταξη. Επιπλέον, έγινε χρήση ειδικά τροποποιημένων κονταριών για την σηματοδότηση των αποστάσεων, μια μετρητικής ταινίας και ενός τριπόδου για την στερέωση του κινητού και την αποφυγή τρανταγμάτων κατά την καταγραφή των βίντεο. Ακόμη, για τις ανθρωπομετρικές μετρήσεις των αθλητών και του περιβάλλοντος που διενεργούνται οι πειραματικές μετρήσεις, ήταν απαραίτητη μια ζυγαριά για την μέτρηση του σωματικού βάρους, μιας μετρητικής ταινίας για την μέτρηση του σωματικού ύψους, μιας εφαρμογής κινητού για την εξαγωγή σωστών αποτελεσμάτων του δείκτη σωματικής μάζας των νεαρών

ενηλίκων και μια εφαρμογή μέτρησης θερμοκρασίας του τοπικού περιβάλλοντος που δημιουργήθηκαν οι μετρήσεις, καθώς και της πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα.

Τα κεφάλαια τα οποία αναλύονται στην διπλωματική εργασία είναι τα εξής. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια προσπάθεια κατανόησης των μυών, καθώς πραγματοποιείται μια μακροσκοπική και μικροσκοπική ανάλυση τους. Έπειτα ακολουθεί μια ιστορική αναδρομή για τον Hill, του εμπειρικού μοντέλου και της υπερβολικής εξίσωσης που δημιούργησε, καθώς αναλύεται και η πειραματική μελέτη στην οποία βασίστηκε η παρούσα διπλωματική εργασία. Επίσης, στο πρώτο κεφάλαιο εμπεριέχονται και αναλύονται κάποια είδη καμπυλών που μπορούν να δημιουργηθούν, για την καλύτερη κατανόηση των συστολών του μυός. Επιπλέον, πραγματοποιείται ανάλυση του τρεξίματος και του βαδίσματος. Ακόμη, γίνεται μια σύντομη αναδρομή σε παρόμοιες εφαρμογές, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσω ενός smart phone, αλλά και πιο ακριβών εργαστηριακού τύπου εφαρμογών. Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται λεπτομερή ανάλυση της εφαρμογής MySprint, η οποία αποτελεί τον βασικό πυλώνα της διπλωματικής εργασίας, καθώς και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση της πειραματικής διάταξης. Επίσης, ακολουθεί εκτενής ανάλυση των γυμνασμένων και αγύμναστων νεαρών ενηλίκων που πήραν μέρος στην πειραματική διάταξη. Εν συνεχεία, γίνεται ανάλυση του πρωτοκόλλου πειράματος και των στατιστικών που εφαρμόστηκαν για να υπάρξει η κατάλληλη αξιοπιστία της πειραματικής διάταξης. Στο τρίτο κεφάλαιο καταγράφονται τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από το πείραμα και στο τέταρτο κεφάλαιο καταγράφονται τα συμπεράσματα και οι πιθανές μελλοντικές εφαρμογές.

Κεφάλαιο I Μηχανική Ιστών

I.1 Μακροσκοπική Δομή των Μυών

Το ανθρώπινο μυϊκό σύστημα, αποτελείται από πληθώρα μυών, όπου κάθε μυς έχει το δικό του σχήμα και μέγεθος και με βάση αυτό, μπορεί να εντάσσεται σε μια από τις τρεις κύριες κατηγορίες, που δομούν το ανθρώπινο μυϊκό σύστημα και παράλληλα να εκτελούν κάποιες λειτουργίες είτε εκούσια, δηλαδή με την θέληση μας, είτε ακούσια, δηλαδή χωρίς την θέληση μας. Ακόμη, η πρόσφυση μεταξύ ιστών και οστών, έχει ως αποτέλεσμα να συμβάλουν στην κινητικότητα των οστών, καθώς συσπώνται οι ιστοί αλλά και να κινούν διάφορα σπλάγχνα. [Κατρίτση, et. al, 1985].

Οι μύες με βάση τις λειτουργίες που εκτελούν, την κατασκευή και την θέση τους στο ανθρώπινο σώμα, χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- **Σκελετικοί γραμμωτοί μύες:** Για την αλλαγή της θέσης του σώματος, την κίνηση και την ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων, ευθύνη έχουν οι σκελετικοί μύες. [Silbernagl and Despopoulos, 2010]. Επιπρόσθετα, οι σκελετικοί γραμμωτοί μύες είναι εκούσιοι, σχηματίζουν τους μακροσκοπικούς σκελετικούς μυς, οι οποίοι συνιστούν το μυϊκό σύστημα, όπου αυτό με την σειρά του βοηθά στην κίνηση ή την σταθεροποίηση των οστών καθώς και άλλων δομών. [Moore et. al, 2016]. Τέλος, είναι σημαντικό να επισημανθεί, ότι οι σκελετικοί μύες θεωρούνται από τους πιο ισχυρούς μύες. [Ταβιανάτου, 2018].
- **Καρδιακός γραμμωτός μυς:** Είναι ο μυς της καρδιάς. Όπου με την σύσπαση του, βοηθά στο να προωθήσει το αίμα σε όλα τα μέρη του σώματος. [Ταβιανάτου, 2018]. Επιπλέον, ο καρδιακός γραμμωτός μυς αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του τοιχώματος της καρδιάς, αλλά είναι και ακούσιος σπλαχνικός μυς, δηλαδή ο πλήρης έλεγχος της καρδιάς υπόκειται στο αυτόνομο νευρικό σύστημα, όπου συνεπάγεται στην αδυναμία ελέγχου, από τον άνθρωπο. [Moore et. al, 2016].
- **Λείοι μύες:** Οι λείοι μύες είναι μη γραμμωτοί μύες, όπου μέσω συντονισμένων διαδοχικών συσπάσεων, κινούν διάφορες ουσίες που μπορεί να εμπεριέχονται σε όργανα ή αγγεία. [Moore et. al, 2016]. Ακόμη, οι λείοι μύες ελέγχονται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα, που τους οδηγεί να δρουν ακούσια. [Ταβιανάτου, 2018]. Τέλος, τους λείους μύες τους συναντάμε στα κοίλα σπλάγχνα του πεπτικού συστήματος, στις ουροφόρες και αναπνευστικές οδούς καθώς στα αγγεία και στο γεννητικό σύστημα ανδρών και γυναικών. [Κατρίτση, et. al, 1985].

I.1.1 Σκελετικοί γραμμωτοί μύες

Οι σκελετικοί γραμμωτοί μύες έχουν δομηθεί με εξειδικευμένο τρόπο. Με το που λάβουν ένα ερέθισμα, τους δίνεται η ικανότητα να διεγερθούν και πιο συγκεκριμένα να συσταλούν. Όταν αφαιρεθεί το ερέθισμα, οι μυς ξαναγυρίζουν στην αρχική φάση, δηλαδή σε φάση ηρεμίας. Ο κύριος λόγος της βράχυνσης τους είναι, για να έλκουν τα οστά και να προκαλούν την κίνηση. Από την άλλη πλευρά, εστιάζοντας στον μικρόκοσμο του μυ, θα γίνει αντιληπτό ότι ο μυς αποτελείται από δέσμες μυϊκών ινών, με την σειρά της η μυϊκή ίνα αποτελείται από δέσμες μυϊκών ινιδίων, όπου κάθε μυϊκό ινίδιο αποτελείται από λεπτά και παχιά νημάτια. [Lepori, 2003].

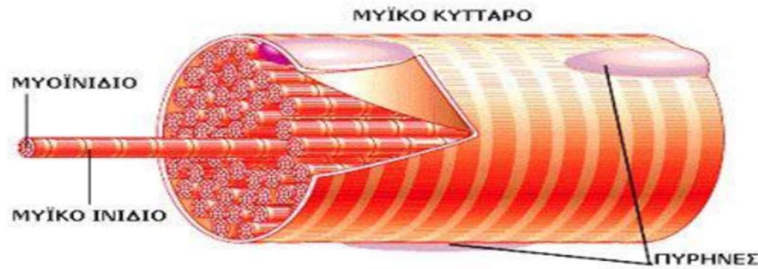
I.1.2 Κατασκευή του σκελετικού μυ

Κάθε σκελετικός μυς συνδέεται με τα οστά, στα δύο του άκρα και οι συνδέσεις ονομάζονται προσφύσεις. Αναλυτικότερα, τα τρία κύρια μέρη του μυός είναι:

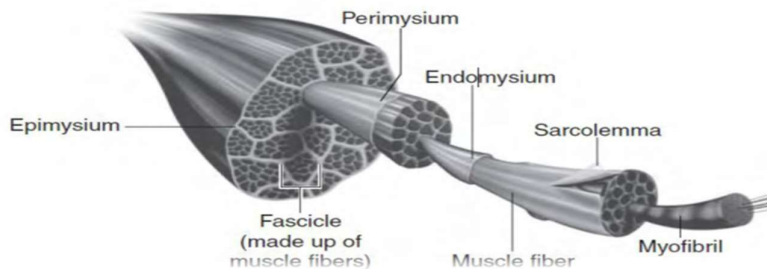
- **Έκφυση:** Είναι το άκρο του μυός που προσφύεται μέσω του εκφυτικού τένοντα στο ακίνητο ή σχετικά ακίνητο μέρος του σκελετού. [Μπαξεβάνης, 2014].
- **Κατάφυση:** Είναι το άκρο του μυός που προσφύεται μέσω του καταφυτικού τένοντα στο κινητό ή στο σχετικά κινητό μέρος του σκελετού. [Μπαξεβάνης, 2014].
- **Γαστέρα:** Είναι το μέρος του μυός που βρίσκεται ανάμεσα στην έκφυση και την κατάφυση, δηλαδή είναι το κύριο τμήμα του μυός. [Μπαξεβάνης, 2014].

I.1.3 Δομή των σκελετικών γραμμωτών μυών

Αποδομώντας τον μυϊκό ιστό και με βάση την **Εικόνα 1.1**, γίνεται κατανοητό πως είναι δομικά ένας μυϊκός ιστός από έξω προ τα μέσα, αλλά και από την **Εικόνα 1.2** πως είναι κατασκευασμένος ένα σκελετικός μυϊκός ιστός. Πιο αναλυτικά, ένας μυϊκός ιστός καλύπτεται από μια ισχυρή λωρίδα μεμβράνης το επιμύϊο και στα άκρα του συνδετικού ιστού του επιμυϊού, συνηθίζεται να υπάρχει συγχώνευση με τένοντα, απονεύρωση ή περίστυο. Εμβαθύνοντας προς το εσωτερικό του μυός, παρατηρείται ότι ο μυϊκός ιστός αποτελείται από πολλές δέσμες, σε διάφορα μεγέθη κυττάρων τις μυϊκές ίνες και κάθε δέσμη μυϊκών κυττάρων, αποτελείται από εκατοντάδες έως και χιλιάδες μυοϊνίδια, όπου περιβάλλεται από ένα χαλαρό συνδετικό ιστό το ενδομύϊο. Τέλος, οι δεσμίδες των μυϊκών κυττάρων, περιβάλλονται από ένα κοινό συνδετικό ιστό το περιμύϊο, όπου με την σειρά του το περιμύϊο συγχέεται με τον συνδετικό ιστό που περιβάλλει τους τένοντες, το περιτενόντιο.



Εικόνα 1.1: Δομή του σκελετικού γραμμωτού μυ. [Μπαξεβάνης, 2014]



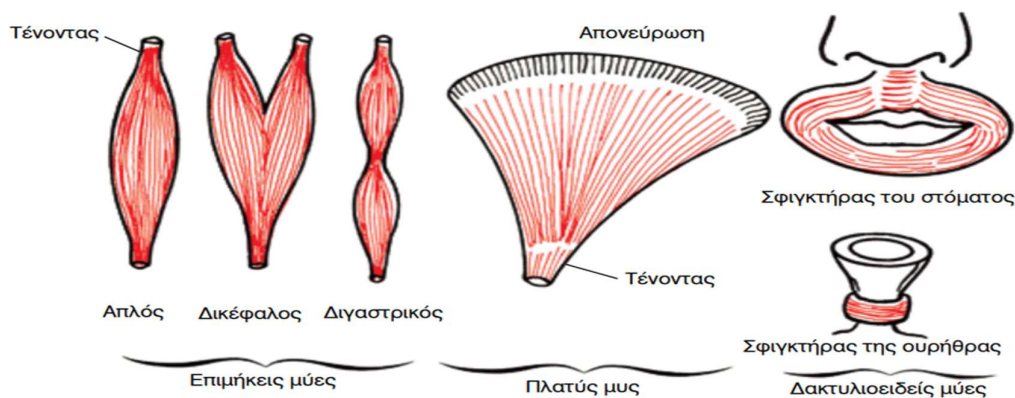
Εικόνα 1.2: Δομή των μεμβρανών σε έναν σκελετικό γραμμωτό μυ. [Ταβιανάτου, 2018]

1.1.4 Μορφολογία των μυών

Οι γραμμωτοί και λείοι μύες, είναι δυο από τις κύριες μεγάλες ομάδες των μυών. Στην παρούσα παράγραφο θα γίνει ανάλυση των μερών του γραμμωτού μυ, καθώς αυτοί είναι που υπόκεινται σε σύσπαση και χαλάρωση, υπό την θέληση του ανθρώπου ώστε να προκληθεί η κίνηση. Αρχικά, ένας γραμμωτός μυς όπως προ-αναφέραμε, αποτελείται από τρία μέρη τα οποία είναι, το κυρίως σώμα του, δηλαδή η γαστέρα και από δυο άκρες όπου συνδέονται με τα οστά, οι οποίες είναι οι προσφύσεις. Επομένως, όπως παρατηρείται στην **Εικόνα 1.3** με βάση το σχήμα του κυρίως σώματος του γραμμωτού μυ, αυτοί ταξινομούνται σε: [Κατρίτση, et. al, 1985].

- **Επιμήκειες μύες:** Ο μυς, μοιάζει σαν άτρακτος και στις δυο του άκρες τελειώνει σε τένοντες. Ορισμένες φορές, η κατάληξη του είναι σε παραπάνω από έναν τένοντα και τότε οι επιμήκειες μύες παίρνουν κάποιες γνωστές ονομασίες, ανάλογα με τον αριθμό των τενόντων που καταλήγουν, όπως δικέφαλος τρικέφαλος και τετρακέφαλος μυς. Ακόμη, ορισμένες φορές ένας μυς μπορεί να έχει δύο κεντρικά τμήματα, όπου ενώνονται με έναν τένοντα και ονομάζεται διγαστρικός μυς. Οι επιμήκειες μύες, εντοπίζονται κυρίως στα άνω και κάτω άκρα. [Κατρίτση, et. al, 1985].

- **Πλατείς μύες:** Το σχήμα ενός πλατεού μυ, έχει την μορφή ανοιχτής βεντάλιας χωρίς τένοντες στις προσφύσεις του. Πιο συγκεκριμένα για τις άκρες του, ο πλατείς μυς αποτελείται από μυϊκές ίνες, όπου προσφύονται σε μια μεγάλη επιφάνεια. Τους πλατείς μύες, τους συναντάμε ενδεικτικά στην ράχη, στην κοιλιακή και στην θωρακική χώρα. [Κατρίτση, et. al, 1985].
- **Βραχείς μύες:** Η κεντρική μοίρα τους είναι πολύ μικρή και προσφύονται απευθείας, συνήθως με μυϊκές ίνες. Οι βραχείς μύες, συναντιόνται κυρίως στην σπονδυλική στήλη. [Κατρίτση, et. al, 1985].
- **Δακτυλοειδείς μύες ή Σφιγκτήρες:** Κατά κύριο λόγο, έχουν ένα κυκλικό σώμα και συναντιόνται κυρίως στο στόμα ή στην κοιλιακή χώρα του σώματος. [Κατρίτση, et. al, 1985].



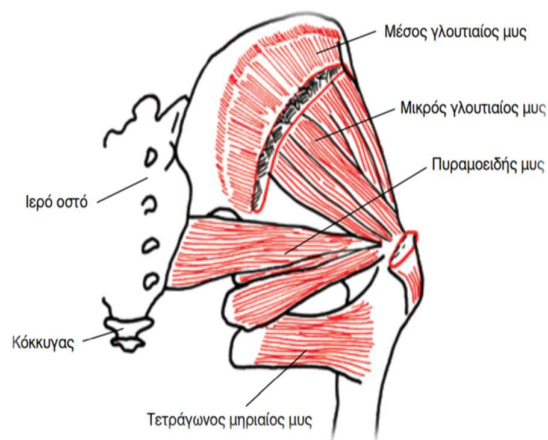
Εικόνα 1.3: Μορφές γραμμωτών μυϊκών ινών. [Κατρίτση, et. al, 1985].

1.1.5 Είδη μυών των ποδιών

Κάθε μυϊκή ομάδα των κάτω άκρων είναι υπεύθυνη για την κίνηση αρθρώσεων στο εκάστοτε σημείο πρόσφυσης με τα οστά. Περιγραφικά, ο τετρακέφαλος μηριαίος μυς είναι υπεύθυνος για την έκταση των κάτω άκρων. Επίσης, ένας ακόμη σημαντικό μυς είναι ο γαστροκνήμιος μυς όπου τα είδη κινήσεων που μπορεί να συμβάλλει, είναι στην κάμψη της κνήμης προς το μηρό και στην πελματιαία κάμψη. Ακόμη οι μύες του γλουτού και του μηρού, αποτελούνται από τους προσαγωγούς μύες, όπως τον έσω πλατύ που εδρεύει στην εσωτερική επιφάνεια του μηρού και αποτελεί μυϊκή ομάδα τριών μυών και τον έξω πλατύ μυ. Στην οπίσθια επιφάνεια του μηρού και του γλουτού, παρατηρείται ο ημιμυενώδης και ο ημιτενοντώδης μυς. Επιπλέον, κάτω από την περιοχή του μηρού παρατηρούνται ο μακρός πελματικός με τον υποκνημίδιο μυ και ο μακρύς εκτεινών τους δακτύλους μυς. Τέλος, ορισμένοι ισχυροί μύες για την στήριξη του κορμού και την κίνηση του ανθρώπου, είναι οι μύες στο εν το βάθει επίπεδο, όπως ο ελάσσων γλουτιαίος μυς, η μακρά και βραχεία κεφαλή του δικέφαλου μηριαίου μυ, ο ιγνυακός μυς, ο μακρός κοινός καμπτήρας των δακτύλων και ο μακρός καμπτήρας του μεγάλου δακτύλου μυς. [Lepori, 2003].

Οι μύες της πυέλου, με βάση την Εικόνα 1.4 διακρίνονται σε:

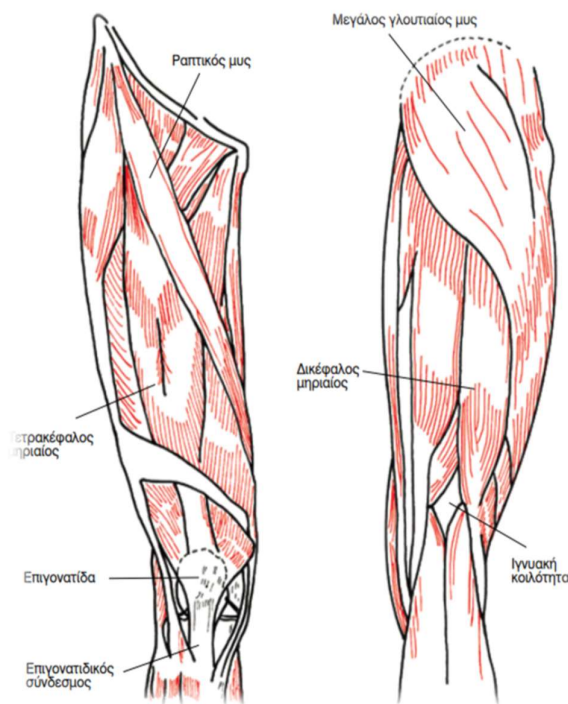
- **Έσω μύες της πυέλου:**
Αποτελούνται από τον μείζων ψοίτη και τον λαγόνιο, όπου συνενώνεται και σχηματίζουν τον λαγονοψοίτη. [Κατρίτση, et. al, 1985].
- **Έξω μύες της πυέλου:**
Αποτελούνται από πολλούς μύες, όπου συντελούνται σε τρεις στιβάδες. Την επιφανειακή, την μέση και την εν το βάθος στιβάδα. [Κατρίτση, et. al, 1985].



Εικόνα 1.4: Μύες της λεκάνης. [Κατρίτση, et. al, 1985].

Οι μύες του μηρού με βάση την Εικόνα 1.5 κατατάσσονται σε:

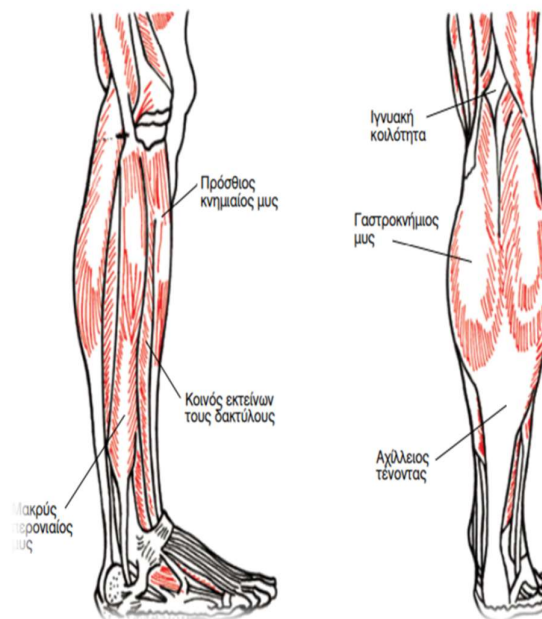
- **Πρόσθιοι μηριαίοι μύες:**
Διακρίνονται από τον ραπτικό και τον τετρακέφαλο μηριαίο μυ. [Κατρίτση, et. al, 1985].
- **Έσω ή προσαγωγοί μηριαίοι μύες:**
Οι δυο σημαντικότεροι είναι ο μεγάλος και ο μικρός προσαγωγός και έχουν ως ρόλο να προσάγουν το μηριαίο μυ προς τα μέσα. [Κατρίτση, et. al, 1985].
- **Οπίσθιοι μηριαίοι μύες:**
Αποτελούνται από τον δικέφαλο μηριαίο μυ, τον ημιτενοντώδη και τον ημιμυενώδη. Ο ρόλος τους είναι, να εκτείνουν τον μηρό ενώ συγχρόνως προκαλούν κάμψη της κνήμης. [Κατρίτση, et. al, 1985].



Εικόνα 1.5: Μύες της πρόσθιας και οπίσθιας επιφάνειας του μηρού. [Κατρίτση, et. al, 1985].

Οι μύες της κνήμης, με βάση την **Εικόνα 1.6** χωρίζονται σε τρεις ομάδες:

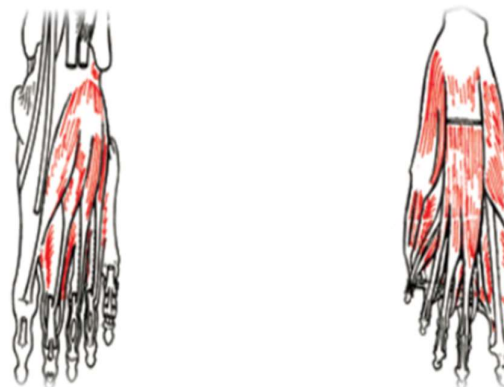
- **Πρόσθιοι μύες της κνήμης:** Αποτελούνται από τον πρόσθιο κνημιαίο και είναι αυτός που εκτείνει το μεγάλο δάχτυλο, από τον κοινό εκτείνων. Ακόμη, είναι αυτός που εκτείνει τα υπόλοιπα δάχτυλα και τον πρόσθιο ή τρίτο περνιαίο. [Κατρίτση, et. al, 1985].
- **Οπίσθιοι μύες της κνήμης:** Συναντιούνται σε δυο στιβάδες, την επιφανειακή (επιπολής) και σχηματίζεται από τον τρικέφαλο και το μακρύ πελματικό και την εν το βάθει στιβάδα, όπου σχηματίζεται από τον ιγνιακό, τον μακρύ καμπτήρα των δακτύλων, τον οπίσθιο κνημιαίο και τον μακρύ καμπτήρα του μεγάλου δακτύλου. [Κατρίτση, et. al, 1985].
- **Έξω μύες της κνήμης:** Αποτελούνται από τον βραχύ και τον μακρύ περνιαίο και συμβάλουν στην διατήρηση της καμάρας του ποδιού. [Κατρίτση, et. al, 1985].



Εικόνα 1.6: Μύες της έξω και οπίσθιας επιφάνειας της κνήμης. [Κατρίτση, et. al, 1985].

Οι μύες του άκρου ποδιού, όπως παρατηρείται στην **Εικόνα 1.7** διακρίνονται σε:

- **Ραχιαίους:** Είναι δύο, και προκαλούν την έκταση του άκρου ποδιού.
- **Πελματιαίους:** Παρατηρούνται σε τρεις ομάδες την έξω, την μέση και την έσω και αυτές οι ομάδες συντελούν στο να παραχθούν διάφορες κινήσεις της άκρας ποδιού. [Κατρίτση, et. al, 1985].

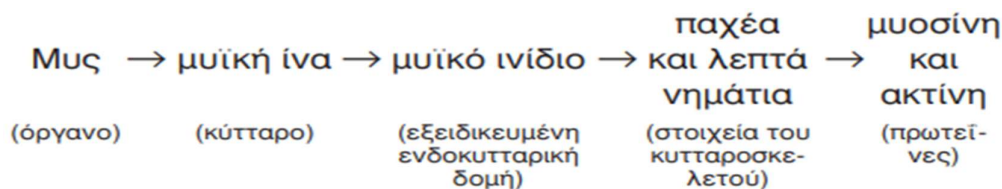


Εικόνα 1.7: Μύες της ραχιαίας και επιφάνειας του άκρου ποδιού. [Κατρίτση, et. al, 1985].

1.2 Μικροσκοπική Δομή των Μυών

1.2.1 Οργάνωση του σκελετικού μυός στον μικρόκοσμο

Όπως αναλύθηκε και παραπάνω μακροσκοπικά ο γραμμωτός σκελετικός μυς, σε αυτήν την παράγραφο θα αναλυθεί μικροσκοπικά ο σκελετικός μυς. Πιο αναλυτικά, με βάση την **Εικόνα 1.8**, οι σκελετικοί γραμμωτοί μύες αποτελούνται από κύτταρα τα οποία ονομάζονται μυϊκές ίνες. Οι μυϊκές ίνες, είναι μεγάλα επιμήκη κύτταρα, κυλινδρικού σχήματος με διαμέτρους που ξεκινούν από τα 10 μm και φτάνουν έως και τα 100 μm . Από την άλλη πλευρά ως προς το μήκος τους, παρατηρούνται από κάποια χιλιοστά (mm) έως αρκετά εκατοστά (cm). Όπως και σε άλλα κύτταρα, έτσι και στα κύτταρα των σκελετικών γραμμωτών μυϊκών ινών, παρατηρείται ένα κυτταρόπλασμα, το οποίο ονομάζεται σαρκόπλασμα. Εντός του σαρκοπλάσματος, εμπεριέχονται τα μιτοχόνδρια, η εσωτερική μεμβράνη του σαρκοπλασματικού δικτύου και ένα σύστημα εγκάρσιου σωλήνα σύνδεσης. Κάθε, γραμμωτή σκελετική μυϊκή ίνα, είναι οργανωμένη από έναν μεγάλο αριθμό μυϊκών ινιδίων ή μυοϊνιδίων. Τα μυϊκά ινίδια, έχουν κυλινδρικό σχήμα διαμέτρου 1 μικρόμετρο (μm) και εκτείνονται σε όλο το μήκος της μυϊκής ίνας. Αναλυτικότερα, τα μυϊκά ινίδια είναι συσταλτικές δομές και αποτελούν το 80% του συνολικού όγκου της μυϊκής ίνας, όπου κάθε μυϊκό ινίδιο αποτελείται από δύο τύπους κυτταροσκελετικών μικροϊνιδίων και οργανώνονται μέσα στην μυϊκή ίνα, σε παχέα νημάτια και λεπτά νημάτια. [Sherwood, 2012].



Εικόνα 1.8: Επίπεδα οργάνωσης του σκελετικού μυός μικροσκοπικά. [Sherwood, 2012].

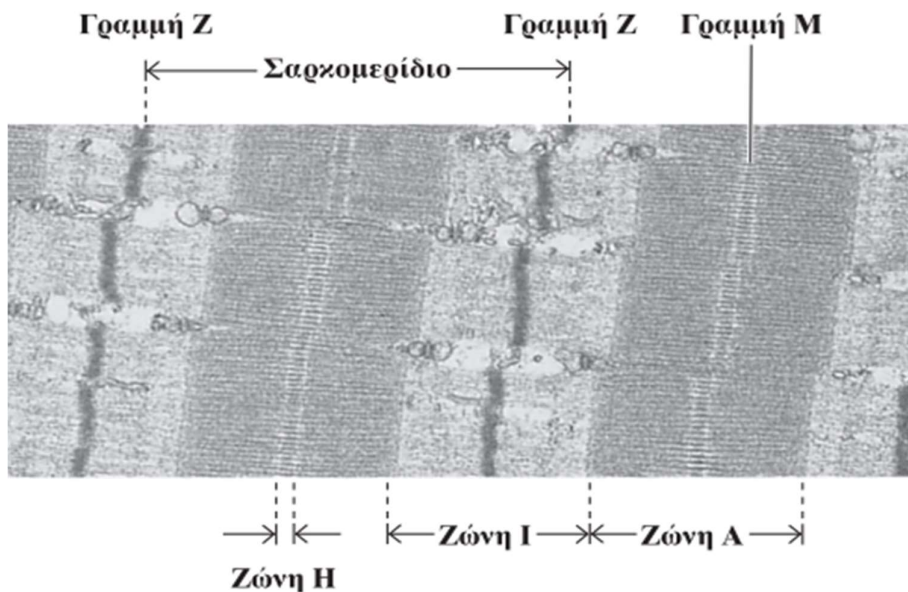
1.2.2 Ανάλυση του μυοϊνιδίου δομικά και λειτουργικά

Όπως προαναφέρθηκε, κάθε μυϊκό ινίδιο αποτελείται από δυο τύπους κυτταροσκελετικών μικροϊνιδίων, όπου διατάσσονται με οργανωμένο τρόπο σε παχέα νημάτια και σε λεπτά νημάτια. Τα παχέα νημάτια, έχουν διάμετρο από 12 έως 18 νανόμετρα (nm), μήκος 1,6 μικρόμετρα (μm) και δομούνται από σύμπλεγμα μορίων μιας πρωτεΐνης, δηλαδή της μυοσίνης. Από την άλλη πλευρά, τα λεπτά νημάτια έχουν διάμετρο από 5 έως 8 νανόμετρα (nm), μήκος 1 μικρόμετρο (μm) και δομούνται από το σύμπλεγμα μορίων πρωτεϊνών ακτίνης. [Sherwood, 2012]. Αν γίνει χρήση ενός ηλεκτρονικού μικροσκοπίου ή ενός μικροσκοπίου φωτός με παράλληλη χρήση χρωστικών, ενδεικτικά μιας βασικής χρωστικής όπως της αιματοξυλίνης, θα παρατηρηθεί στα μυοϊνίδια ότι κάποιες ζώνες είναι ελαφρά λεκιασμένες και ονομάζονται ισοτροπικές ή ζώνες I. Ενώ άλλες ζώνες που λεκιάζονται βαθύτερα παρατηρούνται ανισοτροπικές ή ζώνες A. Επίσης, οι ζώνες των μυϊκών ινιδίων είναι ευθυγραμμισμένες παράλληλα, με αποτέλεσμα να παράγουν το γραμμωτό πρότυπο της σκελετικής μυϊκής ίνας. [Ταβιανάτου, 2018].

1.2.3 Οργάνωση παχέων και λεπτών νηματίων στην μυϊκή ίνα

Οι εναλλαγές των παχέων και λεπτών νηματίων, είναι υπεύθυνες για την δημιουργία ζωνών A και I. Πιο συγκεκριμένα η ζώνη A αποτελείται από παχέα και λεπτά νηματία μαζί και επικαλύπτονται από δύο άκρα παχέων νηματίων. Η ζώνη A με βάση την **Εικόνα 1.9** περιέχει μόνο παχέα νηματία και εκτείνεται σε όλο το μήκος της ζώνης A. Αμέσως μετά υπάρχει μια λιγότερο σκοτεινή περιοχή, η ζώνη H και εκεί παρατηρείται μόνο το μέσο της ζώνης A και δεν φτάνουν τα λεπτά νηματία. Επιπλέον, ένα σύστημα υποστηρικτικών πρωτεϊνών, διατηρεί παράλληλα μεταξύ τους τα παχέα νηματία, Αυτές οι πρωτεΐνες, εντοπίζονται κάθετα στον επιμήκη άξονα του μυϊκού ινιδίου και είναι ορατή ως γραμμή M και είναι δυνατόν να παρατηρηθεί στο μέσο της ζώνης A. [Sherwood, 2012].

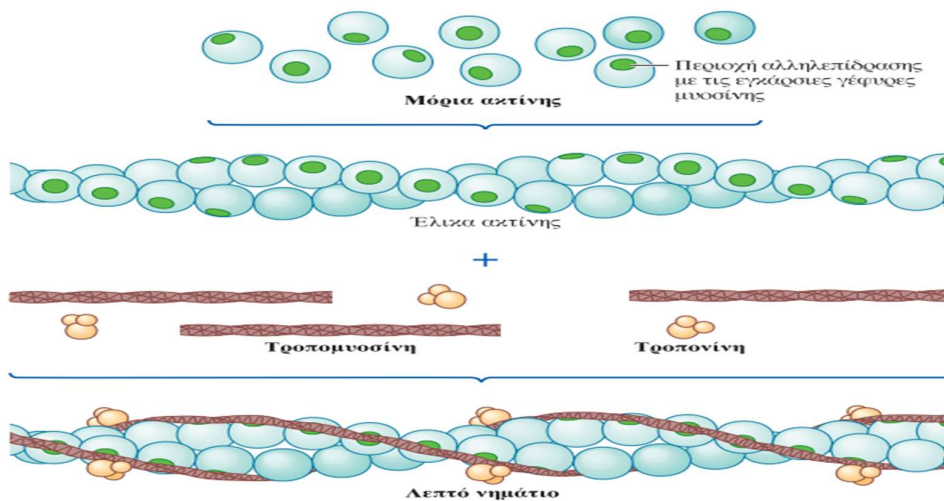
Από την άλλη πλευρά, όπως θα παρατηρήσουμε και στην **Εικόνα 1.9**, η ζώνη I περιέχει τα υπόλοιπα τμήματα λεπτών νηματίων, όπου δεν επικαλύπτονται από τα παχέα νηματία. Επίσης, στο κέντρο της ζώνης I, παρατηρείται μια πυκνή κάθετη γραμμή Z. Η γραμμή αυτή ονομάζεται σαρκομερίδιο και είναι η λειτουργική μονάδα των σκελετικών μυών. Αναλυτικότερα, το σαρκομερίδιο είναι το μικρότερο τμήμα της μυϊκής ίνας, όπου έχει την ικανότητα να συσπάται. [Sherwood, 2012].



Εικόνα 1.9: Οργάνωση των νηματίων στο μυϊκό ινίδιο. [Sherwood, 2012].

1.2.4 Οργάνωση του λεπτού νηματίου ακτίνης

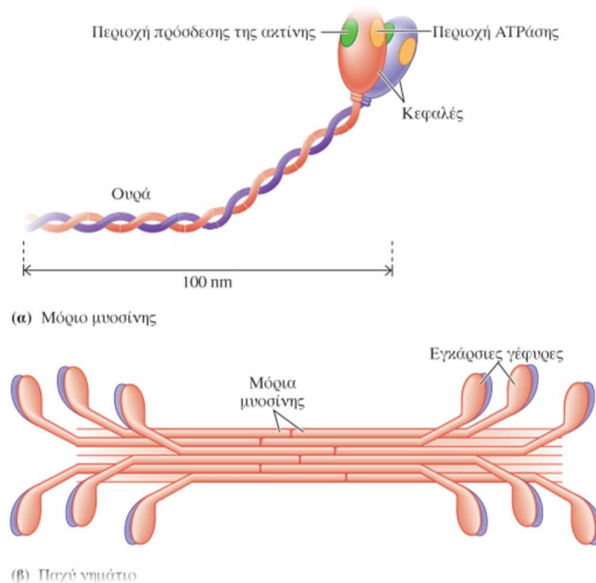
Τα λεπτά νηματία ακτίνης αποτελούνται από τρεις πρωτεΐνες. Το μόριο της ακτίνης όπου είναι και το κύριο δομικό συστατικό, την τροπονίνη και την τροπομυοσίνη. Σχηματικά, στην **Εικόνα 1.10** μπορεί να παρατηρηθεί, ότι τα μόρια της ακτίνης έχουν σφαιρικό σχήμα και μοιάζουν σαν μια στρογγυλή χάντρα. Ο κορμός ενός λεπτού νηματίου είναι σαν δυο αλυσίδες από σφαίρες ακτίνης που περιελίσσονται μεταξύ τους. Ακόμη, κάθε μόριο ακτίνης περιέχει επάνω της μια ειδική περιοχή, ώστε να έρθει και να προσδεθεί μια εγκάρσια γέφυρα μυοσίνης, για να παραχθεί μια μυϊκή συστολή. Έπειτα, μια άλλη πρωτεΐνη που δομούν τα νηματία ακτίνης, είναι η τροπομυοσίνη όπου τα μόρια της είναι νηματοειδή και εκτείνονται από το ένα άκρο της έλικας της ακτίνης ως το άλλο, καλύπτοντας την υποδοχή πρόσδεσης που περιέχει το μόριο της ακτίνης, μη επιτρέποντας να συνδεθεί η εγκάρσια γέφυρα της μυοσίνης. Η τρίτη και η τελευταία πρωτεΐνη που δομούν τα νηματία ακτίνης είναι η τροπονίνη. Πιο αναλυτικά, η τροπονίνη αποτελείται από τρεις πολυπεπτιδικές υπομονάδες. Η μια από αυτές προσδέεται στην ακτίνη, η άλλη προσδέεται στην τροπομυοσίνη και στην τρίτη μπορεί να προσδεθεί το Ca^{2+} . Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο μυς μπορεί να παράξει συστολή όταν υπάρχει αλληλεπίδραση ακτίνης-μυοσίνης. Η συνθήκη που δεν λαμβάνει χώρα η σύσπαση ονομάζεται συνθήκη χάλασης. Πιο αναλυτικά, η συνθήκη χάλασης συμβαίνει όταν η τροπονίνη δεν φέρει προσδεμένο πάνω της Ca^{2+} με αποτέλεσμα να μην μεταβάλλεται το σχήμα της και να σταθεροποιείται η τροπομυοσίνη σε θέση, που δεν επιτρέπει να προσδεθεί η ακτίνη στις εγκάρσιες γέφυρες μυοσίνης. [Sherwood, 2012].



Εικόνα 1.10: Δομή λεπτού νηματίου. [Sherwood, 2012].

1.2.5 Οργάνωση του παχέου νηματίου μυοσίνης

Όπως παρατηρείται στην **Εικόνα 1.11**, ένα παχύ νημάτιο αποτελείται από εκατοντάδες μόρια μυοσίνης. Η μυοσίνη είναι μια πρωτεΐνη όπου αποτελείται από δυο πανομοιότυπες υπομονάδες. Οι ουρές των δυο υπομονάδων περιστρέφονται μεταξύ τους και στο ένα άκρο παρατηρούνται δυο σφαιρικές κεφαλές. Σε κάθε πρωτεϊνική υπομονάδα μυοσίνης, μπορούν να παρατηρηθούν δυο αρθρώσεις. Η μια είναι επί του ουραίου τμήματος και η άλλη στην περιοχή που συνδέεται η περιοχή του ουραίου τμήματος με τη σφαιρική κεφαλή. Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί ότι κατά μήκος του ινιδίου, ανά τακτές αποστάσεις προβάλλουν οι σφαιρικές κεφαλές των μορίων. Οι κεφαλές αυτές, καταφέρνουν να σχηματίζουν τις εγκάρσιες γέφυρες μεταξύ των παχέων και λεπτών νηματίων, με αποτέλεσμα να προκαλείται η συστολή των μυών. Τέλος, στις κεφαλές της μυοσίνης παρατηρούνται περιοχές πρόσδεσης της ακτίνης και τη ΑΤΡάσης. [Sherwood, 2012].



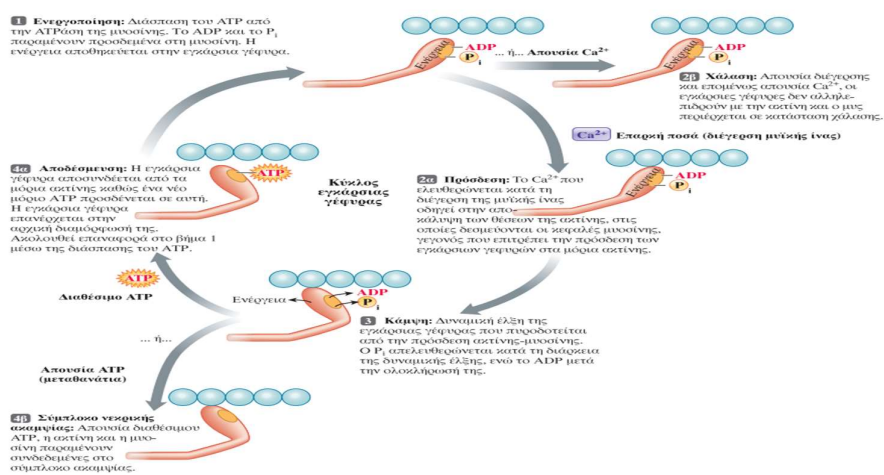
Εικόνα 1.11: Δομή μορίου μυοσίνης και Παχέου νηματίου. [Sherwood, 2012].

1.2.6 Μηχανισμός διολίσθησης νηματίων ακτίνης και μυοσίνης

Η διολίσθηση των νηματίων επιτυγχάνεται, μέσω του μηχανισμού της συστολής. Πιο αναλυτικά, τα λεπτά νημάτια σε κάθε πλευρά του σαρκομεριδίου ολισθαίνουν πάνω στα παχέα νημάτια προς το κέντρο του, δηλαδή προς το κέντρο των ζωνών Α. Καθώς τα λεπτά νημάτια ολισθαίνουν, οι γραμμές Ζ στις οποίες είναι προσκολλημένα τα λεπτά νημάτια, έρχονται πιο κοντά με αποτέλεσμα να μειώνεται το μήκος του σαρκομεριδίου. Καθώς τα λεπτά νημάτια ολισθαίνουν προς το κέντρο του σαρκομεριδίου και συγκεκριμένα η ζώνη Η, που βρίσκεται στο κέντρο της ζώνης Α στενεύει. Επίσης, η ζώνη Ι η οποία αποτελείται μόνο από τμήματα λεπτών νηματίων στενεύει και αυτή, καθώς τα λεπτά νημάτια επικαλύπτουν ολοένα και περισσότερο τα παχέα νημάτια κατά την ολίσθησή τους. Ακόμη, το εύρος της ζώνης Α παραμένει αμετάβλητο καθ' όλη την διάρκεια της συστολής και ο λόγος είναι γιατί η ζώνη Α καθορίζεται από μήκος των παχέων νηματίων το οποίο δεν αλλάζει κατά την βράχυνση του σαρκομεριδίου. Θα ήταν καλό να τονιστεί, ότι η συστολή πραγματοποιείται μέσω της διολίσθησης των λεπτών νηματίων πάνω στα παχέα νημάτια και από τις δύο πλευρές κάθε σαρκομεριδίου. Να σημειωθεί, ότι κατά την βράχυνση του σαρκομεριδίου δεν αλλάζει το μήκος των λεπτών και παχέων νηματίων. [Sherwood, 2012].

1.2.7 Κύκλος της εγκάρσιας γέφυρας μυοσίνης-ακτίνης

Για να γίνει κατανοητό το πως συντελείται ο κύκλος της εγκάρσιας γέφυρας μυοσίνης με την ακτίνη, ώστε να παραχθεί η συστολή του μυός ή η συνθήκη χάλασης όπου δεν συσπάτε ο μυς, θα πρέπει να γίνει η αρχή από τις δυο και μοναδικές θέσεις στην κεφαλή της εγκάρσιας γέφυρας μυοσίνης. Με βάση την **Εικόνα 1.12**, η κεφαλή της εγκάρσιας γέφυρας της μυοσίνης, περιέχει δυο θέσεις σύνδεσης. Η πρώτη είναι θέση πρόσδεσης με την ακτίνη και η δεύτερη είναι μια θέση δραστηκότητας ATP. Για να γίνει πιο κατανοητό, στην δεύτερη θέση προσδέεται ο φορέας ενέργειας τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) και τον υδρολύει σε διφωσφορική αδενοσίνη (ADP) και φωσφορική ομάδα (P_i), ώστε να προκληθεί η απελευθέρωση ενέργειας, όπου και παραμένει στην εγκάρσια γέφυρα μυοσίνης. Επίσης, όλη η ενέργεια της διάσπασης της ATP, πραγματοποιείται πριν συνδεθεί η εγκάρσια γέφυρα της μυοσίνης με την ακτίνη. Όταν πραγματοποιείται διέγερση της μυϊκής ίνας, η τροπονίνη δεσμεύεται με Ca^{2+} και προκαλεί την απομάκρυνση της τροπομυοσίνης από τις περιοχές της ακτίνης και με την σειρά της έρχεται και προσδέεται η εγκάρσια γέφυρα μυοσίνης με αποτέλεσμα να παράγεται η δυναμική έλξη και τα λεπτά νημάτια να σύρονται προς το κέντρο του σαρκομεριδίου. Στην συνέχεια, η φωσφορική ομάδα (P_i), απελευθερώνεται κατά την διάρκεια της δυναμικής έλξης και όταν ολοκληρωθεί, απελευθερώνεται και η ADP. Εφόσον έχει απελευθερωθεί η P_i και η ADP από την κεφαλή της εγκάρσιας γέφυρας της μυοσίνης μέχρι το τέλος της δυναμικής έλξης, η θέση της ATPάσης της μυοσίνης είναι ελεύθερη για να προσδεθεί ένα νέο μόριο ATP. Όταν έρθει το νέο μόριο, τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) αποσυνδέεται η κεφαλή της μυοσίνης με την ακτίνη και επιστρέφει το μόριο της μυοσίνης στην αρχική του διαμόρφωση. Επομένως, εφόσον έχει συνδεθεί ο φορέας ενέργειας τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) στην κεφαλή της μυοσίνης, υδρολείεται σε διφωσφορική αδενοσίνη (ADP) και φωσφορική ομάδα (P_i) και η ενέργεια που απελευθερώνεται αποθηκεύεται στην εγκάρσια γέφυρα της μυοσίνης, άρα επιστρέφουμε στο αρχικό στάδιο ώστε να παραχθεί ένας νέος κύκλος της εγκάρσιας γέφυρας. [Sherwood, 2012].



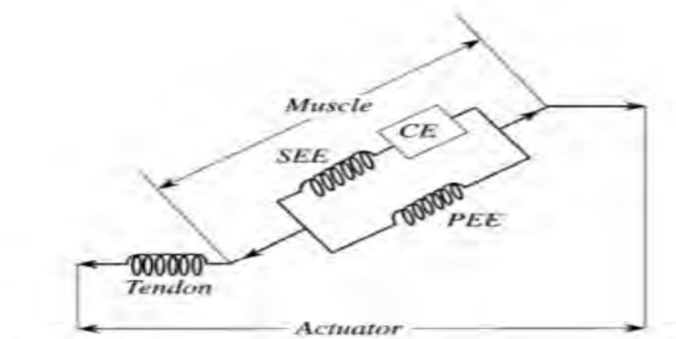
Εικόνα 1.12: Ο κύκλος αλληλεπίδρασης της εγκάρσιας γέφυρας μυοσίνης με την ακτίνη. [Sherwood, 2012].

1.3 Παλιές και Σύγχρονες Μελέτες

1.3.1 Ανάλυση Μοντέλου του Hill 1938

Το μοντέλο του Hill, είναι ένα κλασικό μοντέλο που χρησιμοποιείται εδώ και έναν αιώνα, ως ένα εργαλείο ώστε να μπορέσει κάποιος να μοντελοποιήσει την ηλεκτροενεργητική απόκριση των μυών. [Goktepe, et. al, 2014]. Ο Hill, το 1938 δημοσίευσε την εργασία του, όπου κατάφερε εμπειρικά να καθορίσει την σχέση μεταξύ μυϊκής δύναμης και ταχύτητας στην ομόκεντρη συστολή (δηλαδή στην συστολή του μυός κατά την ανύψωση φορτίου) από μετρήσεις θερμότητας. (Gunther and Schmitt, 2010). Πιο αναλυτικά ο Hill με την εργασία του το 1938 δημοσίευσε μια υπερβολική εξίσωση, όπου περιγράφει μαθηματικά την ταχύτητα βράχυνσης του μυ, από μια σειρά εξωτερικών δυνάμεων. Η υπερβολική εξίσωση έχει την μορφή $(F + a)(V + b) = c$, όπου οι μεταβλητές F και V είναι της δύναμης και της ταχύτητας αντίστοιχα και οι μεταβλητές a, b και c είναι οι σταθερές μεταβλητές. Επίσης, στην εργασία του διατύπωσε, ότι η μεταβλητή a , είναι μια εμπειρική τιμή και πιο συγκεκριμένα μια θερμική σταθερά όπου έχει να κάνει με την θερμότητα βράχυνσης. [Seow, 2013].

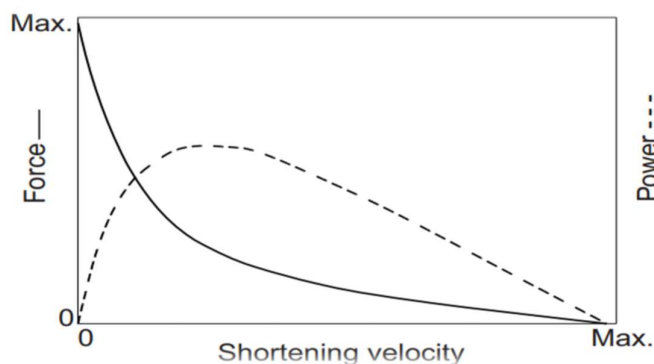
Αναλύοντας το μακροσκοπικό μυϊκό μοντέλο του Hill (Εικόνα 1.13), θα διαπιστωθεί ότι το μοντέλο χαρτογραφεί μακροσκοπικά την δομή των ενεργών μυϊκών ινών. Τα τρία βασικά δομικά στοιχεία του μυ, όπου χρησιμοποιεί στο μοντέλο του ο Hill είναι, το συστατικό στοιχείο (CE), συνδεδεμένο με ένα ελαστικό στοιχείο σειράς (SEE) και παράλληλα από αυτά τοποθετείται το παράλληλο ελαστικό στοιχείο (PEE). [Φρέντζος, 2018]. Η ελαστική συμπεριφορά του μυός, βασίζεται σε δυο κύρια στοιχεία. Ένα από αυτά είναι, το παράλληλο ελαστικό στοιχείο (PEE), το οποίο αφορά στις μυϊκές μεμβράνες και παρέχει αντίσταση όταν ο μυς διατείνεται παθητικά. Το δεύτερο στοιχείο είναι, το ελαστικό στοιχείο σειράς (SEE), όπου αφορά στους τένοντες και δρα ως ελατήριο για την αποθήκευση της ελαστικής ενέργειας, όταν διατείνεται ένας μυς υπό τάση. Ακόμη, το συστατικό στοιχείο (CE), είναι το ενεργό συστατικό του μυός και αντιπροσωπεύει το σύμπλεγμα ακτίνης-μυοσίνης που δημιουργεί συστολή όταν ενεργοποιείται ο μυς. Τέλος, ένα τέταρτο στοιχείο το οποίο δεν αποτελεί μέρος του μοντέλου του Hill, αλλά παρατηρείται στην Εικόνα 1.13, είναι το ελαστικό στοιχείο που αντιπροσωπεύει την συμπεριφορά των τενόντων. [Susan, 2018].



Εικόνα 1.13: Μακροσκοπικό μοντέλο του Hill. [Susan, 2018].

1.3.2 Αποτελέσματα της υπερβολικής εξίσωσης του Hill 1938

Χάρης το μυϊκό μοντέλο που δημιουργεί ο Hill, εξήγαγε κάποια αποτελέσματα. Πιο αναλυτικά μέσω της υπερβολικής εξίσωσης του Hill, τα αποτελέσματα μπορούν να οδηγήσουν στην δημιουργία καμπυλών δύναμης-ταχύτητας (Εικόνα 1.14). Οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ταχύτητας του μυός κάτω από διάφορα ισοτονικά φορτία, αποδίδουν δεδομένα της δύναμης και της ταχύτητας. Εν ολίγης, αν τα δεδομένα της δύναμης-ταχύτητας εισαχθούν στην υπερβολική εξίσωση του Hill, εξάγονται δεδομένα για την μέγιστη ταχύτητα βράχυνση του μυός (V_{max}) και της μέγιστης μυϊκής δύναμης (F_{max}). [Seow, 2013].



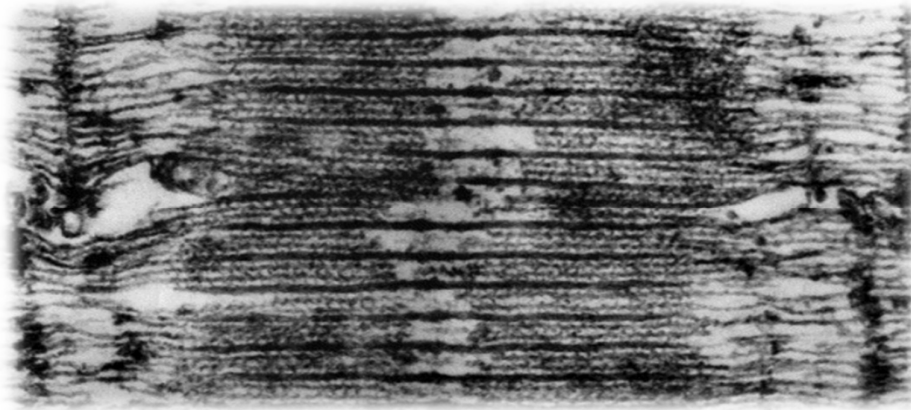
Εικόνα 1.14: Σχέση δύναμης-ταχύτητας (Μαύρη συνεχόμενη γραμμή). [Seow, 2013].

Στην συνέχεια, ως αποτέλεσμα από την υπερβολική εξίσωση του Hill, προκύπτει η απόκλιση της σε χαμηλά και υψηλά φορτία. Πιο συγκεκριμένα, αν σε μια μελέτη για την εξαγωγή τιμών δύναμης-ταχύτητας των σκελετικών μυών γίνει η χρήση χαμηλών φορτίων, έχει ως αποτέλεσμα οι ταχύτητες που μετρήθηκαν, να μην αποτελούν ορθό αποτέλεσμα, από αυτό που προβλέπει η υπερβολική εξίσωση του Hill. Με αυτό τον τρόπο μια μέτρηση με μηδενικό φορτίο, υπερεκτιμά το (V_{max}) και προκύπτει μια τιμή μέγιστης ταχύτητας πολύ μεγαλύτερη από την πραγματική. Από την πλευρά της δύναμης, παρατηρείται αποτυχία στην υπερβολική εξίσωση του Hill όταν πρόκειται για μεγάλα φορτία. Για παράδειγμα, αποτυχία παρατηρείτε όταν το φορτίο υπερβαίνει το 80% της ισομετρικής δύναμης ενός ανθρώπου. [Seow, 2013].

Μετά από χρόνια ο Hill διαπίστωσε, ότι έπρεπε να τροποποιήσει την σχέση δύναμης - ταχύτητας που είχε δημοσιεύσει στην εργασία του το 1938. Ο λόγος είναι, ότι έπρεπε να υπάρξει καλύτερη διατύπωση στην μείωση του ρυθμού της ενθαλπίας κατά την βράχυνση ενός μυ στις υψηλές ταχύτητες και έτσι προέκυψε η εργασία του Hill 1964. (Gunther and Schmitt, 2010). Επίσης, αυτό που αναθεωρήθηκε και καταγράφηκε στην εργασία του, είναι ότι η μεταβλητή a από την υπερβολική εξίσωση, δεν είναι σταθερά αλλά εξαρτάται από το φορτίο βράχυνσης και την ταχύτητα. [Seow, 2013].

I.3.3 Hugh E. Huxley-AF. Huxley για την έννοια του συρόμενου νήματος

Ο Hugh E. Huxley με την εργασία του το 1953, από το τεχνολογικό ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (MIT) προσπάθησε να αποδείξει την έννοια του συρόμενου νήματος στο πεδίο του σαρκομερίου μέσω ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και της μικροσκοπίας φάσης διαχωρισμένων μυοϊνιδίων. Παράλληλα, την ίδια χρονική περίοδο στο Κέμπριτζ της Αγγλίας, ο AF. Huxley το 1954 ανέλυσε και αυτός την έννοια του συρόμενου νήματος με τη χρήση μικροσκοπίου παρεμβολής ανέπαφων απομονωμένων μυϊκών ινών. [Huxley, 2000]. Πιο συγκεκριμένα ο Hugh E.Huxley προσπάθησε να αποδείξει εάν η ολίσθηση του νήματος ήταν εξ ολοκλήρου υπεύθυνη για τη βράχυνση και την επιμήκυνση του σαρκομερίου. Επίσης, ήθελε να αποδείξει εάν τα νημάτια ακτίνης κινούνται μέσα και έξω από τη σειρά των νηματίων μυοσίνης και ότι το μήκος των νηματίων δεν αλλάζει κατά την σύσπαση και του τεντώματος του μυ. Επιπρόσθετα, ο Hugh E.Huxley στην εργασία του το 1957 αυτό που κατάφερε να αναδείξει, χάρις τις γνώσεις του στην ηλεκτρονική μικροσκοπία, είναι η ύπαρξη των διασταυρούμενων γεφυρών (**Εικόνα 1.15**), που εκτείνονται από τα νημάτια μυοσίνης, έως τα νημάτια ακτίνης. Η απόδειξη για τις εγκάρσιες γέφυρες ότι τα νημάτια μυοσίνης έλκουν τα νημάτια ακτίνης, ήρθε μέσω της εργασίας του Andrew Huxley, όπου διαπιστώθηκε η αλλαγή στην τάση των διασταυρούμενων γεφυρών, μέσω της αλλαγής του μήκους της μυϊκής ίνας. [Weber, Armstrong, 2002].



Εικόνα 1.15: Μια από τις πρώτες εικόνες των διασταυρούμενων γεφυρών μυοσίνης. Η εικόνα πάρθηκε μέσω ηλεκτρονικού μικροσκοπίου από τον Hugh E.Huxley. [Weber, Armstrong, 2002].

1.3.4 Σύγχρονες μελέτες

Αρκετά χρόνια αργότερα, ορισμένοι αθλητικοί επιστήμονες, δημοσίευσαν ένα βιβλίο όπου είχαν ως στόχο να προσδιορίσουν τις σχέσεις δύναμης-ταχύτητας και ισχύς καθώς και την μηχανική αποτελεσματικότητα του αθλητή στην άσκηση sprint, μέσω μιας μακροσκοπικής σκοπιάς (δηλαδή χρησιμοποιούνται ανθρωπομετρικά και χώρο-χρονικά δεδομένα). Πιο συγκεκριμένα, για να αποδειχθούν κάποιες σχέσεις, οι ερευνητές προσέγγισαν το κέντρο μάζας του κάθε αθλητή, τις δυνάμεις που αναπτύσσει, αλλά και τις δυνάμεις αντίδρασης από το έδαφος GRF (Ground Reaction Forces) κατά την διάρκεια sprint στο οβελιαίο επίπεδο. Εν ολίγης, από την μια πλευρά βασίστηκαν σε διάφορα εμβιομηχανικά μοντέλα (απλές εφαρμογές) και από την άλλη χρησιμοποίησαν διάφορες εργαστηριακές εφαρμογές, όπως δυναμοδάπεδα για την μέτρηση της τιμής δύναμης αντίδρασης του εδάφους (Ground Reaction Forces- GRF), φωτοκύτταρα για τους χρόνους sprint και μια ψηφιακή κάμερα 300 (fps), για την μέτρηση της οριζόντιας ταχύτητας (V_H) του αθλητή. Αυτή η έρευνα, υλοποιήθηκε από sprinters όπου μια ομάδα δοκιμάστηκε και στις δυο μεθόδους, ενώ μια άλλη ομάδα αθλητών δοκιμάστηκε στην μέθοδο με τα εμβιομηχανικά μοντέλα. Τα χαμηλά τυπικά σφάλματα, που πάρθηκαν από την έρευνα, βοήθησαν τους ερευνητές να καταλήξουν, ότι μέσω απλών εμβιομηχανικών μοντέλων (απλή εφαρμογή), μπορεί ένας αθλητής να εξάγει αποτελέσματα για την μέγιστη ισχύ του (P_{max}), για την μέγιστη δύναμη του (F_{max}) και την μέγιστη ταχύτητα του (V_{max}). [Samozino and Morin, 2018].

Πιο αναλυτικά, στην μελέτη γίνεται κατανοητό ότι όλα αποτελούν ένα συνδεδετικό κρίκο μιας αλυσίδας. Για παράδειγμα, στα ομαδικά και στα ατομικά αθλήματα, το τρέξιμο sprint είναι βασικό κριτήριο στην απόδοση ενός αθλητή. Για να μπορέσει ένας αθλητής να έχει μια καλή απόδοση σε ένα γρήγορο τρέξιμο, χρειάζεται υψηλή οριζόντια ισχύς εξόδου (P_{max}), δηλαδή υψηλά ποσά οριζόντιας δύναμης σε διάφορες ταχύτητες, έναντι της επιτάχυνσης. Οι παραπάνω τιμές που θα προκύψουν σε μια άσκηση sprint, μπορούν να αναλυθούν μέσω της αντίστροφης γραμμικής σχέσης δύναμης-ταχύτητας (F-V) (Εικόνα 1.17) και παραβολικής σχέσης ισχύος-ταχύτητας (P-V) (Εικόνα 1.18). Οι σχέσεις δύναμης-ταχύτητας (F-V) και ισχύος-ταχύτητας (P-V) είναι σημαντικές γιατί μπορούν να γίνουν κατανοητά, τα μηχανικά όρια του νευρομυϊκού συστήματος ενός αθλητή. Επίσης, μέσω της κλίσης της αντίστροφης γραμμικής σχέσης δύναμης-ταχύτητας (SFV), συμπεραίνεται το μηχανικό προφίλ του αθλητή. Επιπλέον, άλλες σχέσεις όπου μπορούν να προκύψουν από τις σχέσεις F-V και P-V, είναι η RF-V όπου είναι το πηλίκο της συνολική δύναμης προς την οριζόντια δύναμη (Εικόνα 1.19). Ακόμη, προκύπτει και η σχέση DRF (όπου είναι η μείωση της RF καθώς αυξάνεται η ταχύτητα). Άρα αυτό που συμπεραίνεται είναι ότι από τις παραπάνω σχέσεις, προκύπτει ένα μακροσκοπικό μηχανικό προφίλ για αθλητές στο τρέξιμο του sprint. [Samozino and Morin, 2018].

1.3.5 Εμπειρικές εξισώσεις των σύγχρονων μελετών

- $V_H(t) = V_{Hmax} \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

Η παραπάνω εξίσωση, συντελεί στο να κατανοηθεί η οριζόντια ταχύτητα (V_H) καθώς αυξάνεται ο χρόνος (t) (Εικόνα 1.16). Πιο αναλυτικά, η εξίσωση της οριζόντιας ταχύτητας (V_H) συναρτήσει του χρόνου (t), είναι μια εκθετική φθίνουσα συνάρτηση, όπου καθώς αυξάνεται ο χρόνος, αυξάνεται εκθετικά η ταχύτητα. Επίσης, η μέγιστη οριζόντια ταχύτητα (V_{Hmax}), είναι η ταχύτητα που επιτυγχάνεται μετά το τέλος της επιτάχυνσης και η μεταβλητή (τ), είναι η χρονική σταθερά της επιτάχυνσης. [Samozino and Morin, 2018].

- $X_H(t) = \int v_H(t) \times dt = \int v_{Hmax} \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \times dt$

Η παραπάνω εξίσωση, φανερώνει την οριζόντια θέση (X_H) σε συνάρτηση με τον χρόνο (t). [Samozino and Morin, 2018].

- $a_H(t) = \left(\frac{V_{Hmax}}{\tau}\right) \times e^{-\frac{t}{\tau}}$

Η παραπάνω εξίσωση, περιγράφει την οριζόντια επιτάχυνση (a_H), από το κέντρο μάζας του σώματος (CM) ενός αθλητή, σε συνάρτηση με τον χρόνο (t) [Samozino and Morin, 2018].

- $F_H(t) = m \times a_H(t) + F_{acro}(t)$

Η παραπάνω εξίσωση περιγράφει, την οριζόντια δύναμη (F_H), που εφαρμόζεται από το κέντρο μάζας του σώματος (CM). Επίσης, στην εξίσωση περιγράφεται η μάζα του σώματος του εκάστοτε αθλητή (m) σε (kg), η οριζόντια επιτάχυνση (a_H) και η F_{acro} όπου είναι η αεροδυναμική αντίσταση που πρέπει να ξεπεραστεί κατά το τρέξιμο sprint. Επιπλέον, η δύναμη F_{acro} αποτελεί από μόνη της μια εξίσωση, που δεν αναλύεται στην παρούσα διπλωματική εργασία. [Samozino and Morin, 2018].

- $F_V(t) = m \times g$

Είναι η κατακόρυφη δύναμη (F_V) που δημιουργείται σε κάθε βήμα και μπορεί να μοντελοποιηθεί με την πάροδο του χρόνου (t). Επίσης, η μάζα του σώματος είναι το (m) και η βαρυντική επιτάχυνση είναι το a , όπου θεωρείται και σταθερά. [Samozino and Morin, 2018].

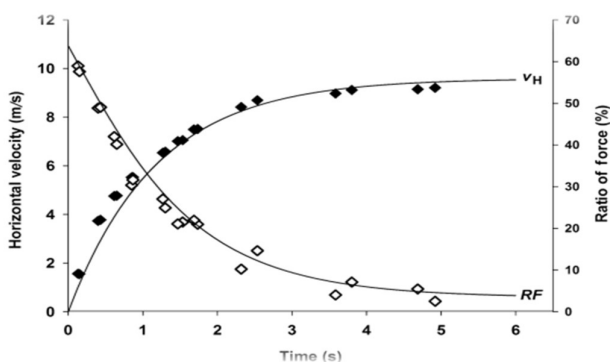
- $RF = \frac{F_H}{F_{RES}} \times 100 = \frac{F}{\sqrt{F_H^2 + F_V^2}} \times 100$

Η παραπάνω εξίσωση αναλύει, την αναλογία της συνολικής παραγωγής δύναμης επί της εκατό, κατά την διάρκεια του τρεξίματος ή του βαδίσματος. Πιο συγκεκριμένα το RF (%), είναι ο λόγος της οριζόντιας δύναμης (F_H) διαιρούμενη με την συνολική δύναμη (F_{RES}), όπου η συνολική δύναμη αποτελείται και από την οριζόντια δύναμη (F_H) και από την κάθετη δύναμη (F_V). [Samozino and Morin, 2018].

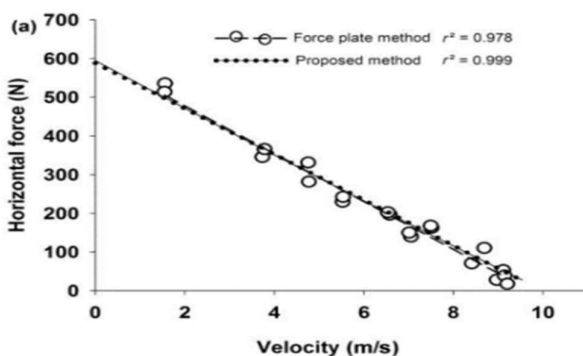
- $P_{max} = \frac{F_0 \times V_0}{4}$

Η παραπάνω εξίσωση, υπολογίζει την μέγιστη ισχύ (P_{max}). Πιο συγκεκριμένα, η μέγιστη ισχύς ισούται, με το γινόμενο της μέγιστης θεωρητικής δύναμης (F_0) και της μέγιστης θεωρητικής ταχύτητας (V_0), διαιρούμενη με τον αριθμό τέσσερα. Επίσης, η μέγιστη ισχύς (P_{max}) εντοπίζεται στην κορυφή του γραφήματος της παραβολικής σχέσης ισχύς-ταχύτητας ($P-V$). [Samozino and Morin, 2018].

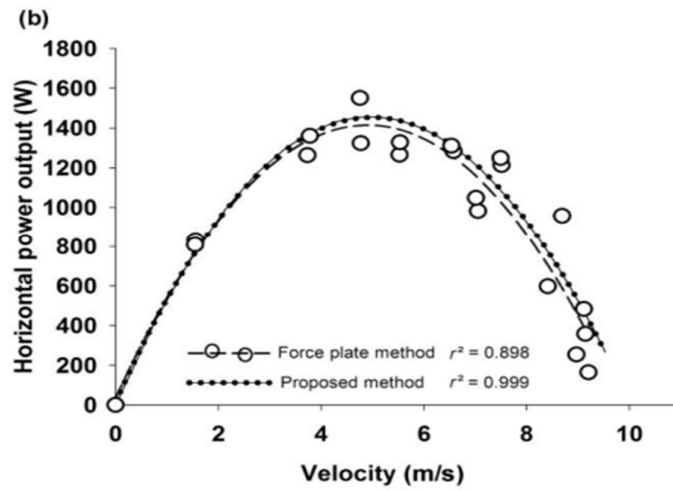
1.3.6 Συσχέτιση γραφημάτων απλών και εργαστηριακών εφαρμογών



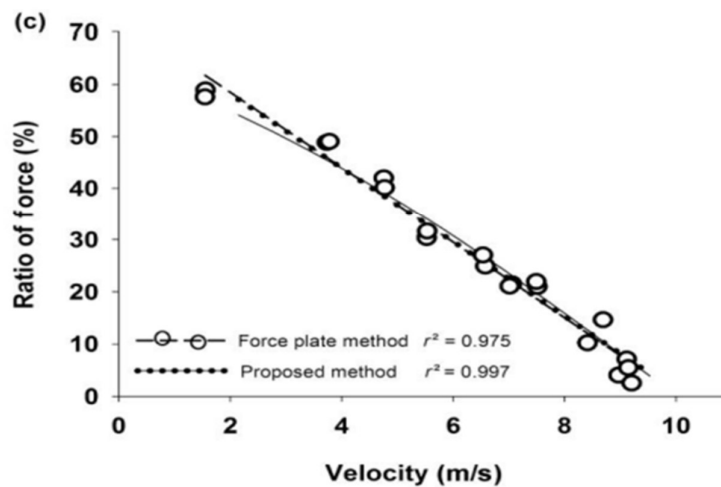
Εικόνα 1.16: Παρατηρείται αύξηση της οριζόντιας ταχύτητας (V_H) συναρτήσει του χρόνου (t) (συνεχής γραμμή με τα σκούρα διαμάντια). Από την άλλη, στο γράφημα (συνεχής γραμμή με λευκά διαμάντια) παρατηρείται εκθετική μείωση της συνολικής παραγωγής δύναμης της RF (%) καθώς αυξάνεται ο χρόνος (t). [Samozino and Morin, 2018].



Εικόνα 1.17: Σύγκριση ταχυδυναμικών σχέσεων απλής (συνεχής γραμμή με σκούρους κύκλους) και εργαστηριακής εφαρμογής (διακεκομμένη γραμμή με ανοιχτούς κύκλους). Επίσης, παρατηρούνται υψηλοί αριθμοί συσχέτισης. [Samozino and Morin, 2018].



Εικόνα 1.18: Στην εικόνα παρατηρείται, η ισχύς εξόδου (P_{max}) συναρτήσει της ταχύτητας (V). Σύγκριση, απλής εφαρμογής (συνεχής γραμμή με μαύρους κύκλους) και της εργαστηριακής μεθόδου (διακεκομμένη γραμμή με ανοιχτούς κύκλους). Επίσης παρατηρείται υψηλός αριθμός συσχέτισης. [Samozino and Morin, 2018].

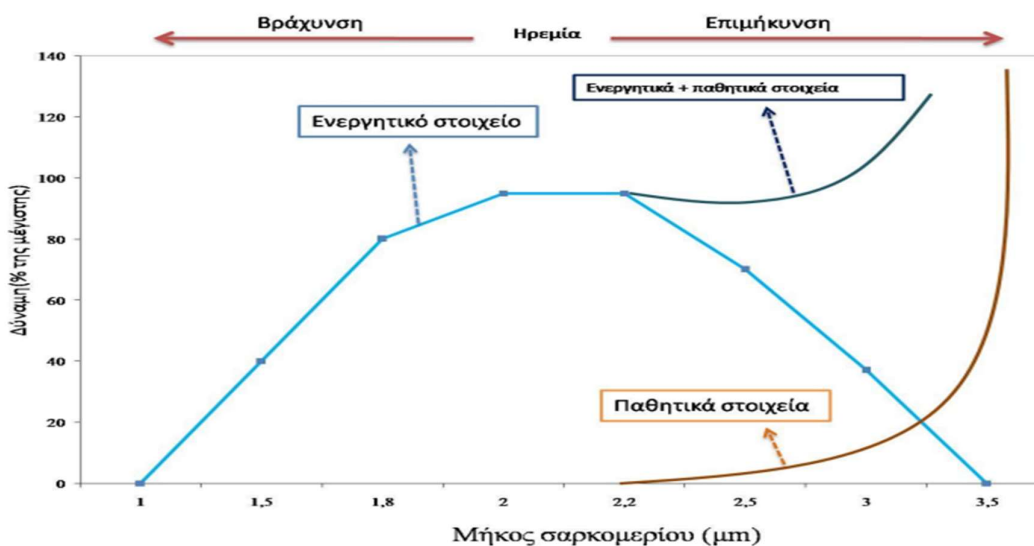


Εικόνα 1.19: Στην εικόνα παρατηρείται, το γράφημα της αναλογίας της συνολικής παραγωγής δύναμης επί της εκατό (RF) συναρτήσει της ταχύτητας (V). Σύγκριση της απλής εφαρμογής (συνεχής γραμμή με μαύρους κύκλους) και της εργαστηριακής εφαρμογής (διακεκομμένη γραμμή με ανοιχτούς κύκλους). Επίσης παρατηρείται υψηλός αριθμός συσχέτισης. [Samozino and Morin, 2018].

1.4 Συσχέτιση Μεγεθών Συστολής

1.4.1 Σχέση Μήκους – Δύναμης

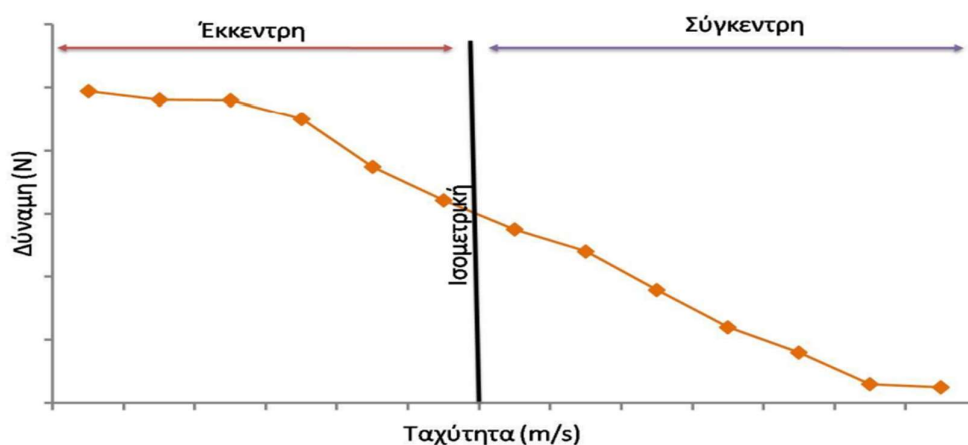
Σημαντικό ρόλο στο να παραχθεί μυϊκή δύναμη, έχει το μήκος του μυός, καθώς και τα ενεργά ή παθητικά στοιχεία του μυός όπου παίζουν ρόλο για την συστολή ή την επιμήκυνση του μυός. Πιο αναλυτικά, με τον όρο ενεργά στοιχεία εννοούνται τα στοιχεία όπου δημιουργούν την δύναμη στο μυ λόγω ενός ερεθίσματος δηλαδή το σύμπλεγμα ακτίνης-μυοσίνης. Από την άλλη, ως παθητικό στοιχείο εννοούνται οι τένοντες, οι συνδετικοί ιστοί και η ελαστικότητα του σαρκομερίου. Αναλύοντας την μυκοδυναμική σχέση με βάση και την **Εικόνα 1.20**, όταν ο μυς βραχύνεται τα νημάτια ακτίνης-μυοσίνης συσσωρεύονται αρκετά, με αποτέλεσμα να συμπίπτουν και άρα να επέρχεται η κάθετη πτώση της παραγωγής δύναμης. Όταν ο μυς βρίσκεται σε ηρεμία, τα νημάτια ακτίνης-μυοσίνης βρίσκονται σε καλή θέση και έτσι μπορεί να πραγματοποιηθεί μέγιστη παραγωγή δύναμης. Στην φάση της επιμήκυνσης, τα νημάτια ακτίνης-μυοσίνης αποδεσμεύονται με αποτέλεσμα η παραγωγή δύναμης να μειώνεται. Επιπλέον, τα παθητικά στοιχεία δηλαδή ο συνδετικό ιστός, ύστερα από μια τιμή επιμηκυσμένου μυϊκού ιστού, αρχίζουν να διατείνονται με αποτέλεσμα την βαθμιαία αύξηση της παραγόμενης δύναμης. Τέλος, για τα ενεργά και παθητικά στοιχεία μαζί, σημαντικό ρόλο για την αύξηση της παραγόμενης δύναμης παίζει η αντίσταση των παθητικών στοιχείων κατά την επιμήκυνση του μυός. [Κέλλης, 2015].



Εικόνα 1.20: Μηκοδυναμική σχέση. [Stan and Hans, 2016].

1.4.2 Σχέση Ταχύτητας – Δύναμης

Για να παράγουν δύναμη οι μύς, σημαντικό ρόλο παίζει η ταχύτητα σύσπασης του μυός. Με βάση την **Εικόνα 1.21**, ως προς την σύγκεντρη σύσπαση, όσο αυξάνεται η ταχύτητα της σύσπασης τόσο μειώνεται η σύγκεντρη μυϊκή δύναμη. Ο λόγος, όπου μειώνεται η σύγκεντρη μυϊκή δύναμη, είναι η μείωση των εγκάρσιων γεφυρών σύνδεσης μεταξύ της ακτίνης και της μυοσίνης. Από την άλλη πλευρά, ως προς την έκκεντρη σύσπαση, η αύξηση της ταχύτητας, οδηγεί στην αύξηση της παραγωγής δύναμης. Επομένως, παρατηρείται αύξηση στην παραγωγή μυϊκής δύναμης κατά την έκκεντρη μυϊκή σύσπαση λόγω, της επιμήκυνσης της μυϊκής ίνας, αλλά και της αντίστασης του συνδετικού ιστού στην επιμήκυνση του. Τέλος, η ισομετρική δύναμη σηματοδοτεί το σημείο μηδέν, όπου η παραγόμενη δύναμη του μυός είναι ίση με την εξωτερική δύναμη. Άρα το μήκος του μυός δεν μεταβάλλεται. [Κέλλης, 2015].

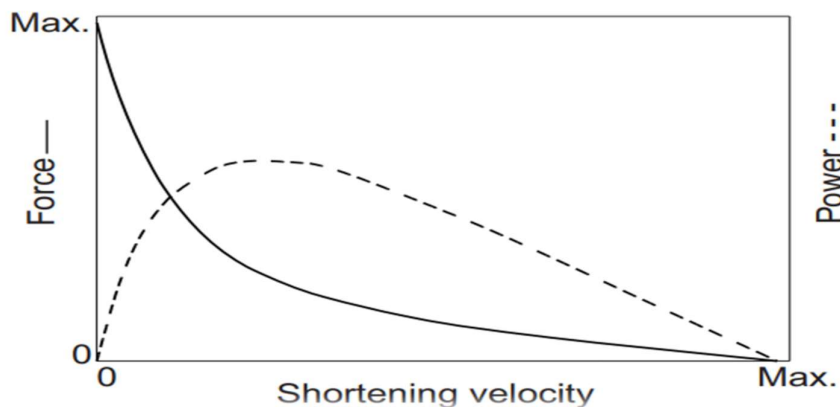


Εικόνα 1.21: Ταχυδυναμική σχέση. [Κέλλης, 2015].

1.4.3 Σχέση Ισχύος - Ταχύτητας

Με βάση την **Εικόνα 1.22** παρατηρούμε δυο καμπύλες, η καμπύλη με την σκούρα γραμμή είναι της δύναμης-ταχύτητας και περιγράφεται μέσω της φθίνουσας εκθετικής συνάρτησης και η καμπύλη με την διακεκομμένη γραμμή, περιγράφει την σχέση ισχύος-ταχύτητας μέσω μιας παραβολικής συνάρτησης. Αρχικά για την καμπύλη δύναμης-ταχύτητας, παρατηρείται μέγιστη δύναμη (F_{max}) όταν υπάρχει μηδενική ταχύτητα δηλαδή μηδενική βράχυνση του μυός και από την άλλη οι μύες παράγουν μέγιστη ταχύτητα (V_{max}), όταν κατά την βράχυνση τους μυός, δεν παράγεται θεωρητικά δύναμη. Ως προς την καμπύλη ισχύος-ταχύτητας, η ισχύς προκύπτει από το γινόμενο δύναμης και ταχύτητας. Επιπλέον, η μέγιστη ισχύς (P_{max}) που μπορεί να παράγει ένας

μυς παρατηρείται περίπου στο ένα τρίτο της μέγιστης ταχύτητας (V_{max}) του. [Κέλλης, 2015].



Εικόνα 1.22: Καμπύλη δύναμης-ταχύτητας (ευθεία γραμμή και ισχύς-ταχύτητας (διακεκομμένη γραμμή)). [Stan and Hans, 2016].

1.5 Κύκλος της Βάδισης

Πρώτα απ' όλα, ως βάδιση ορίζεται ο συνδυασμός κινήσεων του κορμού και των κάτω άκρων, με σκοπό την πρόσθια μετατόπιση του κέντρου βάρους. Επίσης, στην βάδιση ο συνδυασμός κινήσεων ποδιών και χεριών γίνεται ρυθμικά και συντονίζονται, ώστε να μπορέσει ο άνθρωπος να αλλάξει θέση στον χώρο. Η άσκηση της βάδισης είναι απλή και εκτελείται καθημερινά, από πολλούς ανθρώπους. Για να μπορέσει αυτή η κίνηση να πραγματοποιείται με την μικρότερη ενέργεια, θα πρέπει ο μηχανισμός της βάδισης να εκμεταλλεύεται σωστά την δύναμη της βαρύτητας, την κάθετη αντίδραση από το έδαφος στο σώμα και την αντίρροπη κίνηση των κάτω άκρων. Ακόμη, μπορεί να γίνει κατανοητό ότι η βάδιση είναι ξεχωριστή για κάθε άτομο και μπορεί να επηρεαστεί από τη ηλικία, το φύλο, τις ανθρωπομετρικές παραμέτρους, το βάρος και το ύψος. [Μπερλέμη και Νασσάνι, 2017].

Στην βάδιση, το σώμα θα πρέπει να ισορροπεί στο ένα πόδι και ύστερα να μεταφερθεί από το ένα πόδι στο άλλο. Η ακολουθία κινήσεων που χαρακτηρίζουν την βάδιση, είναι οι εξής:

- Το δεξί πόδι, έρχεται σε επαφή με το έδαφος.
- Το αριστερό πόδι αφήνει το έδαφος και μεταφέρεται μπροστά.
- Το αριστερό πόδι έρχεται σε επαφή με το έδαφος.
- Το δεξί πόδι αφήνει το έδαφος και μεταφέρεται μπροστά.

Η χρονική περίοδος, ανάμεσα την επαφή ενός ποδιού και του άλλου ποδιού, ονομάζεται βηματισμός. Ακόμη, η χρονική περίοδος από την επαφή του πέλματος ενός ποδιού μέχρι την επόμενη επαφή με το πέλμα του ίδιου ποδιού ονομάζεται κύκλος βάρδισης ή διασκελισμός.

Ο κύκλος της βάρδισης αποτελείται από δυο φάσεις:

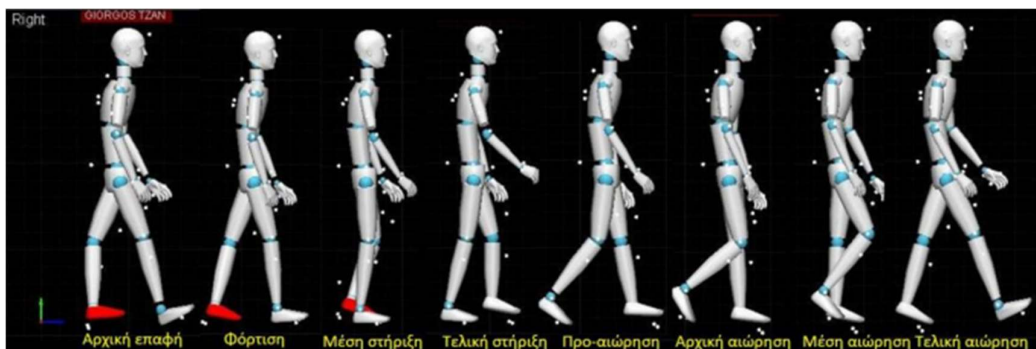
- 1. Φάση Στήριξης**
- 2. Φάση Αιώρησης**

Η **φάση της στήριξης** με βάση την **Εικόνα 1.23**, θεωρείται η στιγμή που το πέλμα ακουμπά στο έδαφος, μέχρι να το εγκαταλείψει και διακρίνεται σε πέντε επιμέρους φάσεις [Κέλλης, 2015]. :

1. Αρχική επαφή με το έδαφος, στην οποία η πτέρνα ακουμπά το έδαφος.
2. Φόρτιση που συμβαίνει όταν η πτέρνα του ποδιού έρχεται σταδιακά σε επαφή με το έδαφος και διαρκεί μέχρι το άλλο πόδι να απογειωθεί από το έδαφος.
3. Μέση στήριξη, όταν το σώμα διαπερνάει την ευθεία του ποδιού στήριξης καθώς το πέλμα το ενός ποδιού είναι όλο πατημένο στο έδαφος.
4. Τελική στήριξη, είναι η στιγμή στην οποία η πτέρνα αφήνει το έδαφος.
5. Προαίωρηση, είναι η στιγμή πριν την αιώρηση καθώς ανυψώνετε το μπροστινό τμήμα του πέλματος από το έδαφος.

Η **φάση της αιώρησης** με βάση την **Εικόνα 1.23**, θεωρείται η στιγμή που το πέλμα του ποδιού θα εγκαταλείψει το έδαφος, μέχρι την στιγμή να έρθει σε επαφή με αυτό και διακρίνεται σε τρεις επιμέρους φάσεις [Κέλλης, 2015].:

1. Αρχική Αιώρηση: Είναι η στιγμή που ξεκινάει καθώς το πέλμα αφήνει το έδαφος, μέχρι την μέγιστη κάμψη της άρθρωσης του γονάτου του ποδιού που αιωρείται.
2. Μέση Αιώρηση: Ξεκινάει από την μέγιστη κάμψη του γονάτου, έως ότου το πέλμα να διαπεράσει την γραμμή του κέντρου βάρους του γονάτου.
3. Τελική Αιώρηση: Είναι η στιγμή της τελικής φάσης έκτασης του γονάτου και της πελματιαίας κάμψης, ώστε να έρθει το πέλμα σε επαφή με το έδαφος.



Εικόνα 1.23: Ο κύκλος της βάρδισης στις φάσεις στήριξη και αιώρηση. [Κέλλης, 2015].

1.6 Κύκλος του Τρεξίματος & Sprint:

Για να πει κάποιος ότι περνάει από την φάση του βαδίσματος στην φάση του τρεξίματος και sprint, θα πρέπει να αυξήσει την ταχύτητα του, ώστε να σταματήσει να υπάρχει η διπλή στήριξη από τα πόδια στην φάση στήριξης. Πιο συγκεκριμένα, όταν εναλλάσσεται από το συλ βαδίσματος, στην άσκηση του τρεξίματος ή του sprint, μειώνεται σε αρκετό ποσοστό η φάση στήριξης και αυξάνεται κατά πολύ η φάση της αιώρησης. Αυτό συμβαίνει γιατί και τα δύο πέλματα, μεταφέρονται στον αέρα δύο φορές κατά την διάρκεια του διασκελισμού, ένα στη αρχή και ένα στο τέλος της φάσης αιώρησης. [Novachek, 1998].

Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ του τρεξίματος και του sprint, είναι στον στόχο που πρέπει να επιτευχθεί. Με το τρέξιμο, ένας αθλητής καλύπτει μεγαλύτερες αποστάσεις και τονώνει τον αερόβιο μεταβολισμό του. Αντιθέτως ένας αθλητής του sprint, εστιάζει στο να καλύψει μικρότερες αποστάσεις με μεγαλύτερες ταχύτητες, στο συντομότερο χρονικό διάστημα και οι αθλητές δεν εστιάζουν τόσο στον αερόβιο μεταβολισμό. Ακόμη, στο τρέξιμο το σώμα έχει έναν πιο ελεγχόμενο ρυθμό, ενώ στο sprint τα τμήματα του σώματος κινούνται όσο το δυνατόν γρηγορότερα σε όλο τον αγώνα. [Novachek, 1998].

Κεφάλαιο II Μέθοδοι Μέτρησης

II.1 Ανάλυση Εργαστηριακών Εφαρμογών

II.1.1 Μέτρηση δύναμης των κάτω άκρων μέσω της τεχνικής κατακόρυφο ύψος άλματος

Πολλοί ερευνητές και προπονητές, χρησιμοποιούν έμμεσες τεχνικές για την μέτρηση της μυϊκής δύναμης των κάτω άκρων, μέσω μετρήσεων του κατακόρυφου ύψους άλματος. Μέσω αυτής της τεχνικής, μπορεί κάποιος να δει τις επιδόσεις του, την πρόοδο του σε διάφορα αθλήματα όπως για παράδειγμα στο μπάσκετ ή στο βόλεϊ. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να μετρηθεί η δύναμη στα κάτω άκρα. Κάποιες από αυτές, είναι η μέθοδος εγγραφής video, όπου χρησιμοποιεί την κινηματική τεχνική. Αναλυτικότερα, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί την μετατόπιση του κέντρου μάζας (CM) όπου μετρά την διαφορά μεταξύ του αρχικού ύψους και του υψηλότερου σημείου άλματος του αθλητή. Μια άλλη μέθοδος είναι ο χρόνος πτήσης (FT), όπου μετράται με στρώμα επαφής (CTM). Για παράδειγμα στην μέθοδο (FT), μετριέται η κατακόρυφη μετατόπιση του κέντρου μάζας (CM), μέσω της εξίσωσης της επιτάχυνσης. Τέλος, μια ακόμα μέτρηση για τον υπολογισμό της δύναμης των κάτω άκρων, είναι η μέθοδος που βασίζεται στην διπλή ολοκλήρωση της δύναμης κατακόρυφης αντίδρασης (DIF) σε συνδυασμό με ένα δυναμοδάπεδο (Force Plate, FP). Αρχικά, μέσω ενός δυναμοδάπεδου (Force Plate, FP) μετριέται η δύναμη αντίδρασης του εδάφους (VGRF). Το ύψος του άλματος εκτιμάται με βάση την ταχύτητα κατά την στιγμή της απογείωσης (TOV). Στην συνέχεια η στιγμή της απογείωσης (TOV) μπορεί να υπολογιστεί, ενσωματώνοντας την δύναμη αντίδρασης του εδάφους (VGRF) στο χρόνο. Ακόμη, μέσω του νόμου διατήρησης της μηχανικής ενέργειας, υπολογίζεται η σχέση μεταξύ του ύψους άλματος και η στιγμή της απογείωσης (TOV). Η επιτάχυνση επιτυγχάνεται με την ομαλοποίηση του (VGRF) στη μάζα σώματος του ατόμου και ενσωματώνεται με το χρόνο για την απόκτηση της ταχύτητας. Στη συνέχεια, η ταχύτητα ενσωματώνεται, από την αρχή μέχρι το τέλος του άλματος, για να δώσει τη μεγαλύτερη κατακόρυφη μετατόπιση του (CM), που θεωρείται ύψος άλματος. [Dias et. al, 2011].

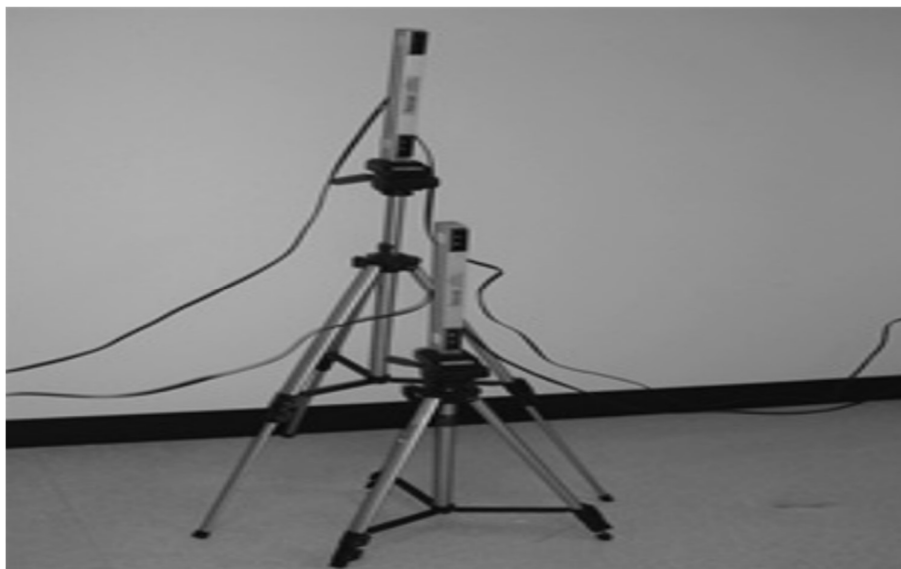
II.1.2 Συστήματος GPS για αξιολόγηση παικτών Rugby

Το Rugby, είναι ένα άθλημα υψηλής έντασης, όπου απαιτεί από έναν αθλητή να έχει μέγιστη ισχύ και δύναμη. Ακόμη, το Rugby είναι ένα άθλημα με πολλές αλλαγές στην διάρκεια φάσεων του παιχνιδιού, επομένως θα πρέπει να υπάρχει ένα σύστημα που θα αξιολογεί τα φορτία προπόνησης και τα προφίλ δραστηριότητας των παικτών στο γήπεδο. Μέσω της ανάπτυξης της τεχνολογίας Global Positioning System (GPS), οι ερευνητές θα μπορούν να αξιολογούν τους αθλητές και να εξάγουν τα προφίλ τους. Αυτό που χρειάζεται να τοποθετήσουν οι ερευνητές στους αθλητές είναι, φορητές συσκευές παρακολούθησης, επιταχυνσιόμετρο και να γίνει χρήση από τους ερευνητές της μεθόδου του τριγωνισμού (GPS). Τα δεδομένα εξάγονται, συγκρίνοντας των χρόνων

διαδρομής των ραδιοσυχνοτήτων, όπου αποστέλλονται από τον δορυφόρο που είναι σε τροχιά και τον δέκτη (GPS) που φοράει ο αθλητής. Στην συνέχεια, η απόσταση από τον δορυφόρο υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το χρόνο διαδρομής του σήματος με την ταχύτητα του φωτός. Επίσης η ακριβής θέση του αθλητή, υπολογίζεται τριγωνομετρικά μέσω υπολογισμού της απόστασης τεσσάρων δορυφόρων. Επιπλέον, η αλλαγή στην ταχύτητα του αθλητή, προσδιορίζεται μέσω της μεθόδου μετατόπισης Doppler, δηλαδή μέσω των αλλαγών στην συχνότητα του σήματος. [Cunniffie et. al, 2009].

Η.1.3 Σύστημα φωτός χρονισμού για την μέτρηση χρόνων sprint

Το σύστημα φωτός χρονισμού αξιολογεί την ταχύτητα και την επιτάχυνση στην άσκηση sprint, μετρώντας τον χρόνο κάλυψης σε μια συγκεκριμένη απόσταση. Πιο αναλυτικά, ένα σύστημα χρονισμού έχει ως πομπό μια φωτεινή πηγή και ως δέκτη μια οπτική λήψη. Τα πιο συνήθη είδη φωτός που χρησιμοποιούνται σε ένα σύστημα φωτός χρονισμού είναι, το ορατό φως, οι υπέρυθρες, τα μονοχρωματικά είδη φωτός ή ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος όπως είναι το λέιζερ. Η κατεύθυνση του φωτός που μπορεί να ακολουθεί αυτό το σύστημα, είναι κατά μήκος της τροχιάς στον ανακλαστήρα και ύστερα πίσω στον δέκτη. Είναι πολύ σημαντικό για να βγουν σωστά οι μετρήσεις sprint, ο αθλητής να έχει σωστή θέση εκκίνησης, σωστή θέση στα πόδια του και σε σωστή θέση το ύψος των φωτεινών πυλών χρονισμού. Το ύψος των φωτεινών πυλών χρονισμού, μπορεί να τοποθετηθεί στο ύψος του ώμου και στο ισχίο. [Cronin, et. al, 2008].



Εικόνα 1.24: Σύστημα φωτός χρονισμού σε δυο διαφορετικά ύψη. [Cronin, et. al, 2008].

II.2 Ανάλυση Εφαρμογών Apps

II.2.1 Εφαρμογή My Jump για μέτρηση άλματος

Σε πολλά αθλήματα η απόδοση του άλματος παίζει βασικό ρόλο στην επιτυχία των αθλητών. Ακόμη, με το να μετράς την απόδοση ενός άλματος σε έναν αθλητή, είναι σαν να δημιουργείς ένα μεγάλο φάσμα από επιλογές. Αναλυτικότερα, με το να υπολογίσεις την απόδοση σε ένα άλμα, μπορεί να διαπιστωθεί το ταλέντο σε έναν αθλητή για ένα άθλημα. Ακόμη, το κάθετο άλμα μπορεί να συσχετιστεί με την μυϊκή δύναμη, την νευρομυϊκή κόπωση ή με τους τους μεταβολικούς δείκτες του γαλακτικού, της αμμωνίας και της κορτιζόλης. Από την άλλη πλευρά, με το να μετρηθεί το άλμα μπορεί κάποιος να προβλέψει κάποιον πιθανό κίνδυνο τραυματισμού. Συνοψίζοντας, οι δοκιμές μέτρησης ενός κάθετου άλματος είναι ένα πρότυπο για την μέτρηση της εκρηκτικής απόδοσης των κάτω άκρων. [Gallardo-Fuentes et. al, 2016].

Μέσω της εφαρμογής My Jump, μιας εφαρμογής όπου σου δίνεται η δυνατότητα εγγραφής υψηλής ταχύτητας, ενδεικτικά 120 frame per second (fps) ή 240 frame per second (fps), αναλόγως του smartphone που διαθέτει ο κάτοχος, είτε είναι iOS είτε είναι Android. [Gallardo-Fuentes et. al, 2016]. Οι ασκήσεις που μπορεί να καταγραφούν, είναι ένα άλμα αντίθετης κίνησης (Counter Movement Jump- CMJ). Στην ουσία ο αθλητής σαν αρχική θέση έχει τα γόνατα του σε γωνία 180° και κάνει μια αντίθετη κίνηση με τα χέρια του στην μέση. Επίσης, μέσω της εφαρμογής μπορεί να καταγραφεί και το άλμα πτώσης (Drop Jump- DJ). Σε αυτή την άσκηση, ο αθλητής βρίσκεται πάνω σε έναν κύβο ύψους 40cm και έχει τα πόδια του σε γωνία 180°. Τέλος, έχοντας τα χέρια του στην μέση ο αθλητής πηδά από τον κύβο στο έδαφος πραγματοποιώντας το άλμα βάθους. Επιπλέον, μια ακόμα άσκηση που μπορεί να μετρηθεί από την εφαρμογή My Jump είναι το κάθισμα σε σταθερή θέση (Squat Jump- SJ). Η άσκηση αυτή πραγματοποιείται, έχοντας το σώμα σε ημικάθισμα και τα γόνατα λυγισμένα σε γωνία 90°, όπου στην συνέχεια πραγματοποιείται ένα κάθετο άλμα με τα χέρια στην μέση. Η καταγραφή που έχει να κάνει ένας εξωτερικός παρατηρητής, είναι να καταγράψει το άλμα το αθλητή καθώς βρίσκεται σε απόσταση 1.5m (meters) ξαπλωμένος στο έδαφος και στην συνέχεια να επιλέξει δυο σημεία στο τέλος του video, με την ακριβή στιγμή της απογείωσης του και την ακριβή στιγμή της προσγείωσης, του αθλητή που είναι για μέτρηση. Τα δεδομένα που εξάγονται είναι: το ύψος, ο χρόνος πτήσης, η ταχύτητα, η δύναμη και η δύναμη των κάθετων αλμάτων. Ακόμη, εξάγονται προφίλ δύναμης-ταχύτητας μέσω της μεθόδου Samozino. [Βλαχογιάννη και Στενού, 2018].

II.2.2 Εφαρμογή COD Timer

Μέσω της εφαρμογής COD Timer, μπορεί να γίνει δυνατή η καταγραφή αλλαγών κατεύθυνσης της κίνησης και της ταχύτητας κατά το τρέξιμο. Επιπλέον πολύ προπονητές πλέον χρησιμοποιούν την εφαρμογή και συγκεκριμένα την δοκιμή 5-0-5 COD για την μέτρηση της απόδοσης των αθλητών και είναι μια άσκηση που συναντάται συχνά σε αγώνες ομαδικών αθλημάτων ή ρακέτας. Μια ακόμη δυνατότητα που δίνει αυτή η εφαρμογή, είναι να αξιολογεί την ανισορροπία μεταξύ των άκρων. [Zhili et. al, 2021].

Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή COD Timer μπορεί να εγκατασταθεί σε IOS συσκευές smartphone, όπως ένα iPad ή ένα iPhone. Η συσκευή τοποθετείται πάνω σε ένα τρίποδο, έξι μέτρα μακριά και είναι ευθυγραμμισμένη με την γραμμή τερματισμού. Ακόμη, η έναρξη και το τέλος της κάθε δοκιμής θεωρούνται ως το πρώτο πλαίσιο στο οποίο το άτομο διέσχισε τις πύλες χρονισμού με τον κορμό του. Επικυρωμένες ασκήσεις ή δοκιμές που μπορεί να κάνει ο αθλητής είναι η άσκηση 5-0-5, Illinois Agility Test, V-Cut και το 5+5. Μέσω αυτών των δοκιμών, εξάγονται αποτελέσματα όπως ο χρόνος, οι φάσεις επαφής, το έλλειμα COD και η ασυμμετρία των ποδιών. [Zhili et. al, 2021].

II.2.3 Εφαρμογή My Lift για μέτρηση ταχύτητας της μπάρας

Στην αθλητική απόδοση με βάση την άρση βαρών, σημαντικό ρόλο στην αύξηση της απόδοσης παίζει η συνεχής αύξησης της δύναμης σε προοδευτική αύξηση των βαρών. Μια πρακτική εναλλακτική λύση για αύξηση της απόδοσης, είναι η προπόνηση με βάση την ταχύτητα της μπάρας (VBT). Το VBT βασίζεται στην τεχνολογία για την παρακολούθηση της ταχύτητας ανύψωσης της μπάρας σε πραγματικό χρόνο και την ρύθμιση του φορτίου που θα σηκώσει ο αθλητής με βάση την ταχύτητας ανύψωσης των κιλών σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, με παρακολούθηση της ταχύτητας ανύψωσης φορτίων, μπορεί να δημιουργήσει κάποιος ένα πρόγραμμα προπόνησης με πιο σωστά φορτία, να δημιουργήσει προφίλ φορτίου-ταχύτητας και να παρακολουθήσει τη νευρομυϊκή κόπωση σε πραγματικό χρόνο. Ακόμη οι αθλητές, μπορούν να λάβουν στοιχεία για την πραγματική ταχύτητα που αναπτύσσεται με σκοπό τη βελτίωση της προπόνησης τους και την ταυτόχρονη μείωση του προπονητικού στρες. [Cava et. al, 2020].

Μέσω της εφαρμογής My Lift η οποία είναι διαθέσιμη μόνο σε συσκευές iOS, μπορεί να εκτιμηθεί η μέτρηση μιας μέγιστης επανάληψη (1-RM), με τον ακριβή δυνατό τρόπο. Η διαδικασία αυτή γίνεται μέσω της καταγραφής video υψηλής ταχύτητας, την στιγμή που κάνει την άσκηση ο αθλητής. Ένας αθλητής μπορεί να δοκιμάσει κάποιες επαναλήψεις με μέγιστα φορτία και μέσω του video να του αναδείξει η εφαρμογή αν το φορτίο που σήκωσε αντιστοιχεί σε κάποιο ποσοστό της δύναμης του ή στην μέγιστη δύναμη του (1-RM). Επιπλέον, η εφαρμογή εκτός από την μέτρηση της ταχύτητας της μέγιστης επανάληψης (1-RM) ή το ποσοστό επί της εκατό (%) που μπορεί να προσεγγίζει την μέγιστη επανάληψη, μετράει την ταχύτητα κίνησης για την παρακολούθηση της απόδοσης, κάνει ανάλυση της απώλειας ταχύτητας για την

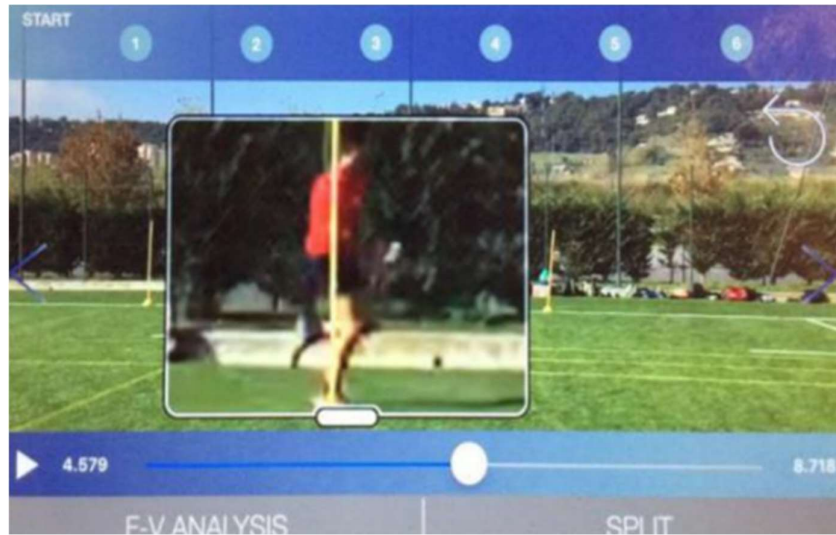
παρακολούθηση της κόπωσης και παρακολουθεί την τροχιά της ανύψωσης. Τέλος, οι ασκήσεις που μπορεί να μελετήσει η εφαρμογή είναι, η πρέσα πάγκου, τα deadlift, pull-up κ.α. [Carlos, 2016].

II.3 Ανάλυση της Εφαρμογής MySprint

Η ταχύτητα ενός αθλητή, η ικανότητα επιτάχυνσης του προς τα εμπρός και η απόδοση ισχύος είναι από τους πιο βασικούς παράγοντες απόδοσης σε πολλές αθλητικές δραστηριότητες και κυρίως σε αθλητές του αθλήματος sprint. Σημαντικός παράγοντας στην καλή απόδοση ενός sprint, είναι η παραγωγή αποτελεσματικής οριζόντιας δύναμης (F_{H2T}) κατά την επιτάχυνση ενός sprint. Η εξαγωγή φασμάτων γραμμικής δύναμης, ταχύτητας και ισχύος εξόδου από έναν αθλητή, δίνει τη δυνατότητα σε έναν προπονητή, έναν ερευνητή, ακόμη και σε έναν αθλητή να δημιουργήσει προφίλ δύναμης-ταχύτητας (F-V) και προφίλ ισχύος-ταχύτητας (P-V). Όλοι αυτοί οι παράγοντες και τα αποτελέσματα που αναλύθηκαν παραπάνω μπορούν να εξαχθούν μέσω κάποιων ακριβών μεθόδων, όπως είναι οι πύλες χρονισμού, είτε συστημάτων ραντάρ και λέιζερ αλλά και κάποιων άλλων ακριβών συσκευών όπως είναι τα δυναμοδάπεδα (Force Plate, FP) και οι διάδρομοι με όργανα μέτρησης. [Morin, 2022].

Μέσω της επιστημονικά τεκμηριωμένης εφαρμογής MySprint, μπορεί να γίνει ακριβής εκτίμηση της θεωρητικής μέγιστης δύναμης (F_0), της θεωρητικής μέγιστης ταχύτητας (V_0), της μέγιστης ισχύος εξόδου (P_{max}), της συνολικής παραγωγής δύναμης (RF) και του ρυθμού μείωσης της συνολικής παραγωγής δύναμης καθώς αυξάνεται η ταχύτητα (DRF) σε έναν αθλητή. Ακόμη, μέσω της εφαρμογής μπορεί να υπολογιστεί το προφίλ ισχύος-δύναμης-ταχύτητας (P-F-V) των μυών ενός αθλητή. Επομένως, όλες οι παραπάνω μηχανικές ιδιότητες μπορούν να υπολογιστούν μέσω της εφαρμογής MySprint, η οποία είναι διαθέσιμη στο AppStore σε smartphone όπου έχουν το λογισμικό iOS. Ακόμη το smartphone που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή, έπρεπε να είχε έκδοση λογισμικού iOS 9.0 ή νεότερη. Επιπλέον, το smartphone έπρεπε να κάνει εγγραφή βίντεο τους αθλητές που τρέχουν το sprint τριάντα ή σαράντα μέτρων σε ρυθμό εγγραφής 240 καρέ ανά δευτερόλεπτο (fps) και να ήταν στην λειτουργία καταγραφής αργής κίνησης (slow motion). Εφόσον είχε γίνει η καταγραφή του video, έπρεπε να εξαχθούν τα μηχανικά δεδομένα. Αυτή η διαδικασία όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 2.1** συνεχίστηκε, με το που επιβεβαίωσε ο παρατηρητής πατώντας πάνω στην οθόνη την στιγμή που ξεκίνησε να τρέχει, την στιγμή που έφτασε στα πέντε μέτρα, στα δέκα μέτρα και ούτε κάθε εξής μέχρι τα τριάντα ή σαράντα μέτρα. Η διαδικασία καταγραφής του στιγμιότυπου μέσω της οθόνης, για την στιγμή εκκίνησης ή πότε έφτασε στα πέντε μέτρα, συνέβη για να καταγραφούν οι χρόνοι που έκανε ο αθλητής. Επομένως, όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 2.2**, όταν ολοκληρώθηκε η διαδικασία εξήχθησαν τα αποτελέσματα που αναφέραμε παραπάνω. [Franco et al, 2016].

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων



Εικόνα 2.1: Αναγνώριση των χρόνων ανά πέντε μέτρα μέσω της εφαρμογής MySprint. [Morin, 2022].



Εικόνα 2.2: Εξαγωγή αποτελεσμάτων από την εφαρμογή MySprint. Όπως προφίλ δύναμης-ταχύτητας-ισχύς (F-V-P) των μυών και μηχανικών αποτελεσμάτων του αθλητή. [Morin, 2022].

Π.4 Ανάλυση Υλικών Πειραματικής Διάταξης

Η εφαρμογή MySprint όπως αναλύθηκε πιο πάνω, είναι από τα πιο σημαντικά εργαλεία για την εξαγωγή αποτελεσμάτων και την κατανόηση ή σύγκριση των επιδόσεων στους αθλητές. Εκτός από την εφαρμογή, χρειάζονται και άλλα εργαλεία ώστε να καταφέρει κάποιος να πάρει μετρήσεις για τον εαυτό του ή κάποιον άλλον αθλητή. Αναλυτικότερα, το δεύτερο πιο σημαντικό εργαλείο είναι ένα smartphone, με λογισμικό iOS και έκδοση iOS 9.0 και νεότερη. [Reyes, 2016]. Οι συγκεκριμένες μετρήσεις έγιναν με ένα iPhone 6s. Με βάση τις τεχνικές προδιαγραφές της apple, το συγκεκριμένο iPhone, μπορεί να υποστηρίξει την έκδοση της εφαρμογής, αλλά το πιο σημαντικό είναι οι κάμερες που διαθέτει. Με βάση τις τεχνικές προδιαγραφές του iPhone 6s, οι κάμερες του αποτελούνται, από 12MP με f/2.2 (αριθμό διαφράγματος του φακού) και δυνατότητα PDAF, όπου χρησιμεύει στην αυτόματη εστίαση του φακού για πιο ευκρινείς και καθαρές λήψεις και στα πιο γρήγορα κινούμενα θέματα. Επιπλέον, τα video είναι με ανάλυση 4k@30fps (δηλαδή 30 καρέ το δευτερόλεπτο), 1080p@60fps (30 καρέ το δευτερόλεπτο), 1080@120fps (120 καρέ το δευτερόλεπτο). Τέλος, η ανάλυση και τα fps που χρειάστηκαν για να πραγματοποιηθεί η πειραματική διαδικασία, ήταν 720p@240fps (240 καρέ το δευτερόλεπτο), όπου είναι και η λειτουργία video αργής κίνησης. [Apple Support, 2021].

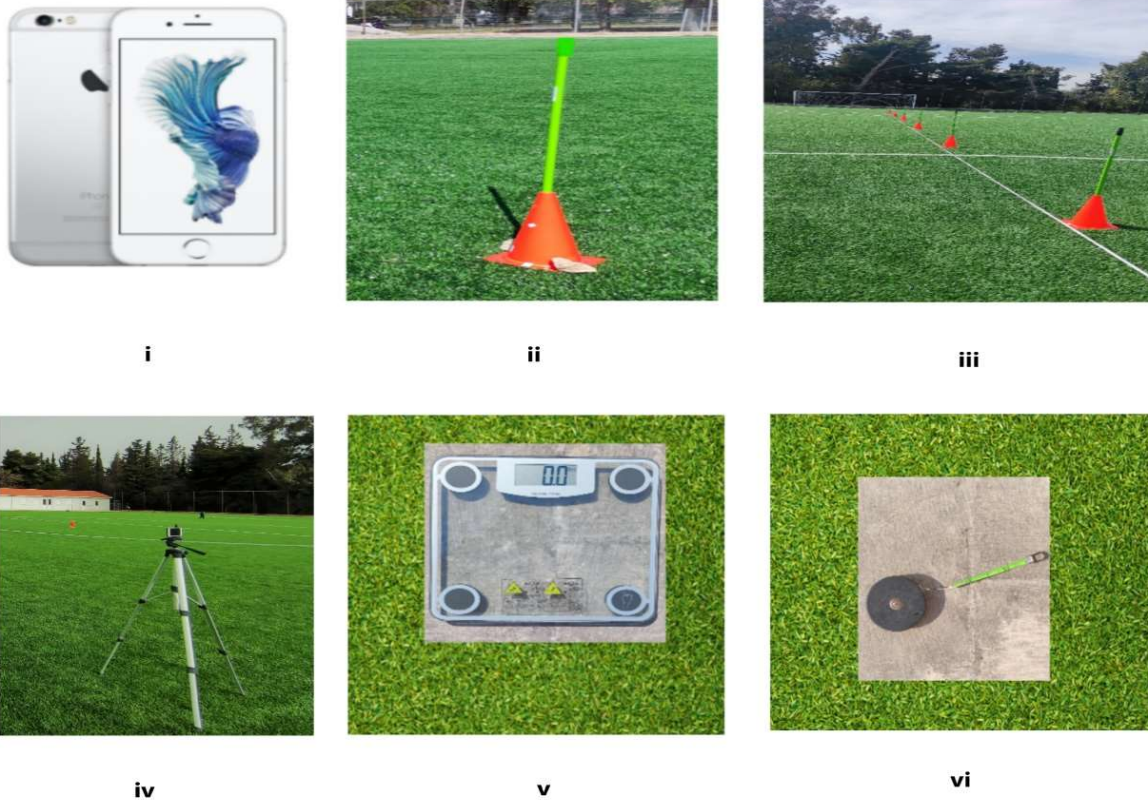
Τα υπόλοιπα υλικά που χρειάστηκαν για την ολοκλήρωση της πειραματικής διάταξης είναι τα εξής:

- Τρίποδο ύψους 1.50m (meters).
- Πλαστικοί Κώνοι ύψους 38cm (centimeters).
- Κοντάρια 115cm (centimeters).
- Γήπεδο 100m (meters).
- Ζυγαριά.
- Μετροταινία κορδέλα 30m (meters).
- Εφαρμογή (App) για τον υπολογισμό BMI.
- Εφαρμογή (App) για την μέτρηση της θερμοκρασία και της πίεσης του αέρα.

Αναλυτικότερα, για την πειραματική διάταξη και όπως παρατηρείται στην **Εκόνα 2.3** χρειάστηκε ένα τρίποδο ύψους 1,50 μέτρων, με δυνατότητα τριών κατευθύνσεων της κεφαλής και υποστήριξης βάσης για το τηλέφωνο. Έπειτα, χρειάστηκαν έξι πλαστικοί κώνοι ύψους 38 εκατοστών για την σηματοδότηση των πέντε, δέκα, δεκαπέντε, έως και τριάντα μέτρων όπου είναι και η απόσταση του sprint που είχαν να τρέξουν οι νεαροί ενήλικες. Ακόμη, όπως χρειάστηκαν έξι κώνοι, έτσι χρειάστηκαν και έξι κοντάρια ύψους ενός μέτρο και δεκαπέντε εκατοστών αντίστοιχα. Τα κοντάρια απαιτούνται, για να μπορέσει να κατανοήσει αυτός που τραβάει το video, πότε η μετωπιαία πλευρά της λεκάνης ενός αθλητή, κεντράρετε με το κοντάρι και περνάει από τα πέντε μέτρα, δέκα μέτρα μέχρι και τα τριάντα μέτρα, όπου είναι το sprint του πειράματος. Σημαντικό ρόλο στην πειραματική διάταξη, έχει και ο χώρος όπου θα στηθούν όλα τα εργαλεία της έρευνας και θα μετρηθούν στην άσκηση sprint οι νεαροί

ενήλικες. Γι' αυτό έγινε χρήση ενός γηπέδου ποδοσφαίρου, μήκους 100 μέτρων. Επιπλέον, για την πειραματική διάταξη όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2.3** έγινε χρήση μιας ζυγαριάς με μέγιστο βάρος 180 κιλών (Kg) και πιθανότητα σφάλματος 0,1 κιλά (Kg), για την μέτρηση του βάρους των ενηλίκων, με την εισαγωγή των δεδομένων στην εφαρμογή MySprint και την εξαγωγή των μηχανικών αποτελεσμάτων. Μια μετροταινία στυλ κορδέλας μήκους 30 μέτρων, είναι απαραίτητη για την μέτρηση απόσταση της εκκίνησης και των πρώτων πέντε μέτρων, αλλά και για την μέτρηση των αποστάσεων μεταξύ των κόνων. Ακόμη η μετροταινία χρειάζεται για την μέτρηση της απόστασης του κώνου και του τριπόδου, ώστε να υπάρχει σωστή γωνία θέασης, όλου του μήκους της απόστασης που έχει να τρέξει ο ενήλικας. Πέραν από την μέτρηση των κόνων, η μετροταινία χρειάζεται για την μέτρηση του ύψους των νεαρών ενηλίκων, γιατί θα εισαχθούν ως δεδομένα στην εφαρμογή MySprint και να εξαχθούν τα μηχανικά αποτελέσματα του ενήλικα, όπως F_0 , V_0 κ.α. Ακόμη, έγινε χρήση μιας εφαρμογής από το Google Play, με όνομα ΔΜΣ Υπολογιστής, για τον υπολογισμό του δείκτη μάζας σώματος (BMI). Αυτή η εφαρμογή απαιτεί έκδοση android 4,4 και νεότερη και υπολογίζει τον δείκτη μάζας σώματος, το λίπος και πιο θα έπρεπε να ήταν το ιδανικό βάρος. Τα παραπάνω δεδομένα εξάγονται, αν εισαχθούν ως δεδομένα το φύλο, ηλικία, το ύψος, και το βάρος του αθλητή που είναι για μέτρηση. Επίσης, μέσω του κινητού μου τηλεφώνου, μετρήθηκε ο καιρός και η ατμοσφαιρική πίεση του αέρα. Τέλος, καλύτερη ανάλυση για την τοποθέτηση των κόνων με τα κοντάρια, του τριπόδου και άλλων λεπτομερειών, θα γίνει στην ανάλυση της πειραματικής διάταξης.

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων



Εικόνα 2.3: Ανάλυση των εργαλείων που χρειάστηκαν για την ολοκλήρωση της πειραματικής διάταξης. Έγινε χρήση **i)** ενός smartphone iPhone 6s όπου περιέχει την εφαρμογή και θα καταγράψει τα sprints, **ii)** κώνου 38cm και κονταριού 115cm για την σηματοδότηση των 5m έως 30m, **iii)** ενός γηπέδου μήκους 100m, **iv)** ενός τριπόδου ύψους 1,50m για την σταθερή στερέωση του smartphone, **v)** μιας ζυγαριάς με μέγιστο βάρος 180kg και απόκλισης 0,1kg, για το ζύγισμα των νεαρών ενηλίκων, **vi)** μια μετροταινία τύπου κορδέλας για την μέτρηση των αποστάσεων και του ύψους των αθλητών.

II.5 Μετρήσεις Νεαρών Ενηλίκων

Στην πειραματική διάταξη έλαβαν μέρος 43 νεαροί ενήλικες. Οι ενήλικες χωρίστηκαν σε γυμνασμένους και αγύμναστους όπου και οι δυο κατηγορίες αποτελούνταν, από άντρες και γυναίκες. Οι γυμνασμένοι ήταν στο σύνολο 21 άτομα, ενώ οι αγύμναστοι ήταν στο σύνολο 22 άτομα. Ως γυμνασμένοι θεωρήθηκαν, οι ενήλικες που γυμνάζονται το λιγότερο τρεις φορές την εβδομάδα και τα είδη γυμναστικής που κάνουν είναι τρέξιμο στο ύπαιθρο, kick-boxing, πολεμικές τέχνες, γυμναστήριο, αποστάσεις δρόμου, basket και γυμναστική στο σπίτι. Ενώ ως αγύμναστοι θεωρήθηκαν, οι ενήλικες που δεν γυμνάζονται καθόλου. Αρχικά η κατηγορία γυμνασμένοι, όπως φαίνεται και στον **Πίνακα 1** είναι ηλικία, $22 \pm 2,7$ ετών, σωματικής μάζας, $72,3 \pm 9,5$ kg, σωματικού

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

ύψους, $1,77 \pm 0,07$ μέτρα, δείκτη μάζας σώματος (BMI), $23 \pm 2,5$. Από την άλλη μεριά, η κατηγορία αγύμναστοι, όπως φαίνεται στον **Πίνακα 2** είναι ηλικίας, $21,7 \pm 1,8$ ετών, σωματικής μάζας, $81,6 \pm 20,4$ kg, σωματικού ύψους, $1,75 \pm 0,08$ μέτρα, δείκτη μάζας σώματος (BMI), $26,4 \pm 5,1$. Με βάση την **εικόνα 2.4** στα εικονίδια **α** και **β**, παρατηρούνται ενδεικτικά δυο από τους 21 γυμνασμένους ενήλικες και στο εικονίδιο **γ**, παρατηρείται ενδεικτικά ένας μη γυμνασμένος ενήλικας. Όλοι οι παραπάνω νεαροί ενήλικες, συμμετείχαν εθελοντικά στην μελέτη. Όλοι οι ενήλικες, εξοικειώθηκαν με την παραπάνω μελέτη, πριν μετρηθούν στην άσκηση sprint και τους δόθηκε χρόνος ξεκούρασης, μεταξύ των τριών sprint που είχαν να κάνουν. Κανένας από τους 42 αθλητές δεν υπέστη τραυματισμό πριν ή μετά την πειραματική διάταξη. Τέλος, όπως παρατηρείται στον **Πίνακα 1** και **Πίνακα 2**, για τους γυμνασμένους και τους αγύμναστους αντίστοιχα εισήχθησαν κάποια δεδομένα, όπως η θερμοκρασία περιβάλλοντος σε βαθμούς κελσίου και ηπίεση του αέρα σε mmHg και hPa, ώστε να αναδεικνύεται ότι είναι σχεδόν ισάξιες οι καιρικές συνθήκες που θα πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις. Επομένως στην κατηγορία των γυμνασμένων η θερμοκρασία περιβάλλοντος σε βαθμούς κελσίου ήταν $22,43 \pm 4,51$, η πίεση σε mmHg $763,71 \pm 2,17$, η πίεση σε hPa $1.018,76 \pm 2,77$. Από την άλλη μεριά, η κατηγορία των αγύμναστων η θερμοκρασία περιβάλλοντος σε βαθμούς κελσίου $23,18 \pm 4,49$, η πίεση σε mmHg $763,55 \pm 2,09$, η πίεση σε hPa $1.018,41 \pm 2,81$.



α



β



γ

***Εικόνα 2.4:** Στην εικόνα **α** και **β** παρατηρούνται οι γυμνασμένοι νεαροί ενήλικες, κατά την διάρκεια της πειραματικής διάταξης. Ενώ, στην εικόνα **γ** παρατηρείται ένας μη γυμνασμένος ενήλικας.*

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

Πίνακας 1: Πίνακας ηλικίας, βάρους, ύψους, BMI, θερμοκρασίας, πίεσης του αέρα σε mmHg και hPa, για 21 γυμνασμένους νεαρούς ενήλικες

<i>Δείγμα</i>	<i>Ηλικία</i>	<i>Βάρος(Kg)</i>	<i>Ύψος(m)</i>	<i>BMI</i>	<i>T (C°)</i>	<i>P(mmHg)</i>	<i>P(hPa)</i>
<i>FV001</i>	32	90	1,8	27,8	14	767	1.023
<i>FV002</i>	21	75	1,78	23,7	14	767	1.023
<i>FV003</i>	24	65,5	1,7	22,7	14	767	1.023
<i>FV004</i>	25	81	1,76	25,9	17	768	1.024
<i>FV005</i>	25	69	1,84	20,4	17	768	1.024
<i>FV006</i>	20	55	1,7	19	22	763	1.018
<i>FV007</i>	21	72	1,81	22	22	763	1.018
<i>FV008</i>	21	85	1,91	23,2	22	763	1.018
<i>FV009</i>	22	60	1,74	19,8	22	763	1.018
<i>FV010</i>	22	71	1,75	23,2	22	763	1.018
<i>FV011</i>	22	86,5	1,88	24,5	25	763	1.018
<i>FV012</i>	23	74	1,87	21,2	26	763	1.018
<i>FV013</i>	20	66	1,72	22,3	26	763	1.018
<i>FV014</i>	20	66	1,83	19,7	26	763	1.018
<i>FV015</i>	20	82	1,82	25,3	26	762	1.017
<i>FV016</i>	21	82	1,75	26,8	26	762	1.017
<i>FV017</i>	21	72	1,71	24,6	26	762	1.017
<i>FV018</i>	21	57	1,63	21,5	26	762	1.016
<i>FV019</i>	21	73	1,7	25,3	26	762	1.016
<i>FV020</i>	21	77	1,76	24,9	26	762	1.016
<i>FV021</i>	20	60	1,72	20,3	26	762	1.016
AVG	22,048	72,333	1,770	23,052	22,43	763,71	1018,76
SD	2,747	9,867	0,071	2,486	4,51	2,17	2,77

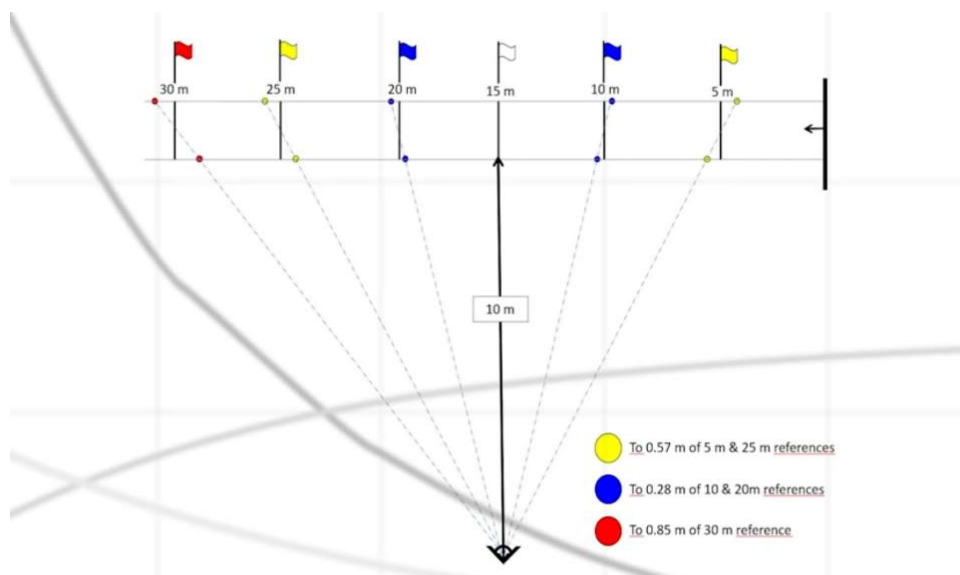
Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

Πίνακας 2: Πίνακας ηλικίας, βάρους, ύψους, BMI, θερμοκρασίας, πίεσης του αέρα σε mmHg και hPa, για 22 αγύμναστους νεαρούς ενήλικες

<i>Δείγμα</i>	<i>Ηλικία</i>	<i>Βάρος(Kg)</i>	<i>Ύψος(m)</i>	<i>BMI</i>	<i>T (C°)</i>	<i>P(mmHg)</i>	<i>P(hPa)</i>
<i>FV001</i>	25	117	1,87	33,5	17	768	1.024
<i>FV002</i>	22	79,6	1,81	24,3	15	767	1.023
<i>FV003</i>	20	118,8	1,82	35,6	15	767	1.023
<i>FV004</i>	21	72	1,77	24,3	15	767	1.023
<i>FV005</i>	22	89	1,77	28,4	15	767	1.023
<i>FV006</i>	20	124,9	1,85	36,5	22	763	1.018
<i>FV007</i>	22	65	1,57	26,4	22	763	1.018
<i>FV008</i>	28	70,5	1,87	20,2	25	763	1.018
<i>FV009</i>	20	92,7	1,85	27,1	26	763	1.018
<i>FV010</i>	21	54,5	1,61	21	26	763	1.018
<i>FV011</i>	21	61,3	1,74	20,2	26	763	1.018
<i>FV012</i>	21	89	1,66	32,3	26	763	1.018
<i>FV013</i>	20	73	1,66	26,5	26	763	1.018
<i>FV014</i>	22	58,9	1,7	20,4	26	762	1.017
<i>FV015</i>	22	108	1,81	33	26	762	1.016
<i>FV016</i>	21	78	1,73	26,1	26	762	1.016
<i>FV017</i>	21	63,5	1,69	22,2	26	762	1.016
<i>FV018</i>	21	63,5	1,69	22,2	26	762	1.016
<i>FV019</i>	21	82	1,82	25,3	26	762	1.016
<i>FV020</i>	22	94	1,77	30	26	762	1.016
<i>FV021</i>	21	68	1,76	22	26	762	1.016
<i>FV022</i>	23	72	1,8	22,2	26	762	1.016
<i>AVG</i>	21,682	81,600	1,755	26,350	23,18	763,55	1.018,41
<i>SD</i>	1,810	20,437	0,084	5,151	4,49	2,09	2,81

II.6 Στήσιμο Υλικών

Στην υπάρχουσα πειραματική μελέτη, οι νεαροί ενήλικες είχαν να τρέξουν sprint 30 μέτρων. Υπό αυτή την προϋπόθεση σαν πρώτο βήμα για την πειραματική διάταξη, έπρεπε να στηθούν κώνοι και κοντάρια μαζί που να σηματοδοτούν τα 5m, 10m, 15m, 20m, 25m και 30m. Οι κώνοι και τα κοντάρια, τοποθετήθηκαν σε μια ευθεία σειρά με μεταξύ τους απόστασης 5m. Ο τρόπος τοποθέτησης τους, ήταν με τέτοιο τρόπο ώστε η κάμερα και ο παρατηρητής να καταλαβαίνει πότε ο ενήλικας που τρέχει, βρίσκεται στα 5m έως 30m αντίστοιχα. Αναλυτικότερα, αν οι ενήλικες τρέχουν στην έσω μεριά των κώνων-κονταριών όπως φαίνεται στην **Εικόνα 2.5** και αν ξεκινήσει η μέτρηση από την γραμμή της έναρξης που αρχίζουν να τρέχουν οι ενήλικες, ο πρώτος κώνος με το κοντάρι που σηματοδοτούν τα 5m, τοποθετείται κατά 0,57m πιο μπροστά, δηλαδή στα 5,57m και όχι στα 5m ακριβώς. Ο δεύτερος κώνος με το κοντάρι, τοποθετούνται κατά 0,28m πιο μπροστά από τα 10m, δηλαδή στα 10,28m. Ο τρίτος κώνος με το κοντάρι που σηματοδοτούν τα 15m, τοποθετούνται ακριβώς. Ύστερα ο τέταρτος κώνος με το κοντάρι, τοποθετούνται κατά 0,28m πιο πίσω από τα 20m δηλαδή στα 19,72m. Με την σειρά τους ο πέμπτος κώνος με το κοντάρι, τοποθετούνται κατά 0,57m πιο πίσω από τα 25m, δηλαδή στα 24,43m. Τέλος, ο έκτος και τελευταίος κώνος και κοντάρι, τοποθετούνται κατά 0,85m πιο πίσω από τα 30m, δηλαδή 29,15m. Να τονιστεί, ότι η τοποθέτηση των παραπάνω κώνων και κονταριών έγινε σε συνεργασία δύο ατόμων και με την χρήση μιας μετροταινίας 30m, για την έγκυρη τοποθέτηση τους. Επίσης, όπως φαίνεται στην **εικόνα 2.5**, η τοποθέτηση του τριπόδου και της κάμερας έγινε στο ύψος των 15m και σε απόσταση 10m από τον κώνο και το κοντάρι των 15m. Η έγκυρη μέτρηση της απόστασης κάμερα και τριπόδου από το σημάδι των 15m, έγινε μέσω μετροταινίας στυλ κορδέλας 30m.



Εικόνα 2.5: Τρόπος τοποθέτησης κώνων και κονταριών. [MySprint New Version Tutorial!, 2016].

II.7 Μέτρηση Ανθρωπομετρικών & Καιρικών Δεδομένων

Για όλους τους νεαρούς ενήλικες, πριν ξεκινήσουν για να τρέξουν τα sprint, που όριζε η πειραματική διάταξη, τους μετρήθηκε το ύψος, το βάρος, η ηλικία, το BMI. Επιπροσθέτως μετρήθηκαν κάποια καιρικά στοιχεία της ώρα που έτρεχαν. Αναλυτικότερα, όπως φαίνεται στον **Πίνακα 3**, δημιουργήθηκε μια φόρμα για να καταγράφονται τα στοιχεία τους, όπως το βάρος, το ύψος, η ηλικία, ο δείκτης σωματικής μάζας (BMI), θερμοκρασία περιβάλλοντος και η πίεση του αέρα σε mmHg και hPa. Επίσης, όπως παρατηρείται στον **Πίνακα 3**, υπάρχουν και τρεις στήλες καταγραφής χρονικών αποδόσεων των ενηλίκων, όπου αντιστοιχούν με τον αριθμό των sprint που είχαν να τρέξουν. Ακόμη σχετικά με την φόρμα καταγραφής στοιχείων, η ένδειξη slow motion, αναφέρεται στον τύπο του video που χρησιμοποιήθηκε από την κάμερα του smartphone, για να καταγραφούν οι νεαροί ενήλικες. Τα στοιχεία που έχουν να κάνουν με τους ενήλικες, αφορούν στην κατανόηση του προφίλ του κάθε ενήλικα αλλά και στην εισαγωγή ορισμένων στοιχείων, όπως σωματικό βάρος, σωματικό ύψος, στην εφαρμογή MySprint για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Ακόμη, η θερμοκρασία περιβάλλοντος και η πίεση του αέρα, χρειάστηκαν για να διαπιστωθεί ότι την χρονική περίοδο που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, οι καιρικές συνθήκες ήταν ίδιες για όλους.

II.8 Εξοικείωση Πειράματος

Όλοι οι νεαροί ενήλικες πραγματοποίησαν προθέρμανση 12 λεπτών, όπου αποτελούταν από 5 λεπτά τζόκινγκ περιμετρικά του γήπεδου ποδοσφαίρου, 5 λεπτά διατάσεις με εστίαση στα πόδια και 2 λεπτά sprint, σε αποστάσεις 30 μέτρων στο 70% των δυνατοτήτων τους. Μετά από την προθέρμανση τους οι ενήλικες, εξοικειώθηκαν στο πως θα στηθούν στην γραμμή εκκίνησης. Όλοι οι ενήλικες και των δύο κατηγοριών, ξεκινούσαν από μια σκυμμένη θέση τους σώματος τους, τοποθετώντας το δυνατό τους πόδι στην πίσω μεριά, ώστε η πρώτη τους ώθηση για να ξεκινήσουν να δίνεται από αυτό. Ύστερα, το άλλο τους πόδι, ήταν τοποθετημένο μπροστά σε μια γωνία 90° από το έδαφος και τα δύο τους χέρια ακουμπούσαν κάτω στην γραμμή εκκίνησης. Με το λάβετε θέσης τους παρατηρητή, όπου ήταν αυτός που τράβαγε και το βίντεο, ανασήκωναν τον κορμό τους και με το πάμε που φώναζε ξανά ο παρατηρητής, έφευγαν για το sprint των 30m. Όλη αυτή τη διαδικασία την πραγματοποίησαν όλοι οι ενήλικες από δύο φορές. Ύστερα, χωρίστηκαν σε ομάδες των πέντε ατόμων, για να πραγματοποιήσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα και τις τρεις δοκιμές των sprint και στα άτομα που τους αργούσε η σειρά τους, όταν ένοιωθαν ότι κρύωναν μυϊκά, ξανά έκαναν τρέξιμο για να ζεσταθούν. Όπως έχει προ αναφερθεί, όλοι οι νεαροί ενήλικες πραγματοποίησαν τρία sprint στο 80% με 90% την αντοχής τους και χρόνο διαλλείματος ανάμεσα στα sprint είχαν 3 με 4 λεπτά. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι υπήρχε και ένα εξοικειωμένο άτομο για να δείχνει την προθέρμανση στους ενήλικες, το πως θα στηθούν στην γραμμή έναρξης, το πότε θα τους δίνεται το σήμα να ξεκινήσουν να τρέχουν και να είναι ο μόνος που θα τραβάνε βίντεο με την κάμερα ώστε να εξάγει τα αποτελέσματα από την εφαρμογή MySprint.

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

Πίνακας 3: Φόρμα καταγραφής στοιχείων των νεαρών ενηλίκων, του καιρού και των χρονικών αποτελεσμάτων στις τρεις δοκιμές των sprint

		1 ^η Μέτρηση		2 ^η Μέτρηση		3 ^η Μέτρηση	
		Meters (m)	Time (s)	Meters (m)	Time (s)	Meters (m)	Time (s)
		Slow Motion1		Slow Motion2		Slow Motion3	
Αθλητής No1	Weight (Kg)	Start		Start		Start	
		5 (m)		5 (m)		5 (m)	
	Height (m)	10(m)		10(m)		10(m)	
	Age	15(m)		15(m)		15(m)	
	BMI	20(m)		20(m)		20(m)	
	T (°C)	25(m)		25(m)		25(m)	
	P (mmHg/hPa)	30 (m)		30 (m)		30 (m)	
		Slow Motion1		Slow Motion2		Slow Motion3	
Αθλητής No2	Weight (Kg)	Start		Start		Start	
		5 (m)		5 (m)		5 (m)	
	Height (m)	10(m)		10(m)		10(m)	
	Age	15(m)		15(m)		15(m)	
	BMI	20(m)		20(m)		20(m)	
	T (°C)	25(m)		25(m)		25(m)	
	P (mmHg/hPa)	30 (m)		30 (m)		30 (m)	
		Slow Motion1		Slow Motion2		Slow Motion3	
Αθλητής No3	Weight (Kg)	Start		Start		Start	
		5 (m)		5 (m)		5 (m)	
	Height (m)	10(m)		10(m)		10(m)	
	Age	15(m)		15(m)		15(m)	
	BMI	20(m)		20(m)		20(m)	
	T (°C)	25(m)		25(m)		25(m)	
	P (mmHg/hPa)	30 (m)		30 (m)		30 (m)	
		Slow Motion1		Slow Motion2		Slow Motion3	
Αθλητής No4	Weight (Kg)	Start		Start		Start	
		5 (m)		5 (m)		5 (m)	
	Height (m)	10(m)		10(m)		10(m)	
	Age	15(m)		15(m)		15(m)	
	BMI	20(m)		20(m)		20(m)	
	T (°C)	25(m)		25(m)		25(m)	
	P (mmHg/hPa)	30 (m)		30 (m)		30 (m)	
		Slow Motion1		Slow Motion2		Slow Motion3	
Αθλητής No5	Weight (Kg)	Start		Start		Start	
		5 (m)		5 (m)		5 (m)	
	Height (m)	10(m)		10(m)		10(m)	
	Age	15(m)		15(m)		15(m)	
	BMI	20(m)		20(m)		20(m)	
	T (°C)	25(m)		25(m)		25(m)	
	P (mmHg/hPa)	30 (m)		30 (m)		30 (m)	

II.9 Στατιστικές Αναλύσεις

Για εξαγωγή αποτελεσμάτων, χρειάστηκε να γίνουν κάποιες στατιστικές αναλύσεις στα δεδομένα που πάρθηκαν μέσω της εφαρμογής MySprint. Όλα τα δεδομένα, προήλθαν από 43 γυμνασμένους και αγύμναστους νεαρούς ενήλικες. Για την εύρεση ή μη στατιστικών διαφορών, μεταξύ των γυμνασμένων και αγύμναστων στο τρέξιμο sprint των 30m, στην παρούσα πειραματική μελέτη, γίνεται χρήση της μέσης τιμής (average) και της τυπικής απόκλισης (standard deviation) σχεδόν για όλα τα δεδομένα που πάρθηκαν. Ακόμη, έγινε χρήση της συσχέτισης (correlation) μεταξύ τριών σημαντικών χαρακτηριστικών που μπορεί να επηρεάζουν την απόδοση των sprint στους ενήλικες, όπως το ύψος, το βάρος και το δείκτη σωματικής μάζας, αλλά και μεταξύ των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από την εφαρμογή MySprint. Επιπλέον, για την εξαγωγή σωστών στατιστικών αποτελεσμάτων, έγινε χρήση της διακύμανσης (fluctuation) και του T-TEST, ώστε να γίνει ξεκάθαρο αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ή όχι μεταξύ ορισμένων δεδομένων που εξήχθησαν από τις κατηγορίες γυμνασμένοι και αγύμναστοι νεαροί ενήλικες.

II.9.1 Μέση Τιμή

Η μέση τιμή είναι από τα πιο διαδεδομένα περιγραφικά μέτρα θέσης, που χρησιμοποιείται για να περιγραφούν τα δεδομένα. Όπου \mathbf{X} , είναι το υπό μελέτη χαρακτηριστικό πληθυσμού, όπου αν μετρηθεί σε τυχαίο δείγμα μεγέθους \mathbf{n} , θα δώσει τα αποτελέσματα x_i έως x_n . [Παπαγεωργίου, Ε., 2017].

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

II.9.2 Τυπική Απόκλιση

Η τυπική απόκλιση, είναι ένα μέτρο μεταβλητότητας του τυχαίου δείγματος x_i έως x_n , που ορίζεται από την τετραγωνική ρίζα της δειγματικής διασποράς και συμβολίζεται με s . Πιο αναλυτικά, η δειγματική τυπική απόκλιση είναι ένα μέτρο μεταβλητότητας των δεδομένων γύρω από το δειγματικό μέσο \bar{x} . Τέλος ως \mathbf{n} , ορίζεται το πλήθος του δείγματος. [Παπαγεωργίου, Ε., 2017].

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Π.9.3 Διακύμανση

Η διακύμανση, είναι από τα κυριότερα μέτρα μεταβλητότητας. Για να υπολογιστεί η μεταβλητότητα των παρατηρήσεων x_i , μετράμε την απόκλιση τους, από τη μέση τιμή \bar{x} και υψώνουμε στο τετράγωνο. Διαιρώντας με το πλήθος των παρατηρήσεων $n-1$ παίρνουμε ένα μέτρο του κατά πόσο (κατά μέσο όρο) διαφέρουν από το μέσο οι παρατηρήσεις. [Παπαγεωργίου, Ε., 2017].

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Π.9.4 Συσχέτιση

Με το δείκτη συσχέτισης μπορεί να μετρηθεί, πόσο έντονη είναι η σχέση μεταξύ δυο μεταβλητών. Ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson, μετράει τη γραμμική συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, θετική τιμή γραμμικής συσχέτισης σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η μια τιμή αυξάνεται και η άλλη. Ενώ αρνητική τιμή γραμμικής συσχέτισης σημαίνει ότι όσο αυξάνεται η μία, μειώνεται η άλλη. [Παπαγεωργίου, Ε., 2017].

Πιο συγκεκριμένα:

- $r = \pm 1$ υπάρχει τέλεια γραμμική συσχέτιση και όλα τα σημεία βρίσκονται πάνω σε μια ευθεία θετική ή αρνητική κλίση αντίστοιχα.
- $-0,3 \leq r < 0,3$ δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση. Αυτό, όμως, δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει άλλου είδους συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών.
- $-0,5 < r \leq -0,3$ ή $0,3 \leq r < 0,5$ υπάρχει ασθενής γραμμική συσχέτιση.
- $-0,7 < r \leq -0,5$ ή $0,5 \leq r < 0,7$ υπάρχει μέση γραμμική συσχέτιση.
- $-0,8 < r \leq -0,7$ ή $0,7 \leq r < 0,8$ υπάρχει ισχυρή γραμμική συσχέτιση.
- $-1 < r \leq -0,8$ ή $0,8 \leq r < 1$ υπάρχει πολύ ισχυρή γραμμική συσχέτιση

Ο δειγματικός συντελεστής γραμμικής συσχέτισης του Pearson, συμβολίζεται με r , τα ζεύγη των παρατηρήσεων ορίζονται ως x_i και y_i όπου ($i=1, \dots, n$). Ακόμη η μέση τιμή των παρατηρήσεων x_i και y_i , ορίζονται ως \bar{x} και \bar{y} αντίστοιχα.

$$r = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_i^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Π.9.5 T-Test

Ο στατιστικός έλεγχος υποθέσεων, είναι μια διαδικασία μέσα στην οποία αποφασίζεται, αν θα γίνει δεκτή ή αν θα απορριφθεί η μηδενική υπόθεση H_0 σε σχέση με την εναλλακτική υπόθεση H_1 , βάση των τιμών του δείγματος. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του t-test, γίνεται έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης $H_0 : \mu = \mu_0$, δηλαδή αν οι μέσες τιμές των δυο ομάδων είναι ίσες, έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης $H_1 : \mu \neq \mu_0$, δηλαδή αν οι μέσες τιμές των ομάδων είναι άνισες. [Παπαγεωργίου, Ε., 2017].

Για τον στατιστικό έλεγχο χρησιμοποιείται μια p-τιμή. Αυτή η τιμή, είναι μια οριακή τιμή, όπου με βάση ένα τυχαίο δείγμα x , θα κρίνει αν η υπόθεση H_0 θα κριθεί απορριφθείσα. Συγκεκριμένα η p-τιμή, εκφράζει το βαθμό ασυμφωνίας μεταξύ της μηδενικής υπόθεσης και των δεδομένων. Επίσης, αν η p-τιμή $\leq 0,05$ υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά της μηδενικής υπόθεσης, ενώ αν p-τιμή $> 0,05$, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές κατά της μηδενικής υπόθεσης. [Παπαγεωργίου, Ε., 2017].

Η στατιστική συνάρτηση T-Test συμβολίζεται με **T**. Ο σημειακός μέσος, όπου αποτελεί ένα σημειακό εκτιμητή του πληθυσμιακού μέσου μ , ορίζεται ως \bar{X} . Ως μ_0 , ορίζεται μια συγκεκριμένη σταθερή τιμή του μέσου. Επίσης **S**, ορίζεται το τυπικό σφάλμα του μέσου. Τέλος, το μέγεθος του δείγματος ορίζεται ως **n**.

$$T = \frac{\sqrt{n}(\bar{X} - \mu_0)}{S}$$

Π.9.6 Συνάρτηση Κατανομής Πιθανοτήτων (Κανονική Κατανομή)

Κανονική κατανομή θεωρείται η σπουδαιότερη κατανομή της θεωρίας πιθανοτήτων και στατιστικής. Οι λόγοι που θεωρείται η σπουδαιότερη κατανομή είναι αφενός ότι οι τυχαίες μεταβλητές περιγράφονται ικανοποιητικά από την κανονική κατανομή, αφετέρου οι ιδιότητες της κανονικής κατανομής αξιοποιούνται στη στατιστική συμπερασμοτολογία. [Παπαγεωργίου, Ε., 2017].

Η παράμετρος μ καθορίζει την θέση της κατανομής πάνω στον άξονα x γι' αυτό και ονομάζεται παράμετρος θέσης. Ενώ η παράμετρος σ καθορίζει το πόσο απλώνεται η κατανομή πάνω στον άξονα των x και ονομάζεται παράμετρος κλίμακας. Η αλλαγή της μέσης τιμής προκαλεί την μετατόπιση της κανονικής καμπύλης σε νέα θέση, όπως δεξιά ή αριστερά στον άξονα των x . Από την άλλη, όσο μικρότερη είναι η τυπική απόκλιση, τόσο μικρότερο είναι το διάστημα στο οποίο εκτείνεται η κατανομή και το αντίστροφο. [Παπαγεωργίου, Ε., 2017]. Αν είναι γνωστές οι παράμετροι μ (μέση τιμή) και σ (τυπική απόκλιση), μπορεί να προσδιοριστεί πλήρως η κανονική κατανομή, η οποία συμβολίζεται με **f(x)**: [Κικίλιας, Π., et al, 2001].

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad -\infty < x < +\infty$$

Κεφάλαιο III Αποτελέσματα

III.1 Αποτελέσματα της Εφαρμογής MySprint

Τα σημαντικότερα αποτελέσματα που μπορεί να εξάγει η εφαρμογή MySprint, όπου αποτελούν και τον πυρήνα της διπλωματικής εργασίας είναι η εξαγωγή της θεωρητικής μέγιστης οριζόντιας δύναμης (H_{ZT} F₀), της θεωρητικής μέγιστης οριζόντιας ταχύτητας (H_{ZT} V₀), της μέγιστης οριζόντιας ισχύς εξόδου (H_{ZT} P_{max}), της συνολικής παραγωγής δύναμης (RF) και του ρυθμού μείωσης της συνολικής παραγωγής δύναμης καθώς αυξάνεται η ταχύτητα (DRF) σε έναν αθλητή. Ακόμη, μέσω της εφαρμογής μπορεί να υπολογιστεί το προφίλ ισχύς-δύναμης-ταχύτητας (P-F-V) των μυών ενός αθλητή. Επομένως, όλες οι παραπάνω μηχανικές ιδιότητες μπορούν να υπολογιστούν μέσω της εφαρμογής MySprint. Η εφαρμογή έχει την δυνατότητα να εξάγει τα παραπάνω μηχανικά αποτελέσματα για έναν ενήλικα απλώς τρέχοντας ένα sprint των 30m. Η δυνατότητα εξαγωγής των παραπάνω αποτελεσμάτων, αρχικά δίνεται με το να καταγράφει ένας εξοικειωμένος παρατηρητής τα sprint των νεαρών ενηλίκων και στην συνέχεια την «σκυτάλη» την παίρνει η εφαρμογή. Η εφαρμογή δίνει την δυνατότητα στον χειριστή να αναλύει το βίντεο που τραβάει και όταν παρατηρηθεί ότι διασταυρώνετε η μετωπιαία πλευρά της λεκάνης του ενήλικα με το σημάδι των 0m έως των 30m, πατάει πάνω στο κινητό σε συγκεκριμένα σημεία που του έχει ορίσει η εφαρμογή και εξάγονται αυτόματα τα χρονικά αποτελέσματα. Ύστερα εφόσον τελειώσει με τα χρονικά αποτελέσματα, τα οποία προ απαιτούνται για να εξαχθούν τα μηχανικά αποτελέσματα του κάθε ενήλικα, πατάει σε ένα σημείο που έχει ορίσει η εφαρμογή και με αυτό τον τρόπο γίνεται η εξαγωγή των μηχανικών αποτελεσμάτων του κάθε ενήλικα και για τις δυο κατηγορίες που εξετάζονται. Εν συνεχεία, με τα αποτελέσματα που πάρθηκαν μπορούν να δημιουργηθούν οι παρακάτω πίνακες, όπως ο Πίνακας 4 και ο Πίνακας 5, όπου εν συνεχεία υπολογίστηκαν και εξήχθησαν οι μέσες τιμές τους, οι τυπικές αποκλίσεις τους και οι διακυμάνσεις τους. Οι υπολογισμοί για την μέση τιμή και τυπική απόκλιση, πάρθηκαν για την καλύτερη κατανόηση των μηχανικών διαφορών μεταξύ των κατηγοριών γυμνασμένοι και αγύμναστοι. Ενώ οι υπολογισμοί για την διακύμανση πάρθηκαν, για να αποδειχθεί αν οι δύο κατηγορίες είναι ίσης ή άνισης διακύμανσης και εν συνεχεία να γίνει χρήση του στατιστικού μοντέλου T-Test ώστε να αποδειχθεί επίσης αν για κάποια δεδομένα που έχουν οριστεί συγκριτικά των δυο κατηγοριών, παρουσιάζουν ή δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, όπου μεγαλύτερη ανάλυση θα γίνει στα στατιστικά αποτελέσματα. Όπως παρατηρείται στον Πίνακα 4, για την κατηγορία των γυμνασμένων ενηλίκων, η F₀ (N/Kg), V₀(m/s), η P_{max} (W/Kg), η RF_{max} (%), η DRF, η Max Speed (m/s) και η FV slope, οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις που εξήχθησαν είναι 11,292 ± 3,993, 6,410 ± 0,855, 17,868 ± 6,048, 39,683 ± 7,521, -17,470 ± 7,521, 6,270 ± 0,797 και -1,815 ± 0,752 αντίστοιχα. Από την άλλη, ο Πίνακας 5 αναφέρεται στην κατηγορία των αγύμναστων ενηλίκων, η F₀ (N/Kg), V₀ (m/s), η P_{max} (W/Kg), η RF_{max} (%), η DRF, η Max Speed (m/s) και η FV slope, οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις που εξήχθησαν είναι 11,720 ± 4,135, 5,242 ± 0,981, 15,205 ± 5,828, 32,947 ± 7,147, -22,112 ± 11,354, 5,170 ± 0,938 και -2,344 ± 1,022

αντίστοιχα. Μέσω των παραπάνω αποτελεσμάτων, μπορεί να γίνει κατανοητό ότι οι αγύμναστοι ενήλικες παρουσιάζουν μεγαλύτερη μέγιστη θεωρητική οριζόντια δύναμη HZT F_0 (N/Kg), από τους γυμνασμένους. Επίσης, για μέγιστη θεωρητική οριζόντια ταχύτητα HZT V_0 (m/s), βάση της μέσης τιμής, υπερτερούν οι γυμνασμένοι ενήλικες έναντι των αγύμναστων. Ακόμη, ως προς την μέγιστη ισχύ HZT P_{max} (W/Kg), όπου αποτελεί το γινόμενο της μέγιστης θεωρητικής οριζόντιας δύναμης και ταχύτητας, έχουν και πάλι προβάδισμα οι γυμνασμένοι ενήλικες, γιατί για τη μέγιστη θεωρητική δύναμη οι τιμές μεταξύ των δυο κατηγοριών είναι κοντά, ενώ για τη μέγιστη θεωρητική ταχύτητα υπερτερούν κατά πολύ οι γυμνασμένοι. Ακόμη, η αναλογία της συνολικής παραγωγής μέγιστης δύναμης RF_{max} (%), προκύπτει μεγαλύτερη ξανά για τους γυμνασμένους ενήλικες. Επίσης, η μέγιστη ταχύτητα Max Speed (m/s) που επιτεύχθηκε κατά την διάρκεια του sprint των 30m, ήταν πάλι μεγαλύτερη από την πλευρά των γυμνασμένων νεαρών ενηλίκων. Τέλος, σε μια άλλη τιμή την οποία υπερτερούν οι αγύμναστοι ενήλικες είναι η FV Slope. Αυτός ο δείκτης επιβεβαιώνει ότι το προφίλ F-V των αγύμναστων ενηλίκων έναντι των γυμνασμένων, είναι προσανατολισμένο προς την δύναμη. Αυτό που συμπεραίνεται είναι, ότι οι αγύμναστοι υπερτερούν στην μέγιστη θεωρητικά οριζόντια δύναμη αλλά και στον δείκτη FV Slope, όπου αυτό υποδηλώνει ότι το προφίλ ταχυδύναμης τους είναι προσανατολισμένο προς την δύναμη έναντι των γυμνασμένων ενηλίκων. Ενώ στην κατηγορία των γυμνασμένων, το προφίλ της ταχυδυναμικής τους σχέσης, είναι προσανατολισμένο προς την ταχύτητα.

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

Πίνακας 4: Μηχανικά αποτελέσματα των γυμνασμένων νεαρών ενηλίκων και υπολογισμού της μέσης τιμής, τυπικής απόκλισης και διακύμανσης των δεδομένων

<i>Δείγμα</i>	<i>HZT F₀ (N/Kg)</i>	<i>HZT V₀ (m/s)</i>	<i>HZT P_{max} (W/Kg)</i>	<i>FV slope</i>	<i>RF max (%)</i>	<i>DRF (%)</i>	<i>Max Speed (m/s)</i>
<i>FV001</i>	5,64	6,54	9,20	-0,85	35	-8,35	6,30
<i>FV002</i>	7,17	6,40	11,49	-1,10	38	-10,76	6,22
<i>FV003</i>	8,45	6,23	13,03	-1,40	39	-13,19	6,08
<i>FV004</i>	10,62	6,90	18,34	-1,53	44	-14,53	6,76
<i>FV005</i>	11,24	7,32	20,37	-1,53	46	-14,31	7,14
<i>FV006</i>	9,14	5,32	12,14	-1,70	36	-16,72	5,22
<i>FV007</i>	15,39	6,93	26,59	-2,20	44	-21,12	6,81
<i>FV008</i>	7,77	7,44	14,39	-1,07	42	-9,93	7,16
<i>FV009</i>	9,98	7,57	18,87	-1,33	46	-12,31	7,34
<i>FV010</i>	11,8	6,63	19,53	-1,80	43	-16,92	6,52
<i>FV011</i>	13,86	6,48	22,45	-2,13	43	-20,38	6,39
<i>FV012</i>	10,42	6,41	16,70	-1,63	42	-15,48	6,29
<i>FV013</i>	8,71	5,16	11,21	-1,67	35	-16,50	5,08
<i>FV014</i>	11,29	6,73	19,01	-1,67	44	-15,86	6,59
<i>FV015</i>	7,44	7,30	13,56	-1,03	41	-9,69	7,05
<i>FV016</i>	18,85	5,91	27,86	-3,20	36	-31,08	5,86
<i>FV017</i>	8,54	5,44	11,63	-1,57	36	-15,20	5,35
<i>FV018</i>	13,22	5,07	16,74	-2,60	34	-25,57	5,02
<i>FV019</i>	14,24	5,03	17,67	-2,87	31	-28,39	4,99
<i>FV020</i>	22,23	5,95	32,66	-3,80	31	-37,42	5,90
<i>FV021</i>	11,13	7,84	21,81	-1,43	48	-13,15	7,61
<i>AVG</i>	11,292	6,410	17,868	-1,815	39,683	-17,470	6,270
<i>SD</i>	3,993	0,855	6,048	0,752	7,521	7,521	0,797
<i>Variance</i>	15,945	0,732	36,570	0,566	25,514	56,560	0,636

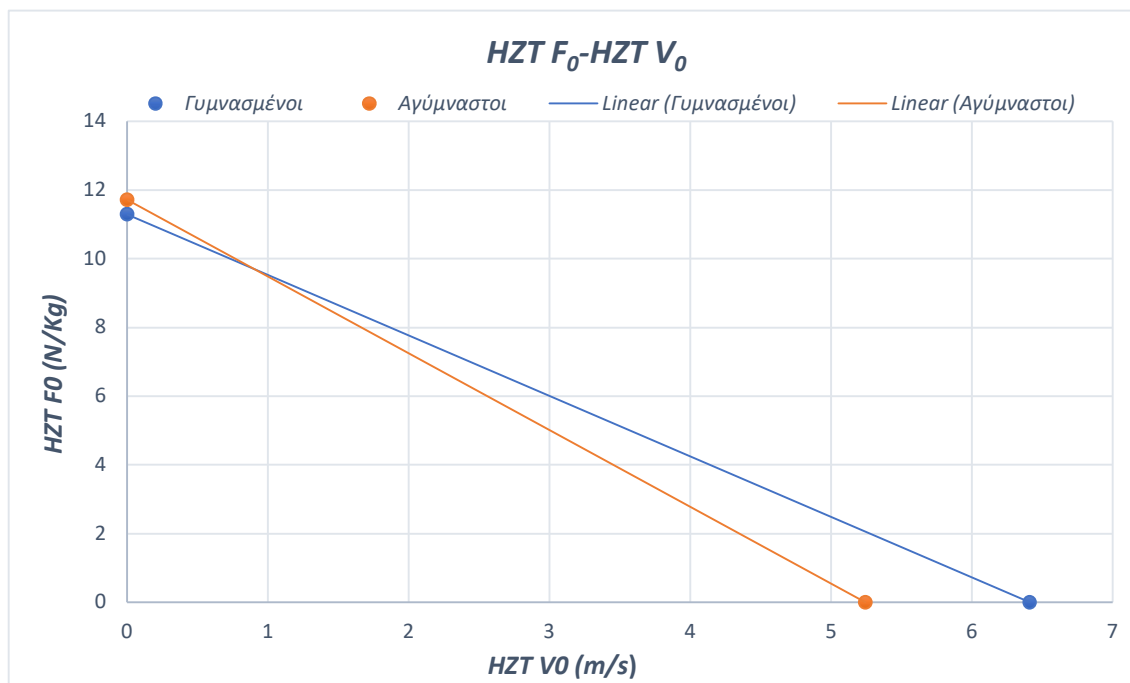
Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

Πίνακας 5: Μηχανικά αποτελέσματα των αγύμναστων νεαρών ενηλίκων και υπολογισμού της μέσης τιμής, τυπικής απόκλισης και διακύμανσης των δεδομένων

<i>Δείγμα</i>	<i>HZT F₀</i> <i>(N/Kg)</i>	<i>HZT V₀</i> (m/s)	<i>HZT P_{max}</i> <i>(W/Kg)</i>	<i>FV slope</i>	<i>RF max (%)</i>	<i>DRF (%)</i>	<i>Max Speed</i> <i>(m/s)</i>
<i>FV001</i>	7,86	5,54	10,96	-1,43	35	-14,35	5,44
<i>FV002</i>	7,94	7,22	14,32	-1,10	42	-3,30	6,98
<i>FV003</i>	9,09	4,81	10,78	-1,93	32	-18,93	4,76
<i>FV004</i>	12,10	7,04	21,28	-1,73	46	-16,18	6,90
<i>FV005</i>	7,54	6,02	11,36	-1,27	38	-12,09	5,89
<i>FV006</i>	9,45	5,43	12,77	-1,73	36	-17,05	5,36
<i>FV007</i>	8,45	5,04	10,62	-1,70	34	-16,40	4,96
<i>FV008</i>	12,27	5,61	17,19	-2,20	38	-7,71	5,54
<i>FV009</i>	8,34	6,13	12,73	-1,33	39	-13,16	6,01
<i>FV010</i>	13,81	4,12	14,19	-3,33	24	-33,63	4,09
<i>FV011</i>	18,32	6,19	27,97	-3,00	37	-29,24	6,12
<i>FV012</i>	7,25	4,59	8,30	-1,57	31	-15,59	4,53
<i>FV013</i>	9,98	4,22	10,48	-2,40	29	-23,53	4,19
<i>FV014</i>	20,14	3,82	19,28	-5,27	15	-53,16	3,81
<i>FV015</i>	12,71	3,60	11,38	-3,57	20	-35,76	3,59
<i>FV016</i>	17,22	4,98	21,37	-3,50	29	-34,43	4,95
<i>FV017</i>	7,26	4,54	8,21	-1,60	31	-15,79	4,47
<i>FV018</i>	9,87	4,63	11,44	-2,13	32	-20,95	4,58
<i>FV019</i>	9,88	4,71	11,53	-2,13	32	20,84	4,65
<i>FV020</i>	16,49	4,95	20,43	-3,30	30	-32,90	4,92
<i>FV021</i>	12,80	6,36	20,33	-2,00	42	-19,51	6,26
<i>FV022</i>	19,08	5,79	27,57	-3,33	34	-32,27	5,74
AVG	11,720	5,242	15,205	-2,344	32,947	-22,112	5,170
SD	4,135	0,981	5,828	1,022	7,147	11,354	0,938
Variance	17,102	0,963	33,971	1,047	51,143	212,877	0,879

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

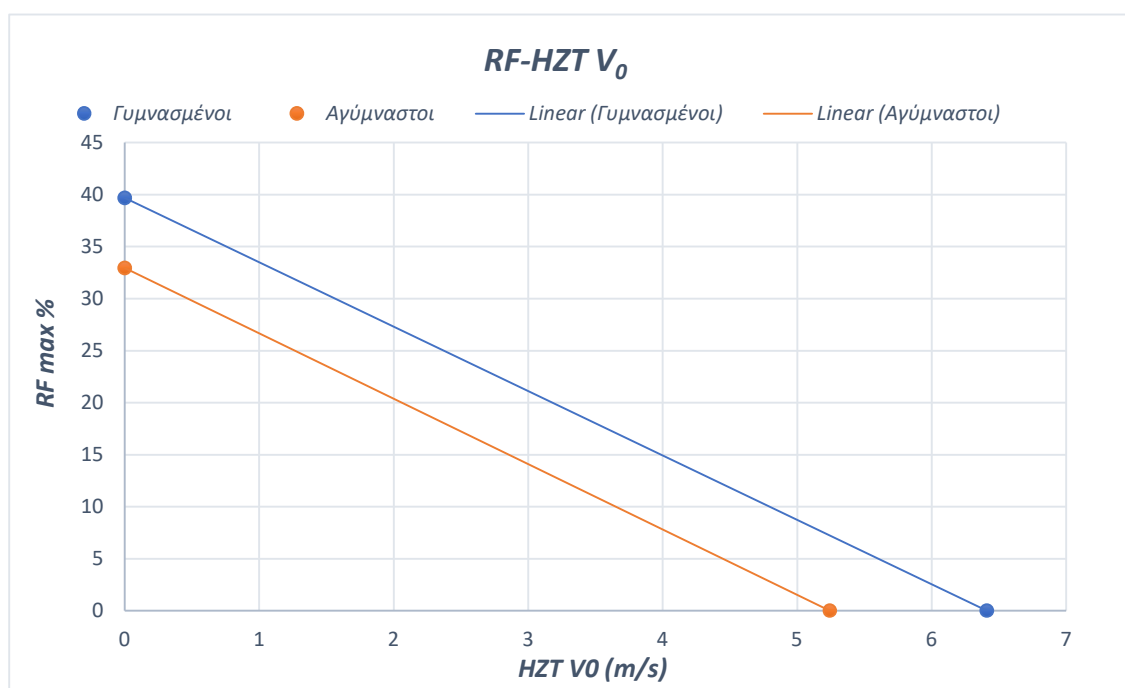
Βάση της **Εικόνας 3.1**, τα αποτελέσματα που προκύπτουν, είναι ότι οι αγύμναστοι ενήλικες έχουν ένα προφίλ F-V, προσανατολισμένο κατά μικρή διαφορά συγκριτικά με τους γυμνασμένους ενήλικες, προς την δύναμη. Αντιθέτως, το προφίλ F-V των γυμνασμένων νεαρών ενηλίκων, είναι προσανατολισμένο προς την ταχύτητα, όπου επιβεβαιώνεται και ο λόγος που είναι πιο γρήγοροι χρονικά οι γυμνασμένοι ενήλικες. Αναλυτικότερα, οι αγύμναστοι νεαροί ενήλικες για πολύ μικρές ταχύτητες παρουσιάζουν μεγαλύτερες οριζόντιες δυνάμεις. Αυτό ανατρέπεται πολύ γρήγορα από τους γυμνασμένους, καθώς σε όλη την διάρκεια τους sprint αυξάνουν την ταχύτητα τους, καθώς φτάνουν σε μεγαλύτερες ταχύτητες από ότι οι αγύμναστοι. Επίσης, οι γυμνασμένοι ενήλικες μπορούν και διατηρούν την οριζόντια δύναμη τους καθώς μειώνεται πιο αργά η κλίση της γραμμικής σχέσης F-V, με αποτέλεσμα να επικρατούν και στην δύναμη σχεδόν σε όλη την διάρκεια του sprint. Η τιμή που επιβεβαιώνει την κλίση της γραμμικής σχέσης είναι η FV slope και εφόσον η τιμή είναι λιγότερο αρνητική για τους γυμνασμένους νεαρούς ενήλικες, δεν είναι απότομη η κλίση και το προφίλ τους δεν τείνει προς την δύναμη αλλά προς την ταχύτητα.



Εικόνα 3.1: Ταχυδυναμική σχέση γυμνασμένων και αγύμναστων νεαρών ενηλίκων. Με μπλε γραμμή είναι η κατηγορία των γυμνασμένων ενηλίκων και με πορτοκαλί γραμμή είναι η κατηγορία των αγύμναστων ενηλίκων.

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

Βάση της **Εικόνας 3.2**, τα αποτελέσματα που προκύπτουν, είναι ότι ο λόγος της αναλογίας της συνολικής παραγωγής δύναμης **RF (%)** είναι μεγαλύτερη για τους γυμνασμένους ενήλικες για όλες τις τιμές των ταχυτήτων και άρα για όλο το μήκος των 30m sprint που τρέχουν, συγκριτικά με τους αγύμναστους νεαρούς ενήλικες. Μια συμπληρωματική τιμή, η οποία επιβεβαιώνει γιατί ο λόγος της συνολικής παραγωγής δύναμης **RF (%)** μειώνεται πιο γρήγορα καθώς αυξάνεται η ταχύτητα, είναι η τιμή της **DRF**. Η τιμή της **DRF** για τους γυμνασμένους είναι **DRF**=-17,470, ενώ για τους αγύμναστους είναι **DRF**=-22,112. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η τιμή τόσο δύσκολα διατηρείται η συνολική παράγωγή δύναμης και άρα μειώνεται γρηγορότερα με την αύξηση της ταχύτητας. Επομένως, η γραμμική σχέση της RF-HZT V_0 για τους αγύμναστους ενήλικες μειώνεται γρηγορότερα καθώς αυξάνεται η ταχύτητα τους, συγκριτικά με τους γυμνασμένους ενήλικες.



Εικόνα 3.2: Σχέση αναλογίας συνολικής παραγωγής δύναμης RF(%) και οριζόντιας ταχύτητας HZT V_0 (m/s) γυμνασμένων και αγύμναστων νεαρών ενηλίκων. Με μπλε γραμμή είναι η κατηγορία των γυμνασμένων ενηλίκων και με πορτοκαλί γραμμή είναι η κατηγορία των αγύμναστων ενηλίκων.

III.2 Χρονικά Αποτελέσματα

Βάση βιβλιογραφικής αναφοράς για την εφαρμογή MySprint, αλλά και της λεπτομερής ανάλυσης που έγινε στο δεύτερο κεφάλαιο, η εφαρμογή έχει την δυνατότητα να εξάγει χρονικά αποτελέσματα από το sprint των 30m των ενηλίκων και για τις δυο κατηγορίες γυμνασμένοι και αγύμναστοι. Στην παρούσα πειραματική μελέτη, η δυνατότητα εξαγωγής χρονικών αποτελεσμάτων, δίνεται με το να καταγράφει ένας εξοικειωμένος παρατηρητής τα sprint των ενηλίκων και στην συνέχεια την «σκυτάλη» την παίρνει η εφαρμογή. Η εφαρμογή δίνει την δυνατότητα στον χειριστή να αναλύει το βίντεο που τραβάει και όταν παρατηρηθεί ότι διασταυρώνετε η μετωπιαία πλευρά της λεκάνης του ενήλικα με το σημάδι των 0m έως των 30m, πατάει πάνω στο κινητό σε ένα συγκεκριμένο σημείο που του έχει ορίσει η εφαρμογή και εξάγονται αυτόματα τα χρονικά αποτελέσματα. Με τα αποτελέσματα που εξάγονται, δημιουργήθηκε ο **Πίνακας 6** και ο **Πίνακας 7**, όπου εν συνεχεία έγινε υπολογισμός των μέσων τιμών τους, των τυπικών αποκλίσεων τους και της διακύμανσης τους. Οι υπολογισμοί για την μέση τιμή και τυπική απόκλιση, πάρθηκαν για την καλύτερη κατανόηση των χρονικών διαφορών μεταξύ των κατηγοριών γυμνασμένοι και αγύμναστοι. Ενώ οι υπολογισμοί για την διακύμανση πάρθηκαν, για να αποδειχθεί αν οι δύο κατηγορίες είναι ίσης ή άνισης διακύμανσης και εν συνεχεία να γίνει χρήση του στατιστικού μοντέλου T-Test ώστε να αποδειχθεί επίσης αν για κάποια δεδομένα που έχουν οριστεί συγκριτικά των δυο κατηγοριών, παρουσιάζουν ή δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, όπου μεγαλύτερη ανάλυση θα γίνει στα στατιστικά αποτελέσματα. Όπως παρατηρείται στον **Πίνακα 6**, για την κατηγορία των γυμνασμένων νεαρών ενηλίκων, για αποστάσεις 0m, 5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m, οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις που εξήχθησαν είναι $1,186 \pm 0,237$, $1,312 \pm 0,152$, $2,230 \pm 0,208$, $3,068 \pm 0,287$, $3,862 \pm 0,377$, $4,660 \pm 0,472$ και $5,484 \pm 0,605$ αντίστοιχα. Από την άλλη, ο **Πίνακας 7** αναφέρεται στην κατηγορία των αγύμναστων ενηλίκων για τις ίδιες αποστάσεις 0m, 5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m, οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις που εξήχθησαν είναι $1,250 \pm 0,374$, $1,451 \pm 0,186$, $2,513 \pm 0,315$, $3,512 \pm 0,469$, $4,482 \pm 0,638$, $5,476 \pm 0,829$ και $6,528 \pm 1,037$ αντίστοιχα.

Επίσης, για να γίνει πιο κατανοητή η διαφορά των μέσων τιμών και των τυπικών αποκλίσεων για του χρόνους των 0m, 5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m για τις δυο κατηγορίες γυμνασμένοι-αγύμναστοι δημιουργήθηκαν καμπύλες κανονικών κατανομών, όπως παρατηρείται στην **Εικόνα 3.3** έως την **Εικόνα 3.9**. Μέσω των καμπυλών αυτών, γίνονται πιο κατανοητές οι χρονικές διαφορές μεταξύ των κατηγοριών, καθώς παρατηρείται η διαφορά στους χρόνους. Με γνώμονα την **Εικόνα 3.3**, η κανονική κατανομή για τα 0m, δηλαδή η στιγμή της εκκίνησης των ενηλίκων, δείχνει ότι οι μέσες τιμές των χρονικών αποτελεσμάτων τους είναι σχετικά κοντά και με μεγαλύτερη μέση τιμή των αγύμναστων ενηλίκων (δηλαδή ξεκίνησαν πιο αργά), άρα λίγο πιο δεξιά μετατοπισμένη η καμπάνα της κανονικής κατανομής τους. Ενώ η τυπική απόκλιση, των αγύμναστων συγκριτικά με τους γυμνασμένους, είναι μεγαλύτερη και αυτό φαίνεται από το μεγαλύτερο διάστημα τιμών που εκτείνεται η κανονική κατανομή της καμπύλης και άρα πιο κοντή η καμπάνα της κανονικής

κατανομής για την κατηγορία των αγύμναστων ενηλίκων, συγκριτικά με τους γυμνασμένους. Ύστερα για τα 5m όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 3.4**, αυτό που παρατηρείται για την κατηγορία των αγύμναστων ενηλίκων, έναντι των γυμνασμένων είναι ότι η μέση τιμή των χρονικών αποτελεσμάτων τους είναι μεγαλύτερη (δηλαδή έφτασαν πιο αργά στα πρώτα 5m), άρα λίγο πιο δεξιά μετατοπισμένη η καμπάνα της κανονικής κατανομής τους. Ενώ η τυπική απόκλιση, των αγύμναστων συγκριτικά με τους γυμνασμένους, είναι μεγαλύτερη, αλλά σχετικά κοντά καθώς τα διαστήματα τιμών που εκτείνεται η κανονική κατανομή και το ύψος των καμπανών δεν έχει μεγάλες αποκλίσεις όπως για τα 0m και τις υπόλοιπες αποστάσεις των 10m, 15m, 20m, 25m και 30m. Ακόμη, για τα υπόλοιπα μέτρα από τα 15m έως τα 30m, όπως παρατηρείται από την **Εικόνα 3.6** έως την **Εικόνα 3.9**, οι μέσες τιμές των χρονικών αποτελεσμάτων για την κατηγορία γυμνασμένων ενηλίκων είναι μικρότερες, πράγμα που αποδεικνύει ότι οι γυμνασμένοι νεαροί ενήλικες μπορούν να διανύσουν αυτές τις αποστάσεις της πειραματικής διάταξης πιο γρήγορα. Όπως προ αναφέρθηκε τα χρονικά αποτελέσματα των γυμνασμένων ενηλίκων είναι μικρότερα καθώς οι καμπύλες των κανονικών κατανομών είναι πιο αριστερά ταξινομημένες έναντι των αγύμναστων ενηλίκων. Από την άλλη, ως προς τις τυπικές αποκλίσεις και για τις δυο κατηγορίες από τα 15m έως τα 30m, οι γυμνασμένοι ενήλικες παρουσιάζουν μικρότερες τυπικές αποκλίσεις έναντι των αγύμναστων και αυτό αποδεικνύεται και στα διαστήματα που καταλαμβάνουν οι καμπύλες των κανονικών κατανομών και στην διαφορά ύψους τους.

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

Πίνακας 6: Χρονικά αποτελέσματα των γυμνασμένων ενηλίκων και υπολογισμού της μέσης τιμής, τυπικής απόκλισης και διακύμανσης των δεδομένων

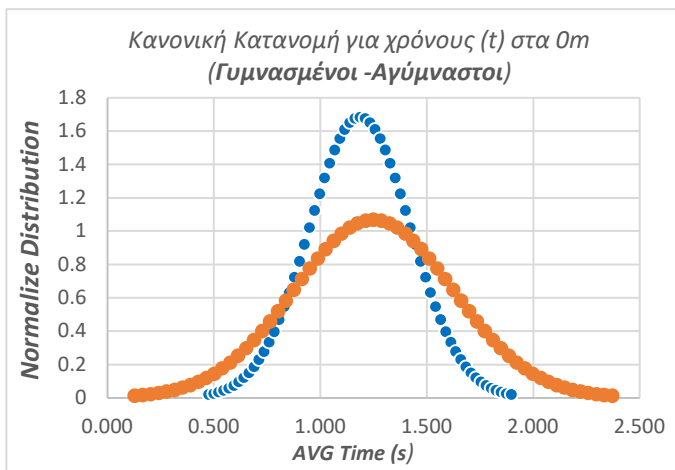
<i>Δείγμα</i>	<i>time(s) at 0m</i>	<i>time(s) at 5m</i>	<i>time(s) at 10m</i>	<i>time(s) at 15m</i>	<i>time(s) at 20m</i>	<i>time(s) at 25m</i>	<i>time(s) at 30m</i>
<i>FV001</i>	1,220	1,607	2,570	3,465	4,290	5,047	5,838
<i>FV002</i>	1,342	1,376	2,408	3,302	4,128	4,884	5,607
<i>FV003</i>	0,765	1,428	2,364	3,216	4,043	4,841	5,700
<i>FV004</i>	1,044	1,217	2,100	2,879	3,613	4,326	5,045
<i>FV005</i>	1,280	1,227	2,014	2,737	3,437	4,114	4,842
<i>FV006</i>	1,147	1,447	2,485	3,465	4,408	5,370	6,290
<i>FV007</i>	1,351	1,040	1,941	2,732	3,455	4,155	4,816
<i>FV008</i>	1,083	1,401	2,234	2,987	3,691	4,397	5,098
<i>FV009</i>	0,859	1,239	2,047	2,777	3,461	4,132	4,770
<i>FV010</i>	1,604	1,221	2,077	2,873	3,635	4,394	5,170
<i>FV011</i>	1,255	1,150	2,045	2,838	3,595	4,357	5,145
<i>FV012</i>	1,080	1,257	2,189	3,016	3,798	4,584	5,339
<i>FV013</i>	1,467	1,486	2,573	3,570	4,527	5,494	6,507
<i>FV014</i>	1,417	1,275	2,092	2,854	3,591	4,360	5,144
<i>FV015</i>	0,801	1,441	2,297	3,046	3,714	4,492	5,188
<i>FV016</i>	0,992	1,096	2,064	2,918	3,711	4,532	5,440
<i>FV017</i>	0,825	1,517	2,501	3,424	4,345	5,289	6,258
<i>FV018</i>	1,283	1,370	2,384	3,379	4,342	5,332	6,392
<i>FV019</i>	1,384	1,431	2,403	3,353	4,282	5,255	6,251
<i>FV020</i>	1,348	1,128	2,085	2,930	3,727	4,547	5,449
<i>FV021</i>	1,365	1,206	1,957	2,661	3,305	3,953	4,603
<i>AVG</i>	1,186	1,312	2,230	3,068	3,862	4,660	5,484
<i>SD</i>	0,237	0,152	0,208	0,287	0,377	0,472	0,605
<i>Variance</i>	0,056	0,023	0,043	0,082	0,142	0,223	0,341

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

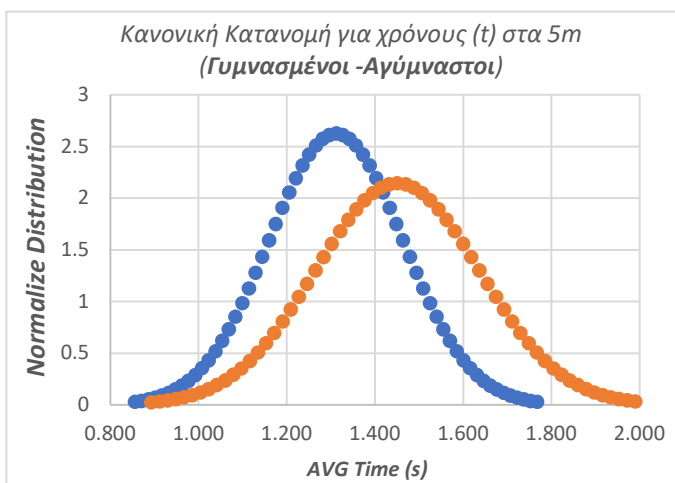
Πίνακας 7: Χρονικά αποτελέσματα των αγύμναστων ενηλίκων και υπολογισμού της μέσης τιμής, τυπικής απόκλισης και διακύμανσης των δεδομένων

<i>Δείγμα</i>	<i>time(s) at 0m</i>	<i>time(s) at 5m</i>	<i>time(s) at 10m</i>	<i>time(s) at 15m</i>	<i>time(s) at 20m</i>	<i>time(s) at 25m</i>	<i>time(s) at 30m</i>
<i>FV001</i>	0,817	1,566	2,593	3,536	4,478	5,431	6,462
<i>FV002</i>	0,684	1,377	2,229	3,008	3,731	4,451	5,138
<i>FV003</i>	0,413	1,578	2,689	3,694	4,730	5,812	6,912
<i>FV004</i>	0,733	1,178	2,008	2,763	3,487	4,185	4,903
<i>FV005</i>	1,371	1,498	2,449	3,319	4,167	5,014	5,868
<i>FV006</i>	1,487	1,455	2,452	3,383	4,304	5,168	6,109
<i>FV007</i>	1,236	1,575	2,604	3,603	4,592	5,612	6,665
<i>FV008</i>	1,162	1,337	2,280	3,160	4,024	4,926	5,917
<i>FV009</i>	1,351	1,400	2,375	3,248	4,066	4,866	5,716
<i>FV010</i>	1,770	1,623	2,821	4,021	5,187	6,400	7,741
<i>FV011</i>	1,369	1,144	2,029	2,842	3,615	4,415	5,311
<i>FV012</i>	1,598	1,659	2,836	3,952	5,048	6,204	7,203
<i>FV013</i>	1,422	1,611	2,852	4,013	5,216	6,496	7,746
<i>FV014</i>	1,041	1,550	2,854	4,103	5,365	6,704	8,173
<i>FV015</i>	1,118	1,719	3,115	4,512	5,842	7,216	5,738
<i>FV016</i>	0,966	1,300	2,353	3,357	4,311	5,286	6,427
<i>FV017</i>	0,985	1,757	2,861	3,952	5,026	6,168	7,410
<i>FV018</i>	1,706	1,503	2,691	3,779	4,820	5,891	7,042
<i>FV019</i>	1,325	1,478	2,670	3,745	4,742	5,768	6,926
<i>FV020</i>	1,754	1,245	2,361	3,408	4,371	5,362	6,369
<i>FV021</i>	1,529	1,212	2,087	2,926	3,693	4,474	5,279
<i>FV022</i>	1,667	1,147	2,075	2,949	3,771	4,619	5,564
<i>AVG</i>	1,250	1,451	2,513	3,512	4,482	5,476	6,528
<i>SD</i>	0,374	0,186	0,315	0,469	0,638	0,829	1,037
<i>Variance</i>	0,140	0,035	0,099	0,220	0,406	0,688	0,854

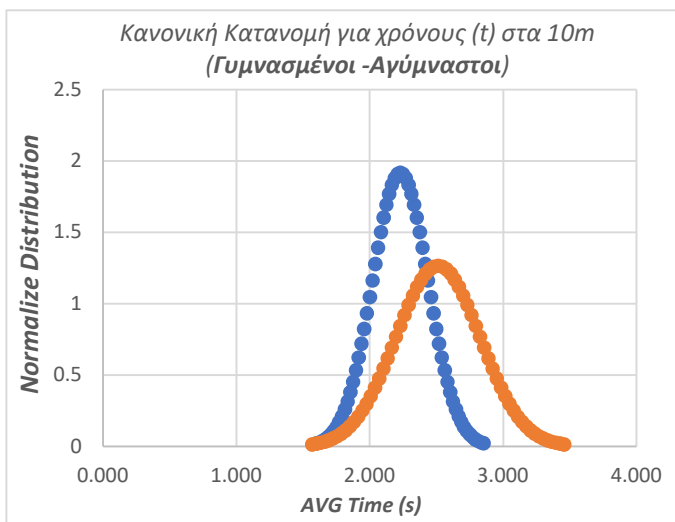
Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων



Εικόνα 3.3: Καμπύλες κανονικών κατανομών την στιγμή της έναρξης του sprint, για κατηγορίες γυμνασμένοι-αγύμναστοι. Με τις μπλε κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των γυμνασμένων, ενώ με τις πορτοκαλί κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των αγύμναστων.

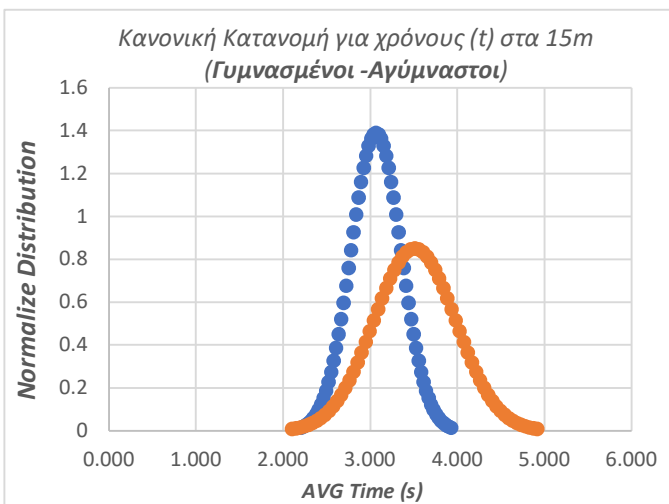


Εικόνα 3.4: Καμπύλες κανονικών κατανομών για την απόσταση των 5m, για κατηγορίες γυμνασμένοι-αγύμναστοι. Με τις μπλε κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των γυμνασμένων, ενώ με τις πορτοκαλί κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των αγύμναστων.

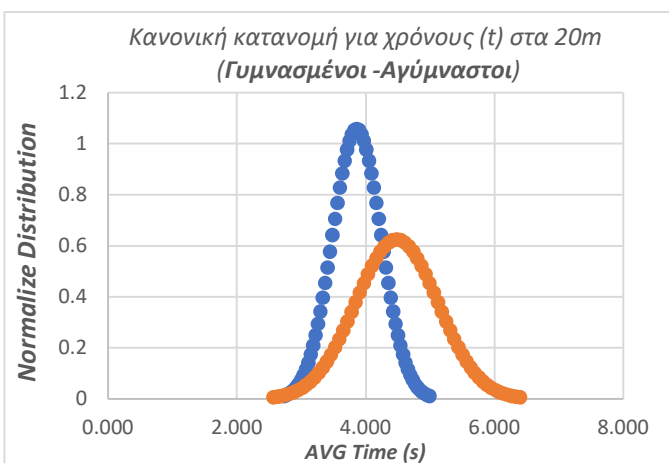


Εικόνα 3.5: Καμπύλες κανονικών κατανομών για την απόσταση των 10m, για κατηγορίες γυμνασμένοι-αγύμναστοι. Με τις μπλε κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των γυμνασμένων, ενώ με τις πορτοκαλί κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των αγύμναστων.

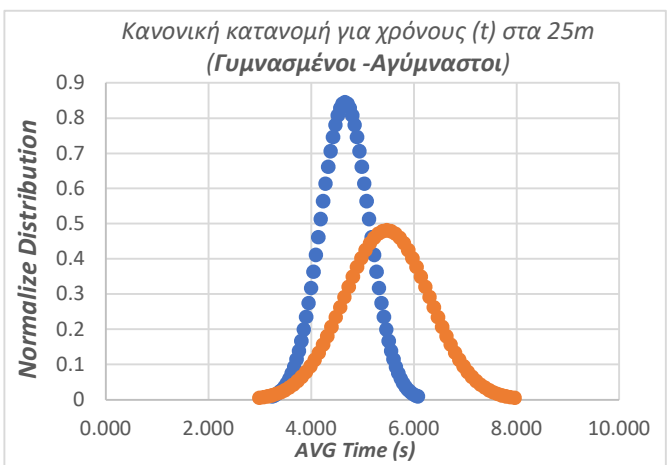
Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων



Εικόνα 3.6: Καμπύλες κανονικών κατανομών για την απόσταση των 15m, για κατηγορίες γυμνασμένοι-αγύμναστοι. Με τις μπλε κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των γυμνασμένων, ενώ με τις πορτοκαλί κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των αγύμναστων.

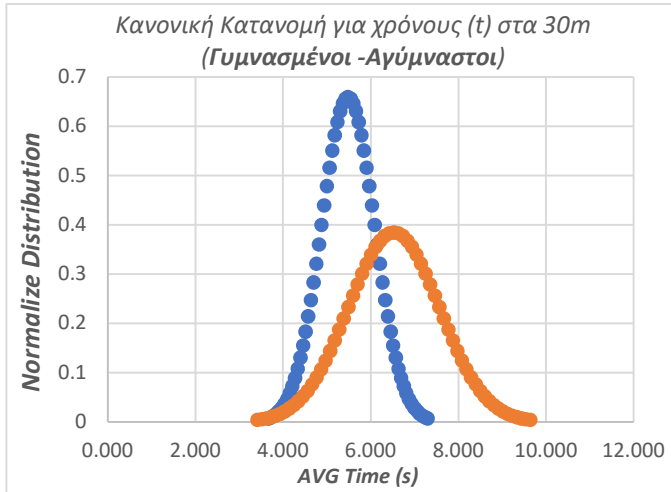


Εικόνα 3.7: Καμπύλες κανονικών κατανομών για την απόσταση των 20m, για κατηγορίες γυμνασμένοι-αγύμναστοι. Με τις μπλε κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των γυμνασμένων, ενώ με τις πορτοκαλί κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των αγύμναστων.



Εικόνα 3.8: Καμπύλες κανονικών κατανομών για την απόσταση των 25m, για κατηγορίες γυμνασμένοι-αγύμναστοι. Με τις μπλε κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των γυμνασμένων, ενώ με τις πορτοκαλί κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των αγύμναστων.

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων



Εικόνα 3.9: Καμπύλες κανονικών κατανομών για την απόσταση των 30m, για κατηγορίες γυμνασμένοι-αγύμναστοι. Με τις μπλε κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των γυμνασμένων, ενώ με τις πορτοκαλί κουκίδες είναι η καμπύλη κανονικής κατανομής των αγύμναστων.

III.3 Στατιστική Ανάλυση Συσχέτισης

Με τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από την εφαρμογή, δημιουργήθηκε ο **Πίνακας 8** και ο **Πίνακας 9** της συσχέτισης, κατά κύριο λόγο στο να αποδειχθεί το πόσο έντονη μπορεί να είναι η σχέση μεταξύ των σωματομετρικών δεικτών και για τις δυο κατηγορίες νεαρών ενηλίκων, όπως βάρος (Weight), ύψος (Height) και του δείκτη σωματική μάζας (BMI) και των μηχανικών αποτελεσμάτων της εφαρμογής, όπως HZT F_0 , HZT V_0 , HZT P_{max} , FV Slope, RFmax (%), DRF (%) και Max Speed (m/s). Εφόσον ως πυρήνας για την υπάρχουσα διπλωματική εργασία, έχει οριστεί η ταχυδυναμική σχέση για τους γυμνασμένους και αγύμναστους ενήλικες. Μέσω των πινάκων συσχέτισης, παρατηρείται αν το σωματικό βάρος, το σωματικό ύψος και ο δείκτης σωματικής μάζας επηρεάζουν την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια δύναμη HZT F_0 , την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια ταχύτητα HZT V_0 , τον λόγο της συνολικής παραγωγής δύναμης RFmax (%), τον ρυθμό μείωσης της συνολικής παραγωγής δύναμης DRF (%) και την κλίση της γραμμικής σχέσης δύναμης ταχύτητας FV Slope. Για να μπορεί να έχει ισχυρό κριτήριο η συσχέτιση, μεταξύ των παραπάνω δεικτών που προ αναφέρθηκαν, θα πρέπει τουλάχιστον να εντάσσονται στην κατηγορία της μέσης συσχέτισης και ό,τι βρίσκεται στην κατηγορία της ισχυρής συσχέτισης και στην πολύ ισχυρή συσχέτιση, θεωρείται ακράδαντα αποδεκτό. Ως προς τον **Πίνακα 8** και για την κατηγορία των γυμνασμένων ενηλίκων, το σωματικό βάρος δεν έχει καμία συσχέτιση και δεν επηρεάζει καθόλου, ούτε την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια δύναμη HZT F_0 , ούτε την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια ταχύτητα HZT V_0 , ούτε τον λόγο της συνολικής παραγωγής δύναμης RFmax (%), ούτε τον ρυθμό μείωσης της συνολικής παραγωγής δύναμης DRF (%) και ούτε την κλίση της γραμμικής σχέσης δύναμης ταχύτητας FV Slope. Ως προς το σωματικό ύψος, παρατηρείται μια μέση συσχέτιση με την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια ταχύτητα HZT V_0 και ασθενή συσχέτιση με την συνολική παραγωγή δύναμης RFmax (%) αλλά και με τον ρυθμό μείωσης της συνολικής παραγωγής δύναμης DRF (%). Επιπλέον, ο δείκτης σωματικής μάζας των γυμνασμένων ενηλίκων έχει ασθενή συσχέτιση μόνο με την συνολική παραγωγή δύναμης RFmax (%). Ως προς τον **Πίνακα 9** και στην κατηγορία των αγύμναστων ενηλίκων πλέον, το σωματικό-βάρος παρουσιάζει μια ασθενή συσχέτιση με την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια δύναμη HZT F_0 και με την κλίση της γραμμικής σχέσης δύναμης ταχύτητας FV Slope. Ακόμη, το σωματικό ύψος των αγύμναστων ενηλίκων, δείχνει να έχει μια ασθενή συσχέτιση με την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια ταχύτητα HZT V_0 , με την συνολική παραγωγή δύναμης RFmax (%) αλλά και με τον ρυθμό μείωσης της συνολικής παραγωγής δύναμης DRF (%). Επιπλέον, ο δείκτης σωματικής μάζας παρουσιάζει ασθενή συσχέτιση με την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια δύναμη HZT F_0 και με την γραμμική σχέση δύναμης ταχύτητας FV Slope.

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

Πίνακας 8: Πίνακας συσχέτισης των δεδομένων του βάρους, του ύψους και του BMI που εξήχθησαν από την εφαρμογή MySprint, για την κατηγορία των γυμνασμένων νεαρών ενηλίκων

	Weight(Kg)	Height(m)	BMI	HZT F0(N/Kg)	HZT V0(m/s)	HZT Pmax(W/Kg)	FV Slope	RF max (%)	DRF (%)	Max Speed (m/s)
Weight(Kg)	1									
Height(m)	0,6251	1								
BMI	0,8206	0,0712	1							
HZT F0(N/Kg)	0,0295	-0,1044	0,1255	1						
HZT V0(m/s)	0,1937	0,5755	-0,1710	-0,2073	1					
HZT Pmax(W/Kg)	0,0745	0,1121	0,0250	0,9236	0,1729	1				
FV Slope	0,0314	0,2932	-0,1843	-0,9451	0,4986	-0,7490	1			
RF max (%)	-0,0873	0,4635	-0,4518	-0,2333	0,8520	0,1254	0,5053	1		
DRF (%)	0,0291	0,3062	-0,1963	-0,9334	0,5263	-0,7259	0,9992	0,5376	1	
Max Speed (m/s)	0,1906	0,5760	-0,1744	-0,1632	0,9985	0,2185	0,4614	0,8618	0,4903	1

Πίνακας 9: Πίνακας συσχέτισης των δεδομένων του βάρους, του ύψους και του BMI που εξήχθησαν από την εφαρμογή MySprint, για την κατηγορία των αγύμναστων νεαρών ενηλίκων

	Weight(Kg)	Height(m)	BMI	HZT F0(N/Kg)	HZT V0(m/s)	HZT Pmax(W/Kg)	FV Slope	RF max (%)	DRF (%)	Max Speed (m/s)
Weight(Kg)	1									
Height(m)	0,6262	1								
BMI	0,9361	0,3239	1							
HZT F0(N/Kg)	-0,3693	-0,0561	-0,4378	1						
HZT V0(m/s)	0,0018	0,4137	-0,1522	-0,1170	1					
HZT Pmax(W/Kg)	-0,3465	0,1377	-0,4773	0,8530	0,3948	1				
FV Slope	0,3029	0,2109	0,3005	-0,8772	0,5360	-0,5024	1			
RF max (%)	0,0648	0,3609	-0,0434	-0,3707	0,9155	0,1597	0,7580	1		
DRF (%)	0,1841	0,3328	0,1147	-0,6905	0,3833	-0,4150	0,7735	0,5922	1	
Max Speed (m/s)	-0,0007	0,4165	-0,1564	-0,0962	0,9996	0,4159	0,5219	0,9148	0,3710	1

<i>Ασθενής συσχέτιση</i>	$(-0,5 < r < -0,3 \text{ ή } 0,3 < r < 0,5)$
<i>Μέση συσχέτιση</i>	$(-0,7 < r \leq -0,5 \text{ ή } 0,5 \leq r < 0,7)$
<i>Ισχυρή Συσχέτιση</i>	$(-0,8 < r \leq -0,7 \text{ ή } 0,7 \leq r < 0,8)$
<i>Πολύ Ισχυρή Συσχέτιση</i>	$(-1 < r \leq -0,8 \text{ ή } 0,8 \leq r < 1)$

III.4 Στατιστική Ανάλυση T-Test

Για να αποδειχθεί ότι οι δύο κατηγορίες γυμνασμένοι και αγύμναστοι νεαροί ενήλικες διαφέρουν, έγινε χρήση του στατιστικού ελέγχου υποθέσεων T-Test **Πίνακας 10**. Ο έλεγχος των αποτελεσμάτων που πραγματοποιήθηκαν, ήταν για το σωματικό βάρος (Weight) των ενηλίκων, το σωματικό ύψος (Height) και για τον δείκτη σωματικής μάζας (BMI). Επίσης, έγινε έλεγχος για να αποδειχθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά για τα χρονικά αποτελέσματα την έναρξης του sprint των νεαρών ενηλίκων (δηλαδή για τα 0m), για τα 5m, 10m, 15m, 20m, 25m και 30m. Ακόμη, στατιστικός έλεγχος υποθέσεων μεταξύ των δυο κατηγοριών, πραγματοποιήθηκε για την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια δύναμη HZT F_0 , την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια ταχύτητα HZT V_0 , την οριζόντια μέγιστη ισχύ HZT P_{max} , τον λόγο της συνολικής παραγωγής δύναμης RF_{max} (%), τον ρυθμό μείωσης της συνολικής παραγωγής δύναμης DRF (%), την κλίση της γραμμικής σχέσης δύναμης ταχύτητας FV Slope και την μέγιστη ταχύτητα Max Speed. Για να αποδειχθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά θα πρέπει, η p-τιμή $\leq 0,05$ ενώ αν η p-τιμή $> 0,05$, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των υποθέσεων που εξετάζονται για τις δύο κατηγορίες. Αρχικά, ο έλεγχος T-Test για τα σωματικά βάρη των ενηλίκων έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους, όπου το ίδιο έδειξε και ο έλεγχος που πραγματοποιήθηκε για το δείκτη σωματικής μάζας. Αντιθέτως τα ύψη μεταξύ των νεαρών ενηλίκων και για τις δυο κατηγορίες έδειξε ότι δεν υπάρχει κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά. Επιπλέον, ο έλεγχος που πραγματοποιήθηκε προς τα χρονικά αποτελέσματα, έδειξε ότι στατιστικά σημαντική διαφορά υπάρχει στους χρόνους για τις αποστάσεις των 5m, των 10m, 15m, 20m, 25m και 30m, Ενώ στην στιγμή της έναρξης του sprint (δηλαδή για τα 0m), αποδείχθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Έλεγχος πραγματοποιήθηκε για την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια ταχύτητα HZT V_0 , τον λόγο της συνολικής παραγωγής δύναμης RF_{max} (%), την μέγιστη ταχύτητα Max Speed και την κλίση της γραμμικής σχέσης δύναμης ταχύτητας FV Slope, έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των γυμνασμένων και αγύμναστων ενηλίκων. Από την άλλη, μη στατιστικά σημαντικά διαφορές προέκυψαν για την θεωρητικά μέγιστη οριζόντια δύναμη HZT F_0 , για την οριζόντια μέγιστη ισχύ HZT P_{max} και για τον ρυθμό μείωσης της συνολικής παραγωγής δύναμης DRF (%).

Πίνακας 10: Στατιστικός έλεγχος υποθέσεων T-Test, μεταξύ γυμνασμένων και αγύμναστων νεαρών ενηλίκων

T-Test Weight (Kg)	T-TEST Height (m)	T-TEST BMI	T-Test time at 0m	T-Test time at 5m	T-Test time at 10m	T-Test time at 15m	T-Test time at 20m	T-Test time at 25m
0,033	0,2641	0,006	0,253	0,005	0,001	0,0003	0,1507	0,0002
T-Test time at 30m	T-Test HZT F_0 (N/Kg)	T-TEST HZT V_0 (m/s)	T-Test HZT P_{max} (W/Kg)	T-Test RF max (%)	T-Test DRF (%)	T-Test Max Speed (m/s)	T-Test FV Slope	
0,0002	0,3657	0,0001	0,0746	0,0005	0,2191	0,0001	0,030	

Κεφάλαιο IV Συμπεράσματα

IV Συμπεράσματα - Μελλοντικές Βελτιστοποιήσεις

Η παρούσα διπλωματική εργασία, έχει κατά κύριο λόγο πειραματικό ύφος, με βασικό σκοπό στο να συλλέξει δεδομένα από γυμνασμένους και αγύμναστους νεαρούς ενήλικους, με στόχο να προσδιορίσει τη ταχυδυναμική σχέση μυών των κάτω άκρων μέσω της εφαρμογής MySprint. Οι ταχυδυναμικές σχέσεις που προκύπτουν από την εφαρμογή, συλλέγονται, αναλύονται και κατόπιν συγκρίνονται οι διαφορές που προκύπτουν και εξάγονται κάποια συμπεράσματα. Για να μπορέσει η διπλωματική εργασία να ολοκληρώσει τον σκοπό της και να καταλήξει στα αποτελέσματα της, είναι απαραίτητο να γίνει κατανοητό ένα μεγάλο μέρος ενός θεωρητικού υποβάθρου.

Πιο αναλυτικά, είναι σημαντικό να κατανοηθεί μακροσκοπικά η δομή ενός μυός, όπως για παράδειγμα στο πώς είναι κατασκευασμένος και πώς δομείται ένας σκελετικός μυς αλλά και να γίνει μια λεπτομερής ανάλυση για τα είδη των μυών που απαρτίζουν το κάτω μέρος του σώματος. Εφόσον γίνει αντιληπτή η μακροσκοπική ανάλυση, το επόμενο βήμα είναι η μικροσκοπική ανάλυση του μυός με σκοπό να κατανοηθεί το πώς είναι δομημένος ένας γραμμωτός μυς σε κυτταρικό επίπεδο καθώς και πότε πραγματοποιείται ή όχι μια συστολή του μυός. Σημαντικό επίσης είναι, να κατανοηθεί ο συνδυασμός κινήσεων που πρέπει να πραγματοποιήσει ένα ανθρώπινο σώμα για να παράγει έναν κύκλο βάρδιας ή τρεξίματος.

Ερχόμενοι σιγά σιγά πιο κοντά στον σκοπό της διπλωματικής εργασίας, ακολουθείται λεπτομερής ανάλυση της βασικής εφαρμογής MySprint, όπου για να αντληθούν τα δεδομένα της θεωρητικά μέγιστης οριζόντιας δύναμης ($HZT F_0$) και της θεωρητικά μέγιστης οριζόντιας ταχύτητα ($HZT V_0$), με σκοπό τη δημιουργία της γραμμικής σχέσης δύναμης-ταχύτητας, είναι απαραίτητο να διατίθεται ένα κατάλληλο smart phone με την σωστή έκδοση λογισμικού. Σημαντικά αποτελούν και τα υπόλοιπα υλικά, τα οποία ολοκληρώνουν την πειραματική διάταξη. Πιο συγκεκριμένα, απαραίτητο θεωρείται ο χώρος που θα διενεργηθούν οι μετρήσεις, το smart phone να τραβάει βίντεο σε πολλά καρέ ανά δευτερόλεπτο (δηλαδή σε λειτουργία αργής κίνησης), ειδικά τροποποιημένα κοντάρια για την μέτρηση των αποστάσεων, ενός τριπόδου για την σταθεροποίηση του κινητού και άλλα μετρητικά όργανα για τα σωματομετρικά δεδομένα καθώς και μέτρηση δεδομένων του καιρού. Ιδιαίτερο βάρος, δίνεται στην συλλογή δεδομένων, όπως ορισμένων προσωπικών δεδομένων των νεαρών γυμνασμένων και αγύμναστων ενηλίκων αλλά και των στοιχείων του περιβάλλοντος που διεξάγονται οι μετρήσεις. Τα δεδομένα που συλλέγονται, οδηγούνται για στατιστικές αναλύσεις ώστε να μπορέσει να γίνει αντιληπτό με έναν αξιόπιστο τρόπο ότι οι δυο κατηγορίες νεαρών ενηλίκων που μελετιούνται, έχουν διαφορές με βάση τα σωματικά τους χαρακτηριστικά, αλλά και οι συνθήκες που διεξήχθησαν οι πειραματικές τους μετρήσεις, ήταν σχεδόν οι ίδιες. Ίδιο βάρος θα πρέπει να δοθεί και στο πρωτόκολλο του πειράματος, όπου είναι απαραίτητο να ακολουθείται με μεγάλη ακρίβεια. Το πρωτόκολλο πειράματος χρειάζεται στο να αντιληφθεί κάποιος τον τρόπο που ταξινομούνται οι αποστάσεις για το sprint, την θέση του τριπόδου που θα τραβάει το βίντεο και ότι είναι σημαντική η

καταγραφή των σωματικών χαρακτηριστικών των ενήλικων και ανήλικων νεαρών, καθώς και ότι πριν τις πειραματικές μετρήσεις επιβάλλεται το ζέσταμα ώστε να μην προκληθούν τραυματισμοί. Σημαντικό σημείο του πειραματικού πρωτοκόλλου, αποτελεί η εξοικείωση των νεαρών ενηλίκων για το πως θα πραγματοποιήσουν όλη την διαδικασία του sprint των τριάντα μέτρων καθώς και η εξοικείωση του ανθρώπου που τραβάει τα βίντεο, ώστε να υπάρχουν σωστά πλάνα για την εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Από την εφαρμογή MySprint, μπορούν να εξαχθούν πολλά αποτελέσματα. Τα πιο σημαντικά αποτελέσματα τα οποία εισήχθησαν και στην διπλωματική εργασία είναι τα μηχανικά δεδομένα των νεαρών ενηλίκων, όπως για παράδειγμα, η θεωρητικά μέγιστη οριζόντια δύναμη (HZT F_0), η θεωρητικά μέγιστη οριζόντια ταχύτητα (HZT V_0), η οριζόντια μέγιστη ισχύς εξόδου του sprint (HZT P_{max}), ο λόγος της συνολικής παραγωγής δύναμης (RF (%)) και άλλα πολλά δεδομένα. Μέσω των πρώτων δυο δεδομένων, μπορεί να δημιουργηθεί η γραμμική σχέση της δύναμης και της ταχύτητας τους και για τις δυο κατηγορίες που εξετάζουμε στην διπλωματική εργασία. Με αυτόν τον τρόπο εξάγεται το συμπέρασμα αν το προφίλ της ταχυδυναμικής τους σχέσης έχουν διαφορές προς της δύναμη ή την ταχύτητα. Όπως αποδείχθηκε, διαφορές προκύπτουν και αυτό που συμπεραίνεται είναι, ότι το προφίλ της ταχυδυναμικής σχέσης των γυμνασμένων ενηλίκων, είναι μετατοπισμένο προς την ταχύτητα, ενώ το προφίλ των αγύμναστων προς την δύναμη. Με λίγα λόγια, οι γυμνασμένοι ενήλικες είναι γρηγορότεροι για το sprint των τριάντα μέτρων από τους αγύμναστους ενήλικες.

Σημαντικά είναι και τα χρονικά αποτελέσματα, από τα οποία με την βοήθεια στατιστικών αναλύσεων εξήχθησαν οι μέσες τιμές, οι τυπικές αποκλίσεις και σχηματίστηκαν οι κανονικές κατανομές οι οποίες βοηθούν οπτικά να επιβεβαιωθούν οι χρονικές διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των δυο κατηγοριών, καθώς και το ξεκάθαρο χρονικό προβάδισμα των γυμνασμένων ενηλίκων έναντι των αγύμναστων. Ακόμη, οι στατιστικές αναλύσεις και συγκεκριμένα οι πίνακες συσχέτισης, ήταν ένα εργαλείο για να γίνει κατανοητό, το πόσο μπορεί να επηρεάζουν τα ανθρωπομετρικά δεδομένα των γυμνασμένων και αγύμναστων νεαρών ενηλίκων στα μηχανικά δεδομένα που εξάγονται από την εφαρμογή. Όπου συμπεραίνεται, ότι τα ανθρωπομετρικά δεδομένα των δυο κατηγοριών, επηρεάζουν ελάχιστα ή καθόλου τις μηχανικές ιδιότητες τους και ότι ίσως ευθύνεται μόνο η γυμναστική που η ταχυδυναμική σχέση των αγύμναστων ενηλίκων, έχει διαφορά με των γυμνασμένων.

Με παρόμοιο σκεπτικό κινήθηκε και ο στατιστικός έλεγχος T-Test, στον οποίο και πάλι πραγματοποιήθηκε σύγκριση σχεδόν όλων των δεδομένων για να αποδειχθεί αν υπάρχει στατιστική σημαντική διαφορά, για τα ανθρωπομετρικά δεδομένα των νεαρών ενηλίκων, για τα χρονικά τους αποτελέσματα και τα μηχανικά αποτελέσματα τους από την άσκηση sprint. Είναι προφανές ότι υπάρχουν διαφορές και ότι η εφαρμογή MySprint κατάφερε να το αποδείξει. Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόδειξη της ταχυδυναμικής σχέσης, είτε για ακαδημαϊκό σκοπό, είτε από επαγγελματίες αθλητές, αλλά και από ερασιτέχνες αθλητές για την βελτίωση του τρόπου προπόνησης ή ακόμη και για την καλύτερη και γρηγορότερη αποκατάσταση μετά από τραυματισμούς.

Επίδραση της άθλησης στην σχέση δύναμης-ταχύτητας των μυών των κάτω άκρων

Μελλοντικές έρευνες οι οποίες θα άνοιγαν τον δρόμο για νέες εφαρμογές, είναι να ξεκινήσουν να γυμνάζονται οι αγύμναστοι ενήλικες για ίδιες χρονικές φορές με την κατηγορία των γυμνασμένων μέσα στην εβδομάδα, ενώ παράλληλα οι γυμνασμένοι ενήλικες να συνεχίζουν να διατηρούν τις φορές που γυμνάζονται ανά εβδομάδα. Αυτό θα έχει ως απώτερο σκοπό, στο να μετρηθούν ξανά οι δυο κατηγορίες, ανά εύλογα χρονικά διαστήματα (περίπου κάθε δυο εβδομάδες), να υπολογιστεί η ταχυδυναμική τους σχέση και να βγει ένα συμπέρασμα, μέσα σε τι χρονικό διάστημα η ταχυδυναμική σχέση των αγύμναστων ενηλίκων θα ισούται ή θα υπάρχουν ελάχιστες διαφορές με την ταχυδυναμική σχέση των γυμνασμένων ενηλίκων.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Apple Support (2021) iPhone 6s – Technical Specifications [online]. Available from: [iPhone 6s - Technical Specifications \(apple.com\)](https://support.apple.com/en-us/HT208043). (Accessed 29 August 2022).

Carlos, B. (2016) My Lift: Measure your strength [online]. Available from: [My Lift: Measure your strength on the App Store \(apple.com\)](https://apps.apple.com/gb/app/my-lift-measure-your-strength/id1088888888) (Accessed 24 August 2022).

Cava, A., M., Belmonte, A., H., Ibanez, J., C., Navarro, R., M., Bardillo, J., J., Pallares, J., G. (2020) ‘Reliability of technologies to measure the barbell velocity: Implications for monitoring resistance training’, Plos One [online], 10 June. Available from:doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232465> (Accessed 24 August 2022).

Cronin, J. B., Templeton, Rebecca L. (2008) ‘Timing Light Height Affects Sprint Times’, Journal of Strength and Conditioning Research [online], vol.22, January, p.318-320. Available from: [Timing Light Height Affects Sprint Times : The Journal of Strength & Conditioning Research \(lww.com\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18181818/) (Accessed 22 August 2022).

Cunniffée, B., Proctor, W., Baker, J., Davies, B. (2009) ‘An Evaluation of the Physiological Demands of Elite Rugby Union Global Positioning System Tracking Software’, Journal of Strength and Conditioning Research [online], vol.23 July, p. 1195-1203. Available from: [An Evaluation of the Physiological Demands of Elite Rugby Un... : The Journal of Strength & Conditioning Research \(lww.com\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19191919/) (Accessed 22 August 2022).

Dias, Jonathan A., Pupo, J., D., Reis, D., C., Borges, L., Santos, S., G., Moro, Antônio, RP., Borges, Noé G. Jr. (2011) ‘Validity of Two Methods for Estimation of Vertical Jump Height’, Journal of Strength and Conditioning Research [online], vol.25, July, p. 2034-2039. Available from: [Validity of Two Methods for Estimation of Vertical Jump Heig... : The Journal of Strength & Conditioning Research \(lww.com\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21212121/) (Accessed 22 August 2022).

Franco, N., R., Reyes, P., J., Zambudio, A., C., Ramirez, F., C., Juan, J., J., R., Hernandez, J., G., Bendala, F., J., T., Penafiel, V., C., Fernandez, C., B., (2016) ‘Sprint performance and mechanixal outputs computed with an iPhone app: Comparison with existing reference methods’ European Journal of Sport Science [online], vol.17, no.4, p.p386-392. Available from: doi: <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1249031> (Accessed 25 August 2022).

Gallardo- Fuentes, F., Gallardo- Fuentes, J., Remirez-Campillo, R., Balsalobre-Fernandez, C., Martinez, C., Caniuqueo, A., Canas, R., Banzer, W., Lotucro, I., Nakamura, F. Y., Izquierdo, M., (2016) ‘Intersession and Intrasession Reliability and Validity of the My Jump App for Measuring Different Jump Action in Trained Male and Female Athletes’, Journal of Strength and Conditioning Research [online], vol.30, July, p.2049-2056. Available from: [Intersession and](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27272727/)

[Intrasession Reliability and Validity of th... : The Journal of Strength & Conditioning Research \(lww.com\)](#) (Accessed 23 August 2022).

Goktepe, S., Menzel, A. and Kuhl, E. (2014) ‘The generalized Hill model: A kinematic approach towards active muscle contraction’ *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* [online], vol.72, pp.20-39. Available from: <https://www.sciencedirect.com/> (Accessed 29 June 2022).

Gunther, M. and Schmitt, S. (2010) ‘A macroscopic ansatz to deduce the Hill relation’ *Journal of Theoretical Biology* [online], vol. 263, pp.407-418. Available from: <https://www.sciencedirect.com/> (Accessed 22 June 2022).

Huxley AF. (2000) ‘Cross-bridge action: present views, prospects, and unknowns’, *Journal of Biomechanics* [online], vol33. no10., pp.1189-1195. Available from: <https://www.sciencedirect.com/> (Accessed 13 July 2022).

Lepori, R., L. (2003) *Musculoskeletal System*. Translated from Greece by Γεωργαντά, Αικατερίνη, Α., Greece: CCM International Ε.Π.Ε.

Moore K., L., Dalley A., F. and Agur, Anne, M.R. (2010) *Clinically Anatomy*. Translated from Cyprus, by Α. Δ. Αρβανίτης.

Morin, J., B. (2022) ‘Applications smartphones pour l’analyse de la performance: un laboratoire dans votre poche’, *Movement & Sport Sciences Science & Morticite* [online]. Available from: doi: <https://doi.org/10.1051/sm/2021023> (edpsciences) (Accessed 25 August 2022).

MySprint New Version Tutorial! (2016) [YouTube] MySprint App. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=vSvBfCSKSmw> (Accessed 29 September 2022).

Novachek, T. F. (1998) ‘The biomechanics of running’, *Gait & Posture* [online], vol.7, no1, pp.77-95. Available from: <https://www.sciencedirect.com/> (Accessed 20 August 2022).

Reyes, J., P. (2016) *My Sprint: Measure your Sprint* [online]. Available from: [My Sprint dans l’App Store \(apple.com\)](#) (Accessed 29 August 2022).

Samozino, P. and Morin, J. B. (2018) *Biomechanics of Training and Testing* [online], 1st ed., Springer. Available from: <https://link.springer.com/book/> (Accessed 12 July 2022).

Seow, C. Y. (2013) ‘Hill’s equation of muscle performance and its hidden insight on molecular mechanisms’ *Journal of General Physiology* [online], vol. 142, pp.561-573. Available from: <https://rupress.org/jgp/article/> (Accessed 27 June 2022).

Sherwood, L. (2012) *Human Physiology: From cells to systems*. Translated from Greece by Ακαδημαϊκές Εκδόσεις Ι. Μπάσδρα και ΣΙΑ Ο.Ε.

Silbernagl, S. and Despopoulos, A. (2010) Handbook of Physiology, 2th ed., Nicosia: Broken Hill Publishers LTD

Splend Apps (2014) ΔΜΣ Υπολογιστής [online]. Available from: <https://play.google.com/store/apps/> (Accessed 22 September 2022).

Stan, L. Hans, H. (2016) ‘Skeletal muscle tissue in movement and health: Positives and negatives’, Journal of Experimental Biology [online], vol.219, January, p.183-188. Available from: <https://journals.biologists.com/> (Accessed 29 July 2022).

Susan J. Hall (2018), Basic Biomechanics, 7th ed. Translated from Greece by K.Α. Κατσουλάκης, Athens: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ Α.Ε, p.p 142-143.

Weber. A, Armstrong, C. F. (2002) ‘Hugh E. Huxley: birth of the filament sliding model of muscle contraction’ Trends in Cell Biology [online], vol.12, pp.243-245. Available from <https://www.sciencedirect.com/> (Accessed 29 June 2022).

Zhili, C., Chao, B., Kaifang, L., Chris B., Yongming, L., (2021) ‘Validity and Reliability of a Phone App and Stopwatch for the Measurement of 505 Change of Direction Performance: A Test-Retest Study Design’, National Library of Medicine [online], vol.12, September, p. Zhili, C. Available from: doi: [10.3389/fphys.2021.743800](https://doi.org/10.3389/fphys.2021.743800) (PubMed Central) (Accessed 24 August 2022).

Βλαχογιάννη, Ε., Στένου, Χ. (2018) Ανασκόπηση της Αλτικής Μεθόδου Bosco και της Δονητικής Μεθόδου Power Plate, πτυχιακή εργασία, Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Available at: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/2660975/theFile> (Accessed 23 August 2022).

Κατρίτση, Ε. Α., Κελέκη, Αν. Ε. και Κούβελα, Δ. Η. (1985) Elements of Anatomy and Elements of Physiology, 2th ed., Athens: Evginidou Foundation.

Κέλλης, Ε. (2015) Αθλητική Εμβιομηχανική [online], Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. Available from: <http://hdl.handle.net/11419/4943> (Accessed 28 July 2022).

Κικίλιας, Π., Παλαμούρδας, Δ., Πετράκης, Α., Τσουκαλάς, Δ. (2001) Στατιστική – Πιθανότητες, Αθήνα: «ΔΗΡΟΣ».

Μπαξεβάνης, Φ. (2014) Μυϊκές Ανισορροπίες: Αξιολόγηση και Θεραπευτική Παρέμβαση, προπτυχιακή εργασία, Θεσσαλονίκη: Αλεξάνδρεια Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Διαθέσιμη: [Mpaxevanis Fotis.pdf \(teithe.gr\)](https://teithe.gr/Mpaxevanis_Fotis.pdf) (Accessed 6 August 2022).

Μπερλέμη, Α., Νασσάνι, Κ. (2017) Κινητική και κινηματική ανάλυση πρόσθιας και οπίσθιας βάρδισης Μελέτη εμβιομηχανικών προσαρμογών και ασυμμετριών σε χρόνια αστάθεια ποδοκνημικής, Πτυχιακή Εργασία, Αίγιο: Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας. Available at: <http://repository.library.teimes.gr/xmlui/handle/123456789/6157> (Accessed 19 August 2022).

Παπαγεωργίου, Ε. (2017) Βιοστατιστική και Εφαρμογές, 2^η έκδοση, Αθήνα: Νέων Τεχνολογιών.

Ταβιανάτου, Π. (2018) soft modeling and simulation tissue musculoskeletal models, thesis, Patras: University of Patras. Διαθέσιμη: [Nemertes_Tavianatou\(ele\).pdf \(upatras.gr\)](#) (Accessed 6 August 2022).

Φρέντζος, Σ. (2018) Dynamic analysis of human motion and presentation of results through augmented reality, undergraduate thesis, Patras: University Of Patras. Available at <https://nemertes.library.upatras.gr/> (Accessed 7 July 2022).