

Κεφάλαιο 5: Μέθοδοι Κινητικής ανάλυσης

Σύνοψη

Το δυναμοδάπεδο ή πλατφόρμα αντίδρασης της δύναμης είναι ένα όργανο το οποίο καταγράφει τη δύναμη αντίδρασης του εδάφους, όταν το σώμα έρθει σε επαφή με αυτό. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της παραμόρφωσης ειδικών αισθητήρων. Η δύναμη αντίδρασης του εδάφους αναλύεται σε τρεις συνιστώσες: την κατακόρυφη, την πλάγια και την οριζόντια, ενώ υπολογίζονται οι συντεταγμένες του κέντρου πίεσης. Το πρωτόκολλο καταγραφής καθώς και οι μεταβλητές που εξετάζονται, εξαρτώνται από το είδος της κίνησης που μελετάται. Παρουσιάζονται αναλυτικά τρία παραδείγματα ανάλυσης με πλατφόρμα αντίδρασης: η βάδιση, το κατακόρυφο άλμα και η ισορροπία στην όρθια στάση. Ο πελματογράφος είναι ένα σύστημα καταγραφής των πιέσεων που ασκούνται στο πέλμα κατά τη στήριξη. Διακρίνονται δύο είδη πελματογράφων: η πλατφόρμα και οι σόλες πίεσης. Ανάλογα με το σκοπό και το είδος της κίνησης που εξετάζεται, το πελματογράφημα μπορεί να ονομάζεται στατικό ή δυναμικό. Το στατικό πελματογράφημα αφορά τη μελέτη των πελματικών πιέσεων κατά την όρθια στάση. Το δυναμικό πελματογράφημα αναφέρεται, κυρίως, στην ανάλυση των πελματικών πιέσεων κατά τη βάδιση. Τέλος, οι πελματογράφοι χρησιμοποιούνται για την ανάλυση ισορροπίας σε διάφορες στάσεις του σώματος.

Προαπαιτούμενη γνώση

Για την κατανόηση του κεφαλαίου αυτού απαιτείται η στοιχειώδης γνώση των βασικών νόμων της κίνησης, όπως παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4. Σχετικά συγγράμματα τα οποία μπορούν να εμπλουτίσουν τη γνώση αναφορικά με το προαναφερόμενο αντικείμενο είναι: Κόλλιας Η. (2002) Βιοκινητική της αθλητικής κίνησης, Εκδόσεις Χριστοδουλίδης και Hamill J., Knutzen K. M. (2007) Βασική Βιο-μηχανική της ανθρώπινης κίνησης, Εκδόσεις Πασχαλίδης.

Στόχοι κεφαλαίου

Μετά την ανάγνωση αυτού του κεφαλαίου θα είστε σε θέση να:

- Κατανοήσετε τον τρόπο καταγραφής των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους με τη χρήση δυναμοδαπέδων.
- Σχεδιάσετε και να εφαρμόσετε ένα πρωτόκολλο καταγραφής δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους κατά την εκτέλεση μιας κίνησης.
- Να αναπτύξετε ένα βασικό πρωτόκολλο εμβιομηχανικής ανάλυσης κατά την όρθια στάση και τη βάδιση με δυναμοδάπεδο ή πελματογράφο.

1. Εισαγωγή

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Κεφάλαιο 4, η ανθρώπινη κίνηση είναι το αποτέλεσμα της εφαρμογής πολλών δυνάμεων. Οι μύες παράγουν δυνάμεις και προκαλούν την περιστροφή των μελών γύρω από τις αρθρώσεις. Ωστόσο το σώμα δέχεται δυνάμεις και από το εξωτερικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, η συνεχής επίδραση της βαρύτητας της γης «αναγκάζει» το σώμα να έρχεται σε συνεχή επαφή με το έδαφος.

Σύμφωνα με το νόμο της δράσης - αντίδρασης, κατά την επαφή με το έδαφος, το σώμα ασκεί δύναμη στο έδαφος και δέχεται την αντίδραση του εδάφους. Ο τρόπος εφαρμογής των δυνάμεων αυτών είναι καθοριστικός για την εξέλιξη της κίνησης. Για αυτόν τον λόγο η καταγραφή των δυνάμεων αντίδρασης αποτελεί βασικό τμήμα της πειραματικής μελέτης της ανθρώπινης κίνησης.

2. Δυναμοδάπεδο

2.1. Κατασκευαστικά στοιχεία

Το δυναμοδάπεδο ή πλατφόρμα αντίδρασης της δύναμης είναι ένα όργανο το οποίο καταγράφει τις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους, όταν το σώμα έρθει σε επαφή με αυτό. Αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά όργανα της εμβιομηχανικής και του κλάδου της κινητικής, ειδικότερα.



Εικόνα 5.1: Το δυναμοδάπεδο.

Το δυναμοδάπεδο έχει σχήμα ορθογώνιου παραλληλόγραμμου (Εικόνα 5.1). Εξωτερικά αποτελείται από δύο μεταλλικές πλάκες, ενώ εσωτερικά αποτελείται από ένα κύκλωμα αισθητήρων δύναμης (Bartlett, 1997). Οι αισθητήρες αυτοί μπορεί να είναι ηλεκτρικά ελάσματα, αισθητήρες πιεζοαντίστασης και πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι. Με την εφαρμογή μιας δύναμης πάνω στην πλατφόρμα προκαλείται μεταβολή του σχήματος (στην περίπτωση του αισθητήρα πιεζοαντίστασης) ή του ηλεκτρικού φορτίου (στην περίπτωση των πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων), η οποία καταγράφεται ως αλλαγή της τάσης του ρεύματος και η οποία είναι ανάλογη του μεγέθους της εξωτερικά εφαρμοζόμενης δύναμης (Robertson, Caldwell, Hammill, Kamen, & Whittlesey, 2004).

Τα δυναμοδάπεδα μπορούν να διακριθούν με βάση το είδος του αισθητήρα σε δύο τύπους: αυτά με πιεζοηλεκτρικές αντιστάσεις και αυτά με πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους. Τα δυναμοδάπεδα με πιεζοηλεκτρικές αντιστάσεις χρησιμεύουν για την καταγραφή δυνάμεων κατά την εκτέλεση αργών κινήσεων, αλλά είναι λιγότερο ευαίσθητα σε γρήγορες κινήσεις. Αντίθετα, τα δυναμοδάπεδα με πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους είναι πιο ευαίσθητα και, επομένως, καταλληλότερα για την καταγραφή δυνάμεων κατά την εκτέλεση γρήγορων κινήσεων (π.χ. κρούσεων). Ωστόσο υστερούν στις καταγραφές δυνάμεων για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Από τις εμπορικά διαθέσιμες πλατφόρμες, οι πλατφόρμες τύπου Kistler (Kistler AG Winterthur Switzerland, 2014) λειτουργούν με πιεζοκρυστάλλους, ενώ οι πλατφόρμες τύπου AMTI (AMTI Watertown, 2014) και Bertec (Bertec Corp. Columbus, 2014) φέρουν πιεζο-ηλεκτρικές αντιστάσεις (Robertson et al., 2004).



Εικόνα 5.2: Μονοαξονικό δυναμοδάπεδο.

Η πιο απλή μορφή ενός δυναμοδαπέδου είναι το μονοαξονικό δυναμοδάπεδο (Εικόνα 5.2). Πρόκειται για μια πλατφόρμα που διαθέτει έναν αισθητήρα, ο οποίος τοποθετείται στο κέντρο της και μπορεί να καταγράψει μόνο την κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης του εδάφους. Για το λόγο αυτό η χρήση της συγκεκριμένης πλατφόρμας περιορίζεται, κυρίως, στην αξιολόγηση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας.

Τα σύγχρονα δυναμοδάπεδα διαθέτουν τέσσερις αισθητήρες, οι οποίοι βρίσκονται στις τέσσερις γωνίες της πλατφόρμας. Όταν ένα σώμα έρθει σε επαφή με την πλατφόρμα, τότε ο κάθε αισθητήρας καταγράφει την παραμόρφωση μέσω αλλαγής της τάσης του. Ο συνδυασμός των τάσεων από όλους τους αισθητήρες επιτρέπει την καταγραφή οκτώ μεταβλητών:

- *Τρεις δυνάμεις:* Η εφαρμοζόμενη δύναμη αναλύεται σε τρεις συνιστώσες, την κατακόρυφη (F_z), την οριζόντια (F_y) και την πλάγια (F_x).
- *Συντεταγμένες του κέντρου πίεσης:* Η πλατφόρμα διαθέτει ένα σύστημα συντεταγμένων το οποίο χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ακριβή θέση εφαρμογής οποιασδήποτε δύναμης που εφαρμόζεται επάνω της. Το σημείο εφαρμογής της συνισταμένης δύναμης (κέντρο πίεσης) περιγράφεται με δύο συντεταγμένες (X , Y) στο επίπεδο του δυναμοδαπέδου.
- *Τρεις ροπές:* Η πλατφόρμα υπολογίζει τις αντίστοιχες ροπές των δυνάμεων (P_z , P_x και P_y) ως προς το κέντρο της πλατφόρμας.

Οι πιο συνηθισμένες μεταβλητές οι οποίες χρησιμοποιούνται συχνότερα για την εμβιομηχανική ανάλυση των κινήσεων είναι οι δυνάμεις F_z , F_x και F_y (Εικόνα 5.3) και οι συντεταγμένες X και Y του κέντρου πίεσης. Με βάση αυτά τα στοιχεία είναι εφικτός ο υπολογισμός της επιτάχυνσης του κέντρου μάζας, του έργου και της ισχύος κατά την εκτέλεση διάφορων αθλητικών κινήσεων. Όταν συνδυαστούν τα δεδομένα της πλατφόρμας με τα κινηματικά χαρακτηριστικά της κίνησης και τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου, τότε είναι εφικτός ο υπολογισμός των ροπών που ασκούνται γύρω από τις αρθρώσεις με τη χρήση της τεχνικής της αντίστροφης δυναμικής.



Εικόνα 5.3: Δυνάμεις (F_z , F_x , F_y) και οι ροπές (M_z , M_x , M_y) οι οποίες καταγράφονται από ένα δυναμοδάπεδο κατά τη φάση στήριξης της βάρδισης.

2.2. Εγκατάσταση της πλατφόρμας

Η διαδικασία καταγραφής των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους με ένα δυναμοδάπεδο είναι σχετικά απλή. Η αρχική τοποθέτηση και βαθμονόμηση της πλατφόρμας είναι κομβικής σημασίας για την εγκυρότητα και αξιοπιστία των μετρήσεων για τις οποίες θα χρησιμοποιηθεί.

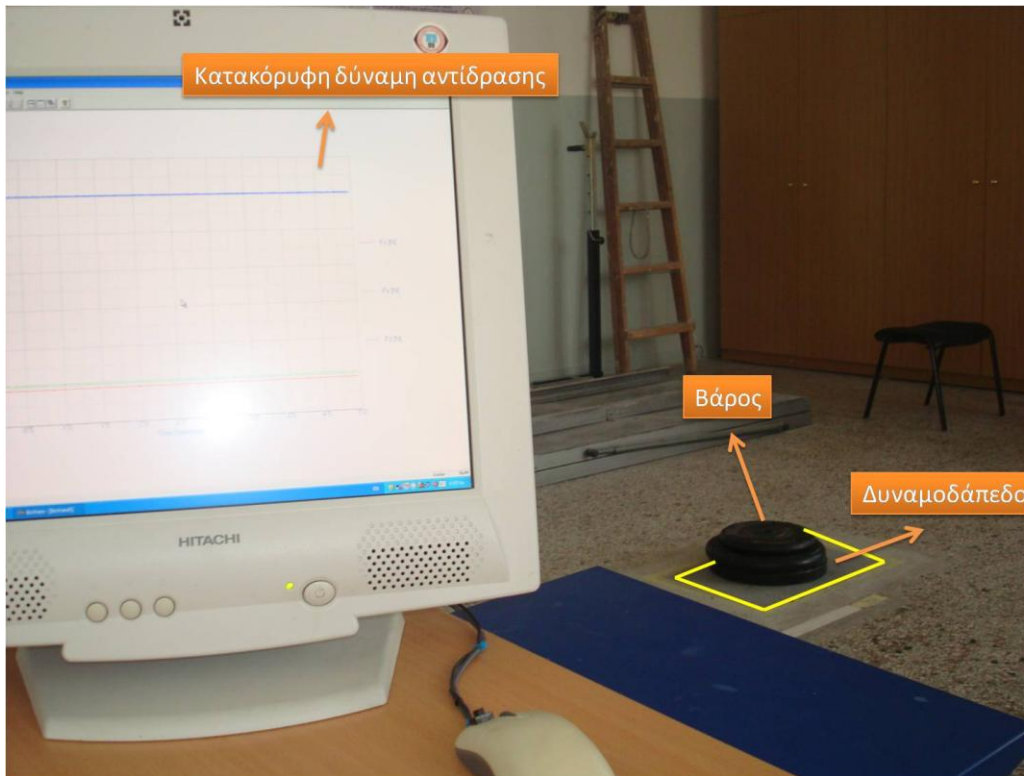
Επειδή οι αισθητήρες καταγραφής της δύναμης είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι σε μικρο-δονήσεις, είναι απαραίτητη η σταθεροποίηση της πλατφόρμας στο έδαφος. Αυτό, συνήθως, επιτυγχάνεται με τρία βήματα:

- Η πλατφόρμα τοποθετείται σε ισόγειο χώρο, ώστε να αποφεύγονται οι δονήσεις που δημιουργούνται λόγω των ταλαντώσεων του πατώματος.
- Χρησιμοποιείται μια ειδική μεταλλική βάση (πλαίσιο ανάρτησης).
- Η μεταλλική βάση σταθεροποιείται με κράμα μπετόν, ώστε να εξασφαλιστεί η οριζόντιωση και η υψηλή ακαμψία.

Η τοποθέτηση της πλατφόρμας είναι τέτοια που δεν επιτρέπει τη συνεχή μετακίνησή της. Για το λόγο αυτό η αρχική επιλογή του σημείου τοποθέτησής της είναι κριτικής σημασίας. Η τοποθεσία ποικίλλει ανάλογα με τη χρήση. Συνήθως, η πλατφόρμα τοποθετείται στο μέσο ενός διαδρόμου 10-12 μέτρων, ώστε να είναι εφικτή η μελέτη δυναμικών κινήσεων, όπως η βάρδιση ή το άλμα σε μήκος. Επιπλέον, τοποθετείται στο κέντρο του διαθέσιμου χώρου, ώστε να είναι εφικτή η ταυτόχρονη καταγραφή των κινήσεων από βιντεοκάμερες ή οπτο-ηλεκτρονικά συστήματα.

Ο τρόπος τοποθέτησης της πλατφόρμας ορίζει και τη φορά των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους στον περιβάλλοντα χώρο. Συνεπώς, κατά την τοποθέτηση θα πρέπει να επιβεβαιωθεί ο τρόπος με τον οποίο καταγράφονται οι δυνάμεις αντίδρασης σε κάθε άξονα. Επειδή η οριζόντια και η πλάγια δύναμη αντίδρασης

εμφανίζουν αρνητικές και θετικές τιμές ανάλογα με τη φορά της κίνησης, θα πρέπει να αντιστοιχιστεί το πρόσημο της δύναμης με τη φορά της κίνησης του ατόμου.



Εικόνα 5.4: Εφαρμογή διαδοχικών βαρών στο δυναμοδάπεδο.

Η βαθμονόμηση της πλατφόρμας, συνήθως, πραγματοποιείται από τους κατασκευαστές πριν την τοποθέτησή της. Όμως, μετά την αρχική τοποθέτησή της και σε τακτικά χρονικά διαστήματα μπορούν να εκτελεστούν ορισμένες ενέργειες, για να διαπιστωθεί η εύρυθμη λειτουργία της:

- Καταγραφή των δυνάμεων αντίδρασης τουλάχιστον σε στατική μορφή. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή δυνάμεων διαδοχικά αυξανόμενης έντασης (π.χ. μπάρες αυξανόμενου βάρους), ώστε να διαπιστωθεί, εάν υπάρχουν παρεκκλίσεις ανάμεσα στις πραγματικές δυνάμεις και σε αυτές που παρέχει η πλατφόρμα (Εικόνα 5.4).
- Έλεγχος της δυνατότητας καταγραφής της ίδιας δύναμης σε όλη την επιφάνεια της πλατφόρμας: Μπορεί να εφαρμοστεί το ίδιο εξωτερικό βάρος σε διαφορετικές θέσεις της πλατφόρμας και να εξεταστεί, εάν η καταγραφόμενη δύναμη αντίδρασης είναι η ίδια.
- Έλεγχος της καταγραφής του κέντρου πίεσης: Τοποθετείται ένα βάρος σε διαφορετικές θέσεις πάνω στο δυναμοδάπεδο. Στη συνέχεια γίνεται αντιπαραβολή των συντεταγμένων του κέντρου πίεσης με την πραγματική θέση του βάρους.
- Έλεγχος του «cross-talk»: Ως «cross talk» ορίζεται η λανθάνουσα μετάδοση σήματος ανάμεσα στις τρεις συνιστώσες της κατακόρυφης δύναμης. Για παράδειγμα, ελέγχεται εάν με την εφαρμογή ενός βάρους στον κατακόρυφο άξονα το σύστημα καταγράφει δυνάμεις μόνο σ' αυτόν τον άξονα. Ο πλήρης έλεγχος της πλατφόρμας πραγματοποιείται από τον κατασκευαστή με ειδικό μηχανισμό.

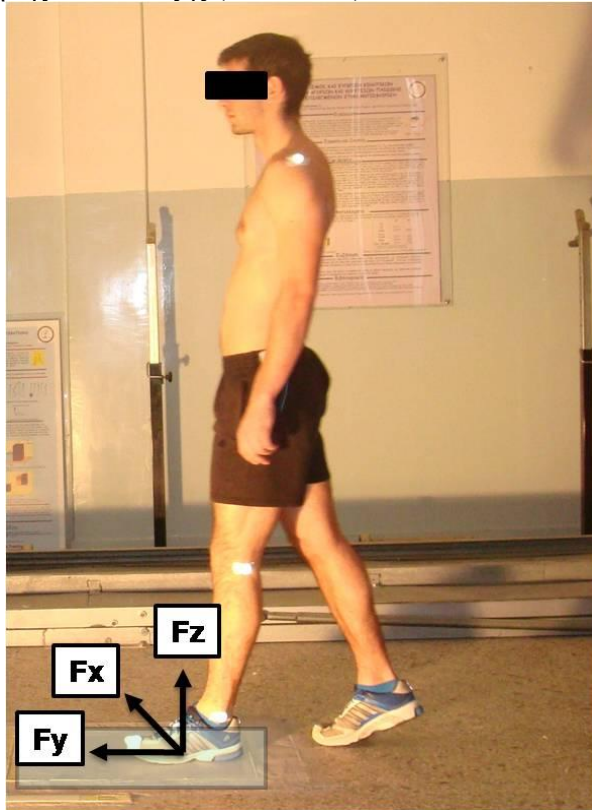
Το σήμα από το δυναμοδάπεδο μεταφέρεται σε έναν ενισχυτή φορτίου, ενισχύεται και μετατρέπεται σε ανάλογη τάση. Στη συνέχεια το αναλογικό σήμα μετατρέπεται σε ψηφιακή μορφή μέσω μιας ειδικής κάρτας και καταγράφεται από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ακολουθεί η ψηφιακή επεξεργασία των δεδομένων με τη χρήση ειδικού λογισμικού προγράμματος.

2.3. Διαδικασία καταγραφής

Η διαδικασία καταγραφής εξαρτάται από την κίνηση η οποία εξετάζεται. Στη συνέχεια παρουσιάζονται πρωτόκολλα καταγραφής από τρεις αντιπροσωπευτικές κινήσεις: τη βάδιση, το κατακόρυφο άλμα και την ισορροπία στην όρθια στάση.

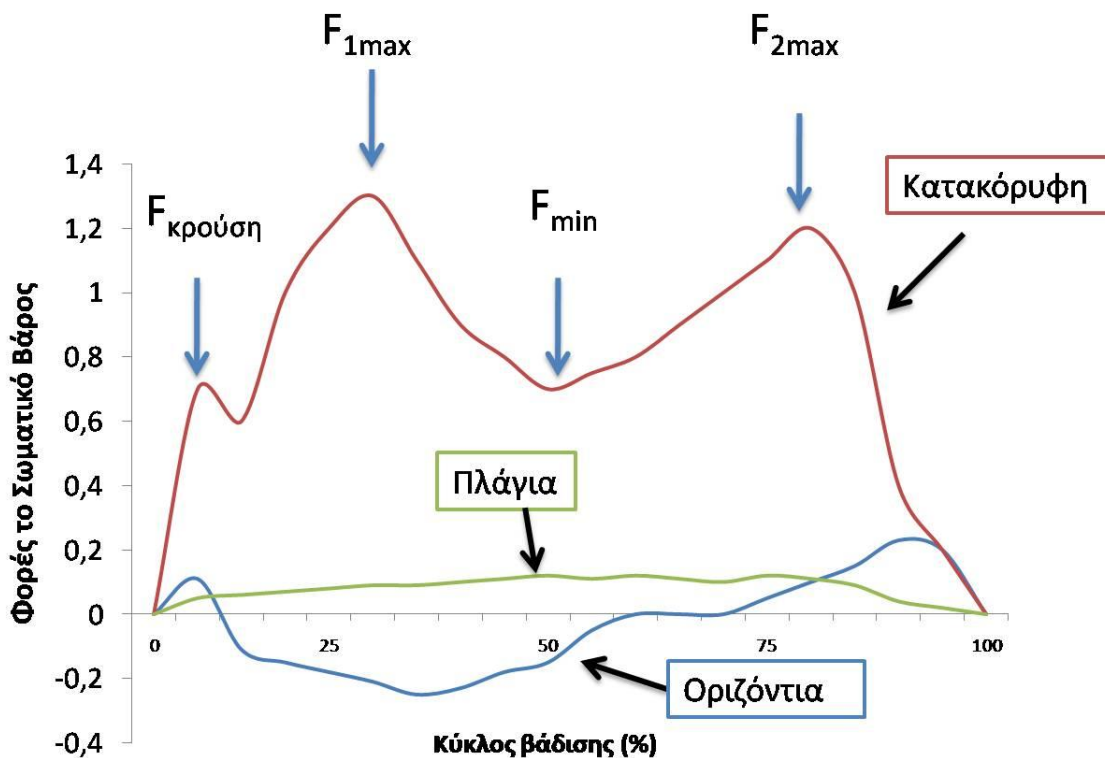
2.3.1. Βάδιση

Η ανάλυση της βάδισης συνίσταται στην καταγραφή των δυνάμεων αντίδρασης καθώς το άτομο εκτελεί ένα διασκελισμό και έρχεται σε επαφή με την πλατφόρμα (Harris & Wertsch, 1994). Εάν χρησιμοποιείται ένα δυναμοδάπεδο, τότε καταγράφεται η φάση στήριξης της βάδισης μόνο στο ένα πόδι. Τα βήματα καταγραφής της κίνησης είναι τα εξής (Εικόνα 5.5):



Εικόνα 5.5: Απεικόνιση των δυνάμεων αντίδρασης κατά τη βάδιση.

- Οριοθετείται ένας διάδρομος 10 έως 12 μέτρων κατά μήκος του οποίου πραγματοποιείται η βάδιση. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ότι η βάδιση του ατόμου πραγματοποιείται με φυσιολογικό τρόπο.
- Η πλατφόρμα τοποθετείται στο μέσο του διαδρόμου, ώστε να δίνεται ο απαιτούμενος χρόνος στον εξεταζόμενο να αναπτύξει τη φυσιολογική βάδισή του πριν πατήσει στην πλατφόρμα.
- Πριν την έναρξη της καταγραφής, γίνεται η καταγραφή του σωματικού βάρους ζητώντας από το άτομο να λάβει όρθια χαλαρή στάση πάνω στην πλατφόρμα. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει την αυτόματη σχετικοποίηση των καταγεγραμμένων δυνάμεων ως προς το σωματικό βάρος.
- Εκτελείται ένας αριθμός δοκιμαστικών προσπαθειών, ώστε το άτομο να εξοικειωθεί με το περιβάλλον και να συντονίζει τον τρόπο βάδισής του προκειμένου, όταν πλησιάζει την πλατφόρμα, η στήριξή του να γίνεται με όλο το πέλμα.
- Πραγματοποιείται το κυρίως πρωτόκολλο με προσπάθειες βάδισης με το ένα πέλμα. Αφού ελεγχθεί η καταγραφή των δυνάμεων από το σύστημα, επαναλαμβάνεται η βάδιση με πάτημα στο αντίθετο πέλμα.
- Συνίσταται ένας ελάχιστος αριθμός 7 έως 10 προσπάθειες, ώστε να μειωθεί η μεταβλητότητα των μετρήσεων.



Εικόνα 5.6: Τυπικό παράδειγμα δυνάμεων αντίδρασης κατά τη βόδιση. Διακρίνεται η δύναμη κρούσης ($F_{\text{κρούση}}$), το πρώτο ($F_{1\text{max}}$) και το δεύτερο μέγιστο ($F_{2\text{max}}$) και το τοπικό ελάχιστο (F_{min}).

Η ανάλυση δεδομένων κατά τη διάρκεια της βόδισης βασίζεται στη γραφική απεικόνιση των σχέσεων δύναμης αντίδρασης και χρόνου σε κάθε άξονα (Εικόνα 5.6). Σε καθεμία από αυτές τις γραφικές συναρτήσεις ανιχνεύονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές ως εξής (Carrozzo, 1984· Kellis & Arampatzi, 2009):

Στον κατακόρυφο άξονα (Z):

- Δύναμη κρούσης ($F_{\text{κρούση}}$), η οποία εκφράζει την αρχική κρούση του πέλματος στο έδαφος.
- Πρώτο μέγιστο ($F_{1\text{max}}$), το οποίο εκφράζει την κύρια φάση της απορρόφησης της δύναμης κατά την αρχική στήριξη του πέλματος.
- Ελάχιστο (F_{min}), το οποίο εκφράζει τη φάση της «υποχώρησης» της δύναμης κατά τη μέση στήριξη του πέλματος.
- Δεύτερο μέγιστο ($F_{2\text{max}}$), το οποίο εκφράζει την κύρια φάση της ώθησης κατά την απογείωση του πέλματος.

Στον οριζόντιο άξονα (Y) (Εικόνα 5.7):

- Η μέγιστη οπίσθια δύναμη, η οποία αναφέρεται στην αρχική φάση της κρούσης.
- Η μέγιστη πρόσθια δύναμη, η οποία αναφέρεται στην τελική φάση της ώθησης.

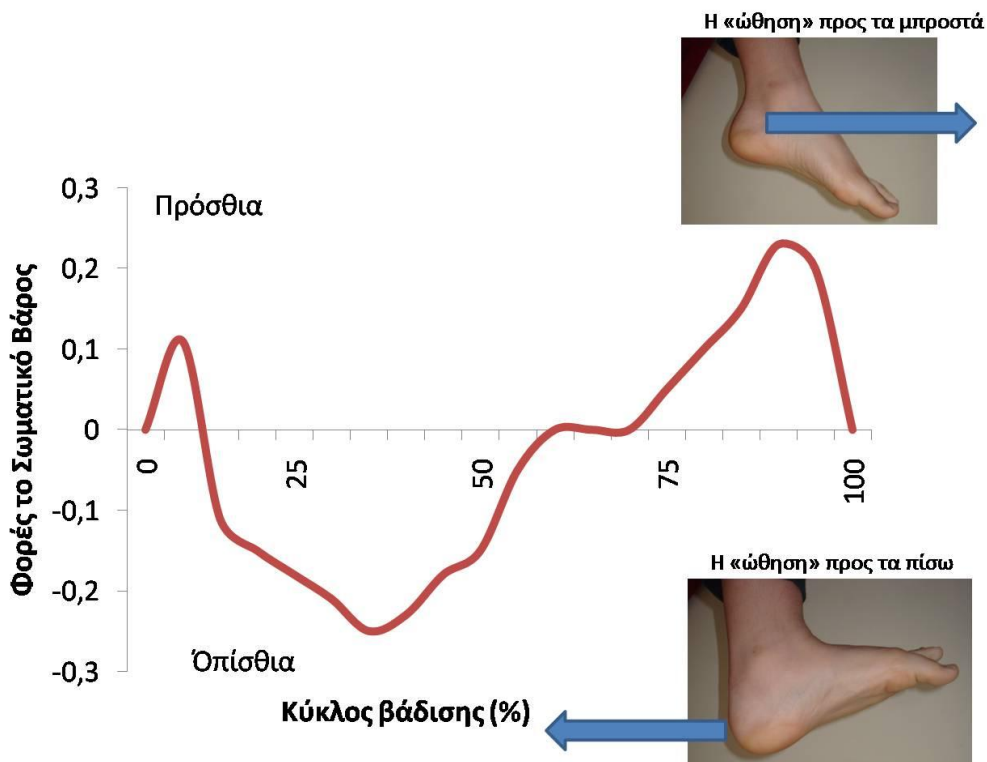
Στον πλάγιο άξονα (X):

- Η μέγιστη δύναμη στην έσω πλευρά.
- Η μέγιστη δύναμη στην έξω πλευρά.

Οι δυνάμεις μπορούν να σχετικοποιηθούν ως προς το σωματικό βάρος, ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση ανάμεσα σε διαφορετικά άτομα. Η κατακόρυφη δύναμη έχει μεγαλύτερη τιμή, η οποία φτάνει τιμές ίσες με 1.3 φορές το σωματικό βάρος. Οι υπόλοιπες δυνάμεις εμφανίζουν πολύ μικρότερο μέτρο, με τιμές οι οποίες είναι μικρότερες από 0.5 φορές το σωματικό βάρος.

Η ταχύτητα της βόδισης έχει σημαντική επίδραση στις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους, αφού επηρεάζει τα χωρο-χρονικά χαρακτηριστικά της κίνησης. Επομένως, η επιλογή της ταχύτητας βόδισης του εξεταζόμενου είναι κριτικής σημασίας για την ερμηνεία της εξέτασης. Εδώ υπάρχουν διαφορετικές απόψεις για τον έλεγχο της ταχύτητας. Εάν ο στόχος είναι η μελέτη της βόδισης κατά τη φυσιολογική βόδιση ενός ατόμου, τότε η εξέταση γίνεται αφήνοντας τον εξεταζόμενο να περπατήσει με το δικό του ρυθμό. Εάν ο στόχος είναι η

σύγκριση της βάρδισης μεταξύ διαφορετικών ατόμων ή μεταξύ διαφορετικών χρονικών στιγμών, τότε η εξέταση γίνεται σε καταστάσεις ελεγχόμενης ταχύτητας (με τη χρήση ενός μετρονόμου).



Εικόνα 5.7: Δυνάμεις στον οριζόντιο άξονα κατά τη βάρδιση.

2.3.2. Κατακόρυφο άλμα

Η αξιολόγηση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας με δυναμοδάπεδο αποτελεί μια συνηθισμένη εξέταση ρουτίνας αθλητών και αθλητριών. Τα συνηθέστερα είδη αλμάτων που εξετάζονται είναι τριών ειδών (Εικόνα 5.8): το άλμα από θέση ημικαθίσματος (Squat jump), το άλμα με αντίθετη προπαρασκευαστική κίνηση (Counter movement jump) και το άλμα βάθους (Drop jump).



Άλμα από ημικάθισμα



Άλμα με αντίθετη κίνηση

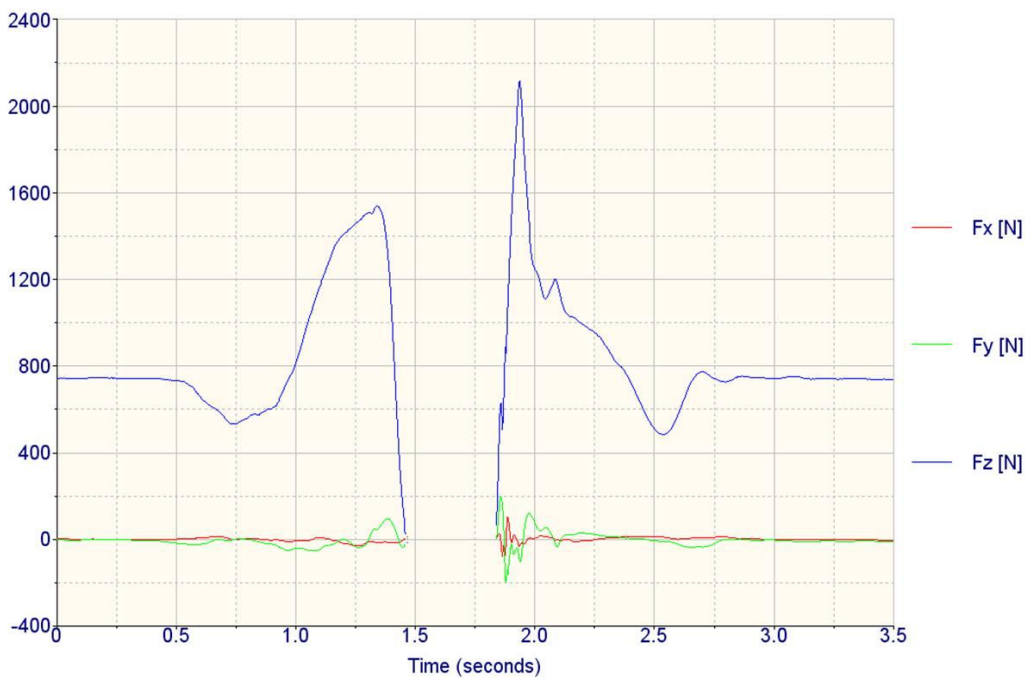


Άλμα βάθους

Εικόνα 5.8: Είδη αλμάτων σε πλατφόρμα: το άλμα από θέση ημικάθισματος (*Squat Jump*), το άλμα με αντίθετη προπαρασκευαστική κίνηση (*Counter Movement Jump*) και το άλμα βάθους (*Drop Jump*).

Τα βήματα καταγραφής της κίνησης είναι τα εξής (Adamec, Novotny, & Vaverka, 1998):

- Πριν την έναρξη της καταγραφής, γίνεται η καταγραφή του σωματικού βάρους, ζητώντας από το άτομο να λάβει όρθια χαλαρή στάση πάνω στην πλατφόρμα. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει την αυτόματη σχετικοποίηση των καταγεγραμμένων δυνάμεων ως προς το σωματικό βάρος (Εικόνα 5.9). Εάν η πλατφόρμα μηδενιστεί μετά την καταγραφή του σωματικού βάρους, τότε είναι εφικτός και ο αυτόματος υπολογισμός του ύψους πτήσης και της ταχύτητας απογείωσης (Εικόνα 5.10).
- Για την εκτέλεση του στατικού άλματος, το άτομο λαμβάνει θέση αφετηρίας πάνω στην πλατφόρμα με κάμψη των γονάτων 90° και τα χέρια στη μεσολαβή. Από τη θέση αυτή πραγματοποιεί κατακόρυφο άλμα λαμβάνοντας την οδηγία να εκτελέσει το άλμα «όσο πιο δυνατά και γρήγορα γίνεται». Η προσγείωση πραγματοποιείται με τα πόδια τεντωμένα και χωρίς να υπάρχει οριζόντια μετατόπιση.
- Εκτελείται ένας αριθμός δοκιμαστικών προσπαθειών, ώστε το άτομο να εξοικειωθεί με την κίνηση.
- Κατόπιν γίνεται η λήψη της κανονικής προσπάθειας. Συστήνεται ένας ελάχιστος αριθμός 3 έως 5 προσπαθειών, ώστε να μειωθεί η μεταβλητότητα των μετρήσεων.



Εικόνα 5.9: Κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης κατά την εκτέλεση ενός κατακόρυφου άλματος με αντίθετη κίνηση των χεριών. Η τιμή της δύναμης στην αφετηρία οφείλεται στην επίδραση της βαρύτητας.

Επειδή η κίνηση του σώματος κατά την εκτέλεση του κατακόρυφου άλματος πραγματοποιείται στον κατακόρυφο άξονα, οι δυνάμεις στους άλλους άξονες δεν εξετάζονται. Επομένως, η ανάλυση του άλματος βασίζεται στην καμπύλη της κατακόρυφης δύναμης – αντίδρασης (GRFz) και του χρόνου. Συγκεκριμένα, η GRFz δίνεται από τη σχέση (Bosco, Luntanen, & Komi, 1983):

$$GRF_z = B + T + m \cdot a_{KM}$$

όπου B = σωματικό βάρος, m = μάζα, a_{zKM} = κατακόρυφη επιτάχυνση του ΚΜ.

Επειδή κατά την εκτέλεση του άλματος η τριβή θεωρείται αμελητέα, ενώ το σωματικό βάρος έχει ήδη καταγραφεί και αφαιρεθεί από τη μέτρηση, η εξίσωση απλοποιείται ως εξής:

$$GRF_z = m \cdot a_{KM}$$

Εφόσον το άτομο στην αφετηρία έχει μηδενική ταχύτητα, το ολοκλήρωμα της εξίσωσης ως προς το χρόνο επιτρέπει τον υπολογισμό της ταχύτητας απογείωσης του κέντρου μάζας του σώματος ως εξής (V_{KM}):

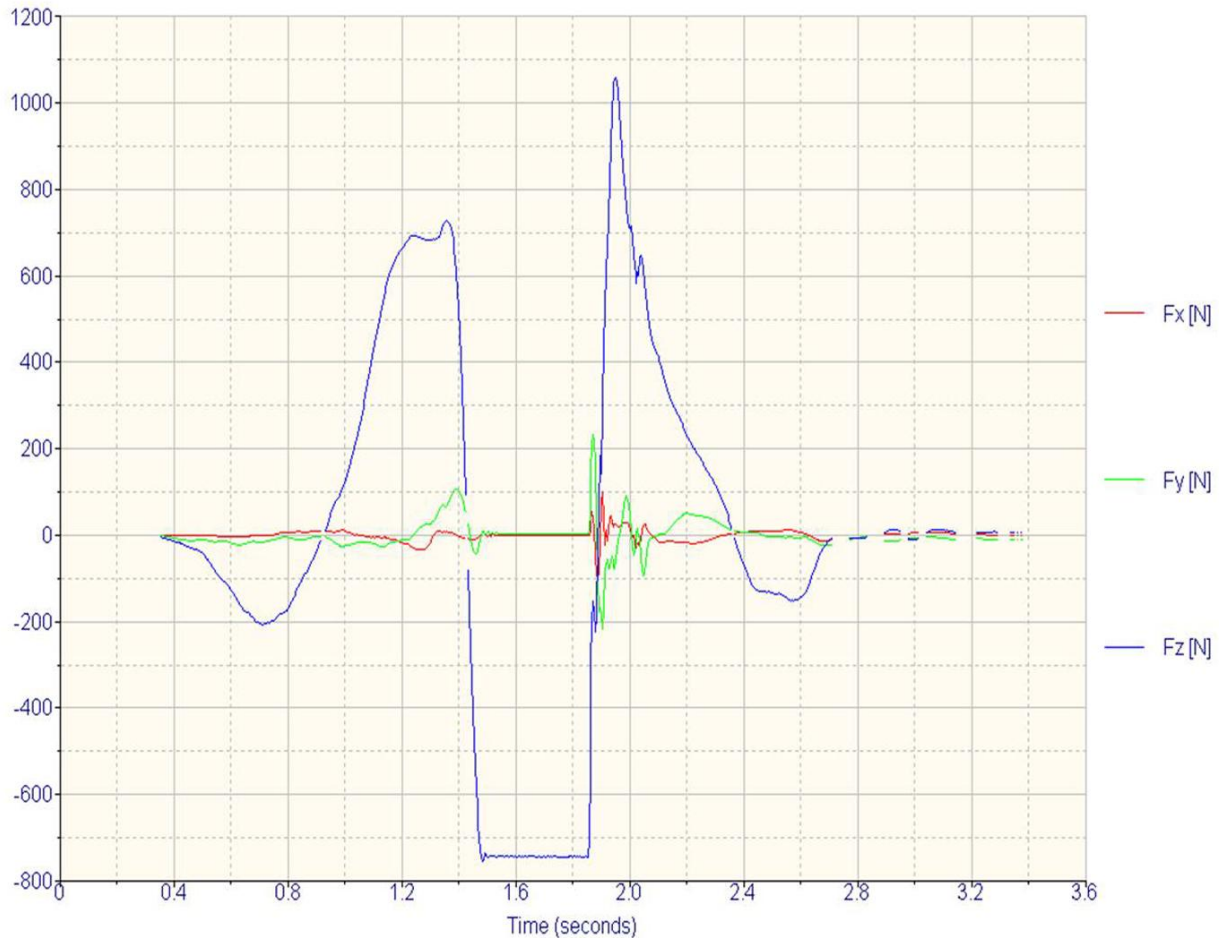
$$\int_0^t GRF_z dt = m \cdot V_{KM}$$

Στη συνέχεια υπολογίζονται το ύψος πτήσης (H), η μηχανική ισχύς (P) και το μηχανικό έργο (W) ως εξής:

$$H = V_{KM}^2 / 2g$$

$$P = GRF_z \cdot V_{KM}$$

$$W = \int_0^T P$$

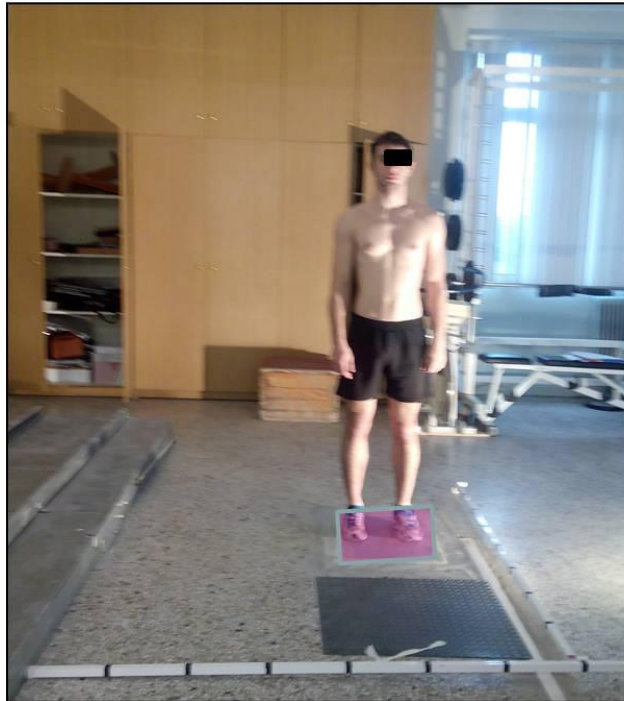


Εικόνα 5.10: Κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης κατά την εκτέλεση ενός κατακόρυφου άλματος με αντίθετη κίνηση των χεριών. Όταν το άτομο έλαβε την αρχική θέση, η πλατφόρμα μηδενίστηκε, ώστε να εξαλειφθεί η επίδραση της δύναμης της βαρύτητας στη δύναμη αντίδρασης. Παρατηρείται μια αρχική πτώση της δύναμης (υποχωρητική – προπαρασκευαστική φάση), η οποία ακολουθείται από τη φάση της ώθησης.

2.3.3. Ισορροπία στην όρθια στάση

Η ανάλυση της ισορροπίας στην όρθια στάση συνίσταται στην καταγραφή του κέντρου πίεσης, όταν το άτομο στέκεται πάνω στην πλατφόρμα για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση αυτή η διαδικασία έχει ως εξής (Ekdahl, Jarnlo, & Andersson, 1989):

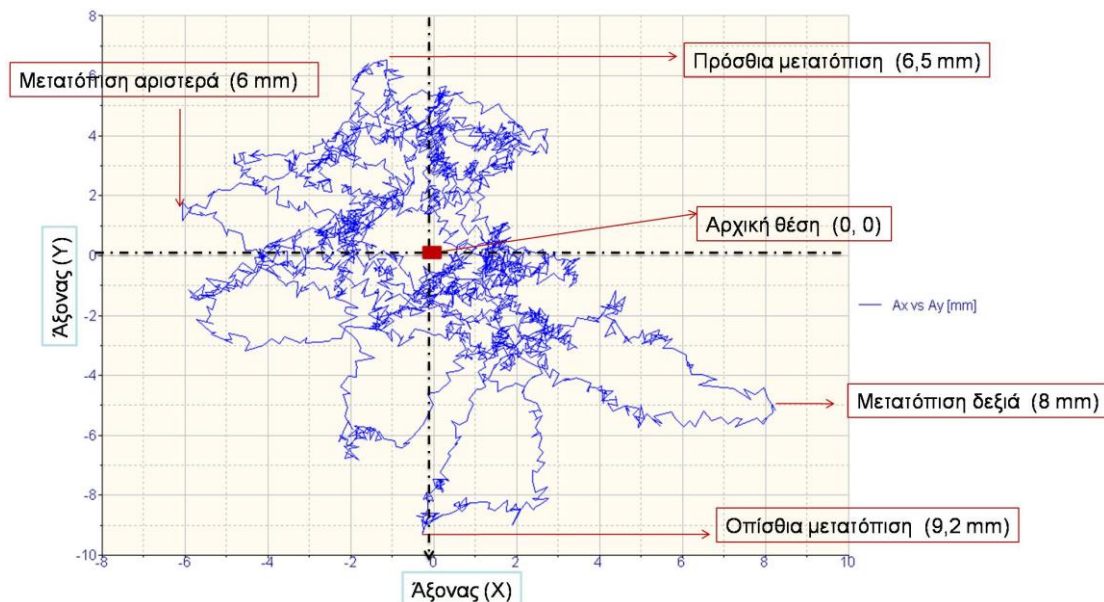
- Ο εξεταζόμενος λαμβάνει θέση αφετηρίας πάνω στην πλατφόρμα με τα πόδια του ανοιχτά, στο άνοιγμα των ώμων, και παράλληλα μεταξύ τους. Τα χέρια του είναι χαλαρά και εφάπτονται στον κορμό. Η εξέταση πραγματοποιείται χωρίς παπούτσια, κοιτώντας ευθεία μπροστά (Εικόνα 5.11).
- Ο εξεταζόμενος διατηρεί τη θέση αυτή για ένα χρονικό διάστημα που κυμαίνεται από 10 έως 60 δευτερόλεπτα.
- Εκτελείται ένας αριθμός δοκιμαστικών προσπαθειών, ώστε το άτομο να εξοικειωθεί με την κίνηση.
- Κατόπιν γίνεται η λήψη της κανονικής προσπάθειας. Συστήνεται ένας ελάχιστος αριθμός από 3 έως 5 προσπάθειες, ώστε να μειωθεί η μεταβλητότητα των μετρήσεων.



Εικόνα 5.11: Τυπική θέση του εξεταζομένου κατά την αξιολόγηση της ισορροπίας στην όρθια στάση.

Η ανάλυση ισορροπίας, κυρίως, συνίσταται στην καταγραφή της θέσης του κέντρου πίεσης στο σύστημα αναφοράς της πλατφόρμας (Εικόνα 5.12). Οι βασικές μεταβλητές που αξιολογούνται είναι (Amiridis, Hatzitaki, & Arabatzi, 2003):

- Η μέγιστη μετατόπιση του κέντρου πίεσης στον οριζόντιο και τον κατακόρυφο άξονα, η οποία εκφράζει το μέγεθος της μετατόπισης του κέντρου πίεσης κατά τη διάρκεια μιας προσπάθειας (δηλαδή, το μέγεθος της ταλάντωσης του σώματος).
- Η τυπική απόκλιση της μετατόπισης του κέντρου πίεσης σε κάθε άξονα, η οποία εκφράζει τη μεταβλητότητα του κέντρου πίεσης κατά τη διάρκεια της προσπάθειας (δηλαδή, το πόσες ταλαντώσεις εκτελεί το σώμα).
- Η ταχύτητα μετατόπισης του κέντρου πίεσης.
- Η επιφάνεια που προσδιορίζεται από τη συνολική γραμμή μετατόπισης του κέντρου πίεσης, η οποία εκφράζει (έμμεσα) τη συνολική συμπεριφορά του κέντρου πίεσης κατά τη διάρκεια της προσπάθειας.



Εικόνα 5.12: Παράδειγμα καταγεγραμμένων δεδομένων, κατά την αξιολόγηση της ισορροπίας με δυναμοδάπεδο.

2.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αξιολόγησης με δυναμοδάπεδο

Τα πλεονεκτήματα του δυναμοδαπέδου είναι:

- εύκολη διαδικασία καταγραφής,
- ελάχιστη προετοιμασία του εξεταζόμενου,
- γρήγορη αξιολόγηση,
- υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας,
- καταγραφή των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους σε τρεις άξονες,
- αξιολόγηση της ισορροπίας σε διάφορες στάσεις.

Τα μειονεκτήματα της χρήσης του δυναμοδαπέδου είναι:

- Περιορισμένη δυνατότητα μεταφοράς, ιδιαίτερα σε αγωνιστικούς χώρους.
- Σε περίπτωση χρήσης μιας πλατφόρμας, πραγματοποιείται καταγραφή δυνάμεων μόνο από το ένα πέλμα σε μία προσπάθεια.
- Απαιτεί εξοικείωση του ατόμου με το περιβάλλον και την τοποθεσία της πλατφόρμας.
- Δεν καταγράφει τις πελματικές πιέσεις.

3. Πελματογράφος

Ο πελματογράφος είναι μια συσκευή η οποία καταγράφει τις πιέσεις που ασκούνται πάνω στο πέλμα κατά την επαφή του. Έτσι παρέχεται μια άμεση ψηφιακή απεικόνιση του σχήματος του πέλματος και των πιέσεων που ασκούνται σε διαφορετικά τμήματά του (Εικόνα 5.13).

Ο πελματογράφος διαφέρει από το δυναμοδάπεδο διότι βασίζεται σε διαφορετική τεχνολογία. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιεί πολλούς μικροσκοπικούς αισθητήρες πίεσης, ο καθένας από τους οποίους καταγράφει την πίεση που ασκείται επάνω του. Αντίθετα το δυναμοδάπεδο βασίζεται σε καταγραφές από τέσσερις αισθητήρες δύναμης. Ο πελματογράφος καταγράφει άμεσα τις πελματικές πιέσεις και με βάση αυτήν την καταγραφή υπολογίζει έμμεσα την κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης και το κέντρο πίεσης. Αντίθετα το δυναμοδάπεδο καταγράφει άμεσα τις δυνάμεις αντίδρασης σε τρεις άξονες. Οι περισσότεροι πελματογράφοι διαθέτουν χαμηλότερη συχνότητα δειγματοληψίας (30 έως 50 Hz) από αυτήν των δυναμοδαπέδων.



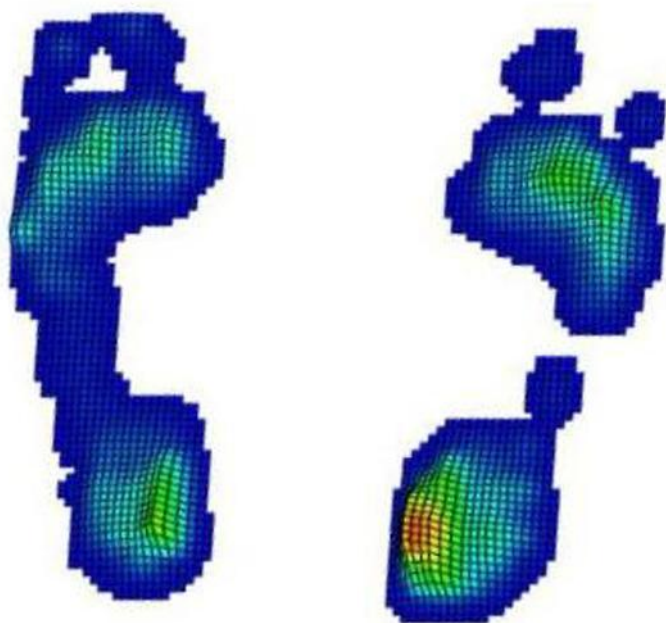
Εικόνα 5.13. Πελματογράφηση σε όρθια στάση.

Οι πελματογράφοι διακρίνονται στις πλατφόρμες και στις σόλες πίεσης (Lord, 1981). Η τεχνολογία καταγραφής και ανάλυσης είναι παρόμοια και για τους δύο τύπους. Μια βασική τους διαφορά είναι ότι οι πλατφόρμες καταγράφουν τις πιέσεις που ασκούνται στο πέλμα από το έδαφος, ενώ στην περίπτωση του συστήματος με σόλες καταγράφονται οι πιέσεις που ασκούνται στο πέλμα από το υπόστρωμα του υποδήματος του εξεταζόμενου. Η πλατφόρμα δεν παρέχει τη δυνατότητα καταγραφής πιέσεων σε δυναμικές κινήσεις, κάτι που είναι εφικτό με τις σόλες πίεσης. Επίσης, οι πλατφόρμες μικρού μεγέθους δεν επιτρέπουν την ταυτόχρονη καταγραφή της επαφής των δύο πελμάτων σε μια κίνηση, σε αντίθεση με τις σόλες πίεσης. Τέλος, τόσο η πλατφόρμα όσο και οι σόλες πίεσης είναι ευαίσθητες σε εφαρμογή απότομων πιέσεων ή αιχμηρών αντικειμένων. Όμως, οι σόλες είναι πιο ευάλωτες λόγω της κατασκευής τους και του τρόπου χρήσης τους.

Ανάλογα με τη χρήση του, το πελματογράφημα διακρίνεται σε στατικό και σε δυναμικό (Teyhen et al., 2011).

3.1. Στατικό πελματογράφημα

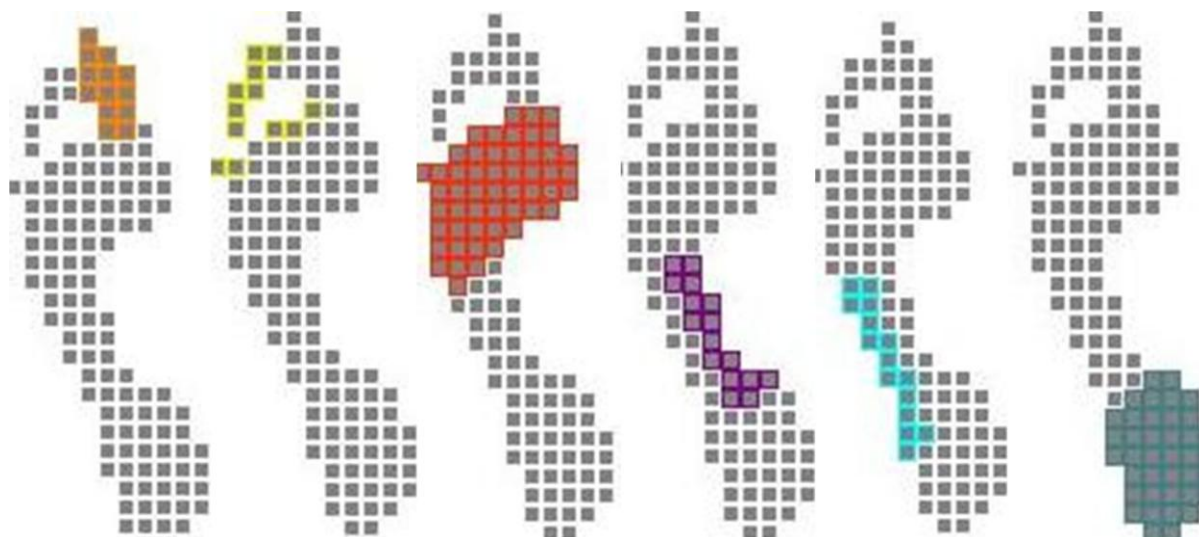
Το στατικό πελματογράφημα αναφέρεται στην καταγραφή των πελματικών πιέσεων κατά την εκτέλεση της όρθιας στάσης. Ένα τυπικό πρωτόκολλο περιλαμβάνει την καταγραφή των πιέσεων κατά την όρθια στάση με άνοιγμα των ποδιών στο ύψος των ώμων. Η διάρκεια της δοκιμασίας κυμαίνεται από 10 s έως 30s, ενώ τα αποτελέσματα καταγράφονται με ειδικό λογισμικό (Orlin & McPoil, 2000).



Εικόνα 5.14. Τρισδιάστατη απεικόνιση των πιέσεων που ασκούνται στο πέλμα κατά την πελματογράφηση στην όρθια στάση.

Ο πελματογράφος καταγράφει τις πιέσεις που δέχονται οι αισθητήρες του από το πέλμα, συνήθως ένα τετραγωνικό εκατοστό (Εικόνα 5.14). Στη συνέχεια η επιφάνεια του πέλματος διαχωρίζεται σε διάφορες περιοχές και η πίεση αναλύεται ανά περιοχή της πελματιαίας επιφάνειας. Ένα τυπικό μοντέλο διαχωρισμού της πελματιαίας επιφάνειας είναι αυτό των έξι περιοχών (Εικόνα 5.15):

- πτέρνα,
- έσω καμάρα,
- έξω καμάρα,
- μετατάρσια,
- δεύτερη έως τέταρτη μεταταρσιο-φαλαγγική άρθρωση,
- μεταταρσιο-φαλαγγική άρθρωση του μεγάλου δάκτυλου.



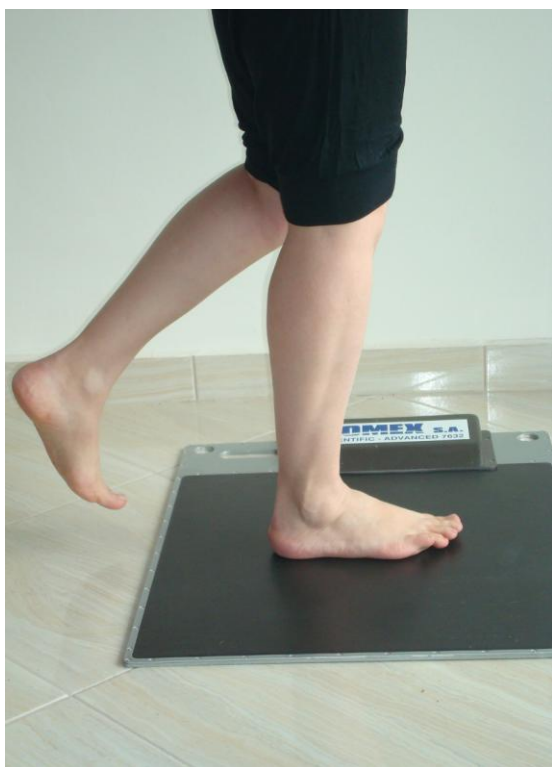
Εικόνα 5.15. Διάκριση του πέλματος σε 6 ανατομικές περιοχές.

Για την αύξηση της αξιοπιστίας της μέτρησης, η ανάλυση πραγματοποιείται λαμβάνοντας το μέσο όρο των δεδομένων στη χρονική διάρκεια της προσπάθειας. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση περιλαμβάνουν:

- το μέγεθος πίεσης ανά περιοχή του πέλματος,
- την επιφάνεια στήριξης,
- το μέσο όρο πίεσης σε όλο το πέλμα,
- τη διαφορά της συνολικής πίεσης ανάμεσα στα δυο πέλματα,
- τη θέση του κέντρου πίεσης, η οποία προσδιορίζεται με βάση το τοπικό σύστημα συντεταγμένων της πλατφόρμας.

3.2. Δυναμικό πελματογράφημα

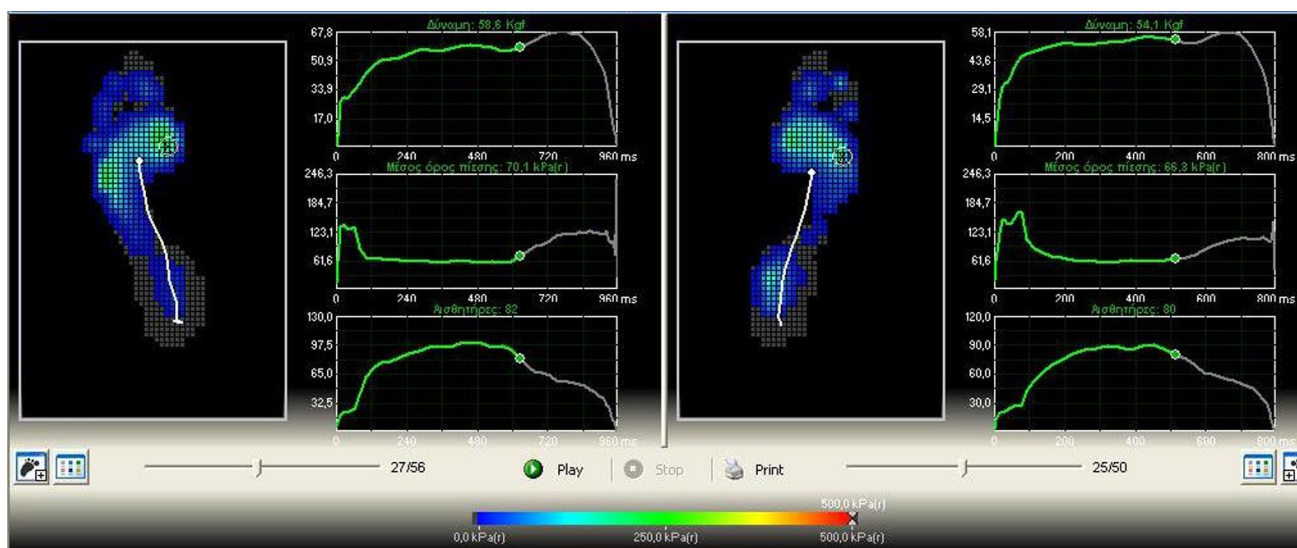
Το δυναμικό πελματογράφημα αναφέρεται στην ανάλυση της βάδισης με πελματογράφο. Τα βήματα της διαδικασίας καταγραφής είναι παρόμοια με αυτά της βάδισης με δυναμοδάπεδο. Εάν ο πελματογράφος έχει μεγάλο μήκος, τότε είναι εφικτή η καταγραφή πολλαπλών βηματισμών σε μια προσπάθεια. Αντίθετα, εάν ο πελματογράφος έχει μικρό μήκος, τότε καταγράφεται πρώτα η φάση στήριξης με το ένα πόδι και έπειτα με το άλλο.



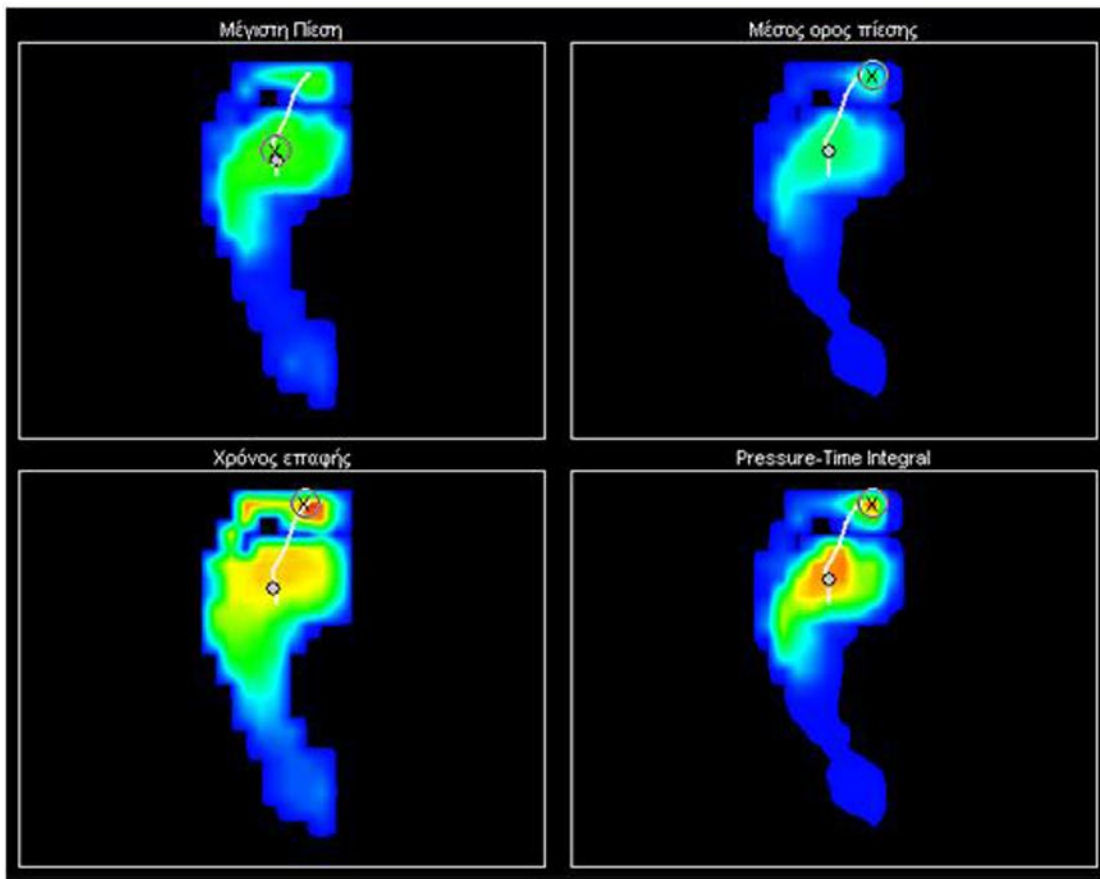
Εικόνα 5.16. Βάδιση πάνω σε πελματογράφο.

Η διαδικασία της ανάλυσης περιλαμβάνει τον υπολογισμό μεταβλητών τόσο σε επίπεδο πέλματος όσο και σε επίπεδο περιοχής πέλματος (Εικόνες 5.17 & 5.18). Συγκεκριμένα, οι μεταβλητές που αξιολογούνται είναι (Kellis, 2001):

- η μέγιστη και μέση πίεση,
- ο χρόνος επαφής,
- η μέγιστη και μέση ώθηση,
- το μέγεθος πίεσης ανά περιοχή του πέλματος,
- η μέγιστη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης.



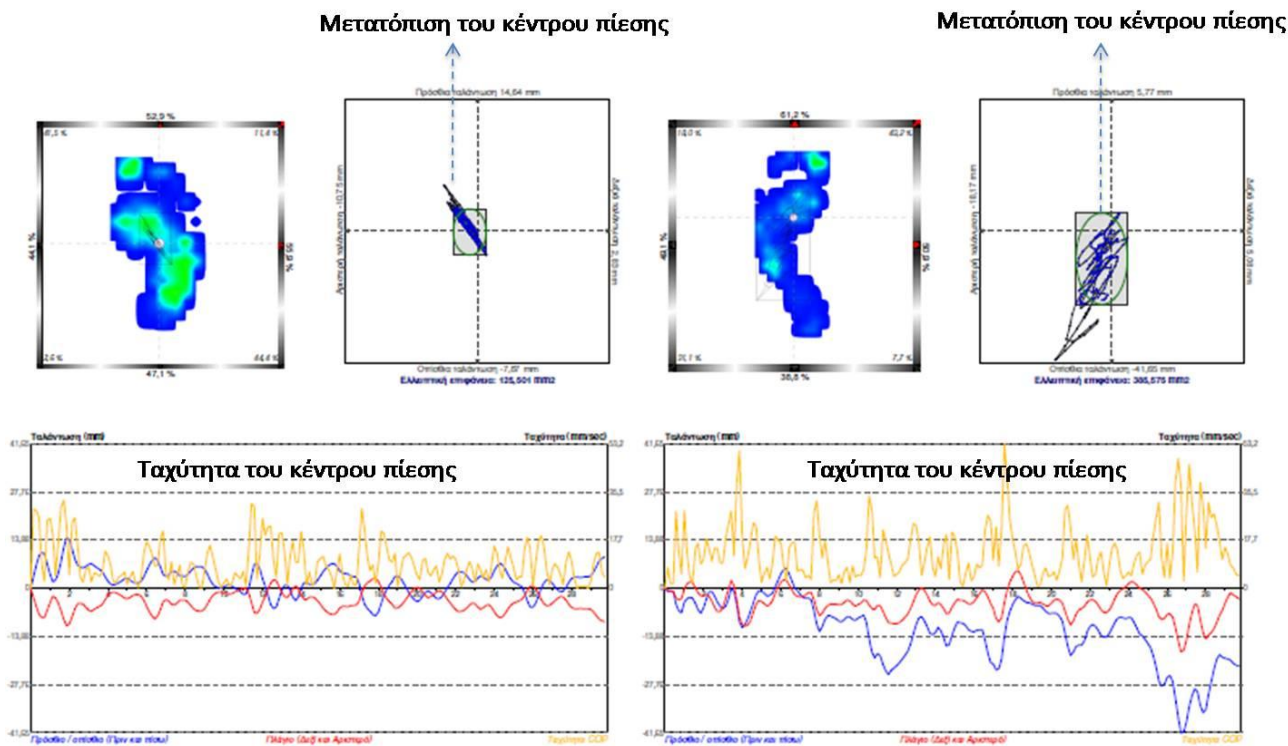
Εικόνα 5.17: Καταγραφή πελματικών πιέσεων κατά τη βάδιση με το αριστερό και το δεξί πόδι. Για κάθε πόδι εμφανίζεται η μεταβολή της κατακόρυφης δύναμης, της επιφάνειας στήριξης και της συνολικής πίεσης κατά τη διάρκεια της φάσης στήριξης της βάδισης.



Εικόνα 5.18. Μέγιστη πίεση (kPA), μέσος όρος πίεσης (kPA), χρόνος επαφής (% του συνολικού χρόνου) και εμβαδό της πίεσης ως προς το χρόνο (kPA/s). Το εύρος των τιμών αναπαρίσταται με διαφορετικά χρώματα. Οι χαμηλές τιμές εμφανίζονται με μπλε χρώμα και ακολουθούνται από το πράσινο, έπειτα το κίτρινο και τέλος το πορτοκαλί χρώμα, το οποίο δηλώνει μέγιστες τιμές.

3.3. Ανάλυση ισορροπίας με πελματογράφημα

Οι σύγχρονοι πελματογράφοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως πλατφόρμες αξιολόγησης της ισορροπίας. Το πρωτόκολλο καταγραφής και οι βασικές μεταβλητές αξιολόγησης είναι παρόμοια με την αξιολόγηση μέσω του δυναμοδαπέδου (Εικόνα 5.19). Ο πελματογράφος προσφέρει ορισμένες επιπλέον δυνατότητες ανάλυσης, όπως η εξέταση της ισορροπίας του σώματος σε κάθε πέλμα ξεχωριστά, επίσης, η καταγραφή του αποτυπώματος του πέλματος με βάση τις πιέσεις που δέχεται, επιτρέπει στον εξεταστή να ερμηνεύσει τις μεταβολές της θέσης του κέντρου πίεσης σε σχέση με τις φορτίσεις που δέχονται επιμέρους τμήματα του πέλματος κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας.



Εικόνα 5.19 Αξιολόγηση της ισορροπίας κατά την όρθια στάση με τη χρήση πελματογράφου. Διακρίνεται το κέντρο πίεσης και η γραμμή μετατόπισής του.

3.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αξιολόγησης με πελματογράφο

Τα πλεονεκτήματα του πελματογράφου είναι:

- ελάχιστη προετοιμασία,
- εύκολη διαδικασία καταγραφής,
- γρήγορη αξιολόγηση,
- εύκολη δυνατότητα μεταφοράς,
- αξιολόγηση της ισορροπίας.

Τα μειονεκτήματα της χρήσης του πελματογράφου είναι:

- αδυναμία καταγραφής πλάγιων και οριζόντιων δυνάμεων αντίδρασης,
- υψηλή ευαισθησία και μεταβλητότητα στις καταγραφές,
- χαμηλή συχνότητα δειγματοληψίας,
- εκτεταμένη εξοικείωση του ατόμου με το περιβάλλον και τη θέση της πλατφόρμας.

Βιβλιογραφία

- Adamec, J., Novotny, P., & Vaverka, F. (1998). *A comparison of various methods for the assessment of vertical jump height*. Paper presented at the International symposium on biomechanics in sports, Kongsanz.
- Amiridis, I. G., Hatzitaki, V., & Arabatzi, F. (2003). Age-induced modifications of static postural control in humans. *Neuroscience Letters*, 350(3), 137-140. doi: S0304394003008784 [pii]
- AMTI Watertown, M., USA,. (2014). Retrieved 15 December 2014, from <http://www.amti.biz/>
- Bartlett, R. (1997). *Introduction to Sports Biomechanics*. London: Taylor and Francis.
- Bertec Corp. Columbus, U. (2014). Retrieved 15 December 2014, from <http://bertec.com/>
- Bosco, C., Luntanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 50, 273-282.
- Cappozzo, A. (1984). Gait analysis methodology. *Journal of Human Movement Science*, 3, 27-50.
- Ekdahl, C., Jarnlo, G. B., & Andersson, S. I. (1989). Standing balance in healthy subjects. Evaluation of a quantitative test battery on a force platform. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 21(4), 187-195.
- Harris, G., & Wertsch, J. (1994). Procedures for gait analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75, 216-225.
- Kellis, E. (2001). Plantar pressure distribution during barefoot standing, walking and landing in preschool boys. *Gait and Posture*, 14(2), 92-97.
- Kellis, E., & Arampatzi, F. (2009). Effects of sex and mode of carrying schoolbags on ground reaction forces and temporal characteristics of gait. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 18(5), 275-282. doi: 10.1097/BPB.0b013e32832d5d3b
- Kistler AG Winterthur Switzerland. (2014). Retrieved 15 December 2014, from <http://www.kistler.com/>
- Lord, M. (1981). Foot pressure measurement: a review of methodology. *Journal of Biomedical Engineering*, 3, 91-99.
- Orlin, M. N., & McPoil, T. G. (2000). Plantar pressure assessment. *Physical Therapy*, 80(4), 399-409.
- Robertson, D. G., Caldwell, C. A., Hammill, J., Kamen, G., & Whittlesey, S. N. (2004). *Research methods in biomechanics*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Teyhen, D. S., Stoltenberg, B. E., Eckard, T. G., Doyle, P. M., Boland, D. M., Feldtmann, J. J. (2011). Static foot posture associated with dynamic plantar pressure parameters. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*, 41(2), 100-107. doi: 2498 [pii] 10.2519/jospt.2011.3412

Κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήριο αξιολόγησης 1

Άσκηση 1: Έστω ότι εξετάζεται η κίνηση του λακτίσματος στο TAE KNOWN DO. Τι είδους δυναμοδάπεδο θεωρείτε ότι είναι το καταλληλότερο; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Απάντηση 1

Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί ένα δυναμοδάπεδο με πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους, επειδή είναι πιο ευαίσθητο στην καταγραφή δυνάμεων κατά την εκτέλεση γρήγορων κινήσεων (π.χ. κρούσεων).

Άσκηση 2: Ένα κέντρο αξιολόγησης αθλητών το οποίο στεγάζεται στον πρώτο όροφο ενός κτιρίου θέλει να εξοπλιστεί και με ένα δυναμοδάπεδο. Είναι εφικτή αυτή η ενέργεια;

Απάντηση 2

Το δυναμοδάπεδο είναι εξαιρετικά ευαίσθητο σε κραδασμούς και επομένως η τοποθεσία του δυναμοδαπέδου σε όροφο θα δημιουργήσει σφάλματα στη διαδικασία αξιολόγησης. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας αυτό το πρόβλημα είναι δυνατό να μειωθεί. Όμως, σε γενικές γραμμές δε συνιστάται η τοποθέτηση δυναμοδαπέδου σε πάτωμα ενός ορόφου.

Κριτήριο αξιολόγησης 2

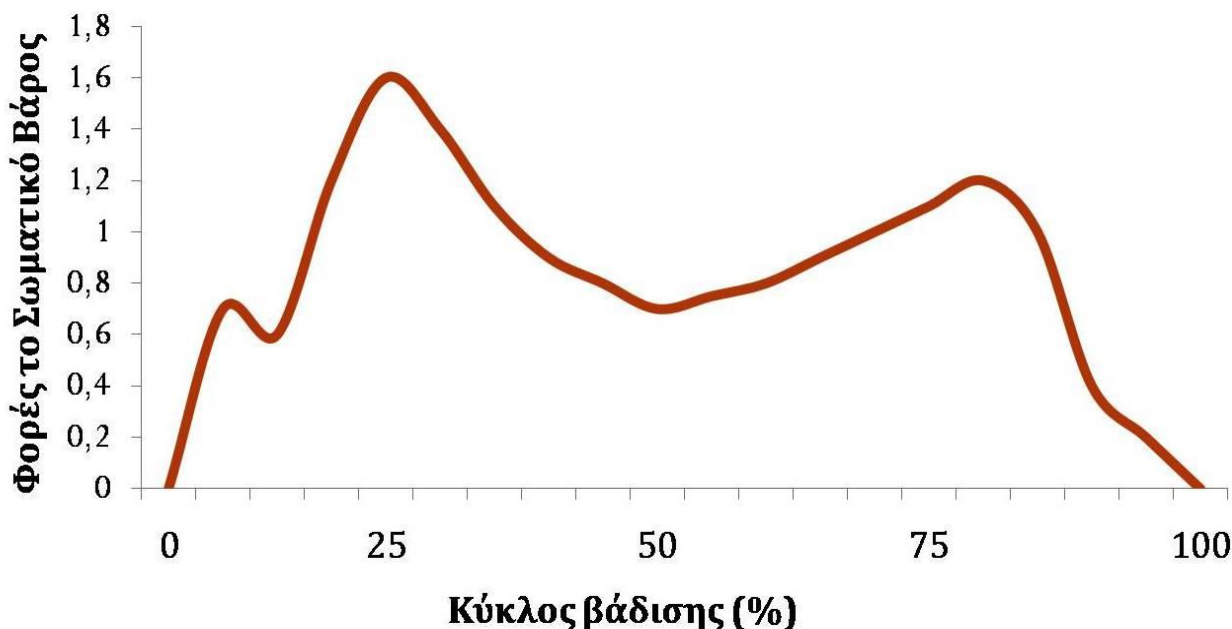
Άσκηση 3: Ένας ερευνητής σχεδιάζει ένα πρωτόκολλο ανάλυσης βάρδισης με δυναμοδάπεδο επιλέγοντας να ρυθμίζει την ταχύτητα της βάρδισης με μετρονόμο, ώστε να είναι ίδια για όλους τους εξεταζόμενους. Συμφωνείτε με αυτήν την επιλογή;

Απάντηση 3

Η επιλογή της σταθερής ταχύτητας βάρδισης για όλους μειώνει τη μεταβλητότητα των μετρήσεων. Από την άλλη πλευρά, επειδή όλοι οι άνθρωποι δεν περπατούν με την ίδια ταχύτητα, η διατήρηση της σταθερής ταχύτητας θα τους αναγκάσει να περπατήσουν με διαφορετικό τρόπο από τον συνηθισμένο. Επομένως, η επιλογή εξαρτάται από το στόχο της εξέτασης.

Άσκηση 4: Σε ένα πείραμα η αξιολόγηση της ανάλυσης βάρδισης με δυναμοδάπεδο δείχνει ότι η κατακόρυφη δύναμη εμφανίζει υψηλό πρώτο μέγιστο και χαμηλό δεύτερο μέγιστο. Σχεδιάστε την καμπύλη της κατακόρυφης δύναμης ως προς το χρόνο.

Απάντηση 4



Άσκηση 5: Κατά την αξιολόγηση του κατακόρυφου άλματος από στατική θέση ο αθλητής προσγειώνεται σε διαφορετικό σημείο από την αφετηρία. Όμως ο αναλυτής ζητά επανάληψη της προσπάθειας. Έχει δίκιο;

Απάντηση 5

Ο υπολογισμός της ώθησης και της ισχύος κατά το άλμα προϋποθέτει ότι η κίνηση είναι κατακόρυφη. Εάν υπάρξει οριζόντια μετατόπιση τότε ο χρόνος πτήσης, ο οποίος καταγράφεται από το δυναμοδάπεδο, θα είναι εσφαλμένος.

Άσκηση 6: Κατά την αξιολόγηση ενός κατακόρυφου άλματος με αντίθετη περιστροφή των χεριών, η κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης στην αρχική φάση μειώνεται κάτω από το σωματικό βάρος του ατόμου. Γιατί συμβαίνει αυτό;

Απάντηση 6

Κατά την έναρξη της κίνησης, το άτομο κάμπτει τις αρθρώσεις των γονάτων και χαμηλώνει το κέντρο βάρους του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης κάτω από το σωματικό βάρος. Σε αυτό το διάστημα η επιτάχυνση του κέντρου μάζας είναι αρνητική.

Κριτήριο αξιολόγησης 3

Άσκηση 7: Κατά την αξιολόγηση της όρθιας στάσης με πελματογράφο διαπιστώνεται υψηλή πίεση της έσω επιφάνειας της ποδικής καμάρας και της πτέρνας. Πώς δικαιολογείται αυτό το εύρημα;

Απάντηση 7

Η υψηλή πίεση της έσω επιφάνειας της ποδικής καμάρας και της πτέρνας σημαίνει ότι η ποδοκνημική άρθρωση βρίσκεται σε θέση ανάσπασης του έξω χείλους (πρηνισμός) με ελαφρά ραχιαία κάμψη.

Άσκηση 8: Η πλατφόρμα δύναμης αντίδρασης καταγράφει (Επιλέξτε το σωστό):

1. Τρεις δυνάμεις
2. Τρεις δυνάμεις και ροπές
3. Τρεις δυνάμεις, τρεις ροπές και το κέντρο πίεσης
4. Τρεις δυνάμεις, τρεις ροπές και το κέντρο μάζας

Απάντηση 8

3

Άσκηση 9: Υψηλό δεύτερο μέγιστο κατά την ανάλυση βάδισης με δυναμοδάπεδο σημαίνει (Επιλέξτε το σωστό):

1. Υψηλή τελική ώθηση της δύναμης αντίδρασης
2. Υψηλή αρχική κρούση
3. Χαμηλή αρχική απορρόφηση της δύναμης αντίδρασης
4. Υψηλή τελική απορρόφηση της δύναμης αντίδρασης

Απάντηση 9

1

Άσκηση 10: Η ταχύτητα απογείωσης του κέντρου μάζας του σώματος κατά το κατακόρυφο άλμα υπολογίζεται από: (Επιλέξτε το σωστό):

1. Τη μέγιστη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης και την επιτάχυνση
2. Τη μέγιστη ώθηση και τη σωματική μάζα
3. Το ολοκλήρωμα της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης ως προς το χρόνο
4. Το ολοκλήρωμα της κατακόρυφης δύναμης αντίδρασης ως προς το χρόνο διά τη σωματική μάζα

Απάντηση 10

4

Άσκηση 11: Υψηλή τυπική απόκλιση της μετατόπισης του κέντρου πίεσης κατά δοκιμασία της όρθιας στάσης για 20 sec με πελματογράφο σημαίνει (Επιλέξτε το σωστό):

1. Μεγάλη μετατόπιση του κέντρου πίεσης
2. Μεγάλη ταχύτητα μετατόπισης του κέντρου πίεσης
3. Μεγάλος αριθμός μετατοπίσεων του κέντρου πίεσης στη μονάδα του χρόνου
4. Μεγάλες μετατοπίσεις του κέντρου πίεσης στη μονάδα του χρόνου

Απάντηση 11

3