



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Τρίκαλα, 42150 | Σταθερό Τηλέφωνο: 24310 47000 | Η/Δ: g-pe@pe.uth.gr



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ
ΜΠΑΡΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΥΝΑΜΟΔΑΠΕΔΟΥ ΚΑΙ
ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΜΕΤΡΟΥ**

**ANALYSIS OF BARBELL STRENGTH TRAINING EXERCISES BY USING
DYNAMOMETER AND ACCELEROMETER**

Καΐσης Κωνσταντίνος

Επιβλέπων Καθηγητής: Βασίλειος Α. Βουτσελάς

Σεπτέμβριος 2022

© Copyright

Καΐσης Κωνσταντίνος

Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Καρυές, Τρίκαλα

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΜΠΑΡΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΥΝΑΜΟΔΑΠΕΔΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΜΕΤΡΟΥ

Περίληψη

Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν να συγκρίνει το ημικάθισμα και τις άρσεις θανάτου με μπάρα ώστε να διερευνηθεί ποια από τις δύο ασκήσεις είναι η πιο ιδανική για την βελτίωση της ταχυδύναμης. Στην έρευνα συμμετείχαν αθλητές που ήταν εξοικειωμένοι με τις παραπάνω ασκήσεις, από τους οποίους μετρήθηκαν τα σωματομετρικά τους χαρακτηριστικά. Επιπλέον, μετρήθηκε η μέγιστη επανάληψη τους για κάθε άσκηση, ώστε στην συνέχεια να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις με επιβαρύνσεις 60% 1RM για κάθε άσκηση. Η σύγκριση έγινε με την ανάλυση των δυνάμεων και επιταχύνσεων που εφαρμόστηκαν σε δυναμοδάπεδο και σε επιταχυνσιόμετρο που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις. Με βάση την ανάλυση των αποτελεσμάτων βρέθηκε ότι το ημικάθισμα είναι η περισσότερο ταχυδυναμική άσκηση από τις άρσεις θανάτου.

Λέξεις κλειδιά: Ταχυδύναμη, Επιταχυνσιόμετρο, Δυναμοδάπεδο, Ημικάθισμα, Άρσεις θανάτου.

ANALYSIS OF BARBELL STRENGTH TRAINING EXERCISES, BY USING DYNAMOMETER AND ACCELEROMETER

Abstract

The aim of this study was to compare the squat and the deadlift, executed with the use of a barbell, to examine which of these exercises are more appropriate for improving explosive power. The athletes who participate in this research, were familiar with the above exercises. Their somatometric characteristics were measured in the start of this study. In the second phase of this study, there was a measurement of the participants' one repetition maximum (1RM) in order to perform every exercise at resistance of 60%1RM. The comparison between the two exercises has been accomplished with the use of an Inertial Measurement Unit and Force plate. With those devices we made an analysis of the forces and accelerations which were applied during the execution of the two exercises. After analyzing the data graphics, it appears that the exercise which reveals faster explosive power is the squat.

Keywords: Explosive power, Inertial Measurement Unit, Force plate, Semi Squat, Deadlift.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1 Γενικά χαρακτηριστικά και έννοιες**
- 1.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση**
- 1.3 Έκθεση του προβλήματος**
- 1.4 Σημασία της έρευνας**
- 1.5 Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις**

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά χαρακτηριστικά και έννοιες

Η δύναμη και η ταχύτητα καθορίζουν ως προς ένα μεγάλο βαθμό τις επιδόσεις των αθλητών στα περισσότερα αθλήματα. Συνδυάζοντας κατάλληλα αυτά τα δύο στοιχεία μεταξύ τους, οι επιδόσεις στο σπριντ βελτιώνονται. Πιο συγκεκριμένα, η δύναμη που ασκείται στο έδαφος και η ταχύτητα με την οποία κινούνται τα άκρα στην φάση αιώρησης του σπριντ καθορίζουν την επίδοση (Kawamori, et al., 2013). Η ταχυδύναμη, επομένως, είναι σημαντική στην δόμηση προγραμμάτων και εντάσσεται στον μακροχρόνιο προγραμματισμό των αθλητών (Γεροδήμος και Καρατράντου, Περιοδικότητα Θεωρία και Μεθοδολογία της Προπόνησης, 2019, σελ131-136). Οι προπονητές επικεντρώνονται σε αυτήν κυρίως κατά την πρωταγωνιστική και αγωνιστική περίοδο (Γεροδήμος και Καρατράντου, Περιοδικότητα Θεωρία και Μεθοδολογία της Προπόνησης, 2019 σελ 141-142).

Το ημικάθυσμα χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της δύναμης των κάτω άκρων (Καρατράτου και Γεροδήμος, Δοκιμασίες Μετρήσεις και Αξιολόγηση στο Πεδίο σελ118-119), για αυτό και θεωρήθηκε κατάλληλη δοκιμασία για την αξιολόγηση της ταχυδύναμης των ασκούμενων. Ένας άλλος λόγος που επιλέχτηκε το ημικάθυσμα είναι ότι είναι μία σχετικά απλή κίνηση όπου ο ασκούμενος πρέπει να ελέγχει την γωνία του ισχίου και των γονάτων του και εφόσον χρησιμοποιεί και μπάρα να έχει ισορροπία και σταθερότητα όπως και σε ένα κανονικό κάθισμα που περιγράφεται στο βιβλίο (Φατούρος & Χατζηνικολάου, 2018).

Οι άρσεις θανάτου είναι μία πολύ δημοφιλή άσκηση που χρησιμοποιείται κυρίως για την ενδυνάμωση των μυών του μηρού και των ραχιαίων (Martín-Fuentes et al., 2020). Επίσης, η συγκεκριμένη άσκηση δυναμώνει αποτελεσματικά τον πυρήνα απαιτεί όμως καλό συντονισμό και σωστή καθοδήγηση γιατί αλλιώς μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό στην περιοχή της οσφυϊκής μοίρας (Wang et al., 2021). Επομένως, είναι μία άσκηση για την οποία ο ασκούμενος πρέπει να έχει κάποια εμπειρία και να εκτελέσει την άσκηση όπως περιγράφεται στο βιβλίο (Φατούρος & Χατζηνικολάου, 2018).

1.2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Η ταχυδύναμη είναι απαραίτητη σε πολλά αθλήματα και εντάσσεται στον μακροχρόνιο προγραμματισμό των αθλητών. Μέσα στην βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε στην εισαγωγή αναφέρονται οι παράγοντες οι οποίοι αιτιολογούν την αξία της ταχυδύναμης σε βασικές δραστηριότητες όπως τρέξιμο και άλματα, που καθορίζουν τις επιδόσεις στα περισσότερα αθλήματα (Kawamori et al., 2013). Κάποιοι άλλοι από αυτούς τους παράγοντες που αιτιολογούν την αξία της ταχυδύναμης στις δραστηριότητες όπως το σπριντ και τα άλματα είναι αυτοί που αναφέρουν και στο άρθρο τους οι Beckham, Suchomel και Mizuguchi (2014) λαμβάνοντας υπόψη τον δεύτερο και τρίτο νόμο του Newton οι κάθετες δυνάμεις που ασκούνται στο δυναμοδάπεδο αντιπροσωπεύουν ως έναν μεγάλο βαθμό την ταχύτητα με την οποία κάποιος κινείται. Για να επιτευχθεί, επομένως, ο παραπάνω σκοπός είναι απαραίτητη η χρήση του δυναμοδάπεδου. Στην έρευνα αυτή έγινε επιπρόσθετα χρήση επιταχυνσιόμετρου διότι, αν και το δυναμοδάπεδο είναι πολύ αξιόπιστο και έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές έρευνες στο παρελθόν το επιταχυνσιόμετρο είναι ένα καινούργιο εργαλείο με τεχνολογία η οποία μετράει αποκλειστικά τον ρυθμό με τον οποίο επιταχύνεται ένα αντικείμενο, στην συγκεκριμένη έρευνα την επιτάχυνση της μπάρας. Το επιταχυνσιόμετρο έχει γίνει ιδιαίτερα δημοφιλή στην καταγραφή και σε μετρήσεις που αφορούν προπονήσεις με μπάρες που έχουν μεγάλη έμφαση στην ταχύτητα διότι υπάρχει ευκολία και πρακτικότητα στην χρήση του (Clemente et al., 2021). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον υπάρχει για το αν τα αποτελέσματα αυτών των δύο συσκευών συγκλείνουν σε μετρήσεις που γίνονται με ανεξάρτητα, δηλαδή χωρίς να υπάρχει συγχρονισμός αυτών των δύο μέσων αλλά αφορούν την ίδια ακριβώς εκτέλεση. Για την επιλογή, ως προς την αξιοπιστία, την πρακτικότητα αλλά και την σωστή χρήση και των δύο μέσων αυτών, στην βιβλιογραφία υπάρχει αναφορά σε έρευνες στις οποίες έχουν χρησιμοποιήσει και αξιολογήσει τις μετρήσεις τους ή με επιταχυνσιόμετρο ή με δυναμοδάπεδο (Appleby et al., 2019; Beckham et al., 2014; Clemente et al., 2021, Held et al., 2021).

1.3 Έκθεση του προβλήματος

Στην παρούσα έρευνα μετρήθηκαν οι κάθετες δυνάμεις που ασκούνται στο έδαφος και η επιτάχυνση της μπάρας σε ημικάθισμα και σε άρσεις θανάτου με ίδιες ποσοστιαίες επιβαρύνσεις. Ζητούμενο ήταν να βρεθεί η καταλληλότερη άσκηση, στην οποία ο ασκούμενος κατά την εκτέλεση της αναπτύσσει όσο δυνατόν περισσότερο το στοιχείο της ταχυδύναμης συγκρίνοντας τις δυνάμεις που ασκούνται στο δάπεδο και τις επιταχύνσεις της μπάρας ανάμεσα στο ημικάθισμα και στην άρση θανάτου με τις ίδιες ποσοστιαίες επιβαρύνσεις.

1.4 Σημασία της έρευνας

Η συγκεκριμένη έρευνα είναι σημαντική κυρίως για προπονητές, διότι τα αποτελέσματα της θα είναι χρήσιμα στην επιλογή της κατάλληλης άσκησης για την βελτίωση της ταχυδύναμης. Επιπλέον με την σύγκριση των δυνάμεων και επιταχύνσεων ανάμεσα στις δύο ασκήσεις δύναμης με μπάρα είναι πολύ πιθανό η ερευνά αυτή να κινήσει το ενδιαφέρον των επιστημόνων που ασχολούνται κυρίως με τον κλάδο της εμβιομηχανικής και της κνησιολογίας.

1.5 Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις

Το βασικό ερώτημα στην έρευνα αυτή είναι ότι για να βρεθεί η κατάλληλη επιβάρυνση στο ημικάθισμα και στις άρσεις θανάτου, κατά την οποία ο αθλητής δουλεύει πιο ταχυδυναμικά, πρέπει να επικρατήσει η δύναμη ή η ταχύτητα. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά ευνοούνται σε συνθήκες αντίθετες μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα όσο αυξάνεται η ταχύτητα της μυϊκής σύσπασης μειώνεται και η παραγωγή δύναμης των μυών (Beneke and Taylor, 2010). Επίσης, όσο αυξάνεται η ταχύτητα μειώνεται ο χρόνος επαφής στο έδαφος, δηλαδή η μέγιστη δύναμη που μπορεί να εφαρμοστεί στο έδαφος είναι περιορισμένη, όταν μία προσπάθεια στο σπρίντ εφαρμόζεται με μέγιστη ταχύτητα (Weyand et al., 2000). Βάση της παραπάνω πρότασης, είναι προβλεπόμενο ότι οι επιβαρύνσεις που ευνοούν μια ταχυδυναμική εκτέλεση είναι υπομέγιστης δύναμης.

2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην έρευνα πήραν μέρος τρεις αθλητές στίβου οι οποίοι δεν είχαν κάποιον μυοσκελετικό τραυματισμό στα κάτω άκρα και την οσφυϊκή μοίρα, με σωματικό βάρος 78.6 ± 8.1 Kg, ύψους 1.83 ± 0.02 cm και λίπους $9.6 \pm 0.75\%$

Στην πρώτη επίσκεψη, μετρήθηκαν τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά. Αρχικά μετρήθηκε το ανάστημα με την χρήση αναστημόμετρου. Οι δοκιμαζόμενοι στάθηκαν όρθιοι χωρίς παπούτσια, με το βάρος τους κατανεμημένο εξίσου στα δύο πόδια και τα χέρια τους κρεμόταν ελεύθερα στα πλάγια. Τα πέλματα ενωμένα, το κεφάλι, η ωμοπλάτη, οι γλουτοί και οι φτέρνες ακουμπούσαν στον τοίχο. Την στιγμή που οι δοκιμαζόμενοι είχαν πραγματοποιήσει μία μέγιστη εισπνοή και πριν να ξεκινήσουν την εκπνοή τους πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις. Τα αποτελέσματα τους είχαν ακρίβεια μικρότερη του ενός εκατοστού για όλους τους ασκούμενους οπότε οι μετρήσεις ήταν έγκυρες (Γεροδήμος, Β., & Καρατράντου, Κ. (2020). Δοκιμασίες Μετρήσεις & Αξιολόγησης στο Πεδίο Δείκτες Υγείας, Λειτουργικής Ικανότητας και Φυσικής Κατάστασης, σελ.26-27). Έπειτα, μετρήθηκε η σωματική μάζα με την χρήση ζυγαριάς ακριβείας. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν ελαφρά ντυμένοι και χωρίς παπούτσια, στέκονταν στο κέντρο του ζυγού ακριβείας με το βάρος τους να κατανέμεται εξίσου στα δύο πόδια, στέκονταν ακίνητοι πάνω στον ζυγό ακριβείας με τα χέρια τους ελεύθερα στα πλάγια και με το βλέμμα τους να κοιτάζει ευθεία μπροστά. Με τον παραπάνω τρόπο πραγματοποιήθηκαν δύο μετρήσεις οι οποίες είχαν απόλυτη ακρίβεια μεταξύ τους, στοιχείο το οποίο τις καθιστά έγκυρες (Γεροδήμος, Β., & Καρατράντου, Κ. (2020). Δοκιμασίες Μετρήσεις & Αξιολόγησης στο Πεδίο Δείκτες Υγείας, Λειτουργικής Ικανότητας και Φυσικής Κατάστασης, σελ. 24-25). Στην συνέχεια, έγινε μία εκτίμηση του σωματικού λίπους των συμμετεχόντων με μετρήσεις δερματοπτυχών. Οι επτά δερματοπτυχές, μετρήθηκαν με τον εξής τρόπο, ο εξεταστής τσιμπούσε τους εξεταζόμενους σταθερά την δερματοπτυχή με τον δείκτη και τον αντίχειρα του αριστερού χεριού στα σημεία που θα περιγραφτούν στην συνέχεια. Κρατώντας την δερματοπτυχή ανασηκωμένη, ο εξεταστής αναθετούσε τις ακτίδες του δερματοπτυχόμετρου ένα εκατοστό πιο μακριά από τα δακτυλά (του αντίχειρα και του δείκτη), μετά απελευθέρωνε το ελατήριο του δερματοπτυχόμετρου με ακρίβεια 0,1 χιλιοστού. Στο τέλος, άνοιξε της ακίδες του δερματοπτυχόμετρου και το απομάκρυνε απελευθερώνοντας αργά το ελατήριο. Οι επτά δερματοπτυχές που μετρήθηκαν ήταν η δερματοπτυχή θωρακικού, η δερματοπτυχή μεσομασχαλιαίου, η

δερματοπτυχή τρικεφάλου, η δερματοπτυχή υποπλάτιου, η δερματοπτυχή κοιλιακού, η δερματοπτυχή υπερλαγόνιου και η δερματοπτυχή του μηριαίου. Οι μετρήσεις των δερματοπυχών πραγματοποιήθηκαν σε όλες τις περιπτώσεις από την δεξιά πλευρά των ασκουμένων και επαναλήφθηκαν δύο φορές σε κυκλική σειρά για να είναι όσο το δυνατόν έγκυρες (Γεροδήμος, Β., & Καρατράντου, Κ. (2020). Δοκιμασίες Μετρήσεις & Αξιολόγησης στο Πεδίο Δείκτες Υγείας, Λειτουργικής Ικανότητας και Φυσικής Κατάστασης, σελ.56-57). Καταγράφηκαν, τα αποτελέσματα των δύο μετρήσεων της κάθε δερματοπτυχής, για κάθε δοκιμαζόμενο, σε χιλιοστά και χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των δύο τιμών εφόσον δεν υπήρξε καμία διαφορά μεταξύ τους μεγαλύτερη του 10%. Στην συνέχεια προστέθηκαν τα αθροίσματα των δερματοπυχών και υπολογίστηκε το ποσοστό λίπους κάθε δοκιμαζόμενου με την παρακάτω εξίσωση: Σωματικό λίπος = $1.112 - 0.00043499 \times (\text{άθροισμα των επτά δερματοπυχών}) + 0.00000055 \times (\text{άθροισμα των επτά δερματοπυχών}) - 0.00028826 \times (\text{ηλικία δοκιμαζόμενου})$ (Adapted from ACSM guidelines for exercise testing and prescription, 10th edition, 2018).

Αφού ολοκληρώθηκαν οι μετρήσεις των σωματομετρικών χαρακτηριστικών, εφαρμόστηκε το παρακάτω πρωτόκολλο για να βρεθούν οι μέγιστες επαναλήψεις των ασκούμενων και για τις δύο ασκήσεις. Πριν την έναρξη των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε προθέρμανση με την εκτέλεση υπομέγιστων επαναλήψεων. Στην συνέχεια, επιλέχτηκε από τους ασκούμενους μία επιβάρυνση την οποία θεωρούσαν ότι βρίσκεται περίπου κοντά στο 70% του 1RM τους. Μετά από την εκτέλεση της άσκησης με την συγκεκριμένη επιβάρυνση για όσες επαναλήψεις μπορούσε ο κάθε ασκούμενος μέχρι την εξάντληση, ακολούθησε ένα διάλειμμα 3-5 λεπτά πριν επαναληφθεί η ίδια διαδικασία με την επιπρόσθετη επιβάρυνση των 2,5 κιλών. Η διαδικασία συνέχισε μέχρι που βρέθηκε η επιβάρυνση όπου ο κάθε δοκιμαζόμενος ξεχωριστά μπόρεσε να εκτελέσει μία μόνο προσπάθεια. Η επιβάρυνση αυτή ορίστηκε ως η μέγιστη επιβάρυνση των αθλητών.

Οι ασκούμενοι εκτέλεσαν το πρωτόκολλο για την εύρεση της μέγιστης επανάληψης, πρώτα για το ημικάθισμα. Κατά την εκτέλεση των επαναλήψεων του ημικάθισματος οι δοκιμαζόμενοι από όρθια θέση, με τα πόδια στο άνοιγμα των ώμων, την σπονδυλική στήλη σε ευθεία και την μπάρα στους ώμους πίσω από τον αυχένα, εκτέλεσαν ημικάθισμα με κάμψη των γονάτων σε γωνία 90 μοιρών (Γεροδήμος, Β., & Καρατράντου, Κ. (2020). Δοκιμασίες Μετρήσεις & Αξιολόγησης στο Πεδίο Δείκτες Υγείας, Λειτουργικής Ικανότητας και Φυσικής Κατάστασης, σελ.118-119).

Στην συνέχεια, εφαρμόστηκε το ίδιο πρωτόκολλο για την εύρεση της μέγιστης επανάληψης για την άρση θανάτου. Κατά την εκτέλεση των επαναλήψεων οι ασκούμενοι από θέση καθίσματος με τα πόδια στο άνοιγμα του εύρους των ισχίων και των ώμων τους, με τους αγκώνες σε πλήρη έκταση πιάνοντας την μπάρα με πρηνή λαβή, η οποία βρισκόταν σε απόσταση 1-3 εκατοστά μπροστά από τις κνήμες, γινόταν έκταση των ισχίων και των γονάτων μέχρι οι συμμετέχοντες να έρθουν σε όρθια θέση, διατηρώντας την σπονδυλική στήλη σταθερή (Φατούρος & Χατζηνικολάου, 2018). Και στις δύο ασκήσεις οι ασκούμενοι εισέπνεαν κατά την έκκεντρη φάση της άσκησης και έκπνεαν κατά την ομόκεντρη.

Στην δεύτερη επίσκεψη, οι ασκούμενοι εκτέλεσαν τρεις επαναλήψεις στο ημικάθισμα με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης και επιβάρυνση 60% 1RM.

Στην τρίτη επίσκεψη, εκτέλεσαν τρεις επαναλήψεις στις άρσεις θανάτου με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης και επιβάρυνση 60% 1RM.

Τέλος, αναλύθηκαν οι καταγεγραμμένες από επιταχυνσιόμετρο (x-io Technologies), επιταχύνσεις που δέχθηκε η μπάρα στις ασκήσεις που εκτελέστηκαν και οι αντίστοιχες κάθετες δυνάμεις που ασκήθηκαν στο δυναμοδάπεδο (Bertec Force Plate).

3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

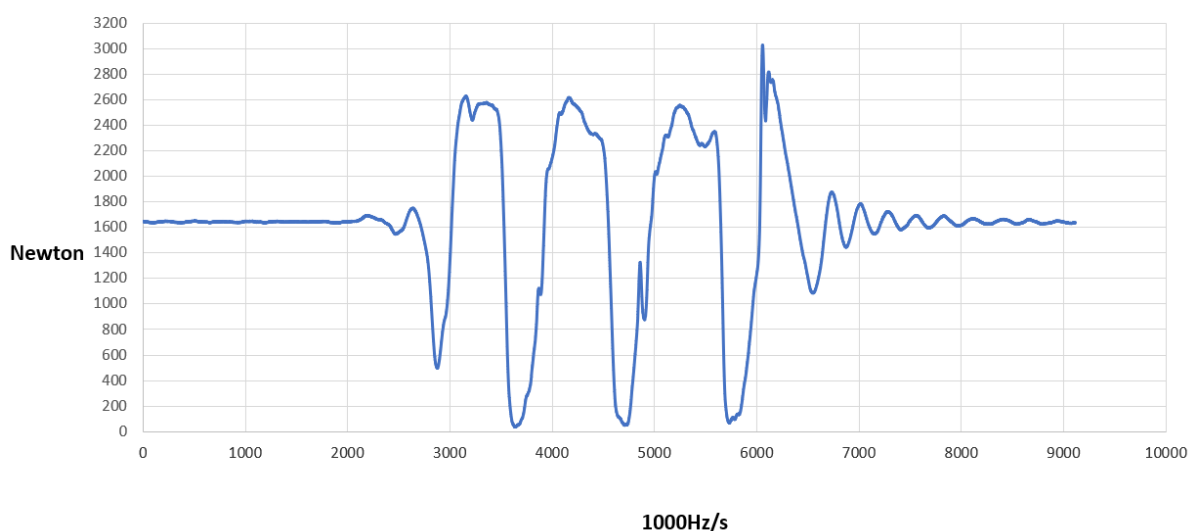
Έπειτα από την ανάλυση των γραφημάτων από το δυναμοδάπεδο και το επιταχυνσιόμετρο βγήκαν οι ακόλουθες τιμές για το ημικάθισμα.



Γράφημα 1.1 Χρήση επιταχυνσιόμετρου στο ημικάθισμα.

Το επιταχυνσιόμετρο κατέγραψε για την πρώτη προσπάθεια η επιτάχυνση της μπάρας ήταν $1,77\text{ms}^2$, στην δεύτερη προσπάθεια $1,67\text{ms}^2$ και στην τρίτη προσπάθεια $2,76\text{ms}$.

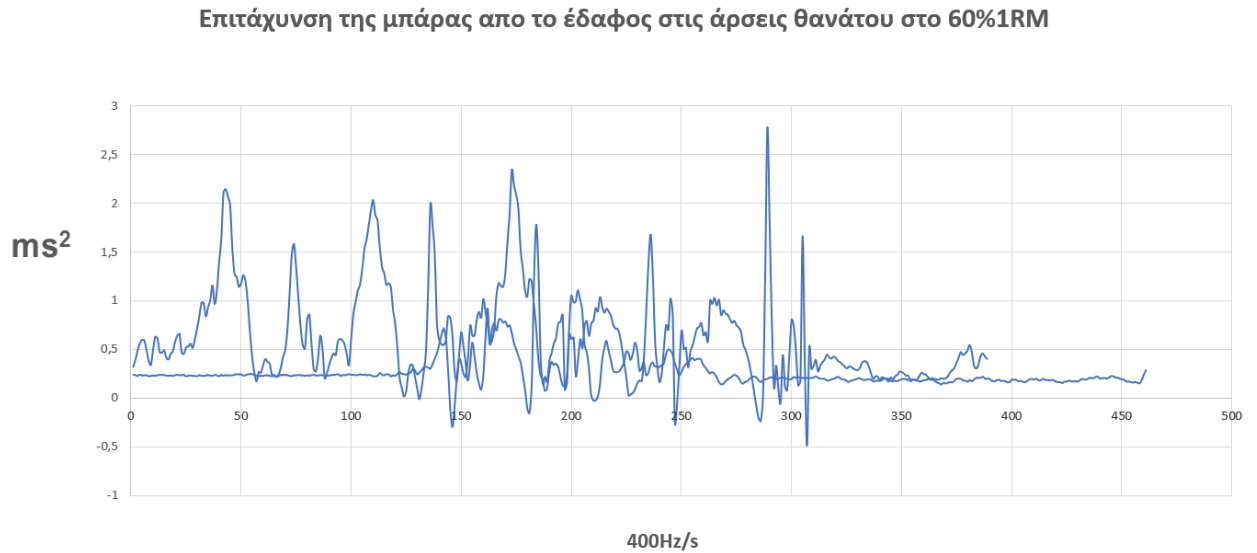
Κάθετη επιβάρυνση στο έδαφος στο ημικάθισμα στο 60%1RM



Γράφημα 1.2 Χρήση δυναμοδάπεδου στο ημικάθισμα.

Το δυναμοδάπεδο κατέγραψε για την πρώτη προσπάθεια 2616,1 Newton, για την δεύτερη προσπάθεια 2530,65 Newton και για την τρίτη προσπάθεια 2694,53 Newton. Επομένως, για το ημικάθισμα η μέγιστη επιτάχυνση της μπάρας ήταν $2,76 \text{ ms}^2$ και η μέγιστη δύναμη που ασκήθηκε στο έδαφος ήταν 2694,53 Newton. Οι παραπάνω μέγιστες τιμές καταγράφηκαν στην τρίτη επανάληψη στο σετ που εκτελέστηκε.

Τα αντίστοιχα γραφήματα για την εκτέλεση των άρσεων θανάτου εμφάνισαν τις ακόλουθες τιμές.



Γράφημα 1.3 Χρήση επιταχυνσιόμετρου στις άρσεις θανάτου.

Το επιταχυνσιόμετρο κατέγραψε για την πρώτη προσπάθεια η επιτάχυνση της μπάρας ήταν $1,77ms^2$, στην δεύτερη προσπάθεια $1,67 ms^2$ και στην τρίτη προσπάθεια $2,76 ms^2$. Η μέγιστη επιτάχυνση που καταγράφηκε στο επιταχυνσιόμετρο ήταν $2,76 ms^2$ στις άρσεις θανάτου.



Γράφημα 1.4 Χρήση δυναμοδάπεδου στις άρσεις θανάτου.

Το δυναμοδάπεδο κατέγραψε για την πρώτη προσπάθεια 2436,35 Newton, για την δεύτερη προσπάθεια 2637,77 Newton και για την τρίτη προσπάθεια 2639,9 Newton. Η μέγιστη δύναμη που ασκήθηκε στο δάπεδο ήταν 2639,9 Newton η οποία καταγράφηκε στην τρίτη προσπάθεια.

4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Είναι λιγιστές οι έρευνες που συνδυάζουν την χρήση επιταχυνσιόμετρου και δυναμοδάπεδου για την εξέταση μιας κίνησης ως προς τα εμβιομηχανικά της χαρακτηριστικά. Αυτό οφείλεται στο ότι το επιταχυνσιόμετρο είναι μία σχετικά καινούργια συσκευή, με την οποία προβλέπεται να πραγματοποιηθούν πολλές ακόμα έρευνες. Στην συγκεκριμένη έρευνα, οι τιμές που έδωσαν και τα δύο μέσα ήταν ανάλογες για κάθε επανάληψη και στις δύο ασκήσεις, στοιχείο που αποδεικνύει ότι η ταχύτητα της κίνησης και η δύναμη που ασκείται στο έδαφος συσχετίζονται μεταξύ τους.

Στις εκτελέσεις των ημικαθισμάτων, τα γραφήματα του επιταχυνσιόμετρου είναι πιο σύντομα και δίνουν υψηλότερες τιμές. Το ίδιο αποτέλεσμα έδειξε και η ανάλυση που έγινε στο δυναμοδάπεδο. Οι εκτελέσεις στο ημικάθισμα έδειξαν μεγαλύτερες τιμές στις κάθετες δυνάμεις που ασκήθηκαν στο δυναμοδάπεδο και είχαν μικρότερη χρονική διάρκεια σε σχέση με εκείνες στις εκτελέσεις των άρσεων θανάτου. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι το ημικάθισμα είναι πιο ταχυδυναμική άσκηση από τις άρσεις θανάτου, στοιχείο που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για κάποιον προπονητή ως προς την δόμηση των προγραμμάτων άσκησης. Οι άρσεις θανάτου σαν άσκηση που απαιτεί μεγαλύτερη διάρκεια για την εκτέλεση της, μπορεί να πραγματοποιείται πιο συχνά στην γενική και βασική περίοδο για την δόμηση της γενικής δύναμης. Τα ημικάθισμα σαν πιο ταχυδυναμική άσκηση είναι καλό να πραγματοποιούνται πιο συχνά στην προπόνηση κατά την προαγωνιστική και αγωνιστική περίοδο για την ανάπτυξη και διατήρηση της ειδικής δύναμης σε αθλήματα που απαιτούν ταχύδύναμη.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα γραφήματα του επιταχυνσιόμετρου και του δυναμοδάπεδου έδειξαν ότι το ημικάθισμα είναι η άσκηση που εκτελείται πιο ταχιδυναμικά. Δηλαδή, αν υπάρχει χρονικός περιορισμός μέσα στο προπονητικό πλάνο, είναι προτιμότερη η εκτέλεση ημικαθιμάτων παρά άρσεων θανάτου για την ανάπτυξη της ικανότητας της ταχydύναμης. Επιπλέον, τα μέσα που κατέγραφαν την δύναμη που ασκούταν στο έδαφος και την επιτάχυνση που δεχόταν η μπάρα κατά την διάρκεια των ασκήσεων, έδειξαν αντίστοιχες μεταβολές στις τιμές τους σε κάθε επανάληψη, στοιχείο το οποίο αποδεικνύει την ανάλογη σχέση που έχουν η δύναμη και η ταχύτητα. Επιπρόσθετα, το γεγονός ότι και τα δύο μέσα εμφανίζουν ανάλογη σχέση, εμφανίζει την δυνατότητα χρήσης μόνο του ενός για την ανάλυση της ταχydύναμης σε ασκήσεις, για παράδειγμα η χρήση μόνο του επιταχυνσιόμετρου εφόσον το κόστος του είναι πολύ μικρότερο και η πρακτική του εφαρμογή είναι πιο εύκολη, θα οδηγήσει πολύ πιθανόν στα ίδια συμπεράσματα όπως θα είχε με την χρήση και των δυο μέσων. Τέλος, το σημαντικότερο συμπέρασμα της έρευνας αυτής είναι ότι και οι δύο ασκήσεις έχουν μεγάλη χρησιμότητα στην προπονητική διαδικασία, είναι σημαντικό όμως, να υπάρχει η κατάλληλη γνώση σχετικά με την μορφή που αναπτύσσεται η δύναμη στις ασκήσεις αυτές, όπως έδειξε η συγκεκριμένη έρευνα, το ημικάθισμα έχει γρηγορότερη ανάπτυξη της επιτάχυνσης και της κάθετης δύναμης ενώ στις άρσεις θανάτου η μεταβολές των δύο αυτών στοιχείων είναι πιο ομαλές-αργές.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Appleby, B.B., Cormack, S.J., & Newton, R.U. (2019). Reliability of squat kinetics in well-trained rugby players: Implications for monitoring training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(10) 2635–2640.
2. Beckham, George & Suchomel, Timothy & Mizuguchi, Satoshi. (2014). Force Plate Use in Performance Monitoring and Sport Science Testing. *New Studies in Athletics*. 29. 25-37.
3. Beneke, R., & Taylor, M. (2010). What gives Bolt the edge—A.V. Hill knew it already! *Journal Of Biomechanics*, 43(11), 2241-2243.
4. Clemente, F.M.; Akyildiz, Z.; Pino-Ortega, J.; Rico-González, M. Validity and Reliability of the Inertial Measurement Unit for Barbell Velocity Assessments: A Systematic, Review. *Sensors* 2021, 21, 2511.
5. Held, S.; Rappelt, L.; Deutsch, J.-P.; Donath, L. Valid and Reliable Barbell Velocity Estimation Using an Inertial Measurement Unit. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021,18, 9170.
6. Kawamori, N., Nosaka, K., & Newton, R. (2013). Relationships Between Ground Reaction Impulse and Sprint Acceleration Performance in Team Sport Athletes. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 27(3), 568-573.
7. Martín-Fuentes, I., Oliva-Lozano, J., & Muyor, J. (2020). Electromyographic activity in deadlift exercise and its variants. A systematic review. *PLOS ONE*, 15(2), e0229507.
7. Riebe, D., Ehrman, J., Liguori, G., & Magal, M. (2018). *ACSMs guidelines for exercise testing and prescription* (10th ed.).
8. Wang, Z., Liu, R., Zhao, H., Qiu, S., Shi, X., Wang, J., & Li, J. (2021). Motion Analysis of Deadlift for Trainers With Different Levels Based on Body Sensor Network. *IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement*, 70, 1-12. <https://doi.org/10.1109/tim.2021.3062162>
9. Γεροδήμος, Β., & Καρατράντου, Κ. (2020). Δοκιμασίες Μετρήσεις & Αξιολόγησης στο Πεδίο Δείκτες Υγείας, Λειτουργικής Ικανότητας και Φυσικής Κατάστασης (1st εκ., σελ. 24-27, 56-57, 118-119). Κωνσταντάρας Ιατρικές Εκδόσεις.
10. Γεροδήμος, Β., & Καρατράντου, Κ. (2019). Περιοδικότητα Θεωρία και Μεθοδολογία της Προπόνησης (6th εκ., σελ. 131-136, 141-142). Broken Hill Publishers LTD.
10. Φατούρος, Ι., & Χατζηνικολάου, Α. (2018). Προπόνηση με βάρη, Εκτέλεση-Διδασκαλία-Ασφάλεια & Οργάνωση των Ασκήσεων (2nd εκ., σελ. 558-559, 638-639). Εκδοτικός Όμιλος Ιων.