



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής (ΠΑ.Δ.Α)
Σχολή Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας
Τμήμα Φυσικοθεραπείας

Πτυχιακή Εργασία

Εγκυρότητα και αξιοπιστία της φορητής πλατφόρμας “K-Force plate” με την εφαρμογή έξυπνου κινητού τηλεφώνου της δοκιμασίας του κατακόρυφου άλματος διποδικής στήριξης

Φοιτητές:

Ζαπάντης Δημήτριος ΑΜ:19683170

Παναγιωτοπούλου Ειρήνη - Μαρία ΑΜ:19683082

Επίβλεψη: Παπανδρέου Μαρία - Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τμήματος
Φυσικοθεραπείας ΠΑ.Δ.Α.

Συνεπίβλεψη: Πλακούτσης Γεώργιος - Υποψήφιος Διδάκτορας – Ακαδημαϊκός
Υπότροφος Τμήματος Φυσικοθεραπείας ΠΑ.Δ.Α

ΑΘΗΝΑ, 2023



University of West Attica (UniWA)

School of Health and Care Sciences

Department of Physiotherapy

Diploma thesis

Validity and Reliability of the portable “K-Force plate” with the use of a smartphone application for measuring countermovement jump

Students:

Zapantis Dimitrios 19683170

Panagiotopoulou Eirini-Maria 19683082

Supervisor: Papandreou Maria - Associate Professor of Physiotherapy
Department Uniwa

Co-supervisor: Plakoutsis George - Doctoral Candidate of the Department of
Physiotherapy Uniwa

ATHENS, 2023



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής (ΠΑ.Δ.Α)

Σχολή Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας

Τμήμα Φυσικοθεραπείας

«Εγκυρότητα και αξιοπιστία της φορητής πλατφόρμας
“K-Force plate” με την εφαρμογή έξυπνου κινητού τηλεφώνου της
δοκιμασίας του κατακόρυφου άλματος διποδικής στήριξης»

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
Παπανδρέου Μαρία	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια τμήματος Φυσικοθεραπείας ΠΑ.Δ.Α.	
Μουτζούρη Μαρία	Επίκουρη Καθηγήτρια τμήματος Φυσικοθεραπείας ΠΑ.Δ.Α.	
Κουμαντάκης Γεώργιος	Επίκουρος Καθηγητής τμήματος Φυσικοθεραπείας ΠΑ.Δ.Α.	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Παναγιωτοπούλου Ειρήνη-Μαρία του Νικολάου, με αριθμό μητρώου 19683082, φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας του Τμήματος Φυσικοθεραπείας, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι 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 πτυχίου μου»

Η Δηλούσα



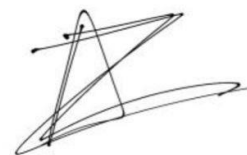
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ζαπάντης Δημήτριος του Νικολάου, με αριθμό μητρώου 19683170, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας του Τμήματος Φυσικοθεραπείας, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι 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 πτυχίου μου»

Ο Δηλών



I. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Το “K-Force” αποτελεί μία φορητή πλατφόρμα δύναμης, η οποία υπολογίζει τις μεταβλητές του άλματος, μεταξύ άλλων του ύψους και του χρόνου του άλματος. Οι διάφορες αλτικές δραστηριότητες χρησιμοποιούνται ως μέσο αξιολόγησης των παραμέτρων της φυσικής κατάστασης σε αθλητικό πληθυσμό και μη. Το κατακόρυφο άλμα διποδικής στήριξης είναι το πιο διαδεδομένο στις διαδικασίες της αξιολόγησης.

Σκοπός Εργασίας: Ο έλεγχος της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας των μετρήσεων του κατακόρυφου άλματος με ταλάντωση (CMJ) ανάμεσα στην φορητή πλατφόρμα “K-Force” και του application έξυπνου κινητού τηλεφώνου “My Jump 2” στους αθλούμενους φοιτητές της φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Μεθοδολογία: Πραγματοποιήθηκε μελέτη αξιοπιστίας και εγκυρότητας υλικοτεχνικού εξοπλισμού (“K-Force plate”), μεγέθους 34 συμμετεχόντων και ηλικίας 19-41 ετών, σύμφωνα με συγκεκριμένα κριτήρια συμμετοχής. Τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η φορητή πλατφόρμα “K-Force” και το application έξυπνου κινητού τηλεφώνου “My Jump 2”. Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν κατακόρυφο άλμα διποδικής στήριξης με ταλάντωση από όρθια θέση (CMJ) και καταγράφηκαν το ύψος και ο χρόνος του άλματος ταυτόχρονα από τα 2 εργαλεία. Ο συντελεστής ενδοταξικής συσχέτισης (intraclass correlation coefficient, ICC) χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της αξιοπιστίας των φορητών πλατφορμών “K-Force” και μεταξύ των δυο εργαλείων στις δυο επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, 1^η και 7^η ημέρα. Για την αξιολόγηση της εγκυρότητας, υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης Pearson (r) μεταξύ των 2 εργαλείων και των 2 μετρήσεων.

Αποτελέσματα: Ο συντελεστής ενδοταξικής συσχέτισης μεταξύ των δύο επαναλαμβανόμενων μετρήσεων όσον αφορά το ύψος του άλματος ήταν $ICC = 1,000$ και τον χρόνο $ICC = 0,999$ ($p < 0,001$). Επιπλέον, αναφορικά με την μέθοδο των φορητών πλατφορμών “K-Force” στις δυο μετρήσεις, παρατηρήθηκε πως ο συντελεστής συσχέτισης για το ύψος του άλματος ήταν $ICC = 0,872$ και για τον χρόνο του άλματος $ICC = 0,877$ ($p < 0,001$). Αναφορικά με το ύψος του άλματος, ο συντελεστής συσχέτισης Pearson ήταν $r = 1,000$ και για τον χρόνο του άλματος ήταν $r = 0,999$ ($p < 0,001$).

Συμπεράσματα: Η φορητή πλατφόρμα “K-Force” είναι ένα αξιόπιστο και έγκυρο εργαλείο για τη μέτρηση της καταγραφής του ύψους και του χρόνου του κατακόρυφου άλματος με ταλάντωση (CMJ) διποδικής στήριξης.

Λέξεις κλειδιά: εγκυρότητα, αξιοπιστία, κατακόρυφο-άλμα, άλμα-με-ταλάντωση, My-Jump-2, έξυπνο-κινητό-τηλέφωνο, K-Force-plates, αξιολόγηση-άλματος

II. ABSTRACT

Introduction: “K-Force” is a portable force platform that calculates jump variables, including jump height and flight time. The various jumping activities are used as a mean of assessing the physical fitness parameters in an athletic and non-athletic population. The two-legged vertical jump is the most common in the assessment procedures.

Purpose: To assess the validity and the reliability of measurements of countermovement jump (CMJ) between the portable platform "K-Force" and the smart phone application "My Jump 2" in athletes students of physical therapy of the University of West Attika.

Methods: A reliability and validity study of logistical equipment (“K-Force plate”) was carried out, consisted of 34 participants aged 19-41 years old. The outcome measures that had been used, were the portable platform “K-Force” and the smart phone application “My Jump 2”. Participants performed a CMJ, where the jump height and flight time variables were recorded by the 2 instruments simultaneously. The intraclass correlation coefficient (ICC) was used to assess the reliability of the "K-Force Plates" portable platform and between the 2 instruments in the two repeated measurements, day 1 and day 7. To assess validity, Pearson correlation coefficients (r) were calculated between the 2 tools and the 2 measurements.

Results: The intraclass correlation coefficient (ICC) between the two repeated measures for jump height was $ICC = 1.000$ and flight time $ICC = 0.999$ ($p < 0.001$). In addition, it was observed that the correlation coefficient between the 2 measurements (day 1 and day 7) for the “K-Force” platform variables was: jump height $ICC = 0.872$ and flight time $ICC = 0.877$ ($p < 0.001$). Regarding jump height, the Pearson correlation coefficient was $r = 1.000$ and for jump time it was $r = 0.999$ ($p < 0.001$).

Conclusions: The portable “K-Force” platform is a valid and reliable tool for measuring the countermovement jump’s (CMJ) variables: jump height and flight time.

Keywords: validity, reliability, vertical-jump, countermovement-jump, My-Jump-2, smartphone, K-Force-plates, jump-assessment

III. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την αξιότιμη Καθηγήτρια μας, κ. Παπανδρέου Μαρία, για την ανάθεση της εν λόγω πτυχιακής εργασίας και για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον αξιότιμο Υποψήφιο Διδάκτορα - Ακαδημαϊκό Υπότροφο του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής του Τμήματος Φυσικοθεραπείας, κ. Πλακούτση Γεώργιο, τόσο για την άψογη συνεργασία όσο και για την καθοδήγηση και διδασκαλία που μας προσέφερε. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους εθελοντές που πήραν μέρος σε αυτήν την πτυχιακή εργασία.

IV. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I.	ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ.....	6
II.	ABSTRACT – KEY WORDS	7
III.	ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	8
IV.	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	9
V.	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	11
VI.	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	12
VII.	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	12
VIII.	ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	12
1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
1.1	Στόχος της Εργασίας.....	14
1.2	Ερευνητικές Υποθέσεις.....	14
2.	ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	15
2.1	Αλτικές Δραστηριότητες.....	15
2.2	Είδη Αλμάτων	17
2.3	Αλτικές Δραστηριότητες και Αξιολόγηση.....	22
2.4	Δοκιμασίες Πεδίου	24
2.5	Εργαστηριακές Τεχνικές	29
2.5.1	Αξιολόγηση μέσω πλατφόρμας	29
2.5.1.1	Σταθερές Πλατφόρμες	30
2.5.1.2	Φορητές Πλατφόρμες	32
2.5.2	Applications	33
3.	ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: ΜΕΘΟΔΟΣ.....	35
3.1	Δείγμα.....	35
3.2	Εργαλεία αξιολόγησης.....	35
3.3	Διαδικασία Μετρήσεων.....	38
3.4	Στατιστική Ανάλυση.....	40

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	41
4.1 Αξιοπιστία.....	42
4.2 Εγκυρότητα.....	43
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	46
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	52
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ	53
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΓΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	58

V. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Κύκλος Επιμήκυνσης (Διάτασης) - Βράχυνσης.....	16
Εικόνα 2. Drop or Depth jumps-DJ.....	18
Εικόνα 3. Hopping and Bounding.....	18
Εικόνα 4. Countermovement jump.....	19
Εικόνα 5. One leg hop.....	20
Εικόνα 6. Two-foot ankle hop.....	20
Εικόνα 7. Squat jump.....	21
Εικόνα 8. Single Hop Test.....	26
Εικόνα 9. Single Hop Test.....	26
Εικόνα 10. Side Hop Test.....	27
Εικόνα 11. Vertical Jump Test.....	27
Εικόνα 12. Single Hop Test.....	28
Εικόνα 13. Square Hop Test.....	28
Εικόνα 14. Δύναμη αντίδραση εδάφους.....	29
Εικόνα 15. Σταθερή Πλατφόρμα.....	31
Εικόνα 16. Force Plate Kistler.....	31
Εικόνα 17. K-Force Plates.....	32
Εικόνα 18. My Jump 2: Measure your jump.....	33
Εικόνα 19. Προαπαιτούμενες μετρήσεις για την εφαρμογή “My Jump 2”.....	36
Εικόνα 20. My Jump 2: Measure of leg length.....	36
Εικόνα 21. My Jump 2: Measure of height at 90°	37
Εικόνα 22. K-Force Plates.....	37
Εικόνα 23. Jump analysis από την εφαρμογή “K-Force Pro”	38
Εικόνα 24. Στιγμιότυπα των φάσεων αλτικής δραστηριότητας ενός συμμετέχοντα από το “My Jump 2”.....	39

VI. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Δημογραφικά Χαρακτηριστικά Συμμετεχόντων.....	41
Πίνακας 2. Κατανομή Συμμετεχόντων σε Αθλητικές Δραστηριότητες.....	41
Πίνακας 3. Συντελεστές ενδοταξικής συσχέτισης μεταξύ των δυο μεθόδων στις δυο μετρήσεις.....	42
Πίνακας 4. Συντελεστές ενδοταξικής συσχέτισης για την μέθοδο των φορητών πλατφορμών “K-Force” στις δυο μετρήσεις.....	42
Πίνακας 5. Συντελεστές συσχέτισης Pearson μεταξύ των δυο μεθόδων στις δυο μετρήσεις.....	43

VII. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1. Συσχέτιση μεταξύ των δυο μεθόδων για το ύψος του άλματος στην πρώτη μέτρηση.....	44
Γράφημα 2. Συσχέτιση μεταξύ των δυο μεθόδων για τον χρόνο του άλματος στην πρώτη μέτρηση.....	44
Γράφημα 3. Συσχέτιση μεταξύ των δυο μεθόδων για το ύψος του άλματος στην δεύτερη μέτρηση.....	45
Γράφημα 4. Συσχέτιση μεταξύ των δυο μεθόδων για τον χρόνο του άλματος στην δεύτερη μέτρηση.....	45

VIII. ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

DJ	Drop / Depth jump
VJ	Vertical Jump
CMJ	Countermovement Jump
SJ	Squat Jump
ACL	Anterior Cruciate Ligament
SLDJ	Single Leg Drop Jump
SLJ	Single Leg Jump
WBV	Whole Body Vibration
ICC	Intraclass Correlation Coefficient
HD	Hawkin Dynamics
ΚΜΣ	Κέντρο Μάζας Σώματος

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το άλμα αποτελεί μία πολυαρθρική (Ashby, 2002) και εκρηκτική κίνηση που προκαλεί μεταβολή του κέντρου μάζας σώματος προς την επιθυμητή κατεύθυνση ενώ τα πόδια απογειώνονται από το έδαφος (Enoka, 1949). Απαιτεί πολύπλοκο κινητικό συντονισμό (Ashby, 2002) και επιδέξια οργάνωση της χωροχρονικής σχέσης μεταξύ όλων των τμημάτων του σώματος (Hefter et al., 2022). Οι αλτικές δραστηριότητες εντάσσονται στις πλειομετρικές ασκήσεις (Φουσέκης et al., 2014) και ενεργοποιούν τον κύκλο επιμήκυνσης- βράχυνσης (Brotzman & Manske, 2015), ο οποίος αφορά την μετάβαση από την πλειομετρική, στην μειομετρική ενεργοποίηση των μυών (Zatsiorsky, 1995). Η καλή ικανότητα επίδοσης στα άλματα αντικατοπτρίζει τη λειτουργική ανταπόκριση στις καθημερινές προκλήσεις και στην άθληση (Isner-Horobeti et al., 2013). Για αυτόν τον λόγο, χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση των παραμέτρων της φυσικής κατάστασης, του νευρομυϊκού συντονισμού και της απόδοσης στον αθλητικό και γενικό πληθυσμό (Brotzman & Manske, 2015), ενώ ταυτόχρονα βοηθούν την εκτίμηση της ικανότητας ενός αθλητή να επιστρέψει στην άθληση μετά από κάκωση (Enoka, 1949).

Ένας από τους πιο σύνηθες τύπους άλματος είναι το κατακόρυφο άλμα, το οποίο αποτελεί έναν καλό προγνωστικό δείκτη για την γενική φυσική κατάσταση και την απόδοση σε πολλά αθλήματα που περιλαμβάνουν εκρηκτικές κινήσεις (Kenny et al., 2012). Το κατακόρυφο άλμα περιλαμβάνει πολλά είδη, με το άλμα με ταλάντωση (Countermovement jump- CMJ) να είναι ένα από εκείνα που χρησιμοποιούνται ευρέως. Οι αλτικές δοκιμασίες χρησιμοποιούνται και ως μέσο αξιολόγησης διάφορων πληθυσμιακών και ηλικιακών ομάδων, καθώς και κακώσεων (Kenny et al., 2012), μέσω εργαστηριακών τεχνικών και δοκιμασιών πεδίου. Πιο συγκεκριμένα, οι εργαστηριακές τεχνικές περιλαμβάνουν τις πλατφόρμες δύναμης (σταθερές και φορητές) και τα applications. Ένας τύπος φορητής πλατφόρμας είναι οι πλατφόρμες “K-Force” και ένα από τα applications είναι το “My Jump 2”, τα οποία εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα. Οι δοκιμασίες πεδίου συγκροτούνται από διάφορα αλτικά τεστ και θεωρούνται χρήσιμες στο κλινικό περιβάλλον επειδή απαιτούν ελάχιστο εξοπλισμό και χρόνο (Hamilton et al., 2008).

1.1. Στόχος της Εργασίας

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο έλεγχος της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας των μετρήσεων του κατακόρυφου άλματος με ταλάντωση (CMJ) ανάμεσα στην φορητή πλατφόρμα “K-Force” και του application έξυπνου κινητού τηλεφώνου “My Jump 2” στους αθλούμενους φοιτητές της φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

1.2. Ερευνητικές Υποθέσεις

Μηδενική Υπόθεση (H_0): μη σημαντική συσχέτιση των τιμών εγκυρότητας και αξιοπιστίας της φορητής πλατφόρμας “K-Force plate” σε σύγκριση με την εφαρμογή έξυπνου κινητού τηλεφώνου “My Jump 2” της δοκιμασίας του κατακόρυφου άλματος διποδικής στήριξης.

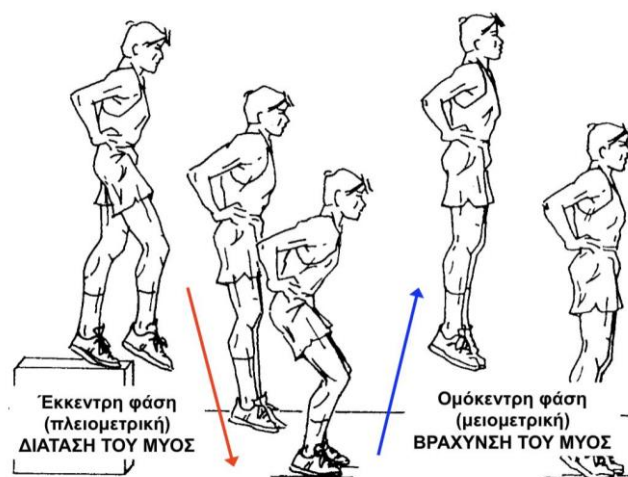
Ερευνητική Υπόθεση (H_1): θα υπάρξει σημαντική συσχέτιση των τιμών εγκυρότητας και αξιοπιστίας της φορητής πλατφόρμας “K-Force plate” σε σύγκριση με την εφαρμογή έξυπνου κινητού τηλεφώνου “My Jump 2” της δοκιμασίας του κατακόρυφου άλματος διποδικής στήριξης.

2. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Αλτικές Δραστηριότητες

Το άλμα αποτελεί μία εκρηκτική κίνηση που προκαλεί μεταβολή του κέντρου μάζας σώματος (ΚΜΣ) προς την επιθυμητή κατεύθυνση (οριζόντια - κατακόρυφη - διαγώνια) ενώ τα πόδια απογειώνονται από το έδαφος (Epoika, 1949). Αφορά μια θεμελιώδης πολυαρθρική ανθρώπινη κίνηση που απαιτεί πολύπλοκο κινητικό συντονισμό τόσο του άνω όσο και του κάτω τμήματος του σώματος (Ashby, 2002). Μάλιστα απαιτεί επιδέξια οργάνωση της χωροχρονικής σχέσης μεταξύ των τμημάτων του σώματος και πιστεύεται ότι είναι μια πολύ πιο περίπλοκη εργασία για μάθηση και εκτέλεση από το περπάτημα και το τρέξιμο (Hefter et al., 2022).

« Η πλειομετρική άσκηση πρωτοεμφανίστηκε ως όρος στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και η μέχρι τότε αλτική προπόνηση “jump training” άρχισε να αποκαλείται “plyometrics” » (Φουσέκης et al., 2014). Έτσι, οι αλτικές δραστηριότητες οι οποίες πλέον εντάσσονται στις πλειομετρικές ασκήσεις, αναφέρονται σε γρήγορες και ισχυρές κινήσεις που περιλαμβάνουν την προδιάταση του μυός και την ενεργοποίηση του κύκλου επιμήκυνσης (διάτασης) – βράχυνσης (Εικόνα 1) ώστε να επιτευχθεί τελικά μία ισχυρότερη μειομετρική σύσπαση (Brotzman & Manske, 2015). Ο Zatsiorsky (1995) αναφέρθηκε στον κύκλο επιμήκυνσης - βράχυνσης, λέγοντας πως πρόκειται για την μετάβαση από την πλειομετρική ενεργοποίηση των μυών στην μειομετρική. Οι περισσότερες κινητικές δραστηριότητες περιλαμβάνουν το συνδυασμό και των δύο τύπων μυϊκών ενεργοποιήσεων: πλειομετρική και μειομετρική. Στην πλειομετρική, το μήκος του μυός αυξάνεται, αντίθετα στην μειομετρική μειώνεται. Στον κύκλο αυτό κατά την διάρκεια του άλματος, η πλειομετρική ενεργοποίηση των εκτεινόντων προηγείται λειτουργώντας σαν προδιάταση των μυών. Τέλος, ακολουθεί η μειομετρική κίνηση που χαρακτηρίζεται τυπικά ως η συστολή των κύριων μυϊκών ομάδων που παράγουν την κίνηση.



Εικόνα 1. Κύκλος Επιμήκυνσης (Διάτασης) - Βράχυνσης

(Gerodimos Vasilios, 2019)

Οι αλτικές δραστηριότητες χρησιμοποιούνται κλασικά για τη βελτίωση της μυϊκής δύναμης, ισχύος και επιδεξιότητας στον αθλητικό και γενικό πληθυσμό (υγιή άτομα και άτομα με μέτρια έως σοβαρά περιορισμένη ικανότητα άσκησης κατά την διάρκεια της αποκατάστασης για την επίτευξη κλινικών σκοπών). Η καλή ικανότητα επίδοσης σε άλματα αντικατοπτρίζει τη λειτουργική ανταπόκριση στις καθημερινές προκλήσεις και στην άθληση (Isner-Horobeti et al., 2013).

Πιο συγκεκριμένα στον αθλητικό χώρο, τα άλματα χρησιμοποιούνται συνήθως για την βελτίωση της απόδοσης και για την επίτευξη του δυναμικού ελέγχου των κάτω άκρων (Brotzman & Manske, 2015). Τα άλματα μπορούν να τροποποιηθούν κατά την προπόνηση για να επιτευχθούν διάφοροι στόχοι, όπως η μέγιστη οριζόντια απόσταση που μπορεί να καλυφθεί, το μέγιστο ύψος στο οποίο μπορεί να ανυψωθεί το ΚΜΣ και ο μέγιστος χρόνος χωρίς επαφή με το έδαφος. Ταυτόχρονα, βοηθούν την εκτίμηση της ικανότητας ενός αθλητή να επιστρέψει στην άθληση μετά από κάκωση, καθώς προετοιμάζουν το νευρομυϊκό σύστημα για να ανταποκριθεί στις ταχείες μεταβολές της κίνησης και στις αυξημένες δυνάμεις που ασκούνται στις αρθρώσεις (Enoka, 1949).

Όσον αφορά τη σημαντικότητα των αλτικών δραστηριοτήτων σε σχέση με την αποκατάσταση, η προοδευτική εφαρμογή αλτικών δραστηριοτήτων στο πρόγραμμα, ενισχύει την δυναμική σταθεροποίηση, βελτιώνει τις παραμέτρους μυϊκής λειτουργικής ικανότητας, νευρομυϊκού συντονισμού και επιδεξιότητας. Αναλόγως της τραυματισμένης περιοχής και τους εκάστοτε κλινικούς σκοπούς, επιλέγεται διαφορετική κατεύθυνση και είδος άλματος βάσει των φορτίων που εφαρμόζει στους ιστούς (Φουσέκης et al., 2014).

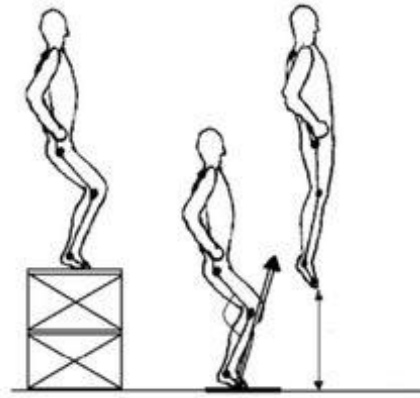
2.2 Είδη Αλμάτων

Ένας από τους πιο σύνηθες τύπους άλματος είναι το κατακόρυφο άλμα (vertical jump-VJ). Πρόκειται για μια δραστηριότητα που εκτελείται συχνά σε πληθώρα αθλημάτων αλλά και στην καθημερινή ζωή από διάφορες ηλικιακές ομάδες (Umberger et al., 1998). Το κατακόρυφο άλμα (VJ) είναι ένας καλός προγνωστικός δείκτης απόδοσης σε πολλά αθλήματα που περιλαμβάνουν εκρηκτικές ενέργειες, με ενδεικτικό την καλαθοσφαίριση, δεδομένης της συσχέτισης αυτού του τύπου άλματος με διάφορα στοιχεία της φυσικής κατάστασης όπως η ταχύτητα, η μέγιστη αντοχή, η ευκινησία και η ικανότητα άρσης βαρών. Έτσι, χρησιμοποιείται αποτελεσματικά στην κλινική πράξη για την μέτρηση των βελτιώσεων στο ύψος του άλματος και της γενικότερης δύναμης των κάτω άκρων (Kenny et al., 2012). Καθώς το ύψος του άλματος που επιτυγχάνουν οι αθλητές θεωρείται σημαντικός προγνωστικός παράγοντας για την γενική φυσική κατάσταση και απόδοση των αθλητών, η βελτίωση του ύψους στο VJ επιτρέπει τη λήψη βελτιώσεων σε τεχνικές και ενέργειες αυτών των αθλημάτων που είναι καθοριστικές για την επιτυχία σε έναν αγώνα (Villalon-Gasch et al., 2022).

Πιο συγκεκριμένα, το κατακόρυφο άλμα (VJ) έχει τα εξής είδη (Φουσέκης et al., 2014):

- Άλματα πτώσεων ή βάθους (drop or depth jumps-DJ)

Πρόκειται για πτώση από κάποια υπερυψωμένη επιφάνεια στο έδαφος, ακολουθούμενη από κατακόρυφο άλμα (Aboodarda et al., 2014). Σε αυτόν τον τύπο άλματος ενεργοποιείται με ταχύ ρυθμό ο κύκλος διάτασης-βράχυνσης, ενεργοποιώντας εναλλασσόμενα την πλειομετρική και μειομετρική ενεργοποίηση των μυών. Με αυτόν τον τρόπο επιτρέπεται η μεγαλύτερη μυϊκή ενεργοποίηση και η συσσώρευση ελαστικής ενέργειας. Συνήθως, οι αθλητές εκτελούν DJ σε αυξημένα ύψη για μεγαλύτερη ένταση προπόνησης, καθώς ένα μεγαλύτερο ύψος πτώσης έχει ως αποτέλεσμα αυξημένη διάρκεια επιτάχυνσης, οδηγώντας σε αυξημένη ταχύτητα του κέντρου μάζας και συνεπώς σε αυξημένη ορμή κατά την επαφή με το έδαφος (Torres-Banduc et al., 2021).

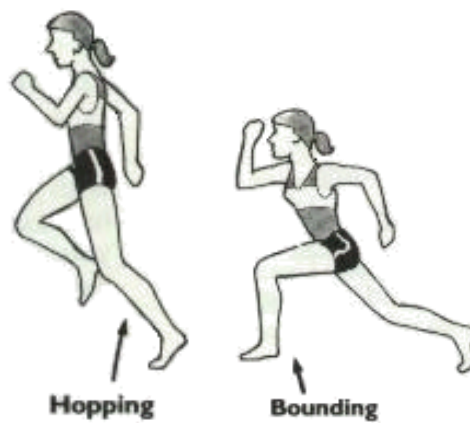


Εικόνα 2. Drop or Depth jumps-DJ

(G. Laffaye and R. Tairar, 2005)

- Συνεχόμενες απλές αλτικές δραστηριότητες (hopping, bounding)

Αφορούν επαναλαμβανόμενες αναπηδήσεις με βαλλιστική ενεργοποίηση των μυών (KeitaroKubo and Toshihiro Ikebukuro, 2019).



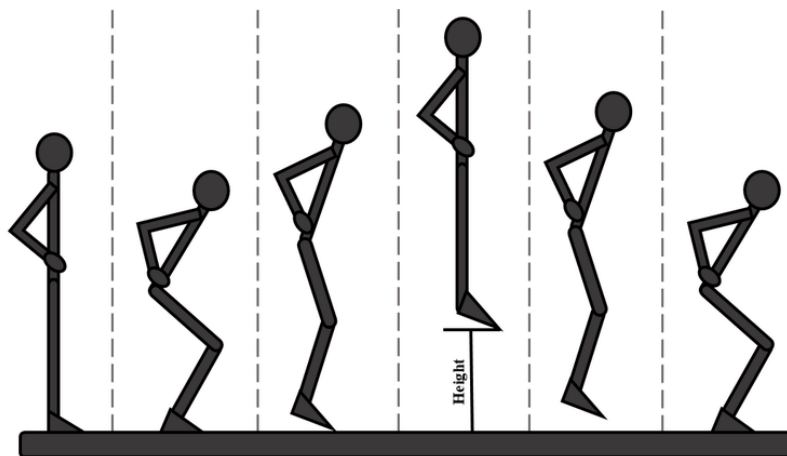
Εικόνα 3. Hopping and Bounding

(Northumberland athletics network, 2022)

- Άλματα με ταλάντωση (countermovement jumps- CMJ)

Το countermovement jump συντίθεται από τέσσερις φάσεις:

1. Την προπαρασκευαστική φάση, η οποία ξεκινάει από την όρθια θέση και περιλαμβάνει κάμψη στα ισχία και γόνατα και ραχιαία κάμψη στην ποδοκνημική. Σε αυτό το στάδιο η βαρύτητα παρέχει την κινητήρια δύναμη και η δραστηριότητα των εκτεινόντων μυών του ισχίου και γόνατος είναι πρωτίστως πλειομετρική (McGinnis, 2005). Το CMJ πραγματοποιείται με τα δύο χέρια στο ισχίο για να ελαχιστοποιηθεί οποιαδήποτε επιρροή από τα χέρια (J. B. Thorlund et al., 2008).
2. Την φάση της απογείωσης (take-off phase) που ξεκινάει με έκταση ισχίων, άμεσα ακολουθούμενη από έκταση γονάτων και πελματιαία κάμψη στην ποδοκνημική. Η δραστηριότητα των εκτεινόντων μυών του ισχίου και γόνατος είναι πρωτίστως μειομετρική και το στάδιο αυτό έρχεται στο τέλος του όταν χάνεται η επαφή των δακτύλων των ποδιών από το έδαφος (McGinnis, 2005).
3. Την φάση της αιώρησης που αφορά την εναέρια φάση του σώματος, το οποίο βρίσκεται σε ασταθή κατάσταση ωσότου να έρθει ξανά σε επαφή με το έδαφος (McGinnis, 2005).
4. Την φάση της προσγείωσης, στην οποία το σώμα έρχεται σε επαφή με το έδαφος.



Εικόνα 4. Countermovement jump

(Erik Vanegas et al., 2021)

- Μονοποδικό άλμα (single leg jump)

(1) Στο μονοποδικό κατακόρυφο άλμα η κίνηση ξεκινάει από την όρθια θέση με στήριξη στο ένα πόδι, συνεχίζει με κατακόρυφο άλμα και τελειώνει με προσγείωση στο ίδιο πόδι (Kotsifaki et al., 2021).

(2) Στο μονοποδικό οριζόντιο άλμα η κίνηση ξεκινάει από την όρθια θέση με στήριξη στο ένα πόδι, συνεχίζει με οριζόντιο άλμα και τελειώνει με προσγείωση στο ίδιο πόδι (Kotsifaki et al., 2021).

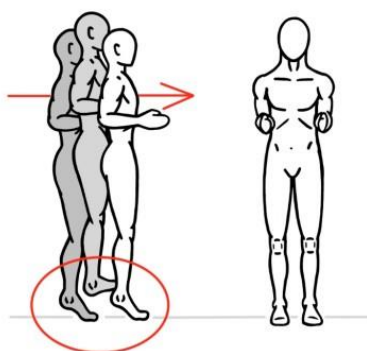


Εικόνα 5. One leg hop

(WorkoutLabs, 2023)

- Διποδικό άλμα με κίνηση μόνο των ποδοκνημικών (two-foot ankle hop)

Σε αυτόν τον τύπο άλματος η κίνηση πραγματοποιείται μόνο από τους αστραγάλους χωρίς οι φτέρνες να αγγίζουν το έδαφος κατά την διάρκεια του άλματος, με ακίνητο τον κορμό, τα ισχία και τα γόνατα. Το άλμα μπορεί να πραγματοποιηθεί προς διαφορετικές κατευθύνσεις (προς τα εμπρός, προς τα πίσω και πλάγια) (Michael Rosengart, 2023).



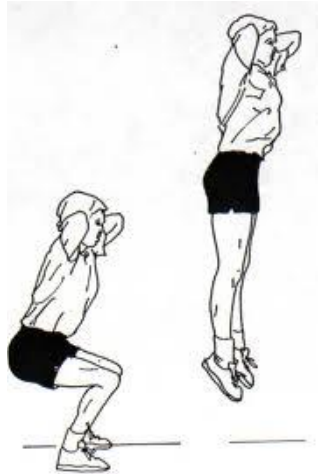
Εικόνα 6. two-foot ankle hop

(Michael Rosengart, 2023)

- Άλμα από ημικάθισμα (squat jump-SJ)

Η κίνηση ξεκινάει από βαθύ κάθισμα των κάτω άκρων, που χαρακτηρίζεται από κάμψη γονάτων περίπου 120° και στην συνέχεια εκτελείται άλμα με ταλάντωση (Petrigna et al., 2019).

Εικόνα 7. Squat jump



(superadmin, 2011)

Εξαιτίας της σημασίας του, το μέγιστο κατακόρυφο άλμα έχει χρησιμοποιηθεί ως δοκιμασία για την παρακολούθηση της βελτίωσης της απόδοσης στην ικανότητα άλματος, μετά από ένα πρόγραμμα ενδυνάμωσης και συντήρησης (Umberger, 1998) αλλά και για την αξιολόγηση της αθλητικής δύναμης και ισχύος των κάτω άκρων (Carlock, 2004).

2.3 Αλτικές Δραστηριότητες και Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση τόσο των αθλητών όσο και του γενικού πληθυσμού (τραυματισμένου ή μη) μπορεί να πραγματοποιηθεί με εργαστηριακές δοκιμασίες (αντικειμενική αξιολόγηση) και δοκιμασίες πεδίου (λειτουργική αξιολόγηση). Στόχος είναι να συλλεχθούν δεδομένα για την διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το επίπεδο των φυσικών ικανοτήτων που συγκροτούν την φυσική κατάσταση του ατόμου (Φουσέκης et al., 2014) και την πρόληψη τραυματισμών που σχετίζονται με την κόπωση και την τεχνική (Kenny et al., 2012). Η χρήση αλτικών δοκιμασιών ως μέσο αξιολόγησης διαφόρων πληθυσμιακών και ηλικιακών ομάδων, καθώς και κακώσεων, έχει αποτελέσει πυρήνα ενδιαφέροντος ποικίλων ερευνών. Ξεκινώντας λοιπόν από τις μεγαλύτερες ηλικιακές ομάδες, έχει παρατηρηθεί ότι η ισχύς μειώνεται με γρηγορότερο ρυθμό και σχετίζεται με τη λειτουργική επιδείνωση και την απώλεια της μέγιστης δύναμης και

μάζας. Καθίσταται λοιπόν ευνόητο πως οι αλτικές δοκιμασίες μπορούν να αποτελέσουν μέρος της αξιολόγησης της τρίτης ηλικίας (Van Roie et al., 2020).

Προχωρώντας στους αθλητές, η διενέργεια δοκιμασιών αξιολόγησης της αθλητικής απόδοσης και προπόνησης για τον προσδιορισμό των ικανοτήτων που θεωρούνται απαραίτητες για μια συγκεκριμένη αθλητική δραστηριότητα έχει λάβει συνεχή προσοχή στη βιβλιογραφία της αθλητικής επιστήμης. Ο σκοπός είναι να αναγνωρίζονται οι αλλαγές που προκαλούνται από την ωρίμανση των ιστών, την προπόνηση, την διακοπή αυτής και τον τραυματισμό (Gross & Lüthy, 2020). Πολλοί υποστηρίζουν ότι ο κίνδυνος τραυματισμού του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (Anterior Cruciate Ligament-ACL) εξετάζεται συχνά χρησιμοποιώντας την αρχική φάση προσγείωσης και απογείωσης του κατακόρυφου άλματος. Καθώς οι τραυματισμοί του ACL υφίστανται συχνά κατά τη διάρκεια ελιγμών ταχείας επιβράδυνσης, το κατακόρυφο άλμα (διποδικό και μονοποδικό) μπορεί να προσομοιώσει με πανομοιότυπο τρόπο τους μηχανισμούς κινδύνου τραυματισμού (Audrey et al., 2022; Kotsifaki et al., 2022). Σύμφωνα με την πρώτη προαναφερθείσα μελέτη, 14 γυναίκες 1-5 χρόνια μετά από χειρουργείο ACL και 16 μη τραυματισμένες γυναίκες πραγματοποίησαν 5 δοκιμασίες drop jump (διποδικό και μονοποδικό). Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι οι γυναίκες με χειρουργημένο ACL έχουν μεγαλύτερη τάση προς βλαισότητα του γόνατος, γεγονός που θα μπορούσε να προδιαθέσει σε πρόσθετους τραυματισμούς. Όσον αφορά την έρευνα των Kotsifaki et al. (2022) συλλέχθηκαν 26 άντρες αθλητές που είχαν υποστεί χειρουργείο ACL και 22 υγιή άτομα. Οι δύο ομάδες εξετάστηκαν στο κάθετο μονοποδικό άλμα (SLJ) και στο μονοποδικό drop jump (SLDJ). Η απόδοση του άλματος, αξιολογούμενη με βάση το ύψος του, ήταν σημαντικά χαμηλότερη στα άκρα με τους χειρουργημένους ACL σε σχέση με τα μη χειρουργημένα και με τα άτομα ελέγχου, ενώ η συμβολή των μηριαίων μυών ήταν μεγαλύτερη στο εμπλεκόμενο άκρο σε σύγκριση με τα μη χειρουργημένα και με τα άτομα ελέγχου. Για την ομάδα μετά από χειρουργείο ACL, ο δείκτης συμμετρίας ύψους άλματος ήταν 83% και 77% κατά τη διάρκεια των SLJ και SLDJ, αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα βγήκε το συμπέρασμα ότι οι κάθετες μετρήσεις απόδοσης μπορούν να προσδιορίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις ασυμμετρίες μεταξύ των άκρων σε σύγκριση με την οριζόντια απόσταση άλματος.

Η πρόοδος του αθλητή στις τελικές φάσεις της αποκατάστασης μετά από κάκωση ή χειρουργείο στο γόνατο καθώς και τα απαραίτητα κριτήρια για τον καθορισμό της τελικής επιστροφής στην άθληση στηρίζονται σε αντικειμενικές μετρήσεις ισχύος και στον λειτουργικό έλεγχο της απόδοσης, όπως είναι η δοκιμασία άλματος (Brotzman & Manske, 2015). Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι μέσω έρευνας έγινε γνωστό πως ο επιγονατιδομηριαίος πόνος μπορεί να αξιολογηθεί επιτυχώς με το κάθετο άλμα με

ταλάντωση (CMJ). Οι Rasti et al. (2020) πραγματοποίησαν μια μελέτη στην οποία 24 άντρες αθλητές με επιγονατιδομηριαίο πόνο τυχαιοποιήθηκαν σε δύο ομάδες πλατφόρμας WBV (Whole Body Vibration) και θεραπεία άσκησης (n = 12) ή μόνο άσκησης (n = 12). Οι συμμετέχοντες έλαβαν τις παρεμβάσεις τους για 4 συνεχόμενες εβδομάδες (12 συνεδρίες), αφού πρώτα αξιολογήθηκαν η ένταση του πόνου, η ευελιξία και η ευκινησία. Οι δοκιμές έγιναν πριν και μετά τις παρεμβάσεις και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν μεταξύ των δύο ομάδων. Από την μελέτη προέκυψε ότι μετά τις παρεμβάσεις, όλες οι μεταβλητές για το ύψος του κάθετου άλματος, την ευλυγισία, την ευκινησία και την ένταση του πόνου βελτιώθηκαν σημαντικά και στις δύο ομάδες. Επιπλέον, τα παρόντα ευρήματα έδειξαν ότι η θεραπεία άσκησης με και χωρίς WBV μπορεί να μειώσει σημαντικά τον πόνο και να αυξήσει την ευκινησία, το ύψος κάθετου άλματος και την ευελιξία σε αθλητές με επιγονατιδομηριαίο πόνο (Rasti et al.,2020).

Το άλμα με ταλάντωση (CMJ) χρησιμοποιείται επιτυχώς κατά την διαδικασία της αξιολόγησης, γεγονός που επιβεβαιώνεται μέσω μελετών. Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα των Ahmadi et al. (2021) αξιολογήθηκαν σε γυναίκες παίκτριες βόλεϊ εσωτερικού χώρου οι επιπτώσεις 8 εβδομάδων πλειομετρικής προπόνησης με άλματα που πραγματοποιήθηκαν στην άμμο ή σε μια άκαμπτη επιφάνεια γηπέδου. Οι 17 συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία σε μια ομάδα επιφάνειας άμμου (n = 8) και σε ομάδα άκαμπτης επιφάνειας (n = 9) και οι δύο ομάδες ολοκλήρωσαν το ίδιο ασκησιολόγιο προπόνησης βόλεϊ εσωτερικού χώρου. Αυτό αποτελούνταν από προθέρμανση, η οποία περιελάμβανε τζόκινγκ, δυναμικές κινήσεις με πηδήματα και δυναμική διάταση των μυών των κάτω άκρων. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκαν 6 έως 10 ασκήσεις άλματος με αιώρηση των άνω άκρων. Όλες οι συνεδρίες διήρκεσαν περίπου 40 λεπτά. Οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν πριν και μετά την παρέμβαση με μεταβλητές που σχετίζονται με διάφορους τύπους αλμάτων, μεταξύ άλλων και των αλμάτων με ταλάντωση (CMJ). Από την μελέτη συμπεράθηκε ότι ο τύπος της επιφάνειας που χρησιμοποιείται προκαλεί συγκεκριμένες προσαρμογές όσον αφορά τις εμβιομηχανικές μεταβλητές που σχετίζονται με το άλμα και τη φυσική κατάσταση των ατόμων. Επιπλέον, η αξιολόγηση μέσω άλματος χωρίς ταλάντωση υποστηρίχθηκε και από την μελέτη των Struzik et al. (2014), στόχος της οποίας ήταν να συγκρίνει τα εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά των κάτω άκρων κατά τη διάρκεια ενός άλματος χωρίς την μπάλα και ενός άλματος με ταλάντωση χωρίς κίνηση του βραχίονα. Η μελέτη διεξήχθη μεταξύ 20 παικτών μπάσκετ δεύτερης κατηγορίας, με την χρήση ενός δυναμοδάπεδου Kistler (model: 9286A; Winterthur, Switzerland) και του συστήματος BTS SMART (BTS Bioengineering, Milan, Italy) για την ανάλυση και καταγραφή της κίνησης. Από την έρευνα προέκυψε ότι συνίσταται η χρήση του άλματος με ταλάντωση

(CMJ) χωρίς κίνηση του βραχίονα για την αξιολόγηση και την πρόβλεψη της εξέλιξης της ικανότητας άλματος του παίκτη.

Συμπερασματικά, το κάθετο ύψος άλματος θεωρείται ότι παρέχει έναν πολύτιμο δείκτη μυϊκής δύναμης, ο οποίος είναι σημαντικός παράγοντας για την αξιολόγηση της κινητικότητας και της λειτουργικής ικανότητας τραυματισμένων ή ηλικιωμένων ατόμων, αλλά και στις αθλητικές επιδόσεις διαφόρων αθλημάτων (Buckthorpe et al.,2011).

2.4 Δοκιμασίες Πεδίου

Ο λειτουργικός έλεγχος περιλαμβάνει απλές και σύνθετες δοκιμασίες. Οι απλές δοκιμασίες περιλαμβάνουν συνήθως την εκτέλεση απλών δραστηριοτήτων, όπως περπάτημα, τρέξιμο σε ευθεία και τρέξιμο με αλλαγές κατεύθυνσης. Οι σύνθετες δοκιμασίες περιλαμβάνουν την εκτέλεση αλτικών δοκιμασιών για το κάτω άκρο, δοκιμασίες δυναμικής σταθεροποίησης - ιδιοδεκτικότητας για τα άκρα και δοκιμασίες συναρμογής μέσω εκτέλεσης τρεξίματος πολλαπλών κατευθύνσεων και συνδυαστικών ασκήσεων (Φουσέκης et al., 2014).

Πιο συγκεκριμένα, οι αλτικές δοκιμασίες σχεδιάστηκαν για να αξιολογήσουν τη λειτουργική απόδοση σε ένα τραυματισμένο άκρο. Αυτά τα λειτουργικά τεστ απαιτούν μυϊκή δύναμη, νευρομυϊκό συντονισμό και σταθερότητα των αρθρώσεων του κάτω άκρου και θεωρούνται χρήσιμες στο κλινικό περιβάλλον επειδή απαιτούν ελάχιστο εξοπλισμό και χρόνο και επιτρέπουν σε κάποιον να χρησιμοποιήσει το ετερόπλευρο (π.χ. μη τραυματισμένο) άκρο ως αναφορά για σύγκριση. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την ετοιμότητα ενός ατόμου να επιστρέψει στο παιχνίδι μετά από τραυματισμό ή ασθένεια καθώς αναπαράγουν τις απαιτήσεις του αθλητισμού και της άσκησης, αλλά και σε υγιείς πληθυσμούς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση ασυμμετρίας ή αδυναμίας των άκρων (Hamilton et al., 2008).

Οι δοκιμασίες πεδίου μπορούν να χαρακτηριστούν αντικειμενικές (Barber et al.,1990) και έχουν αποδειχθεί αξιόπιστες (Ross et al.,2002). Ωστόσο ένα μειονέκτημα τους είναι η αδυναμία διάκρισης της κυρίαρχης ελλειμματικής ιδιότητας, σε περίπτωση μειωμένης απόδοσης σε μία δοκιμασία, λόγω της συνδυαστικής αξιολόγησης των λειτουργιών. Για παράδειγμα σε περίπτωση κακής απόδοσης σε μία δοκιμασία, όπως της αξιολόγησης της απόστασης με μονοποδικό άλμα, δεν είναι δυνατόν να διευκρινιστεί με ακρίβεια αν το έλλειμμα οφείλεται στην μειωμένη δύναμη και ισχύ του ατόμου, σε γενικά ελλείμματα δυναμικής σταθεροποίησης ή σε συνδυασμό των παραπάνω. Οι δοκιμασίες πεδίου πρέπει να αποτελούν

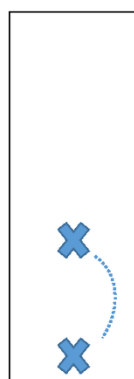
τον τελικό έλεγχο καθώς θα προσδιορίσουν με σχετική ακρίβεια την δυνατότητα του ατόμου να εκτελέσει δραστηριότητες της καθημερινότητας και του αθλήματος (Φουσέκης et al.,2014).

Η λειτουργική αξιολόγηση περιλαμβάνει τη χρήση ειδικών δοκιμασιών με εγκυρότητα και αξιοπιστία σε συνθήκες πραγματικές, δηλαδή στον αγωνιστικό χώρο (Φουσέκης et al., 2014). Μάλιστα, οι δοκιμασίες αυτές χαρακτηρίζονται από υψηλή κλινική σημαντικότητα και αξιοπιστία. Πιο συγκεκριμένα, βάσει της έρευνας των Hulteen et al. (2015) στην πλειονότητα των μελετών που επανεξέτασαν αναφέρθηκαν μέτρια έως εξαιρετικά επίπεδα αξιοπιστίας, με μέτρια έως άριστα αποτελέσματα αξιοπιστίας στις 16 από τις 17 μελέτες που εξετάστηκαν.

Οι αλτικές δοκιμασίες, αποτελώντας μέρος της λειτουργικής αξιολόγησης, περιλαμβάνουν :

1. Την δοκιμασία μονοποδικής αναπήδησης για απόσταση (one leg hop test)

Ο συμμετέχων λαμβάνει οδηγίες να σταθεί στο ένα πόδι, στη συνέχεια να πηδήξει όσο το δυνατόν πιο μακριά και να προσγειωθεί στο ίδιο πόδι. Η αρχική θέση υποδεικνύεται από μια καθορισμένη οριζόντια γραμμή και ο στόχος της δοκιμασίας είναι να εκτελέσει όσο το δυνατόν μακρύτερο σε απόσταση άλμα και να προσγειωθεί-σταθεροποιηθεί στο ίδιο κάτω άκρο με το οποίο εκτέλεσε το άλμα. Η απόσταση μετρείται από την οριζόντια καθορισμένη γραμμή μέχρι τη φτέρνα του συμμετέχοντα και η δοκιμή θεωρείται επιτυχής όταν ο συμμετέχων είναι σε θέση να ισορροπήσει για τουλάχιστον τρία δευτερόλεπτα μετά την προσγείωση (Tassignon et al., 2018).



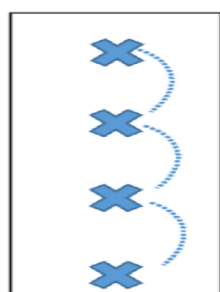
Single Hop (SH)

Εικόνα 8.Single Hop Test

(Elliot Greenberg et al., 2019)

2. Την δοκιμασία τριπλής αναπήδησης (triple hop test) σε ευθεία ή σε διασταυρούμενη διαδρομή

Σε ευθεία ή διασταυρούμενη διαδρομή ο αθλητής στέκοντας στο κυρίαρχο άκρο (μονοποδική στήριξη) με τα δάχτυλα των ποδιών ακριβώς πίσω από τη γραμμή εκκίνησης, προσπαθεί να εκτελέσει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο τριπλό διασταυρούμενο άλμα (δεξιό και αριστερό πέρασμα μιας γραμμής) σε απόσταση, και να προσγειωθεί-σταθεροποιηθεί στο ίδιο κάτω άκρο με το οποίο εκτέλεσε το άλμα. Η απόδοση αξιολογείται μέσω της καταγραφής του μήκους άλματος με την απόσταση που διανύθηκε από το σημείο εκκίνησης μέχρι το σημείο όπου το πίσω μέρος της φτέρνας του συμμετέχοντος χτύπησε στο έδαφος (Hasan et al.,2021).



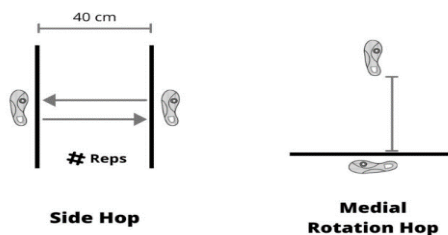
Triple Hop (TrH)

Εικόνα 9. Single Hop Test

(Elliot Greenberg et al, 2019)

3. Το πλάγιο μονοποδικό άλμα

Ο αθλητής σε μονοποδική στήριξη εκτελεί 10 άλματα πάνω σε δύο παράλληλες γραμμές που απέχουν μεταξύ τους 30 εκατοστά και η απόδοση αξιολογείται μέσω της καταγραφής του χρόνου εκτέλεσης της δοκιμασίας (Φουσέκης et al.,2014).

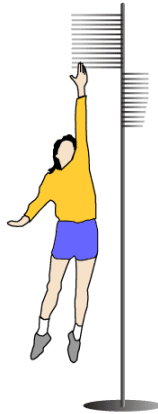


Εικόνα 10. Side Hop Test

(Tony Trinh, 2020)

4. Την κατακόρυφη αναπήδηση

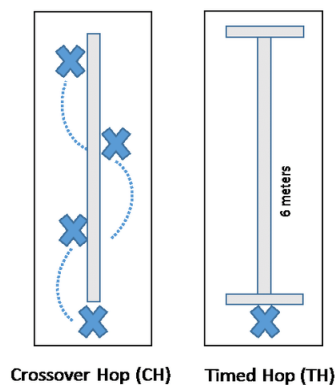
Ο αθλητής από διποδική (ή μονοποδική) στήριξη προσπαθεί να εκτελέσει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο άλμα ύψους. Η απόδοση αξιολογείται μέσω της καταγραφής του ύψους του άλματος (Φουσέκης et al., 2014).



Εικόνα 11. Vertical Jump Test
(Robert Wood, TopendSports, 2008)

5. Την χρονομετρημένη αναπήδηση έξι μέτρων

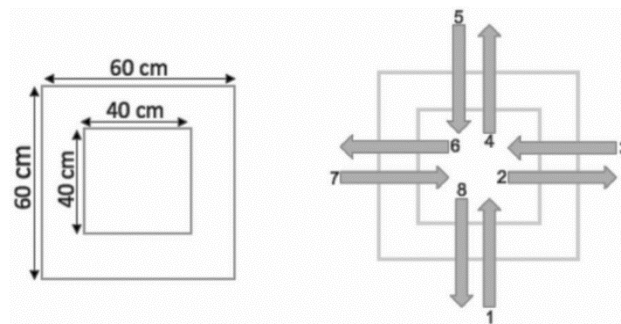
Ο συμμετέχων λαμβάνει οδηγίες να σταθεί στο ένα πόδι πίσω από τη γραμμή εκκίνησης, στη συνέχεια να πηδήξει όσο το δυνατόν πιο γρήγορα σε απόσταση 6 μέτρων σε ένα μοτίβο crossover με συνεχόμενα άλματα, διασχίζοντας την κεντρική γραμμή με γωνία περίπου 45 μοιρών με κάθε άλμα. Η απόδοση αξιολογείται μέσω της καταγραφής του συνολικού χρόνου εκτέλεσης της δραστηριότητας (Tassignon et al., 2018).



Εικόνα 12. Single Hop Test
(Elliot Greenberg et al., 2019)

6. Την τετραγωνική αναπήδηση

Ο αθλητής αναπηδά για ένα λεπτό μονοποδικά μέσα και έξω από ένα τετράγωνο διαστάσεων 30x35 εκατοστών. Η φορά των αλμάτων είναι κυκλική (δεξιά για το δεξί και αριστερά για το αριστερό κάτω άκρο) και ο αθλητής την εκάστοτε φορά αναπηδά μέσα στο τετράγωνο και μετά προς μια κατεύθυνση (πρόσθια, έσω, οπίσθια, έξω). Η απόδοση αξιολογείται μέσω της καταγραφής των επαφών μέσα στο τετράγωνο κατά την διάρκεια 30 δευτερολέπτων (Φουσέκης et al., 2014).



Εικόνα 13. Square Hop Test

(Yves Gramlich et al.,2021)

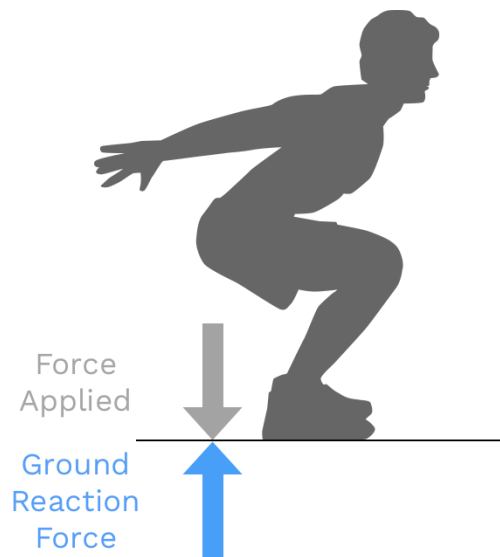
Οι παραπάνω δοκιμασίες διερευνούν την απόσταση που μπορεί να διανύσει ένας αθλητής σε προκαθορισμένο ή μη χρόνο και τον χρόνο εκτέλεσης αλμάτων συγκεκριμένου αριθμού, εξετάζοντας έμμεσα και την ικανότητα του αθλητή να μεταφέρει και να σταθεροποιεί το σώμα του ενάντια σε δυνάμεις ορμής (Φουσέκης et al.,2014).

2.5 Εργαστηριακές Τεχνικές

Περιλαμβάνουν τις πλατφόρμες δύναμης (σταθερές και φορητές) και τα applications.

2.5.1. Αξιολόγηση Μέσω Πλατφόρμας

Η εκρηκτική δύναμη μετρείται αποτελεσματικά με πλατφόρμες δύναμης (Force Plates), (Major et al., 1998). Πιο συγκεκριμένα, οι πλατφόρμες μετρούν τη δύναμη αντίδρασης του εδάφους (Εικόνα 14), η οποία δρα στο σώμα κατά τη διάρκεια της κίνησης και της ακινησίας (σε ηρεμία αντιστοιχεί στο βάρος του σώματος), (Baoliang Chen et al., 2017).



Εικόνα 14. Δύναμη αντίδραση εδάφους
(spartascience.com)

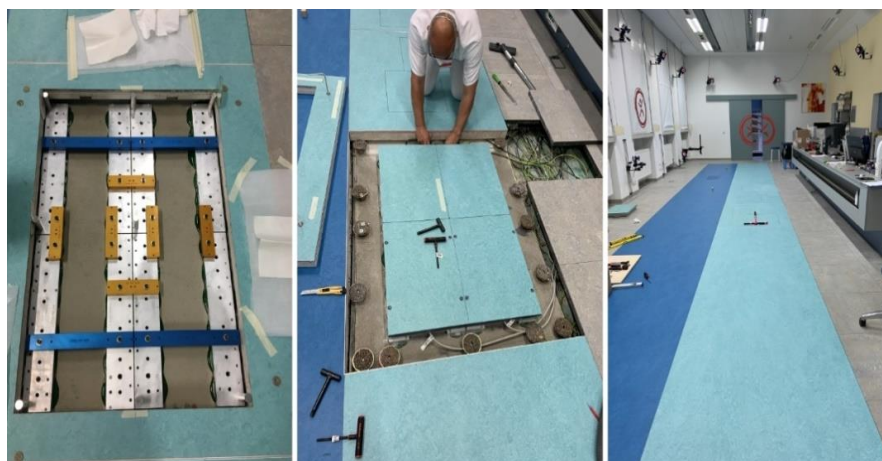
Οι πλατφόρμες περιλαμβάνουν έναν πιεζοηλεκτρικό αισθητήρα δύναμης σε κάθε γωνία, ο οποίος μέσω της παραμόρφωσης του παρέχει πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος και την κατεύθυνση των δυνάμεων, τις ροπές που εφαρμόζονται στην επιφάνεια της πλατφόρμας και το κέντρο πίεσης. Η πλάκα δύναμης 3 συνιστωσών περιέχει πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες που μετρούν τις δυνάμεις στους 3 κύριους άξονες: την κατακόρυφη, την οριζόντια και την εγκάρσια διεύθυνση. Έτσι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση των ανθρώπινων κινήσεων και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την απόδοση σε εμβιομηχανικές διεργασίες, όπως το περπάτημα, το τρέξιμο ή το άλμα.. Υπάρχουν κινητές και μόνιμα εγκατεστημένες πλατφόρμες δύναμης. Στην ιδανική περίπτωση, η πλάκα δύναμης εγκαθίσταται στο ίδιο επίπεδο με το υποκείμενο έδαφος έτσι ώστε να διευκολύνονται οι φυσικές κινήσεις. Διαφορετικά, η επιλογή γίνεται με βάση τους σκοπούς της εφαρμογής (Kistler Group, 2023).

2.5.1.1. Σταθερές Πλατφόρμες

Πρόκειται για συστήματα μόνιμα εγκατεστημένα στο έδαφος, τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως στην έρευνα (Bonde-Petersen, 1975). Το δυναμοδάπεδο αποτελείται από πολλές μεμονωμένες πλατφόρμες δύναμης (Εικόνα 15). Η κάθε πλατφόρμα συντίθεται από στρώσεις χάλυβα, πετροβάμβακα και σκυροδέματος, επιφάνειας περίπου 900 X 700 mm. Τέσσερις χαλύβδινοι δακτύλιοι βιδώνονται στην κάτω πλευρά της πλάκας, σε κάθε γωνία της και εγκαθίσταται σε πλαίσιο στήριξης - αρμολόγησης με βάση από σκυρόδεμα,

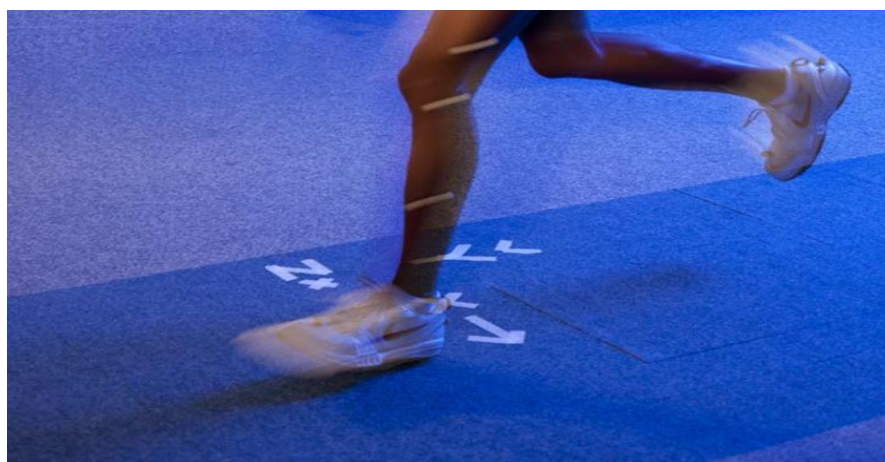
σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Οι σταθερές πλατφόρμες είναι συνδεδεμένες με ηλεκτρονικό ενισχυτή και έναν επιτραπέζιο υπολογιστή, στην οθόνη του οποίου απεικονίζονται τα δεδομένα (Silveira et al.,2016).

Η πλατφόρμα δύναμης έχει περιγραφεί ως «επιταχυνσιόμετρο ολόκληρου του σώματος». Πιο συγκεκριμένα, είναι ικανή να μετρήσει τις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους και την επιτάχυνση του κέντρου της μάζας σώματος στο σύνολό του, συμπεριλαμβανομένου τόσο του άκρου που βρίσκεται στο έδαφος όσο και του ποδιού που αιωρείται στον αέρα στον τρισδιάστατο χώρο: κατακόρυφη (άξονας z), οριζόντια (άξονας y) και εγκάρσια διεύθυνση (άξονας x). Με αυτόν τρόπο, αναλύει ολιστικά την βάδιση και τα μοτίβα αυτής μέσα από την δυνατότητα που προσφέρει για μέτρηση πολλαπλών βημάτων (Michael W. Whittle, 2013). Για την καταγραφή πιο πολύπλοκων μοτίβων κίνησης χρησιμοποιούνται πλατφόρμες δύναμης σε συνδυασμό με βιντεοκάμερες ή συστήματα λήψης κίνησης. Ωστόσο, λόγω του ακριβούς και περιορισμένου εξοπλισμού μόνο στο κλινικό εργαστήριο, αυτές οι δοκιμές είναι δύσκολο να



πραγματοποιηθούν σε δοκιμές στον γενικό πληθυσμού (Špela Bogataj et al., 2020).

Εικόνα 15. Σταθερή Πλατφόρμα
(Yves Hess 2017, *Prophysics AG*)



Εικόνα 16. Force Plate Kistler
(Kistler Group 2023)

Οι έγκυρες και αξιόπιστες διαδικασίες αξιολόγησης των αλμάτων πραγματοποιούνται από τα προαναφερόμενα εργαλεία. Σύμφωνα με τους Silveira et al. (2016), ένα τυπικό δυναμοδάπεδο Kistler (Kistler instruments AG, Winterhur, Switzerland) (Εικόνα 16) θεωρείται το ‘gold standard’ για τον σκοπό αυτό. Όμως, όλες αυτές οι διαδικασίες αξιολόγησης είναι δύσχρηστες λόγω του όγκου τους, της πολυπλοκότητας τους, της απαίτησης ειδικού εργαστηριακού εξοπλισμού και ειδικού χώρου. Για αυτό κρίνεται σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν τρόποι αξιολόγησης που μας δίνουν άμεσα τα αποτελέσματα, είναι πιο εύχρηστοι και μπορούν να μεταφερθούν σε όλους τους χώρους, αθλητικούς, χώρους γυμναστηρίου και χώρους αποκατάστασης. Αυτή την ανάγκη, για πιο εύκολες διαδικασίες αξιολόγησης, την καλύπτουν σε μεγάλο βαθμό οι φορητές πλατφόρμες.

2.5.1.2. Φορητές Πλατφόρμες

Για αναλύσεις των κατακόρυφων αλμάτων, αρκεί μια φορητή πλάκα δύναμης (Major et al.,1998). Η έρευνα στην αθλητική επιστήμη είναι δυνατόν να επωφεληθεί από έναν φορητό εξοπλισμό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο πεδίο για ευκολότερες μετρήσεις σε διάφορα αθλήματα και ως εναλλακτική λύση στον τυπικό εργαστηριακό εξοπλισμό (Silveira et al.,2016). Ένας τύπος φορητών πλατφορμών, είναι οι πλατφόρμες K-Force (Εικόνα 17). Πρόκειται για ασύρματες και προσιτές πλατφόρμες δύναμης που δίνουν άμεσα αποτελέσματα, πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχει ευκαιρία για περισσότερα πληροφοριακά δεδομένα για την νευρομυϊκή λειτουργία, ακόμη και σε καταστάσεις που αυτό δεν ήταν προηγουμένως δυνατό. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την ενημέρωση των προπονητών-θεραπευτών και του ιατρικού προσωπικού, τόσο στον αθλητικό πληθυσμό όσο και στον γενικό. Επίσης, οι πλατφόρμες K-Force επιτρέπουν τη μέτρηση της στατικής και δυναμικής ισορροπίας σε ποικίλες κινήσεις (Stance, Squats, Counter Movement Jump) όντας ταυτόχρονα ανθεκτικές, ελαφριές και ιδανικές για αξιολόγηση ιδιοδεκτικότητας και εκπαίδευση (Kinvent Hellas & Stylianou Lykoudi, 2020). Οι προπονητές συνήθως εργάζονται με φορητή πλάκα δύναμης 3 συνιστωσών για την καταγραφή της ισορροπίας και της σταθερότητας των αθλητών τους.



Εικόνα 17. K-Force Plates
(Kinvent Hellas & Stylianou Lykoudi, 2020)

Παρά την ποικιλία των εμπορικά διαθέσιμων πλακών δύναμης, εξακολουθούν να υπάρχουν περιορισμοί στη φορητότητα και στο κόστος. Υπάρχουν λίγες φορητές πλατφόρμες χαμηλού κόστους, με βάρος και διαστάσεις που διευκολύνουν τη χρήση τους σε διαφορετικές περιστάσεις επιτρέποντας γρήγορη εγκατάσταση και αφαίρεση για αξιολόγηση στο πεδίο (Silveira et al., 2016).

2.5.2. Applications

Υπάρχει η επίμονη ανάγκη στην αθλητική επιστήμη για την ανάπτυξη ενός εργαλείου μέτρησης (application) που να είναι προσιτό, φορητό και εύκολο στη χρήση (Špela Bogataj et al., 2020). Προς αυτήν την κατεύθυνση κινήθηκε ο Carlos Balsalobre-Fernández, του οποίου οι προπτυχιακές σπουδές αφορούν τη Φυσική Δραστηριότητα και την Επιστήμη του Αθλητισμού στο Πανεπιστήμιο της Μαδρίτης, με δύο μεταπτυχιακούς τίτλους σχετικά με την σωματική και αθλητική απόδοση και τις υψηλές επιδόσεις στον αθλητισμό και με το διδακτορικό του να αφορά τη Φυσική Δραστηριότητα και την Επιστήμη του Αθλητισμού (Φυσική Αγωγή, Αθλητισμός και Ανθρώπινη Κίνηση). Για την εκπλήρωση του σκοπού αυτού, εφήυρε πληθώρα εφαρμογών μεταξύ άλλων το “My Jump Lab” και στις 18 Δεκεμβρίου του 2017 δημιούργησε την εφαρμογή “My Jump 2” (Εικόνα 18.) η οποία υπολογίζει το ύψος, τον χρόνο πτήσης, την ταχύτητα, την δύναμη και την ισχύ των κάθετων αλμάτων μέσω της καταγραφής βίντεο υψηλής ταχύτητας. Η εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικούς τομείς, είναι προσιτή, πρακτική και εύκολη στην χρήση. Για τον υπολογισμό του ύψους άλματος επιλέγεται χειροκίνητα το πλαίσιο απογείωσης και το πλαίσιο προσγείωσης του βίντεο.

Η εφαρμογή καθορίζει το ύψος του άλματος χρησιμοποιώντας την εξίσωση $h = t^2 \times 1,22625$ που περιγράφεται από τους Bosco C., Luhtanen P. και Komi P.V. (1983) όπου h αντιπροσωπεύει το ύψος άλματος (σε μέτρα) και t για το χρόνο πτήσης (σε δευτερόλεπτα). Η εγκυρότητα αυτής της εφαρμογής έχει αποδειχθεί μέσω ερευνών σε ηλικιωμένους, νεαρούς ερασιτέχνες αθλητές, φοιτητές αθλητικών επιστημών, εκπαιδευμένους αθλητές, παιδιά δημοτικού σχολείου, ακόμη και σε ποδοσφαιριστές με εγκεφαλική παράλυση (Špela Bogataj et al., 2020).



Εικόνα 18. My Jump 2: Measure your jump
(Carlos Balsalobre, 2022)

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δεν έχει ερευνηθεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των μετρήσεων της φορητής πλατφόρμας δύναμης “K-Force” σε σύγκριση με ένα αντίστοιχο έγκυρο και αξιόπιστο εργαλείο, όπως είναι το “My Jump 2” (Bogataj et al., 2020).

Θεωρείται κλινικά σημαντικό να καθοριστεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της φορητής πλατφόρμας “K-Force” καθώς είναι πιθανή η αποτελεσματική χρήση της σε διάφορες ομάδες ατόμων, χώρους άθλησης και διαδικασίες αξιολόγησης πεδίου, παρέχοντας μία πληθώρα μετρήσιμων μεταβλητών. Η χρήση της πλατφόρμας δύναμης “K-Force” στην αξιολόγηση, δύναται να επιτρέπει την διεξαγωγή μιας διαδικασίας πιο σύγχρονης, οικονομικής, προσιτής και εύχρηστης, καθώς θα μπορούμε να έχουμε άμεσα αποτελέσματα που αφορούν τα επίπεδα λειτουργικότητας και επίδοσης των αθλητών και του γενικού πληθυσμού, αλλά και πληροφορίες σχετικά με την πρόληψη των τραυματισμών.

3. ΜΕΘΟΔΟΣ

Η παρούσα έρευνα αποτελεί μια μελέτη αξιοπιστίας και εγκυρότητας υλικοτεχνικού εξοπλισμού (K-Force Plates), η οποία εγκρίθηκε από την επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής με αριθμό έγκρισης 18030. Για τη διεξαγωγή της ερευνητικής μελέτης τηρήθηκαν οι κανόνες διακήρυξης του Ελσίνκι και οι συμμετέχοντες μπορούσαν να αποχωρήσουν από την μελέτη οποιαδήποτε στιγμή, χωρίς κάποια δέσμευση.

3.1 Δείγμα

Συνολικά 34 φοιτητές του τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής συμμετείχαν στην μελέτη, εκ των οποίων οι 22 ήταν άνδρες (64,7%) και οι 12 γυναίκες (35,3%). Οι συμμετέχοντες προσήλθαν μετά από ανοιχτή πρόσκληση και επιλέχθηκαν οι μονοί αριθμοί συμμετεχόντων μετά από χρήση ειδικού λογισμικού επιλογής. Επιπρόσθετα, οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τις διαδικασίες των δοκιμών της έρευνας και πριν από την έναρξη τους υπέγραψαν γραπτή συγκατάθεση (Παράρτημα).

Τα κριτήρια συμμετοχής στη μελέτη ήταν τα ακόλουθα: i) να είναι υγιείς χωρίς κάποιο μυοσκελετικό τραυματισμό το τελευταίο έτος και ii) να μην έχουν υποστεί ορθοπαιδική χειρουργική επέμβαση τα τελευταία 2 έτη. Σε αντίθετη περίπτωση, τα άτομα αποκλείονταν από την μελέτη. Όλοι οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν εάν συμμετείχαν σε προγράμματα σωματικής δραστηριότητας, για το είδος αυτών αλλά και για την εβδομαδιαία συχνότητα τους.

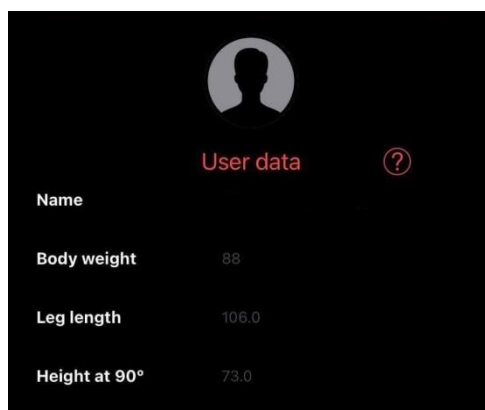
3.2 Εργαλεία Αξιολόγησης

Οι μετρήσεις του ελέγχου της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας πραγματοποιήθηκαν με την ταυτόχρονη χρήση του “My Jump 2” application μέσω έξυπνου κινητού τηλεφώνου (iPhone XR, IOS, έτος κυκλοφορίας 2018, βίντεο πίσω κάμερας 4K 60fps, ανάλυση 1792 x 828 pixels) και των φορητών πλατφορμών “K-Force”.

“My Jump 2” application

Το “My Jump 2” application, το οποίο σχεδιάστηκε από τον Carlos Balsalobre-Fernández, είχε ως προαπαιτούμενες μετρήσεις για την διεξαγωγή των αποτελεσμάτων του ύψους και του χρόνου αιώρησης του κάθετου άλματος, μέσω καταγραφής βίντεο υψηλής

ταχύτητας, την σωματική μάζα του ατόμου (kg), το μήκος του μέλους (Leg length) και ύψος ποδιού σε κάμψη γονάτων 90° (height at 90°) (Εικόνα 19).



User data	
Name	
Body weight	88
Leg length	106.0
Height at 90°	73.0

Εικόνα 19. Προαπαιτούμενες μετρήσεις για την εφαρμογή “My Jump 2”

Για την μέτρηση της σωματικής μάζας (Kg) χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτρονική ζυγαριά “Omron HN 289” με ακρίβεια 0,1kg. Χρησιμοποιήθηκε ακόμη, μια απλή μεζούρα ακρίβειας 1cm για τον υπολογισμό του μήκους του μέλους (cm). Ο υπολογισμός του μήκους του μέλους έγινε με δύο τρόπους:

A) Υπολογίσθηκε το leg length από ύπια θέση, όπου μετρήθηκε η απόσταση μεταξύ του μείζονος τροχαντήρα του μηριαίου οστού και της άπω φάλαγγας του μεγάλου δακτύλου του άκρου ποδός, όσο το πέλμα διατηρούνταν σε πελματιαία κάμψη (Εικόνα 20).



Εικόνα 20. My Jump 2: Measure of leg length

(Carlos Balsalobre, 2022)

Β) Υπολογίσθηκε το height at 90° από όρθια θέση, όπου μετρήθηκε η κάθετη απόσταση μεταξύ του μείζονος τροχαντήρα του μηριαίου οστού και του εδάφους, όσο τα γόνατα βρίσκονται σε κάμψη 90° (Εικόνα 21).



Εικόνα 21. My Jump 2: Measure of height at 90°

(Carlos Balsalobre, 2022)

K-Force Plates

Οι φορητές πλατφόρμες “K-Force” (Εικόνα 22), οι οποίες σχεδιάστηκαν από το Kinvent physio, χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση του ύψους του κάθετου άλματος. Οι προαπαιτούμενες πληροφορίες ήταν το φύλο, η ηλικία, το ανάστημα υπολογισμένο με την απλή μεζούρα και η σωματική μάζα του συμμετέχοντα.

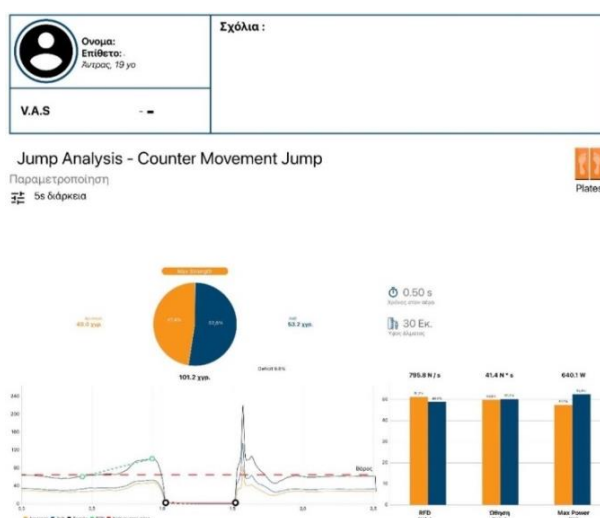


Εικόνα 22. K-Force Plates

3.3 Διαδικασία Μετρήσεων

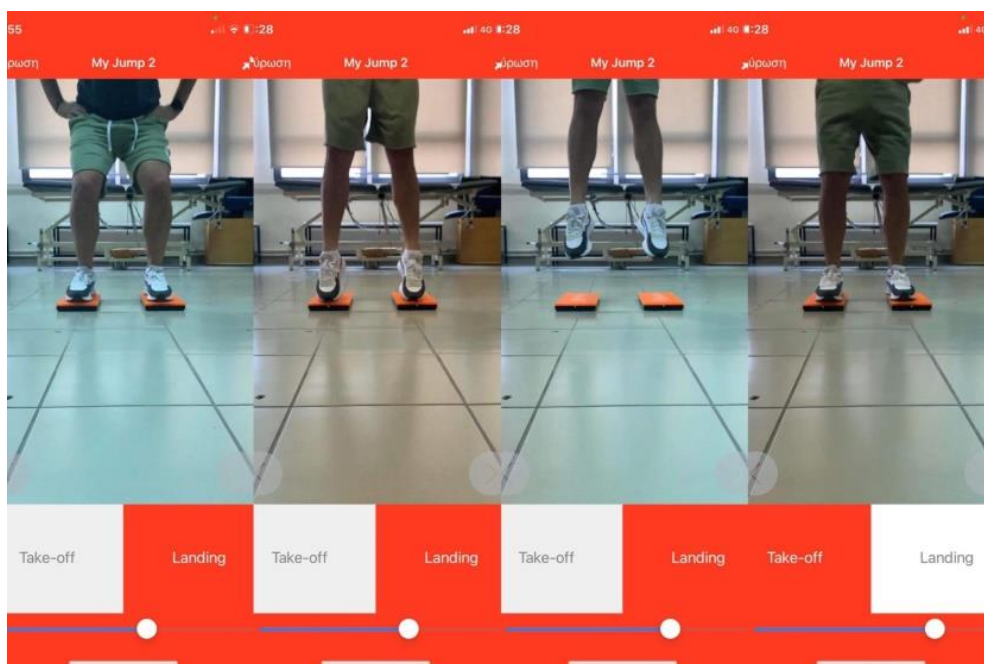
Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τον Φεβρουάριο του 2023 στον χώρο του εργαστηρίου Αθλητικής Φυσικοθεραπείας με συνολική διάρκεια 2 ωρών η καθεμία και χρονική απόσταση μεταξύ των δύο μετρήσεων 7 ημέρες. Οι μετρήσεις έγιναν από τον ίδιο ερευνητή με εμπειρία σε αντίστοιχες μετρήσεις πάνω από 3 έτη. Πριν την πρώτη μέτρηση εφόσον καταγράφηκαν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων και οι αθλητικές τους δραστηριότητες, δόθηκε στους συμμετέχοντες λεπτομερής λεκτική περιγραφή του πειραματικού πρωτοκόλλου, όσον αφορά τον τρόπο λειτουργίας των φορητών πλατφορμών “K-Force”, του “My Jump 2” application αλλά και του σκοπού διεξαγωγής της μελέτης. Οι φορητές πλατφόρμες “K-Force” συνδέονταν με το κινητό τηλέφωνο μέσω bluetooth, όπου και μεταφέρονταν τα αποτελέσματα των μετρήσεων από την εφαρμογή “KForce Pro” από Kinvent σε μορφή PDF (Εικόνα 23).

Πριν την κάθε διαδικασία μέτρησης παρουσιάστηκε και επεξηγήθηκε στους συμμετέχοντες η σωστή τεχνική με επίδειξη αυτής και αφού όλοι οι εξεταζόμενοι πραγματοποίησαν 3 κάθετα άλματα εξοικείωσης στο έδαφος, εκτέλεσαν το κάθετο άλμα στις φορητές πλατφόρμες “K-Force”. Πιο συγκεκριμένα, δόθηκε η οδηγία στους συμμετέχοντες να διατηρήσουν τα χέρια τους λυγισμένα στο ισχίο ενόσω ξεκινούσαν από ημικάθισμα. Στην συνέχεια, παίρνοντας ώθηση μόνο από τα κάτω άκρα πραγματοποίησαν κάθετο άλμα με στόχο να πετύχουν το μέγιστο δυνατό ύψος και να προσγειωθούν στο ίδιο σημείο με τα δύο πόδια χωρίς να χάσουν την ισορροπία τους. Εάν προσγειωνόντουσαν λανθασμένα πάνω στις πλατφόρμες ή έχαναν την ισορροπία τους, επαναλάμβαναν ξανά την αλτική δραστηριότητα μέχρι να την εκτελέσουν με την σωστή τεχνική.



Εικόνα 23. Jump analysis από την εφαρμογή “K-Force Pro”

Κατά την διάρκεια του άλματος των συμμετεχόντων πάνω στις φορητές πλατφόρμες “K-Force”, χρησιμοποιήθηκε ταυτόχρονα και το “My Jump 2” application μέσω του iPhone XR. Η εφαρμογή αυτή υπολόγιζε το ύψος του άλματος από απόσταση 1 μέτρου και το πλαίσιο απογείωσης και προσγείωσης του βίντεο επιλέγονταν χειροκίνητα (Εικόνα 24).



Εικόνα 24. Στιγμιότυπα των φάσεων αλτικής δραστηριότητας ενός συμμετέχοντα από το “My Jump 2”

Στην Εικόνα 24. παρατηρούνται οι τέσσερις φάσεις του κατακόρυφου άλματος με ταλάντωση (CMJ), οι οποίες απεικονίζονται με σειρά: προπαρασκευαστική φάση, φάση απογείωσης (take-off phase), φάση αιώρησης και φάση προσγείωσης (landing phase). Τέλος, για τον έλεγχο της εγκυρότητας των φορητών πλατφορμών “K-Force” έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων ανάμεσα στα δύο εργαλεία. Για την διερεύνηση της αξιοπιστίας του “K-Force” πραγματοποιήθηκε επανάληψη των μετρήσεων μια εβδομάδα μετά από την πρώτη μέτρηση (test-retest) με σκοπό την συσχέτιση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων των δύο εργαλείων.

3.4 Στατιστική Ανάλυση

Με τη χρήση της περιγραφικής στατιστικής υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις. Για τον έλεγχο κανονικότητας των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Kolmogorov-Smirnov ενώ για τον έλεγχο στατιστικής διαφοράς μεταξύ των μετρήσεων (1^η και 7^η ημέρα) χρησιμοποιήθηκε το paired t-test. Ο συντελεστής ενδοταξικής συσχέτισης (intraclass correlation coefficient, ICC) χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της αξιοπιστίας των φορητών πλατφορμών “K-Force Plates”. Υπολογίστηκαν οι συντελεστές ενδοταξικής συσχέτισης μεταξύ των δυο μεθόδων (KForce Plates και My Jump 2 app) στις δυο μετρήσεις (1^η και 7^η ημέρα). Επιπλέον, υπολογίστηκαν οι συντελεστές ενδοταξικής συσχέτισης (ICC) για την μέθοδο των φορητών πλατφορμών “K-Force Plates” στις δυο μετρήσεις (1^η και 7^η ημέρα). Για την αξιολόγηση της εγκυρότητας, υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης Pearson (r) μεταξύ των δύο μεθόδων (KForce Plates και My Jump 2 app) και των 2 μετρήσεων. Η στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε στο επίπεδο $p \leq 0,05$.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν 34 άτομα, εκ των οποίων οι 22 ήταν άνδρες (64,7%) και οι 12 γυναίκες (35,3%). Οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν την καταγραφή των γενικών και δημογραφικών χαρακτηριστικών τους, από την οποία διαπιστώθηκε πως η μέση ηλικία ήταν $21,6 \pm 5,5$ έτη, το μέσο ύψος ήταν $171,0 \pm 9,6$ εκατοστά, το μέσο βάρος ήταν $69,5 \pm 12,9$ κιλά, το μέσο μήκος ποδιού ήταν $99,8 \pm 6,3$ εκατοστά, το ύψος στις 90° ήταν $60,5 \pm 8,8$ εκατοστά και ο μέσος ΔΜΣ ήταν $23,65 \pm 2,8$ kg/m² (Πίνακας 1). Το 23,5% (n=8) των συμμετεχόντων ήταν μη αθλούμενοι την συγκεκριμένη χρονική περίοδο, ενώ το υπόλοιπο 76,5% (n=26) ασχολούνταν είτε ερασιτεχνικά με τον αθλητισμό είτε με τον πρωταθλητισμό (Πίνακας 2).

Πίνακας 1. Δημογραφικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων. Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση μεταξύ συμμετεχόντων διαφορετικού φύλου και διαφορετικών αθλητικών δραστηριοτήτων.

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ \pm ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ (n=34)
Ηλικία (έτη)	$21,6 \pm 5,5$
Ανάστημα (cm)	$171 \pm 9,6$
Σωματική μάζα (Kg)	$69,5 \pm 12,9$
BMI (Kg/ m ²)	$23,65 \pm 2,8$
Leg length (cm)	$99,8 \pm 6,3$
Height at 90° (cm)	$60,5 \pm 8,8$

Πίνακας 2. Κατανομή συμμετεχόντων σε αθλητικές δραστηριότητες.

ΑΘΛΗΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	N=34
Προγράμματα άσκησης στο γυμναστήριο	8
Πρωταθλητισμός στο καράτε	2
Πρωταθλητισμός στο kick boxing (στο παρελθόν)	1
Πρωταθλητισμός στο στίβο (στο παρελθόν)	1
Ποδόσφαιρο ερασιτεχνικά	3
Στίβος	4
Καλλισθενική γυμναστική	1
Jiu Jitsu	1
Πολεμικές τέχνες	1
Χορός	1
Άρση βαρών	1
Κολύμβηση	1
Τρέξιμο (περιστασιακά)	1
Basketball	1
Water Polo	1

4.1 Αξιοπιστία

Οι συντελεστές ενδοταξικής συσχέτισης μεταξύ των δυο μεθόδων στις δυο μετρήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι συντελεστές ενδοταξικής συσχέτισης και οι αντίστοιχες τιμές p ($<0,001$ σε όλες τις περιπτώσεις) δηλώνουν υψηλή αξιοπιστία.

Πίνακας 3. Συντελεστές ενδοταξικής συσχέτισης μεταξύ των δυο μεθόδων “K-Force Plate” και “My Jump 2” στις 2 μετρήσεις (1^η και 7^η ημέρα).

CMJ KForce Plate και My Jump 2 app	Πρώτη μέτρηση (1 ^η Ημέρα)			Δεύτερη μέτρηση (7 ^η Ημέρα)			
	N=34	Συντελεστής ενδοταξικής συσχέτισης (ICC)	95% διάστημα εμπιστοσύνης (CI)	Τιμή p	Συντελεστής ενδοταξικής συσχέτισης (ICC)	95% διάστημα εμπιστοσύνης (CI)	Τιμή p
Ύψος άλματος(cm)		1,000	1,000 - 1,000	$<0,001$	1,000	1,000 - 1,000	$<0,001$
Χρόνος άλματος(sec)		0,999	0,998 - 1,000	$<0,001$	0,999	0,998 - 1,000	$<0,001$

ICC: intraclass correlation coefficient; CI: confidence interval

Οι συντελεστές ενδοταξικής συσχέτισης για την μέθοδο των φορητών πλατφορμών “K-Force” στις δυο μετρήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι συντελεστές ενδοταξικής συσχέτισης και οι αντίστοιχες τιμές p ($<0,001$ σε όλες τις περιπτώσεις) δηλώνουν υψηλή αξιοπιστία.

Πίνακας 4. Συντελεστές ενδοταξικής συσχέτισης για την μέθοδο των φορητών πλατφορμών “K-Force” στις δυο μετρήσεις (1^η και 7^η ημέρα)

CMJ	Μέθοδος φορητών πλατφορμών “K-Force”		
N = 34	Συντελεστής ενδοταξικής συσχέτισης (ICC)	95% διάστημα εμπιστοσύνης (CI)	Τιμή p
Ύψος άλματος (cm)	0,872	0,744 - 0,936	$<0,001$
Χρόνος άλματος (sec)	0,877	0,755 - 0,939	$<0,001$

ICC: intraclass correlation coefficient; CI: confidence interval

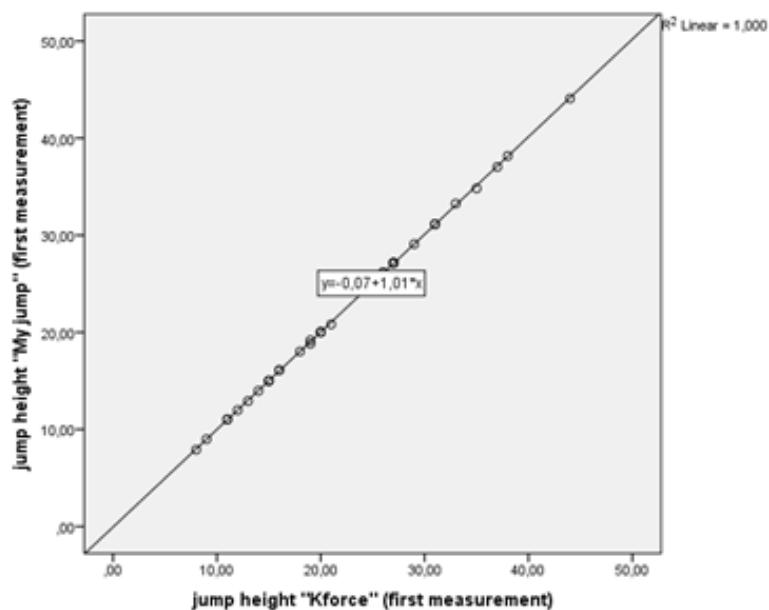
4.2 Εγκυρότητα

Οι συντελεστές συσχέτισης Pearson μεταξύ των δυο μεθόδων στις δυο μετρήσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 5 και στα Γραφήματα 1 έως 4. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι συντελεστές συσχέτισης Pearson και οι αντίστοιχες τιμές p ($<0,001$ σε όλες τις περιπτώσεις) δηλώνουν εξαιρετική αξιοπιστία.

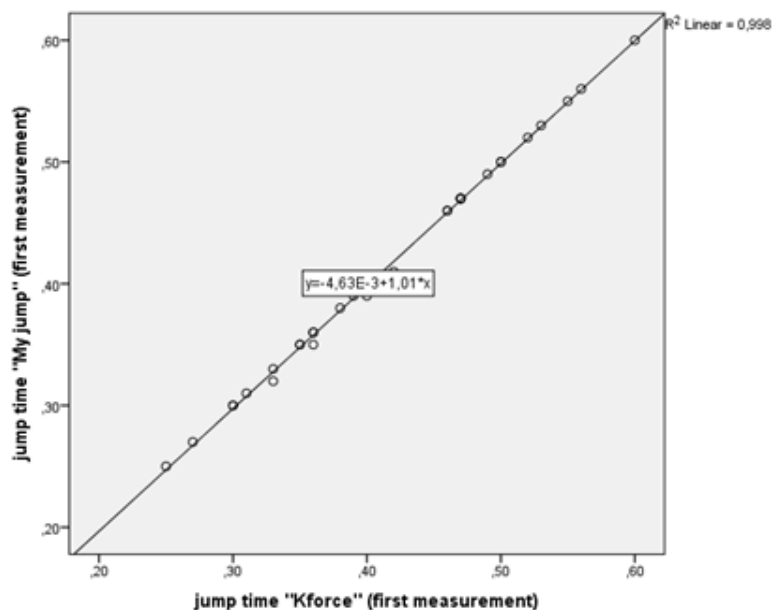
Πίνακας 5. Συντελεστές συσχέτισης Pearson μεταξύ των δυο μεθόδων (KForce Plates και My Jump 2 app) στις δυο μετρήσεις (1^η και 7^η ημέρα)

CMJ KForce Plates – My Jump 2 app	1 ^η Ημέρα		7 ^η Ημέρα	
	PCC	Τιμή p	PCC	Τιμή p
N = 34				
Ύψος άλματος (cm)	1.000	<0.001	1.000	<0.001
Χρόνος άλματος (sec)	0.999	<0.001	0.999	<0.001

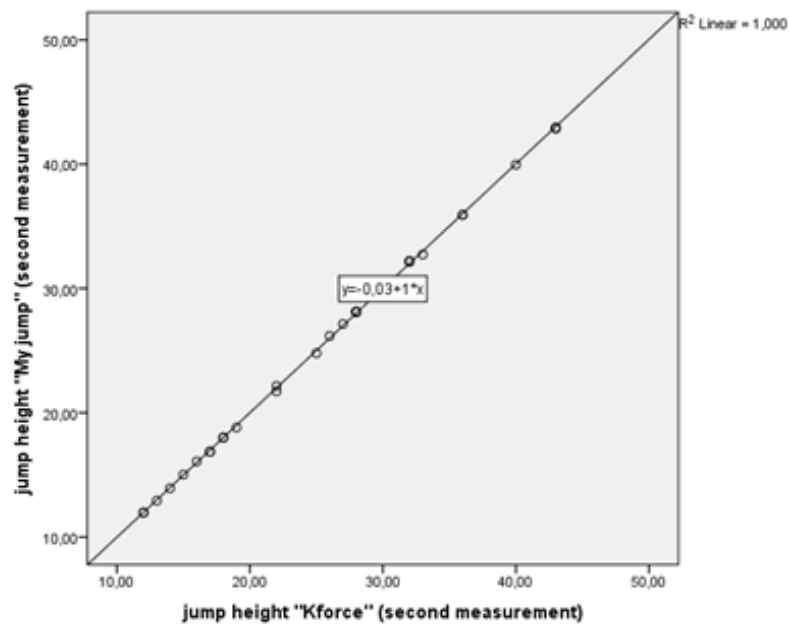
CMJ: countermovement jump; PCC: Pearson Correlation Coefficient



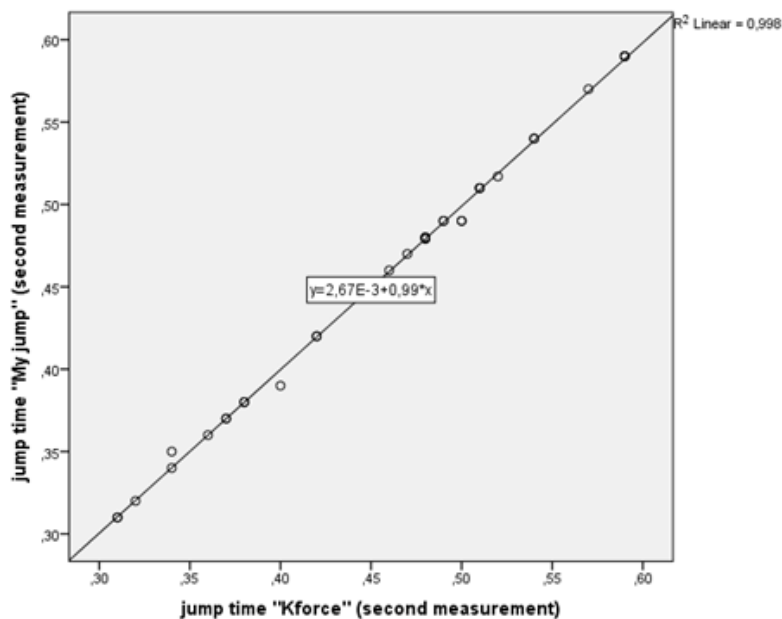
Γράφημα 1. Συσχέτιση μεταξύ των δυο μεθόδων (KForce Plates και My Jump 2 app) για το ύψος του άλματος στην πρώτη μέτρηση (1^η ημέρα)



Γράφημα 2. Συσχέτιση μεταξύ των δυο μεθόδων (KForce Plates και My Jump 2 app) για τον χρόνο του άλματος στην πρώτη μέτρηση (1^η ημέρα).



Γράφημα 3. Συσχέτιση μεταξύ των δυο μεθόδων (KForce Plates και My Jump 2 app) για το ύψος του άλματος στην δεύτερη μέτρηση (7^η ημέρα).



Γράφημα 4. Συσχέτιση μεταξύ των δυο μεθόδων (KForce Plates και My Jump 2 app) για τον χρόνο του άλματος στην δεύτερη μέτρηση (7^η ημέρα).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη εξέτασε την ταυτόχρονη εγκυρότητα (concurrent validity) και την αξιοπιστία δοκιμής-επανεξέτασης των φορητών πλατφορμών “K-Force” σε σύγκριση με το έγκυρο και αξιόπιστο “My Jump 2” application εγκατεστημένο σε ένα iPhone XR για τη μέτρηση της απόδοσης του κατακόρυφου άλματος με ταλάντωση (CMJ) σε 34 φοιτητές του τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Τα κύρια ευρήματα έδειξαν πολύ καλή συμφωνία μετρήσεων του ύψους και του χρόνου του άλματος και σημαντική συσχέτιση μεταξύ των δύο εργαλείων, γεγονός που ενισχύει την αξιοπιστία της φορητής πλατφόρμας “K-Force”.

Πιο συγκεκριμένα, η αξιοπιστία (reliability) είναι το πρώτο χαρακτηριστικό που θα πρέπει να διαθέτει ένα εργαλείο μέτρησης και αναφέρεται στη συνέπεια και σταθερότητα που εμφανίζει σε διαδοχικές μετρήσεις (Ahmed et al.,2021). Η μέθοδος με την οποία ελέγχεται η αξιοπιστία και εξακριβώνεται αν ένα εργαλείο μέτρησης διαθέτει σταθερότητα αναφορικά με τις μετρήσεις, είναι η μέθοδος επαναληπτικών μετρήσεων ή έλεγχος-επανελέγχος (test-retest reliability). Αυτή η μέθοδος αφορά τη συνέπεια δυο ή περισσότερων επαναλαμβανόμενων μετρήσεων που δίνουν τα ίδια αποτελέσματα για το χαρακτηριστικό που μετράνε, στο ίδιο δείγμα, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, με δεδομένο ότι δεν έχει συμβεί μια σημαντική αλλαγή μεταξύ των μετρήσεων. Επισημαίνεται σε αυτό το σημείο ότι η χρονική απόσταση από τη μια μέτρηση στην άλλη (test-retest) θα πρέπει να είναι η βέλτιστη, να εξασφαλίζεται δηλαδή ότι ο χρόνος της επαναξιολόγησης δεν θα είναι αρκετά σύντομος αλλά ούτε και αρκετά μεγάλος ώστε εξωτερικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες να ευθύνονται για την όποια αλλαγή του αποτελέσματος (Bruton et al.,2000). Ο έλεγχος της αξιοπιστίας πραγματοποιήθηκε με την χρήση του συντελεστή ενδοταξικής συσχέτισης (ICC), του οποίου οι τιμές πάνω από 0,75 δείχνουν καλή συμφωνία και εκείνες κάτω από 0,75 είναι ενδεικτικές κακής έως μέτριας συμφωνίας, με 0,81-1,00 να υπάρχει σχεδόν τέλεια συμφωνία (Samira et al., 2012). Στην παρούσα μελέτη τα αποτελέσματα για το ύψος και τον χρόνο του άλματος ήταν αξιόπιστα καθώς ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των δύο επαναλαμβανόμενων μετρήσεων όσον αφορά το ύψος του άλματος ήταν $ICC = 1,000$ και τον χρόνο $ICC = 0,999$ ($p < 0,001$). Επιπλέον, αναφορικά με την μέθοδο των φορητών πλατφορμών “K-Force” στις δυο μετρήσεις, παρατηρήθηκε πως ο συντελεστής συσχέτισης για το ύψος του άλματος ήταν $ICC = 0,872$ και για τον χρόνο του άλματος $ICC = 0,877$ ($p < 0,001$), γεγονός που επιβεβαιώνει την αξιοπιστία της.

Το δεύτερο χαρακτηριστικό που διερεύνησε η παρούσα μελέτη ήταν η εγκυρότητα. Η εγκυρότητα (concurrent validity) ενός εργαλείου μέτρησης αφορά τον βαθμό στον οποίο μετράει αυτό για το οποίο κατασκευάστηκε να υπολογίζει, με σκοπό την ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων από τις μετρήσεις. Ο βαθμός της εγκυρότητας ελέγχεται με το συντελεστή συσχέτισης r του Pearson (correlation coefficient) ο οποίος προκύπτει από τη συσχέτιση των δύο βαθμολογιών που προέρχονται από τις δύο μετρήσεις. Ο συντελεστής συσχέτισης (r) κυμαίνεται από την τιμή 0 σύμφωνα με την οποία το εργαλείο μέτρησης δεν είναι αξιόπιστο, μέχρι την τιμή 1.0 που δείχνει ότι διαθέτει τη μέγιστη αξιοπιστία. Ως αποδεκτό επίπεδο αξιοπιστίας θεωρείται ο συντελεστής συσχέτισης $r \geq 0.70$ (Bland, 1987). Οι φορητές πλατφόρμες “K-Force” αποδείχθηκαν έγκυρες καθώς από τα αποτελέσματα των μετρήσεων προέκυψε ότι, για το ύψος του άλματος ο συντελεστής συσχέτισης ήταν $r = 1,000$ και για τον χρόνο του άλματος ήταν $r = 0,999$ ($p < 0,001$).

Ανατρέχοντας σε σχετική αρθρογραφία διαπιστώθηκε η απουσία ερευνών που αναφέρονται στην αξιοπιστία και εγκυρότητα της φορητής πλατφόρμας “K-Force” για τον υπολογισμό του ύψους και του χρόνου του κατακόρυφου άλματος. Ωστόσο, έχει μελετηθεί εκτενώς η λειτουργία και η πρακτικότητα άλλων φορητών πλατφορμών, το οποίο λήφθηκε υπόψιν για την σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης. Οι Walsh et al. (2006) συνέκριναν την φορητή πλατφόρμα δύναμης 6 συστατικών με ένα σταθερό δυναμοδάπεδο. Η εν λόγω φορητή πλατφόρμα υπολογίζει ταυτόχρονα τρεις συνιστώσες δύναμης και τρεις συνιστώσες ροπής για τους άξονες x , y και z για συνολικά έξι εξόδους που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του Κέντρου Πίεσης. Σε αντίθεση με την τρέχουσα μελέτη, οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν 3 άλματα πτώσης (DJ) στην σταθερή και στην φορητή πλατφόρμα και αξιολογήθηκε η καλύτερη προσπάθεια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχαν υψηλοί συντελεστές συσχέτισης τόσο για τον χρόνο ($r = 0,942$) όσο και για την μέγιστη δύναμη του άλματος ($r = 0,920$), πράγμα που δείχνει ότι τα δεδομένα που συλλέγονται από μια φορητή πλατφόρμα παρέχουν παρόμοια αποτελέσματα με το σταθερό δυναμοδάπεδο. Έτσι αποδεικνύεται ότι οι μετρήσεις από τη φορητή πλατφόρμα ήταν έγκυρες και αξιόπιστες, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την τρέχουσα έρευνα, με διαφορά ότι είχε ως σημείο αναφοράς το σταθερό δυναμοδάπεδο.

Μια άλλη φορητή πλατφόρμα που αποτέλεσε αντικείμενο διερεύνησης των Badby et al. (2023) στον αθλητικό χώρο ήταν η “Hawkin Dynamics Inc. (HD)” μια εμπορικά διαθέσιμη, φορητή και προσιτή πλατφόρμα, παρόμοια με την “K-Force”. Η μέθοδος αναφοράς ήταν το σταθερό δυναμοδάπεδο Advanced Mechanical Technology Inc. και αξιολογήθηκαν το άλμα με ταλάντωση (CMJ) και το άλμα πτώσης (DJ) 20 συμμετεχόντων. Σημαντικό είναι να

υπογραμμιστεί ότι κατά την διεκπεραίωση των αλμάτων επιτράπηκε στους συμμετέχοντες να χρησιμοποιήσουν την ταλάντευση του βραχίονα, γεγονός το οποίο έρχεται σε αντίθεση με την παρούσα μελέτη. Η μέθοδος της “Hawkin Dynamics Inc. (HD)” επιβεβαιώθηκε πως είναι έγκυρη καθώς τα αποτελέσματα της καταδεικνύουν ότι δεν υπάρχει ούτε σταθερή ούτε αναλογική μεροληψία μεταξύ των δύο συστημάτων μέτρησης.

Στην μελέτη των Gouge et al. (2011), η φορητή πλατφόρμα Quattro Jump (92 × 92 12,5 cm) (Kistler, Winterthur, Ελβετία) αποτέλεσε την μέθοδο αναφοράς για την διερεύνηση της αξιοπιστίας και της εγκυρότητας του συστήματος φωτοηλεκτρικών κυττάρων Ortojump (Microgate, Bolzano, Italy) οι οποίες αποτελούνται από 2 παράλληλες ράβδους (ένας δέκτης και μία μονάδα πομπού) που είναι τοποθετημένες στο επίπεδο του δαπέδου. Για τον σκοπό αυτό, στην πρώτη συνεδρία, 20 άτομα κλήθηκαν να εκτελέσουν κάθετο άλμα από ημικάθισμα (SJ) και άλμα με ταλάντωση (CMJ). Στην επόμενη, 20 άλλα άτομα ολοκλήρωσαν την ίδια σειρά αλμάτων, κάτι το οποίο διαφέρει από την παρούσα μελέτη καθώς τις 2 επαναλαμβανόμενες μετρήσεις τις εκτέλεσαν τα ίδια 34 άτομα. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτή την μελέτη έδειξαν ότι οι ενδοταξικοί συντελεστές συσχέτισης (ICC) για την εγκυρότητα ήταν πολύ υψηλοί (0,997-0,998) και η αξιοπιστία δοκιμής-επανελέγχου του συστήματος Ortojump ήταν εξαιρετική, με ICC που κυμαίνονταν από 0,982 έως 0,989. Ωστόσο, παρατηρήθηκε συστηματική διαφορά μεταξύ των 2 συστημάτων, με το Ortojump να μετρά χαμηλότερα ύψη άλματος σε σύγκριση με την φορητή πλατφόρμα και η παρατηρούμενη διαφορά μεταξύ τους είναι ευθέως ανάλογη με το απόλυτο ύψος άλματος (περίπου 2,5% κατά μέσο όρο).

Ένα ζεύγος πλατφορμών δύναμης εδάφους (Type 9287CA/9287BA, Kistler Instruments, Winterthur, Ελβετία) χρησιμοποιήθηκε ως μέθοδο αναφοράς και από τους Guppy et al. (2022) για τον προσδιορισμό της ταυτόχρονης εγκυρότητας και αξιοπιστίας ενός νέου συστήματος στρώματος επαφής (contact-mat EzeJump, Swift Performance, QLD, Αυστραλία). Στην έρευνα αυτή υπολογίστηκε ο χρόνος του άλματος μεμονωμένα για τα κάτω άκρα τόσο κατά τη διάρκεια των κατακόρυφων αλμάτων με ταλάντωση (CMJ) όσο και των αλμάτων από ημικάθισμα (SJ). Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως το σύστημα contact-mat EzeJump συμφωνούσε με την πλατφόρμα δύναμης για το CMJ αμφοτερόπλευρα και για το ύψος και χρόνο του SJ στο αριστερό κάτω άκρο. Αντίθετα, διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχε συμφωνία τιμών για τον χρόνο του SJ στο δεξί κάτω άκρο. Συνεπώς, το αμφίπλευρο στρώμα επαφής παρείχε έγκυρη αξιολόγηση του χρόνου άλματος μεμονωμένα για τα άκρα κατά τη διάρκεια του CMJ, αλλά όχι του SJ. Παρομοίως, στην παρούσα μελέτη βρέθηκαν έγκυρα τα ευρήματα

για το CMJ μεταξύ των 2 εργαλείων μέτρησης, χωρίς όμως να ληφθεί υπόψιν ξεχωριστά το κάθε κάτω άκρο.

Επιπλέον, η φορητή πλατφόρμα χρησιμοποιήθηκε από τους Alsalaheen et al. (2015) για την διερεύνηση της αξιοπιστίας δοκιμής-επανελέγχου των ορίων σταθερότητας και της δυναμικής σταθερότητας στάσης σε 36 εφήβους. Για να εξεταστεί η αξιοπιστία, ένα υποσύνολο 15 συμμετεχόντων επανέλαβε την αξιολόγηση μετά από 1 εβδομάδα, κάτι το οποίο συμφωνεί εκ μέρους με την παρούσα μελέτη καθώς υπήρχε και σε αυτήν το χρονικό περιθώριο των 7 ημερών για την επαναμέτρηση, όμως η μέτρηση αυτή εκτελέστηκε σε ολόκληρο το δείγμα και όχι σε ένα υποσύνολο αυτού. Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε σημαντική συσχέτιση ($r=0,87$, $p<0,05$) και η αξιοπιστία κυμάνθηκε από μέτρια έως καλή (με συντελεστή ενδοταξικής συσχέτισης $ICC= 0,96$).

Ο ορθοστατικός έλεγχος μελετήθηκε ακόμη και από τους Golriz et al. (2012), με σκοπό την διερεύνηση της εγκυρότητας της φορητής πλατφόρμας Accugait (Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, MA, USA) σε σύγκριση με την Midot - MPSA (QPS-200, Midot Medical Technology, Shekel Electronic Scale, Israel) η οποία είναι μια φορητή πλατφόρμα που αποτελείται από 4 ηλεκτρονικές πλάκες ζύγισης σε ορθογώνια θέση, χαμηλότερου κόστους που χρησιμοποιείται συνήθως στο κλινικό περιβάλλον και έχει προηγουμένως επιδείξει αποδεκτή αξιοπιστία. Αξιολογήθηκαν το κέντρο πίεσης, δηλαδή το σημείο εφαρμογής των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους στα κάτω άκρα, η μέση ταχύτητα και η περιοχή ταλάντωσης. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι οι τιμές ICC ($ICC = 0,14-0,60$) μεταξύ των δύο πλατφορμών ήταν χαμηλότερες από την αποδεκτή τιμή τόσο για τη μέση ταχύτητα όσο και για την περιοχή ταλάντωσης και υπήρξε σημαντική διαφορά ($p > 0,05$). Αποδείχθηκε κακή η εγκυρότητα της φορητής πλατφόρμας και επομένως δεν μπορεί να αντικαταστήσει τις γνωστές, αξιόπιστες και έγκυρες πλατφόρμες ειδικά σε κλινικό πληθυσμό. Η συγκεκριμένη μελέτη έκρινε μη έγκυρη και αναξιόπιστη την πλατφόρμα Accugait, γεγονός που δεν συμπίπτει με τα δεδομένα της παρούσας μελέτης σχετικά με την πλατφόρμα “K-Force”.

Την ίδια φορητή πλατφόρμα Midot - MPSA (QPS-200, Midot Medical Technology, Shekel Electronic Scale, Israel), ξαναχρησιμοποίησαν οι Golriz et al. (2012) για την διερεύνηση της αξιοπιστίας πολλαπλών μετρήσεων του εν λόγω εργαλείου. Αξιολογήθηκε το κέντρο πίεσης, η ταλάντωση της στάσης και η κατανομή του βάρους. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι από μία μεμονωμένη μέτρηση οι συντελεστές αξιοπιστίας που ελήφθησαν ήταν χαμηλοί ($ICC = 0,06$ έως $0,53$) και δεν παρείχαν αξιόπιστες εκτιμήσεις της ταλάντωσης της στάσης του σώματος. Μία δεύτερη μέτρηση επέτρεψε αξιόπιστες μετρήσεις της μέσης ταχύτητας και θέσης του κέντρου πίεσης. Η αποδεκτή αξιοπιστία ($ICC \geq 0,70$) του κέντρου

πίεσης και της περιοχής ταλάντευσης απαιτούσε 3 έως 5 επαναληπτικές μετρήσεις. Υψηλότερες τιμές ακρίβειας μέτρησης παρατηρήθηκαν με μέσο όρο τεσσάρων ή πέντε επαναλήψεων για όλες τις μεταβλητές. Συνεπώς, διαπιστώθηκε ότι πολλαπλές επαναλήψεις ήταν απαραίτητες για την επίτευξη αποδεκτών επιπέδων σφάλματος μέτρησης, με απαιτούμενο αριθμό επαναλήψεων να κυμαίνεται από 2 έως 5. Στην παρούσα μελέτη αρκούσε μια δεύτερη επαναληπτική μέτρηση προκειμένου να εξακριβωθεί η αξιοπιστία της φορητής πλατφόρμας “K-Force” για τον υπολογισμό του ύψους και του χρόνου του κατακόρυφου άλματος.

Η παρούσα μελέτη ήρθε αντιμέτωπη με ορισμένους περιορισμούς, εκ των οποίων ένας από τους σημαντικότερους ήταν το ποσοστό των συμμετεχόντων που δεν ήταν εξοικειωμένο με το συγκεκριμένο είδος άλματος, με αποτέλεσμα να χάνουν την ισορροπία τους κατά την πραγματοποίησή του. Επιπλέον, θα μπορούσε να γίνει ένας σχεδιασμός μελέτης ούτως ώστε ο μελετώμενος πληθυσμός να είναι μεγαλύτερος και το ποσοστό των γυναικών που συμμετείχαν μεγαλύτερο, προκειμένου να εξασφαλιστούν πιο έγκυρα και αξιόπιστα αποτελέσματα. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί ότι διάφοροι περιστασιακοί παράγοντες, κατά κύριο λόγο η σωματική κούραση των συμμετεχόντων, θα μπορούσαν να υπάρχουν ή όχι στις δύο επαναληπτικές μετρήσεις, έτσι δύναται να επηρέαζαν την αξιοπιστία της μέτρησης. Για να αποφευχθεί αυτό, οι συμμετέχοντες δεν είχαν κάποια προγραμματισμένη αθλητική υποχρέωση (προπόνηση ή αγώνα) την ημέρα των μετρήσεων. Όσον αφορά το “My Jump 2” application, ο κύριος περιορισμός για τη μέτρηση του ύψους του άλματος είναι το γεγονός ότι ο χρήστης επιλέγει χειροκίνητα τα πλαίσια στα οποία ο συμμετέχων εκτελεί ακριβώς τις στιγμές απογείωσης και προσγείωσης, καθιστώντας έτσι τη διαδικασία μέτρησης υποκειμενική και χρονοβόρα σε ορισμένες περιπτώσεις. Επίσης, ένα κινητό τηλέφωνο με υψηλότερη συχνότητα βίντεο θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση του σφάλματος μέτρησης της εφαρμογής. Τέλος, το δείγμα της μελέτης αποτελούνταν μόνο από υγιή άτομα, για αυτόν τον λόγο τα ευρήματα μπορεί να γενικεύονται ή όχι σε κλινικούς πληθυσμούς.

Αντίθετα, τα θετικά σημεία της μελέτης ήταν ποικίλα. Αρχικά, το ηλικιακό φάσμα των συμμετεχόντων ήταν ευρύ (19 - 41 έτη), αντιπροσωπεύοντας έτσι πιο ολιστικά τις αλτικές ικανότητες. Επιπροσθέτως, το ίδιο ίσχυε και για την φυσική δραστηριότητά τους, καθώς συμμετείχαν άτομα που γυμνάζονταν, άλλα που απείχαν από την γυμναστική καθώς επίσης και πρωταθλητές. Επίσης, στην μελέτη συμμετείχαν και τα δυο φύλα με αποτέλεσμα να παρθεί ένα πιο σφαιρικό δείγμα, δεδομένου των εμβιομηχανικών και ορμονικών διαφορών που υπάρχουν μεταξύ τους όσον αφορά την αλτική δραστηριότητα (Harrison et al., 2009). Τέλος, σημαντικό ήταν ακόμη ότι ο εξεταστής είχε εμπειρία σε παρόμοιες μετρήσεις αλλά και το βέλτιστο χρονικό περιθώριο των 7 ημερών που υπήρχε μεταξύ των δύο επαναληπτικών μετρήσεων.

Η κλινική σημαντικότητα της παρούσας μελέτης υπογραμμίζει την αξιοπιστία και την εγκυρότητα της φορητής πλατφόρμας “K-Force” στον υπολογισμό του ύψους και του χρόνου του κατακόρυφου άλματος. Έτσι, οι επαγγελματίες υγείας είναι σε θέση να επωφεληθούν από αυτό το πρακτικό, εύκολο στη μεταφορά και χρήση, προσιτό και οικονομικό εργαλείο σε διάφορα εκπαιδευτικά και κλινικά περιβάλλοντα, σε διαφορετικούς χρόνους και συνθήκες. Με αυτόν τον τρόπο ξεφεύγουν από τους περιορισμούς που θέτουν τα σταθερά δυναμοδάπεδα και δίνει νέες δυνατότητες στον επιστημονικό κλάδο υγείας, διευκολύνοντας τις μεθόδους μέτρησης επιτόπιων αλμάτων σε ποικίλα περιβάλλοντα. Επιπρόσθετα, παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού ενός μεγάλου αριθμού μεταβλητών σε σύγκριση με το “My Jump 2” application. Αφού απεδείχθη η αξιοπιστία και εγκυρότητα της φορητής πλατφόρμας “K-Force”, μπορεί να προσφέρει μια πιο εφικτή, από υλικοτεχνική άποψη, εναλλακτική λύση σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους αξιολόγησης των κατακόρυφων αλμάτων.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης αποδεικνύουν ότι η φορητή πλατφόρμα “K-Force” είναι ένα έγκυρο, αξιόπιστο και πρακτικό εργαλείο για τη μέτρηση της καταγραφής του ύψους και του χρόνου του κατακόρυφου άλματος με ταλάντωση (CMJ) διποδικής στήριξης, έχοντας ως μέθοδο αναφοράς το έγκυρο και αξιόπιστο “My Jump 2” application. Από εκεί προκύπτει ότι οι επαγγελματίες υγείας έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιούν αυτό το εύχρηστο εργαλείο μέτρησης σε αξιολογήσεις πεδίου. Έτσι, είναι σε θέση να αξιολογούν άμεσα και να σχεδιάζουν το πλάνο αποκατάστασης εξατομικευμένα. Τέλος, η αποδεδειγμένη πλέον εγκυρότητα και αξιοπιστία της φορητής πλατφόρμας “K-Force” επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί σε άλλες μελέτες με διαφορετικούς σκοπούς (π.χ. αξιολόγηση ισορροπίας και νευρομυϊκού ελέγχου, αύξηση επίδοσης σε αθλητές, αξιολόγηση στοιχείων της φυσικής κατάστασης όπως η μυϊκή ισχύς, η μυϊκή δύναμη, η ευκινησία) και διαφορετικό πληθυσμό (εφήβους, ηλικιωμένο και αθλητές) για τη διεξαγωγή περισσότερων αποτελεσμάτων.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

1. Blake M Ashby, Jean H Heegaard. (Dec 2002). Role of arm motion in the standing long jump. *J Biomech* 35(12):1631-7
2. Roger M. Enoka. (2019). Τρέξιμο, Άλματα και Ρίψεις. Στο: Η Νευρομηχανική της ανθρώπινης κίνησης. (σελ. 145-150). Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Κωνσταντάρας
3. S. Brent Brotzman, Robert C. Manske (2015). Λειτουργικός έλεγχος, λειτουργικές ασκήσεις και κριτήρια επιστροφής στην άθληση μετά από ανακατασκευή του ΠΧΣ. (σελ 230) & Μέτρα λειτουργικής απόδοσης και αποκατάσταση ειδική για κάθε άθλημα μετά από κακώσεις των κάτω άκρων: Οδηγός ασφαλούς επιστροφή στην άθληση. (σελ 235) Στο: Ορθοπεδική αποκατάσταση στην κλινική πράξη (2η έκδοση) . Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Κωνσταντάρας.
4. Κωνσταντίνος Α. Φουσέκης (2014). Λειτουργική αξιολόγηση αθλητών. Στο: Εφαρμοσμένη Αθλητική Φυσικοθεραπεία. (σελ. 576-578). Αθήνα: εκδόσεις BROKEN HILL
5. Vladimir M. Zatsiorsky, William J. Kraemer. (1995). Science and practice of strength training. Champaign 111.: Human Kinetics
6. Marie-Eve Isner-Horobeti, Stéphane Pascal Dufour, Philippe Vautravers, Bernard Geny, Emmanuel Coudeyre, Ruddy Richard. (Jun 2013). Eccentric exercise training: modalities, applications, and perspectives. *Sports Med.*43(6), p:483-512
7. Brian R. Umberger (Oct 1998). Mechanics of the Vertical Jump and Two-joint muscles: Implications for Training. *Strength and Conditioning* 20(5), p:70-74
8. Peter M. McGinnis (2005). Biomechanics of sport and exercise. Εκδόσεις: Human Kinetics
9. Jon M Carlock, Sarah L Smith, Michael J Hartman, Robert T Morris, Dragomir A Ciroslan, Kyle C Pierce, Robert U Newton, Everett A Harman, William A Sands, Michael H Stone (Aug 2004). The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach). *J Strength Cond Res* 18(3):534-9.
10. Kacey M. Wheeler, Audrey E. Westbrook, Brett S. Pexa, Christopher D. Johnston, Jeffrey B Taylor, Joshua Geruso, Kevin R. Ford, (Sept 2022). Kinematic Differences Between Landing Phase During Double and Single Leg Jumping Tasks. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 54(9S):p 205
11. Argyro Kotsifaki , Sam Van Rossom, Rod Whiteley, Vasileios Korakakis, Roald Bahr, Vasileios Sideri, Ilse Jonkers. (May 2022). Single leg vertical jump performance identifies knee function deficits at return to sport after ACL reconstruction in male athletes. *Br J Sports Med* 56(9)p:490-498.
12. Ebrahim Rasti,Zahra Rojhani-Shirazi, Naghmeh Ebrahimi,Mohammad Reza Sobhan(October 2022). Effects of whole-body vibration with exercise therapy versus exercise therapy alone on flexibility, vertical jump height, agility and pain in athletes with patellofemoral pain: a randomized clinical trial. *BMC Musculoskeletal Disorders* , Article number: 705 (2020)

13. Senda Sammoud, Yassine Negra, Helmi Chaabene, Raja Bouguezzi, Jason Moran, Urs Granacher (Nov 2019). The Effects of Plyometric Jump Training on Jumping and Swimming Performances in Prepubertal Male Swimmers. *J Sports Sci Med* 19;18(4):805-81
14. Helland, Christian Hole, Eirin Iversen, Erik Olsson, Monica Charlotte Seynnes, Olivier Solberg, Paul Andre, Paulsen, Goran. (Apr 2017). Training Strategies to Improve Muscle Power in Olympic style Weightlifting Relevant. *Med Sci Sports Exerc* ;49(4):736-745
15. Evelien Van Roie, Simon Walker, Stijn Van Driessche, Tijs Delabastita, Benedicte Vanwanseele, Christophe Delecluse . (Aug 2020). An age-adapted plyometric exercise program improves dynamic strength, jump performance and functional capacity in older men either similarly or more than traditional resistance training. *PLoS One*
16. James A. Major, William A Sands, Jeni Mcneal, Daniel D. Paine, Ronald Kipp (Feb 1998) Design, Construction, and Validation of a Portable One-Dimensional Force Platform. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. (12)1: 37-41
17. Baoliang Chen, Peng Liu, Feiyun Xiao, Zhengshi Liu, Yong Wang. (2017) Review of the Upright Balance Assessment Based on the Force Plate. *International Journal of Environmental Research and Public Health Review*
18. Kistler Group (2023) Force plate: <https://www.kistler.com/INT/en/force-plate/C00000113>
19. Matthew Buckthorpe, John Morris, Jonathan P. Folland. (Nov 2011). Validity of vertical jump measurement devices. *Journal of Sports Sciences* 30(1):63-9
20. A.J. Badby, P. Comfort, P.D. Mundy, J. Lake, J.J. McMahon. (July 2022). Agreement Among Countermevemt Jump Force-Time Variables Obtained from a Wireless Dual Force Plate System and an Industry Gold Standard System. 40th International Society of Biomechanics in Sports Conference
21. Kinvent Hellas, Stylianos Lykoudi, KForce Manual (2020), Kinvent
22. Špela Bogataj, Maja Pajek, Vedran Hadži'c, Slobodan Andraši'c, Johnny Padulo, Nebojša Trajkovi'c. (2020). Validity, Reliability, and Usefulness of My Jump 2 App for Measuring Vertical Jump in Primary School Children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(10): 3708
23. Bosco C., Luhtanen P., Komi P.V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 50:273–282.
24. F Bonde-Petersen. A simple force platform. (1975). *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*.34(1):51-4.
25. Ricardo Peterson Silveira, Pro Stergiou, Felipe P. Carpes, Flávio A. de S. Castro, Larry Katz & Darren J. Stefanyshyn (2016) Validity of a portable force platform for assessing biomechanical parameters in three different tasks, *Sports Biomechanics*, DOI:10.1080/14763141.2016.1213875
26. Maximiliano Torres-Banduc, Rodrigo Ramirez-Campillo, David Cristobal Andrade, Julio Calleja-González, Pantelis Theo Nikolaidis, John J. McMahon & Paul Comfort (2021) Kinematic and Neuromuscular Measures of Intensity During Drop Jumps in Female Volleyball Players, *Front Psychol*, doi: 10.3389/fpsyg.2021.724070

27. Aboodarda, Saied J., Byrne, Jeannette M., Samson, Michael Wilson, Barry D. Mokhtar, Abdul H. Behm, David G. (2014), Does Performing Drop Jumps with Additional Eccentric Loading Improve Jump Performance? *Journal of Strength and Conditioning*, DOI: 10.1519/JSC.0000000000000498
28. Keitaro Kubo and Toshihiro Ikebukuro (2019), Changes in joint, muscle, and tendon stiffness following repeated hopping exercise, *Physiol Rep*, doi: 10.14814/phy2.14237
29. J. B. Thorlund, L. B. Michalsik, K. Madsen, P. (2008), Acute fatigue-induced changes in muscle mechanical properties and neuromuscular activity in elite handball players following a handball match, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*
30. Harald Hefter, Sara Samadzadeh, Dietmar Rosenthal and Osman Tezayak (2022), Analysis of Single-Leg Hopping in Long-Term Treated Patients with Neurological Wilson's Disease: A Controlled Pilot Study, *Medicina (Kaunas)*, doi: 10.3390/medicina58020249
31. Bruno Tassignon, Ben Serrien, Kevin De Pauw, Jean-Pierre Baeyens, and Romain Meeusen (2018) Continuous Knee Cooling Affects Functional Hop Performance – A Randomized Controlled Trial *J Sports (2)*: 322–329. Published online 2018 May 14.
32. Shahnaz Hasan, Gokulakannan Kandasamy, Danah Alyahya, Aasma Alonazi, Azfar Jamal, Radhakrishnan Unnikrishnan, Hariraja Muthusamy, Amir Iqbal (2021). Effect of Resisted Sprint and Plyometric Training on Lower Limb Functional Performance in Collegiate Male Football Players: A Randomised Control Trial *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18(13), 6702
33. Argyro Kotsifaki, Vasileios Korakakis, Philip Graham-Smith, Vasileios Sideris, and Rod Whiteley (2021), Vertical and Horizontal Hop Performance: Contributions of the Hip, Knee, and Ankle, *Sports Health* doi: 10.1177/1941738120976363
34. Michael Rosengart (2023), Foot and Ankle Activation, PreHab Exercises
35. Luca Petrigna, Bettina Karsten, Giuseppe Marcolin, Antonio Paoli, Giuseppe D'Antona, Antonio Palma, Antonino Bianco (2019), A Review of Countermovement and Squat Jump Testing Methods in the Context of Public Health Examination in Adolescence: Reliability and Feasibility of Current Testing Procedures, *Frontphysiol*, DOI: 10.3389/fphys.2019.01384
36. Micah Gross and Fabian Lüthy (2020), Anaerobic Power Assessment in Athletes: Are Cycling and Vertical Jump Tests Interchangeable, *Sports (Basel)*, doi: 10.3390/sports8050060
37. Ryan M Hulteen, Natalie J Lander, Philip J Morgan, Lisa M Barnett, Samuel J Robertson, David R Lubans (2015), Validity and Reliability of Field-Based Measures for Assessing Movement Skill Competency in Lifelong Physical Activities: A Systematic Review, *Sports Med*, DOI: 10.1007/s40279-015-0357-0
38. Mina Ahmadi, Hadi Nobari, Rodrigo Ramirez-Campillo, Jorge Pérez-Gómez, Alexandre Lima de Araújo Ribeiro, Alejandro Martínez-Rodríguez (2021), Effects of Plyometric Jump Training in Sand or Rigid Surface on Jump-Related Biomechanical Variables and Physical Fitness in Female Volleyball Players, *Int J Environ Res Public Health* 18(24): 13093
39. Artur Struzik, Bogdan Pietraszewski, Jerzy Zawadzki (2014), Biomechanical Analysis of the Jump Shot in Basketball, *Journal of Human Kinetics J Hum Kinet* 42: 73–79.

40. Špela Bogataj, Maja Pajek, Slobodan Andrašić, Nebojša Trajković (2020), Concurrent Validity and Reliability of My Jump 2 App for Measuring Vertical Jump Height in Recreationally Active Adults, *Applied Science* 10(11), 3805.
41. Lamberto Villalon-Gasch, Alfonso Penichet-Tomas, SergioSebastia-Amat, Basilio PueoJose M. Jimenez-Olmedo (2022), Postactivation Performance Enhancement (PAPE) Increases Vertical Jump in Elite Female Volleyball Players, *Physical Education and Sports, Faculty of Education, University of Alicante*, 03690 Alicante, Spain *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19(1), 462
42. Kenny, Ian C., Cairealláin, Ainle Ó, Comyns, Thomas M., (2012), Validation of an Electronic Jump Mat to Assess Stretch-Shortening Cycle Function, *Journal of Strength, and Conditioning Research* 26(6): p 1601-1608
43. Michael W. Whittle (2013), Force Platform, *Encyclopedia of Forensic Sciences (Second Edition)*
44. R. Tyler Hamilton, Sandra J. Shultz, Randy J. Schmitz, David H. Perrin, (2008) Triple-Hop Distance as a Valid Predictor of Lower Limb Strength and Power *J Athl Train* 43 (2): 144–151
45. Barber, S.D., F.R.Noyes,R.E.Mangine,J.W.McCloskey,W.Hartman.(1990)Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament-deficient knees. *Clin Orthop Relat Res* 255:204–214
46. Ross,M. D.,B.Langford, and P. J.Whelan.(2002)Test-retest reliability of 4 single-leg horizontal hop tests.*J Strength Cond Res*16 (4):617–622.
47. Ishtiaq Ahmed, Sundas Ishtiaq, JPak (2021) Reliability and validity: Importance in Medical Research, *JPak Med Assoc.* 71(10):2401 2406. doi: 10.47391/JPMA.06-861
48. Anne Bruton, Joy H Conway, Stephen T Holgate (2000) Reliability: What is it, and how is it measured? Volume 86, Issue 2, Pages 94-99
49. Samira Golriz, Jeffrey J Hebert, K Bo Foreman Bruce F Walker (2012) The validity of a portable clinical force plate in assessment of static postural control: concurrent validity study, *Chiropractic & Manual Therapies*
50. Bland JM (1987), *Medical Statistics*, Oxford University Press
51. A D Harrison, K R Ford, G D Myer, T E Hewett (2009) Sex differences in force attenuation: a clinical assessment of single leg hop performance on a portable force plate. *BMJ Journals Sport Medicine*
52. Mark Walsh, Kevin R Ford, Kyle J Bangen, Gregory Myer (2006), The Validation of a Portable Force Plate for Measuring Force-Time Data During Jumping and Landing Tasks. *Journal of Strength and Conditioning Research*, December 2006 20(4):730-4
53. Andrew J. Badby, Peter D. Mundy, Paul Comfort, Jason P. Lake, John J. McMahon (2023). The Validity of Hawkin Dynamics Wireless Dual Force Plates for Measuring Countermovement Jump and Drop Jump Variables, Published: 17 May 2023, *Sensors* 2023, 23(10), 4820
54. Julia F; Gouge, Sylvain; Nussbaumer, Silvio; Stauffacher, Simone; Impellizzeri, Franco M; Maffiuletti, Nicola A. (2011) Validity and Reliability of Optojump Photoelectric Cells for

Estimating Vertical Jump Height Glatthorn, *Journal of Strength, and Conditioning Research* 25(2):p 556-560, DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d

55. Bara Alsalaheen, Jamie Haines, NCS, Amy Yorke PT, PhD, NCS , Steven P. Broglio PhD, ATC (2015) Reliability and Construct Validity of Limits of Stability Test in Adolescents Using a Portable Forceplate System, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* Volume 96, Issue 12, December 2015, Pages 2194-2200
56. Samira Golriz, Jeffrey J Hebert, K Bo Foreman, Bruce F Walker (2012) The reliability of a portable clinical force plate used for the assessment of static postural control: repeated measures reliability study, *Chiropractic & Manual Therapies*
57. Stuart N. Guppy, Yosuke Kotani, Jason P.Lake, Christopher Latella, Jodie Cochrane Wilkie, Kristina L. Kendall, and G.Gregory Haff (2022) The Agreement Between a Portable Contact-Mat and Force-Plates During Bilateral Vertical Jumps, 15(1): 632–644.

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΓΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΕ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Καλείστε να συμμετάσχετε σε μία επιστημονική έρευνα του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Ο τίτλος της έρευνας είναι “Εγκυρότητα και αξιοπιστία της φορητής πλατφόρμας “K-Force plate” με την εφαρμογή έξυπνου κινητού τηλεφώνου της δοκιμασίας του κατακόρυφου άλματος διποδικής στήριξης.”

Σκοπός της εν λόγω επιστημονικής έρευνας είναι ο έλεγχος της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας των μετρήσεων του κατακόρυφου άλματος με ταλάντωση (CMJ) ανάμεσα στην φορητή πλατφόρμα “K-Force” και του application έξυπνου κινητού τηλεφώνου “My Jump 2” στους αθλούμενους και μη, φοιτητές της φυσικοθεραπείας.

Η έρευνα διεξάγεται στο πλαίσιο εκπόνησης της πτυχιακής μας εργασίας.

Προτού συμφωνήσετε με τη συμμετοχή σας στην έρευνα, βεβαιωθείτε ότι:

- Έχετε ενημερωθεί και συναινείτε σχετικά με την επεξεργασία των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα στο πλαίσιο της εν λόγω έρευνας και ό,τι απορίες είχατε σχετικά με αυτήν απαντήθηκαν σε ικανοποιητικό βαθμό. □
- Έχετε λάβει γνώση σχετικά με την διάρκεια της έρευνας και τις διαδικασίες της, καθώς και ότι τα δεδομένα προσωπικού χαρακτήρα που σας αφορούν πρόκειται να επεξεργαστούν στο πλαίσιο της έρευνας. □
- Έχετε ενημερωθεί για τα δικαιώματά σας, όπως αυτά απορρέουν από το Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων. □
- Γνωρίζετε ότι η συμμετοχή σας στην εν λόγω επιστημονική έρευνα είναι εθελοντική. □

Μπορείτε να αποχωρήσετε από την έρευνα ανά πάσα στιγμή χωρίς καμία συνέπεια/κύρωση.

ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ

Οι ερευνητές και το Πανεπιστήμιο δεσμεύονται να τηρήσουν πλήρη εμπιστευτικότητα για όλες τις πληροφορίες που θα αποκτηθούν στο πλαίσιο της συγκεκριμένης έρευνας και οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στην ταυτοποίηση σας. Πιο συγκεκριμένα, δεδομένα που σας αφορούν θα δημοσιευτούν μόνο εφόσον υπάρχει η ρητή συγκατάθεσή σας ή είναι πλήρως ανωνυμοποιημένα.

Σας ευχαριστούμε εκ των προτέρων για την βοήθειά σας.

Έχω διαβάσει τις ανωτέρω αναφερόμενες πληροφορίες και συμφωνώ να συμμετάσχω στη συγκεκριμένη επιστημονική έρευνα.

Όνοματεπώνυμο συμμετέχοντος/ συμμετέχουσας:

Ημερομηνία:.....

Υπογραφή:.....

Σε περίπτωση που οι υπεύθυνοι ερευνητές επιθυμούν μετά το πέρας της έρευνας να δημοσιεύσουν δεδομένα προσωπικού χαρακτήρα που με αφορούν:

Συναινώ

Δε συναινώ