



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΚΛΑΣΣΙΚΟΥ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΑΛΜΑ ΕΙΣ ΜΗΚΟΣ ΜΕ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ
ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΑ ΜΕΛΗ. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ»**

Αγγελοπούλου Μαρία

Επιβλέπων καθηγητής: Θεόδωρου Αποστόλης

ΙΟΥΝΙΟΣ 2021

©Copyright

Αγγελοπούλου Μαρία

Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

«ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΑΛΜΑ ΕΙΣ ΜΗΚΟΣ ΜΕ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΑ ΜΕΛΗ. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ»

Περίληψη

Η χρήση των προσθετικών μελών στα Παραολυμπιακά αγωνίσματα γίνεται όλο και πιο συχνή, δίνοντας την δυνατότητα σε αθλητές με ακρωτηριασμό των κάτω άκρων να συμμετέχουν και αυτοί σε αγώνες όπως ακριβώς οι αρτιμελείς. Σκοπός της εργασίας είναι να εξετάσει τις ομοιότητες και διαφορές του άλματος εις μήκος στους αθλητές με και χωρίς προσθετικά μέλη, καθώς επίσης και τους παράγοντες που καθορίζουν την απόδοση στο άθλημα. Μέσα από την μελέτη επιστημονικών άρθρων και ερευνών που έχουν διεξαχθεί σε βάθος χρόνου, γίνεται σύγκριση τόσο των κινητικών όσο και των κινηματικών χαρακτηριστικών που αφορούν το άλμα εις μήκος μεταξύ των αθλητών με διαφορετικά είδη ακρωτηριασμών των κάτω άκρων, αλλά και των αρτιμελών αθλητών. Οι αθλητές με ακρωτηριασμό παρουσιάζουν διαφορετικές προσεγγίσεις στην τεχνική του αγωνίσματος, λόγω της διαφορετικής αποθήκευσης και επιστράτευσης των δυνάμεων. Μέσα από την μελέτη των ερευνών, φαίνεται ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο ακρωτηριασμός, τόσο πιο δύσκολο είναι για τον αθλητή να αποδώσει με τρόπο παρόμοιο με τους αρτιμελείς αθλητές. Οι αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο φαίνεται να υστερούν και να δυσκολεύονται περισσότερο στην εκτέλεση του άλματος σε σχέση με τους αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο και ακόμη περισσότερο από τους αρτιμελείς αθλητές. Γνωρίζοντας αυτού του είδους τις πληροφορίες, μπορούμε έτσι να ξέρουμε τις δυσκολίες και τις δυνατότητες ενός αθλητή με κάποιο συγκεκριμένο είδος ακρωτηριασμού και ανάλογα ως προπονητές να δουλεύουμε πάνω σε αυτές.

Λέξεις κλειδιά: ακρωτηριασμοί κάτω άκρων, άλμα εις μήκος, Παραολυμπιακοί Αγώνες

Abstract

The use of prostheses in the Paralympic Games is becoming more and more frequent, giving the opportunity to athletes with amputation of the lower limbs to participate in competitions just like the able-bodied athletes. The **purpose** of this study is to examine the similarities and differences of the long jump in athletes with and without prostheses, as well as the factors which determine the performance in the sport. Through the study of scientific articles and long-term researches, a comparison is made of both motor and kinematic characteristics related to long jump between athletes with different types of lower limb amputations, as well as able-bodied athletes. Athletes with amputations present different approaches to the technique of the sport, due to the different storage and mobilization of forces. From the study of the researches, it seems that the bigger the amputation, the more difficult it is for the athlete to perform in a way similar to the competent athletes. Athletes with above the knee amputation appear to lag behind and have more difficulty performing the jump than athletes with a knee amputation and even more so than athletic athletes. Thus, being aware of this kind of information, we can know the difficulties and possibilities of an athlete with a specific type of amputation and work on them.

Key words: Lower limb amputations, long jump, Paralympic Games

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....σελ	i
Abstract.....σελ	ii
Πίνακας περιεχομένων.....σελ	iii
Κατάλογος εικόνων.....σελ	iv
Κατάλογος πινάκων.....σελ	iv
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....σελ	2
II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....σελ	3
2.1. Μέθοδοι βιβλιογραφικής ανασκόπησης.....σελ	3
2.2. Είδος δείγματος.....σελ	3
III. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....σελ	3
3.1.:Παραολυμπιακά Αγώνισματα.....σελ	3
3.1.1.:Κατηγορίες αθλητών με βάση τον ακρωτηριασμό (Classification).....σελ	4
3.1.2.:Είδη προσθετικών μελών κάτω άκρων.....σελ	5
3.2.: Εμβιομηχανική ανάλυση και παράγοντες που καθορίζουν την απόδοση στο άλμα εις μήκος με προσθετικά μέλη.....σελ	9
3.2.1: Ακρωτηριασμός κάτω από το γόνατο.....σελ	10
3.2.1.1: Οριζόντια Ταχύτητα.....σελ	10
3.2.1.2: Μήκος και συχνότητα διασκελισμού.....σελ	12
3.2.1.3: Τελευταίοι Διασκελισμοί φάρας.....σελ	13
3.2.1.4: Γωνίες τοποθέτησης και απογείωσης του ποδιού ώθησης.....σελ	18
3.2.1.5: Κατακόρυφη Ταχύτητα.....σελ	19
3.2.2: Ακρωτηριασμός πάνω από το γόνατο.....σελ	20
3.2.2.1: Οριζόντια Ταχύτητα.....σελ	21
3.2.2.2: Μήκος και συχνότητα διασκελισμού.....σελ	22
3.2.2.3: Τελευταίοι Διασκελισμοί φάρας.....σελ	23
3.2.2.4: Γωνίες τοποθέτησης και απογείωσης του ποδιού ώθησης.....σελ	24
3.2.2.5: Κατακόρυφη Ταχύτητα.....σελ	25
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ	28
V. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....σελ	30

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1. Είδη ακρωτηριασμών στα κάτω άκρα	σελ 6
Εικόνα 3.2. Flex Foot (Modular III).....	σελ 8
Εικόνα 3.3. Flex- Sprint I.....	σελ 8
Εικόνα 3.4. Flex- Sprint II.....	σελ 8
Εικόνα 3.5. Flex- Sprint III (Cheetah).....	σελ 8
Εικόνα 3.6. Flex- Run.....	σελ 8
Εικόνα 3.7. Η σχέση μεταξύ ταχύτητας προσέγγισης και απόστασης άλματος από τους αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο (Nolan & Lees, 2000).....	σελ 12
Εικόνα 3.8. Ύψος του κέντρου βάρους σώματος κατά την προετοιμασία πριν την τοποθέτηση του ποδιού ώθησης(modified from Nixdorf & Bruggemann, 1983).....	σελ 14
Εικόνα 3.9. Η οριζόντια και κατακόρυφη ταχύτητα του κέντρου βάρους σώματος κατά τη διάρκεια του τελευταίου διασκελισμού και της απογείωσης του άλματος. Παρουσιάζονται και οι τιμές της προσγείωσης του τελευταίου διασκελισμού (Touchdown of Last Stride, TDLS), της απογείωσης του τελευταίου διασκελισμού Take Off of Last Stride, TOLS), της μέγιστης κάμψης του γονάτου (Maximum Knee Flexion, MKF) και της απογείωσης (Take Off, TO)(Lees & Graham- Smith & Fowler , 1994).....	σελ 15
Εικόνα 3.10. Κατακόρυφη και οριζόντια ταχύτητα του κέντρου βάρους σώματος ενός αθλητή με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο κατά την επαφή (τοποθέτηση-απογείωση) με το έδαφος. (■) οριζόντια ταχύτητα, (▲) κατακόρυφη ταχύτητα (Nolan & Lees, 2000).....	σελ 20
Εικόνα 3.11. Η σχέση μεταξύ ταχύτητας προσέγγισης και απόστασης άλματος στους αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο (Nolan & Lees, 2000).....	σελ 22

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1. Αποτελέσματα: παρουσιάζονται αριθμός αθλητή, κατηγορία, πόδι απογείωσης, επίσημη απόσταση επίδοση άλματος, ανεπίσημη επίδοση άλματος, απόσταση μύτης παπουτσιού από την βαλβίδα, και άνεμος. Άλμα εις μήκος στην κατηγορία T42-44 στους Παραολυμπιακούς Αγώνες του Λονδίνου (Padulles et al., 2019).....	σελ 17
Πίνακας 3.2. Κύριες γωνίες ισχίου, γονάτου και ποδοκνημικής κατά την τοποθέτηση (TD) και απογείωση (TO) στους τελευταίους διασκελισμούς πριν την τοποθέτηση στην βαλβίδα (TD _{jump}), και εύρος κίνησης του ισχίου και γονάτου (ROM) για a) αθλητή με ακρωτηριασμό στον μηρό και b) αθλητή με ακρωτηριασμό στην κνήμη (Nolan & Lees, 2007).....	σελ 26
Πίνακας 3.3. Τιμές και τυπικές αποκλίσεις (SD) για αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω και κάτω από το γόνατο και αρτιμελείς στις στιγμές της τοποθέτησης (TD) (H= Ύψος κέντρου βάρους σώματος, S= ταχύτητα, A= γωνία, AV= γωνιακή ταχύτητα) (Nolan & Lees, 2000).....	σελ 26

Πίνακας 3.4. Η καλύτερη επίδοση που σημειώθηκε με βάση το άκρο απογείωσης και οι οριζόντιες ταχύτητες που καταγράφηκαν (Nolan et al, 2012).....σελ 27

Πίνακας 3.5. Τιμές και τυπικές αποκλίσεις (\pm SD) για την απόσταση που καταγράφηκε και τις ταχύτητες προσέγγισης για τους άντρες και τις γυναίκες με ακρωτηριασμό πάνω (ΑΚΑ) και κάτω (ΒΚΑ) από το γόνατο (Patriitti et al., 2005).....σελ 27

Πίνακας 5.1. Σύγκριση αθλητών με και χωρίς ακρωτηριασμό όσον αφορά στην επίδοση, την οριζόντια ταχύτητα, την κατακόρυφη ταχύτητα, την γωνία τοποθέτησης του ποδιού ώθησης και την γωνία απογείωσης.....σελ 30

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το άλμα εις μήκος είναι ένα αγώνισμα ευρέως γνωστό τόσο στους άντρες όσο και στις γυναίκες και συμπεριλαμβάνεται στους Ολυμπιακούς Αγώνες. Το αγώνισμα απαιτεί από τον αθλητή να σημειώσει την μεγαλύτερη δυνατή απόσταση άλματος από ένα καθορισμένο σημείο (βαλβίδα) και να προσγειωθεί μέσα σε ένα σκάμμα με άμμο. Η απόσταση του άλματος που θα καταγραφεί επηρεάζεται από την διαδρομή της πτήσης του κέντρου βάρους σώματος του αθλητή, η οποία ρυθμίζεται από τις συνθήκες απογείωσης από το έδαφος, ειδικά το ύψος, την ταχύτητα, την γωνία απογείωσης του κέντρου βάρους σώματος (Hay, 1986). Οι δύο τελευταίοι παράγοντες εξαρτώνται από τον συνδυασμό της οριζόντιας και της κάθετης ταχύτητας που αναπτύσσεται (Lees & Graham-Smith & Fowler, 1994).

Πέρα από τους Ολυμπιακούς Αγώνες ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και το άλμα εις μήκος των Παραολυμπιακών Αγώνων. Ο τρόπος με τον οποίο αθλητές με διαφόρων ειδών αναπηρίες αγωνίζονται στα ίδια αγωνίσματα με αυτά των αθλητών χωρίς αναπηρία με τον δικό τους τρόπο είναι πολύ εντυπωσιακός και η εμβιομηχανική και οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοσή τους αξίζουν την μελέτη τους. Οι αθλητές με ακρωτηριασμό στα κάτω άκρα χρησιμοποιούν προσθετικά μέλη τα οποία αναπληρώνουν την κίνηση των βιολογικών ποδιών. Ωστόσο, έχει φανεί ότι τα άτομα με ακρωτηριασμό κάτω άκρων επιδεικνύουν ασυμμετρίες, συγκεκριμένα στο μοτίβο βάρδισης (Isakov et al., 1996). Το γεγονός ότι η ίδια η βάρδιση είναι ιδιαίτερα δύσκολη για αυτούς τους αθλητές μπορεί να μας κάνει να καταλάβουμε ότι η απόδοση σε αγωνίσματα υψηλότερης δυσκολίας είναι ακόμη πιο δύσκολη. Οι τεχνικές απόδοσης για τους αρτιμελείς και τους αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω άκρων διαφέρουν όσον αφορά στην απώλεια μυοσκελετικού ιστού και την χρήση του προσθετικού μέλους (Ciarroni, 2000). Πέρα όμως από τις διαφορές των αθλητών με και χωρίς προσθετικά μέλη, κλινικές ενδείξεις έχουν δείξει ότι αυτοί οι οποίοι έχουν μικρότερο σε βαθμό ακρωτηριασμό, δηλαδή μεγαλύτερο υπολειπόμενο μήκος κνήμης, παρουσιάζουν κάποιο λειτουργικό πλεονέκτημα σε σχέση με τους άλλους (Bowker, 2004· Isakov et al., 1996· Radcliffe, 1994).

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να γίνει μία συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για το άλμα σε μήκος σε αθλητές με ακρωτηριασμό στα κάτω άκρα και συγκεκριμένα με ακρωτηριασμό κάτω και πάνω από το γόνατο.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Μέθοδοι βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Η αναζήτηση των επιστημονικών άρθρων για την συγκεκριμένη έρευνα έγινε μέσω των εξής ηλεκτρονικών βάσεων δεδομένων: SPORTdiscus, PubMed, Web of Science και Google Scholar. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για την αναζήτηση των άρθρων σχετικά με τους άλτες χωρίς κάποιο είδος αναπηρίας ήταν: Long Jump και Biomechanical Analysis in Long Jump. Για την συλλογή περισσότερων πληροφοριών σχετικά με τους αρτιμελείς άλτες του μήκους χρησιμοποιήθηκε και το βιβλίο του Βεληγκέκα και Μπογδάνη (2017) Θεωρία και Μεθοδολογία Προπονητικής Αλμάτων Κλασικού Αθλητισμού. Σχετικά με τους αθλητές με ακρωτηριασμό στα κάτω άκρα η αναζήτηση έγινε ως εξής: Lower limb amputations, Long Jump in amputees, Above the knee amputation long jump, Below the knee amputation, Paralympic Games, Marcus Rehm. Από άρθρα που βρέθηκαν σχετικές με το αντικείμενο της παρούσας έρευνας, αναζητήθηκαν επιπλέον πηγές μέσω των βιβλιογραφικών αναφορών τους. Επιπλέον, για την συλλογή πληροφοριών σε σχέση με τις κατηγορίες που υπάρχουν για τους αθλητές με ακρωτηριασμό στα κάτω άκρα χρησιμοποιήθηκε η επίσημη σελίδα της Παραολυμπιακής Ομοσπονδίας (International Paralympic Committee).

Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν όλες είτε στα ελληνικά, είτε στα αγγλικά και βρίσκονταν στην ολοκληρωμένη τους μορφή και όχι σε μορφή περίληψης ή πρακτικά συνεδρίου.

2.2. Είδος δείγματος

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε δείγμα τόσο από άντρες, όσο και από γυναίκες που ήταν αθλητές του μήκους στις κατηγορίες των αρτιμελών και αθλητών με ακρωτηριασμό και εξετάστηκαν οι παράμετροι που καθορίζουν την απόδοση στο άθλημα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Παραολυμπιακά Αγώνισματα

Οι Παραολυμπιακοί Αγώνες σαν φιλοσοφία άρχισαν να εμφανίζονται μέσα από μικρές οργανώσεις και αθλητικά προγράμματα. Κατά το 1870 στις Ηνωμένες Πολιτείες ξεκίνησαν να διοργανώνονται αθλητικά προγράμματα για άτομα με αισθητηριακές αναπηρίες (κωφοί και τυφλοί), ενώ κατά το 1940, ο αθλητισμός άρχισε να εισάγεται ως βασικό εργαλείο αποκατάστασης για άτομα με κινητικές αναπηρίες. Μερικά χρόνια αργότερα, το 1948 την ημέρα έναρξης των Ολυμπιακών Αγώνων, ξεκίνησαν και θεσμοθετήθηκαν οι πρώτοι αγώνες με αθλητές με αναπηρία στο Στόουκ Μάντεβιλ στην Αγγλία. Στους αγώνες αυτούς πραγματοποιήθηκε η πρώτη αθλητική διοργάνωση για αθλητές με αναπηρικό αμαξίδιο. Από εκείνη την χρονιά και μετά όλο και περισσότερες χώρες άρχισαν να συμμετέχουν σε αυτό που ονομάστηκε Παραολυμπιακό Κίνημα. Αξίζει επίσης να σημειώσουμε ότι η πρώτη συμμετοχή αθλητών με ακρωτηριασμό στα αγωνίσματα του στίβου έγινε το 1976, στους Παραολυμπιακούς του Τορόντο στον Καναδά (International Paralympic Committee).

Ο αθλητισμός μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη ζωή των ατόμων με ακρωτηριασμό άκρων, καθώς μπορεί να βοηθήσει στην ταχύτερη αποκατάσταση, αλλά και να δώσει ευκαιρίες αναψυχής, κοινωνικής αλληλεπίδρασης και να θέσει καινούριους στόχους όσον αφορά στην αθλητική απόδοση (Tweedy, 2002). Ύστερα από πρωτοβουλίες της Διεθνούς Παραολυμπιακής Επιτροπής (IPC), άτομα με ακρωτηριασμό σε πάνω από 160 χώρες έχουν πλέον την ευκαιρία να συμμετέχουν στον αθλητισμό από ερασιτεχνικό μέχρι και ελίτ επίπεδο. Οι αθλητές με αναπηρίες έχουν την δυνατότητα να διαγωνιστούν σε αγώνες παγκοσμίου επιπέδου, όπως τους Παραολυμπιακούς Αγώνες, τους World Disabled Athletics Championships και τα Special Olympics (Nolan & Lees, 2000). Ο στίβος θεωρείται ένα από τα πιο δημοφιλή παραολυμπιακά αθλήματα και περισσότεροι από 7000 αθλητές έχουν εγγραφεί διεθνώς (International Paralympic Committee, 2005).

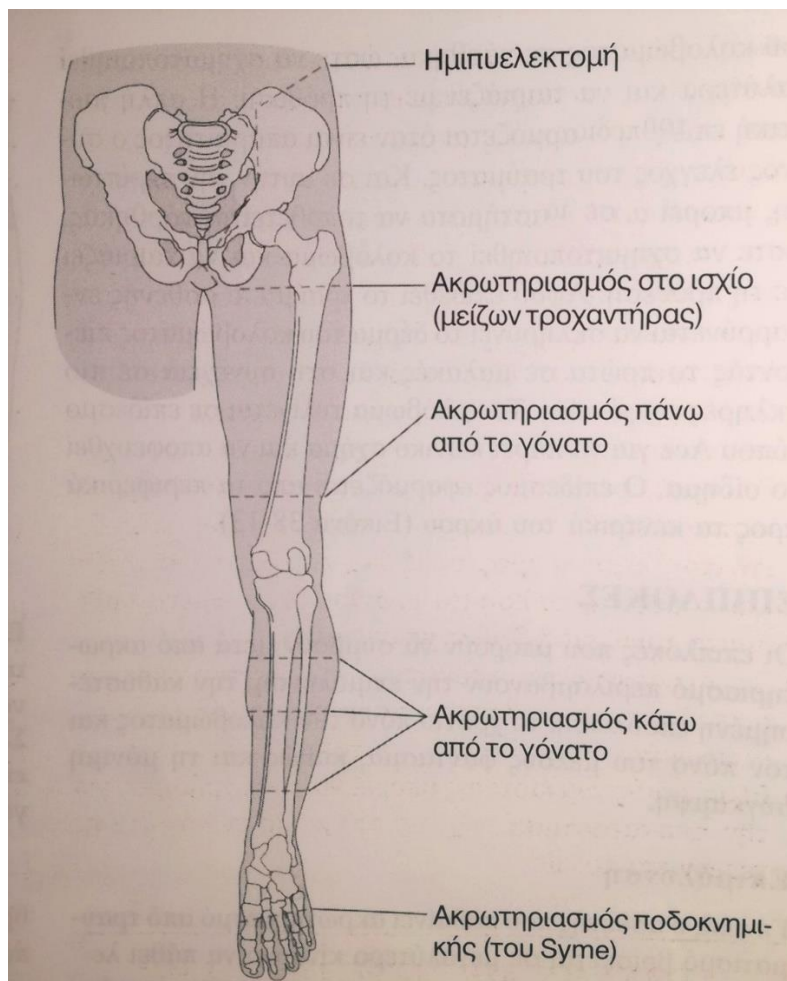
Μια από τις κατηγορίες των Παραολυμπιακών Αγώνων, που είναι και αυτή που αφορά στην παρούσα μελέτη, είναι αυτή του ακρωτηριασμού μέλους. Ως ακρωτηριασμός ορίζεται η μερική ή ολική απώλεια ενός μέλους του σώματος. Ο ακρωτηριασμός μπορεί να είναι αποτέλεσμα ενός αιφνίδιου γεγονότος, όπως η περιφερική αγγειοπάθεια ή ο σακχαρώδης διαβήτης και καθίσταται αναγκαίος μετά από οξεία ή χρόνια διακοπή της αιματικής ροής (Lemone & Burke, 2004).

3.1.1 Κατηγορίες αθλητών με βάση τον ακρωτηριασμό (Classification)

Η αγωνιστική κατηγοριοποίηση (Classification) είναι η διαδικασία κατάταξης των αθλητών με αναπηρία σε αγωνιστικές κατηγορίες αθλημάτων και αγωνισμάτων ανάλογα με το είδος της κινητικής ή αισθητηριακής αναπηρίας σε συνάρτηση πάντα με τον τρόπο που αυτή επηρεάζει την απόδοσή τους. Η σοβαρότητα των βλαβών που επηρεάζουν διάφορους διαγωνιζόμενους ποικίλλει σε εξαιρετικά μεγάλο βαθμό (εικόνα 1) και έτσι, έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα ταξινόμησης προκειμένου να διασφαλιστεί ότι, οι αθλητές με λιγότερο σοβαρές αναπηρίες δεν αποκτούν κάποιο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι εκείνων με σοβαρότερες βλάβες (Καλύβας, χ.χ.). Ο σκοπός του συστήματος είναι σύμφωνος με τη θέση της IPC στην κατάταξη στο Παραολυμπιακό άθλημα να προωθεί την συμμετοχή ατόμων με αναπηρίες στο άθλημα ελαχιστοποιώντας τον αντίκτυπο της βλάβης στο αποτέλεσμα του διαγωνισμού (Tweedy & Bourke, 2009· Tweedy & Vanlandewijck, 2011). Οι κατηγορίες που περιλαμβάνουν δρομικά και αλματικά αγωνίσματα χαρακτηρίζονται με το «T» και τα ριπτικά αγωνίσματα με το γράμμα «F». Οι κατηγορίες των ατόμων με ακρωτηριασμό είναι οι T/F42-46 (IPC, 2005) και πιο συγκεκριμένα:

- T/F42 αφορούν τα άτομα με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο μόνο στο ένα άκρο
- T/F43 αφορούν τα άτομα με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο και στα δύο άκρα ή συνδυαστικά στο πόδι και στο χέρι

- T/F44 αφορούν τα άτομα με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο στο ένα πόδι ή αθλητές που μπορούν να περπατήσουν με μέτρια λειτουργικότητα στο ένα ή και στα δύο πόδια
- T/F45 αφορούν τα άτομα με ακρωτηριασμό πάνω ή κάτω από το γόνατο και στα δύο πόδια
- T/F46 αφορούν τα άτομα με ακρωτηριασμό πάνω ή κάτω από τον αγκώνα μόνο στο ένα άκρο



Εικόνα 3.1. Είδη ακρωτηριασμών στα κάτω άκρα (Lemone & Burke 2004)

3.1.2. Είδη προσθετικών μελών κάτω άκρων

Προκειμένου να αποκατασταθεί ένας ακρωτηριασμός και το άτομο να επιστρέψει στην κανονικότητα, χρησιμοποιούνται τα επιπρόσθετα τεχνητά μέλη, τα οποία αντικαθιστούν σε μεγάλο βαθμό την λειτουργία των φυσικών μελών. Το

άτομο συνεχίζει τις καθημερινές του δραστηριότητες όπως και πριν, και δεν υπολείπεται σε κάτι από το σύνολο της κοινωνίας. Τα προσθετικά μέλη πρέπει να είναι έτσι κατασκευασμένα ώστε να προσομοιάζουν όσο γίνεται περισσότερο τα κανονικά άκρα. Φυσικά το ότι είναι παθητικές – ελαστικές συσκευές, δεμένες πάνω στο απομένον άκρο δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν προβλήματα. Τα προσθετικά μέλη βοηθούν στην βάρδια και το τρέξιμο, μέσα από μια διαδικασία αποθήκευσης και επιστροφής μηχανικής ενέργειας, παρόμοια με αυτή των τενόντων και των συνδέσμων των κανονικών άκρων, ωστόσο δεν μπορούν να παράγουν από μόνα τους ενέργεια και δύναμη. Επιπλέον, δεν έχουν αισθητηριακή ανατροφοδότηση και έλεγχο, και φυσικά δεν μπορεί να υπάρξει μυϊκή δραστηριότητα. Με την χρήση προσθετικών μελών είναι λογικό να υπάρχουν ασυμμετρίες στην βάρδια και στο τρέξιμο μεταξύ κανονικού και τεχνητού μέλους και οι δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους να είναι άνισες (German Sport University of Cologne, 2016).

Υπάρχουν διάφορων ειδών προσθετικά μέλη, από διάφορα υλικά που χρησιμοποιούν τα άτομα με ακρωτηριασμό. Αυτά είναι κατασκευασμένα από ίνες άνθρακα και μπορούν να αποθηκεύουν την κινητική ενέργεια από τις κινήσεις του αθλητή και να την μετατρέπουν σε μηχανική, όπως το ελατήριο. Τα προσθετικά αυτά επιτρέπουν σε αυτόν που τα φοράει να τρέχει και να πηδά. Συγκεκριμένα, τα «Flex- Foot» (εικόνα 2.2.) είναι ένα είδος προσθετικού μέλους που τρέχοντας σχηματίζει γωνία 15 μοιρών στη θέση του πέλματος (Czerniecki & Gitter, 1992). Υπάρχουν διάφορα είδη τεχνητών μελών τα οποία είναι εξειδικευμένα στο τρέξιμο όπως το «Flex- Sprint I» (εικόνα 2.3.), με το οποίο οι αθλητές εμφάνισαν κινηματικά παρόμοια με τους αρτιμελείς αθλητές (Buckley, 2000). Ύστερα από αυτό το μοντέλο υπάρχουν κάποιες μετεξελιξίσεις του, στο «Flex- Sprint II» (εικόνα 2.4.) και στο «Flex- Sprint III (Cheetah)» (εικόνα 2.5.), όπου το σχήμα μοιάζει με το πίσω πόδι του τσιτάχ, και παρέχει μια πιο προς τα εμπρός κατευθυνόμενη προώθηση με καθυστερημένη επιστροφή από την παραμόρφωση. Ένα ακόμη πιο εξελιγμένο μοντέλο που φτιάχτηκε ήταν το «Flex- Run» (εικόνα 2.6.), το οποίο σαν σχήμα μοιάζει με το γράμμα “C”, το οποίο επιτρέπει στον αθλητή να κινείται έχοντας το κέντρο βάρους (KB) σώματος πάνω από το τεχνητό μέλος και

χρησιμοποιώντας την αποθηκευμένη ενέργεια για την ώθηση (Lechler & Lilja, 2010).



Εικόνα 3.2. *Flex Foot (Modular III)**.



Εικόνα 3.4. *Flex- Sprint II**.



Εικόνα 3.3. *Flex- Sprint I**.



Εικόνα 3.5. *Flex- Sprint III *(Cheetah)**.



Εικόνα 3.6. *Flex- Run**.

* Από Lechler & Lilja, 2010

Έχοντας έναν αθλητή με κάποιο είδος ακρωτηριασμού στα κάτω άκρα, καλό είναι να αξιολογείται η συμμετρία τους, για την καλύτερη κατανόηση των παραγόντων που παρεμβαίνουν στα κανονικά πρότυπα κίνησης. Η ανάλυση της βάδισης χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει το όφελος του προσθετικού, μετρώντας πως επηρεάζει το επίπεδο της συμμετρίας των δύο ποδιών αλλά και το ενεργειακό κόστος της βάδισης. Η συμμετρία μπορεί να εξεταστεί μέσα από τη βάδιση και για να είναι ακριβής, θα πρέπει όλες οι παράμετροι και στα δύο πόδια να είναι ίσες. Η συμμετρία των ποδιών υποδεικνύει μια κανονικότητα στη βάδιση, και το προσθετικό μέλος έχει σκοπό να «δέσει» το αρτιμελές άκρο με το τεχνητό, που θα αναπαράγει όσο το δυνατόν καλύτερα τις παραστάσεις ενός κανονικού ποδιού. (Isakov et al., 1985· Barth et al., 1992· Boonstra et al., 1993).

3.2. Εμβιομηχανική ανάλυση και παράγοντες που καθορίζουν την απόδοση στο άλμα εις μήκος με προσθετικά μέλη

Το άλμα εις μήκος μεταξύ αρτιμελών και αθλητών με ακρωτηριασμό παρουσιάζει αρκετές διαφορές, αλλά και ομοιότητες. Οι αθλητές με ακρωτηριασμό στα κάτω άκρα χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές από αυτές των αρτιμελών και αυτό γιατί απουσιάζουν ενεργοί μύες που συμβάλλουν στην κίνηση. Παράλληλα, τα ίδια τα προσθετικά μέλη έχουν διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες από τα αρτιμελή άκρα, οπότε ο τρόπος χρήσης τους αναγκαστικά είναι και διαφορετικός. Είναι γεγονός ότι, όσο μεγαλύτερος είναι ο ακρωτηριασμός, και επομένως το υπολειπόμενο άκρο είναι μικρότερο, τόσο πιο δύσκολος είναι και ο χειρισμός των πρόσθετων άκρων. Για παράδειγμα, οι αθλητές με μηριαίο ακρωτηριασμό, υστερούν στους ενεργούς εκτείνοντες μύες του γονάτου και επομένως τόσο η βάδιση, όσο και ολόκληρο το άλμα είναι ιδιαίτερα δύσκολες δοκιμασίες. Παράλληλα, η απουσία του νευρομυϊκού ελέγχου των προσθετικών αρθρώσεων κάνει όλη την διαδικασία πιο δύσκολη (Simpson et al., 2001).

Διαφορές παρουσιάζονται και μεταξύ των επιδόσεων των αθλητών με ακρωτηριασμό. Παρακολουθώντας αγώνες μπορούμε να δούμε ότι οι αποστάσεις άλματος που επιτυγχάνονται από αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο (T44) είναι γενικά μεγαλύτερες από αυτές των αθλητών με ακρωτηριασμό πάνω

από το γόνατο (T42). Συγκεκριμένα, οι διαφορές στην απόδοση μεταξύ των δυο κατηγοριών είναι περίπου στο ένα μέτρο. Οι αθλητές της κατηγορίας T44 επιτυγχάνουν $6.30 \pm 0,58$ m επίδοση, ενώ οι αθλητές της κατηγορίας T42 παρουσιάζουν επιδόσεις 5.28 ± 1.03 m (Padulles et al., 2019). Οι γυναίκες των αντίστοιχων κατηγοριών επιτυγχάνουν επιδόσεις $4,25 \pm 0,43$ m και $3,25 \pm 0,24$ m αντίστοιχα (Patriitti, Simpson & Nolan, 2005).

Σε γενικές γραμμές, οι επιδόσεις των αρτιμελών αθλητών είναι καλύτερες από εκείνες των αθλητών με ακρωτηριασμό. Τα μειωμένα επίπεδα απόδοσης τόσο μεταξύ των αρτιμελών και ακρωτηριασμένων αθλητών, όσο και αυτών με διαφορετικό είδος ακρωτηριασμού, έγκειται στην χαμηλότερη ταχύτητα προσέγγισης λόγω των δυσκολιών που αναφέραμε πιο πάνω. Η χαμηλότερη ταχύτητα φόρας είναι αυτή που επηρεάζει αρνητικά το αποτέλεσμα του άλματος (Nolan & Lees, 2000). Πάντως, τα ρεκόρ αλμάτων που έχουν καταγραφεί από αθλητές με προσθετικά μέλη κάτω από το γόνατο έχουν βελτιωθεί κατά 45% (2,60m) από το 1996 και είναι παρόμοια με επιδόσεις αθλητών παγκόσμιας κλάσης χωρίς ακρωτηριασμό (Willwatcher et al., 2017).

3.2.1 Ακρωτηριασμός κάτω από το γόνατο

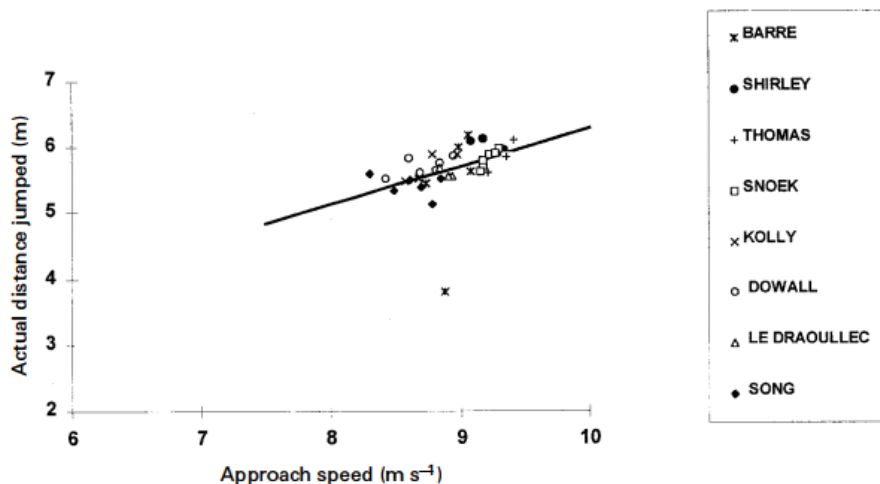
3.2.1.1. Οριζόντια Ταχύτητα

Η ταχύτητα προσέγγισης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της επιτυχημένης απόδοσης για τους κορυφαίους αρτιμελείς αθλητές (Lees et al., 1993· Lees et al., 1994). Αντίστοιχα, για τους αθλητές με προσθετικά μέλη, υπάρχουν ενδείξεις ότι μια μεγάλη ταχύτητα προσέγγισης στην απογείωση συμβάλλει θετικά στην απόσταση του άλματος (Nolan & Lees 200). Πιο συγκεκριμένα από την έρευνα των Isakov et al.(1996) αποδεικνύεται ότι η διατήρηση του μεγαλύτερου μέρους της οριζόντιας ταχύτητας που αναπτύσσεται στη φάση προσέγγισης είναι ο παράγοντας κλειδί για την απόδοση στο άλμα εις μήκος. Ταυτόχρονα, μια αύξηση κατά $0,1$ m/s της οριζόντιας ταχύτητας την στιγμή της απογείωσης μπορεί να βοηθήσει στην βελτίωση της απόστασης άλματος κατά $0,11$ m (Padulles et al., 2019). Ωστόσο, η

προσθετική άρθρωση επηρεάζει την ρύθμιση της ταχύτητας κατά τη φάση της φόρας (Simpson et al., 1998).

Οι αθλητές με μονόπλευρο ακρωτηριασμό (διμερή ακτινικό ακρωτηριασμό) κάτω από το γόνατο που φορούν προσθετικά μέλη, παρουσιάζουν διαφορετική βιομηχανική κατά τη διάρκεια της φάσης φόρας, αλλά και της απογείωσης σε σχέση με τους αρτιμελείς αθλητές (Willwatcher et al., 2017). Ο λόγος για τον οποίο υπάρχουν διαφοροποιήσεις, είναι το γεγονός ότι οι αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο έχουν διαφορετική ανατομία, λόγω του τραυματισμού τους. Αντί για τρεις βιολογικές αρθρώσεις, δηλαδή του ισχίου, του γονάτου και της ποδοκνημικής, το προσβεβλημένο πόδι συγκροτείται από δύο βιολογικές αρθρώσεις και ένα προσθετικό μέλος. Η μια λιγότερη άρθρωση διαταράσσει την συμμετρία των κινήσεων των κάτω άκρων, αναγκάζοντας τον αθλητή να κάνει προσαρμογές στην ευθυγράμμιση του ποδιού του, για να μπορέσει να παρομοιάσει την κάθε ανθρώπινη κίνηση με αυτή του αρτιμελούς αθλητή (Funken et al., 2019). Οι προσαρμογές αυτές καθίστανται ακόμη πιο αναγκαίες, όταν ο αθλητής είναι υψηλού επιπέδου και η υψηλή ακρίβεια της κίνησης είναι καθοριστική για το αποτέλεσμα του αγώνα.

Από μελέτη που έγινε, σχετικά με τις οριζόντιες ταχύτητες που φτάνουν οι αρτιμελείς και μη αθλητές σε αγώνες σπριντ, εκτός διαδρόμου σκάμματος, φάνηκε ότι οι αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο έχουν 7,6% χαμηλότερες μέσες ταχύτητες σπριντ σε σύγκριση με τους αρτιμελείς αθλητές. Συγκεκριμένα, οι οριζόντιες ταχύτητες που αναπτύσσουν φτάνουν στα 8,89-9,98 m/s σε σύγκριση με τους αρτιμελείς άλτες του μήκους που σημειώνουν τιμές μέχρι τα 9,45- 10,64 m/s (Willwatcher et al., 2017). Έχει φανεί σε γενικές γραμμές ότι οι αθλητές με μικρότερο ακρωτηριασμό είναι ικανοί να παράγουν επιπλέον 0,50 m σε απόσταση άλματος. Η διαφορά αυτή είναι σημαντική και υποδηλώνει μια θεμελιώδη διάσταση ανάμεσα στους αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω και πάνω από το γόνατο (Nolan & Lees, 2000).



Εικόνα 3.7. Η σχέση μεταξύ ταχύτητας προσέγγισης και απόστασης άλματος από τους αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο (Nolan & Lees, 2000)

3.2.1.2. Μήκος και συχνότητα διασκελισμού

Το μήκος και η συχνότητα διασκελισμού αποτελούν τους παράγοντες, με το γινόμενο των οποίων αποδίδεται η ταχύτητα του διασκελισμού. Το μήκος διασκελισμού μετράται σε μέτρα (m), ενώ η συχνότητα σε διασκελισμούς ανά δευτερόλεπτο (Hz ή s^{-1}). Οι δυο αυτές παράμετροι δρουν αντιστρόφως ανάλογα, καθώς όσο υπάρχει αύξηση στην μία, τόσο μειώνεται η άλλη (Bosco & Vittori, 1986). Ένας αθλητής μπορεί να αυξήσει την δρομική του ταχύτητα αυξάνοντας το μήκος ή την συχνότητα του διασκελισμού. Σε ένα συγκεκριμένο μήκος φάρας στο άλμα εις μήκος, η αύξηση τους μήκους διασκελισμού δεν ενδείκνυται λόγω της ανάγκης να τοποθετηθεί με ακρίβεια το πόδι στην βαλβίδα απογείωσης (Hay, 1986). Το μήκος του διασκελισμού εξαρτάται από την χρόνο πτήσης του αθλητή, ενώ η συχνότητα του διασκελισμού από τον αριθμό των διασκελισμών που εκτελούνται ανά δευτερόλεπτο (Hunter, 2004).

Οι αρτιμελείς αθλητές χρησιμοποιούν διαφορετικές στρατηγικές στον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζουν την βαλβίδα και επομένως στο πως διαχειρίζονται το μήκος και την συχνότητα των διασκελισμών τους. Ο άλτης Randy Williams στους Ολυμπιακούς του 1972 στο Μόναχο, έφτασε γρήγορα στην «βάση» της συχνότητας

του διασκελισμού του και μετά σταδιακά αύξησε το μήκος του μέχρι την στιγμή της απογείωσης. Από την άλλη, ο Valery Podluzhny αύξησε σταδιακά το μήκος του διασκελισμού και στην συνέχεια εκτέλεσε τους τελευταίους 7-8 διασκελισμούς με αυξανόμενη συχνότητα (Eremin, 1973). Πολλοί τρόποι ανάπτυξης της ταχύτητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς, ανάλογα με τις δυνατότητες του αθλητή.

Οι αθλητές με προσθετικά μέλη, λόγω της ασυμμετρίας μεταξύ των δύο κάτω άκρων παρουσιάζουν κάποιες ανισοροπίες κατά την εκτέλεση του τρεξίματος. Οι αθλητές με μονό ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο εμφανίζουν μικρότερο μήκος διασκελισμού στο προσθετικό τους άκρο σε σύγκριση με το αρτιμελές άκρο. Παράλληλα, φαίνεται ότι ξοδεύουν περισσότερο χρόνο πατώντας στο προσθετικό άκρο (Nolan et al., 1982) και αναγκάζονται να τροποποιήσουν την συχνότητα των διασκελισμών προκειμένου να αυξήσουν την ταχύτητα προσέγγισης (Enoka et al., 1982). Δεν έχουν γίνει πολλές αναφορές για το μήκος και την συχνότητα των διασκελισμών της φόρας για τους αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο. Οι περισσότερες μελέτες εξειδικεύονται στους τρεις τελευταίους διασκελισμούς πριν την απογείωση και θα αναλυθούν παρακάτω.

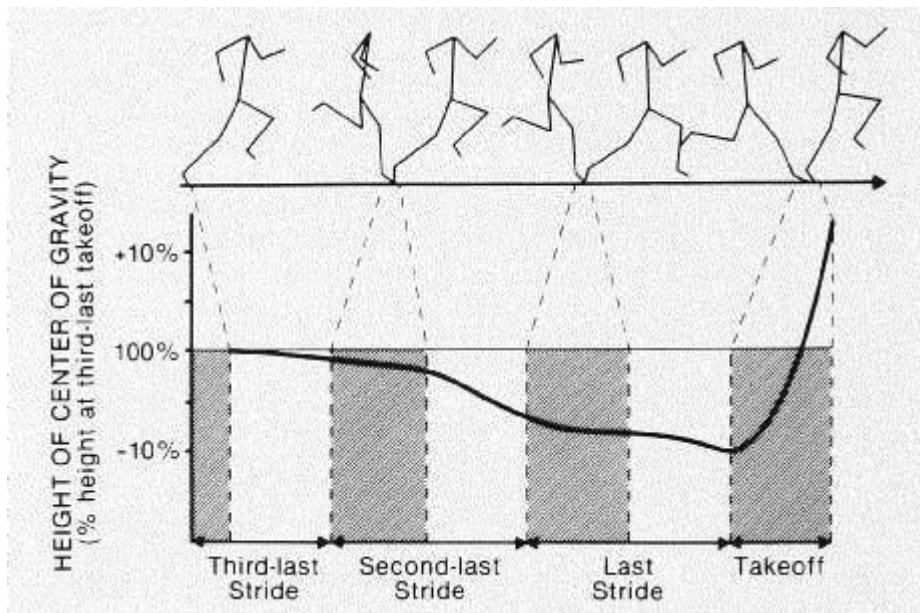
Έχει επίσης αναφερθεί ότι οι αθλητές με ακρωτηριασμό παρουσιάζουν μια μικρότερη φάση ταλάντευσης στο αρτιμελές άκρο, σε σχέση με το προσθετικό. Η μικρότερη αυτή ταλάντευση πιθανώς να οφείλεται στα αδρανειακά χαρακτηριστικά της πρόθεσης και στη μειωμένη προσθετική μάζα ή σε ενόχληση του αθλητή (Breakey 1979; Murray et al., 1983).

3.2.1.3. Τελευταίοι Διασκελισμοί φόρας

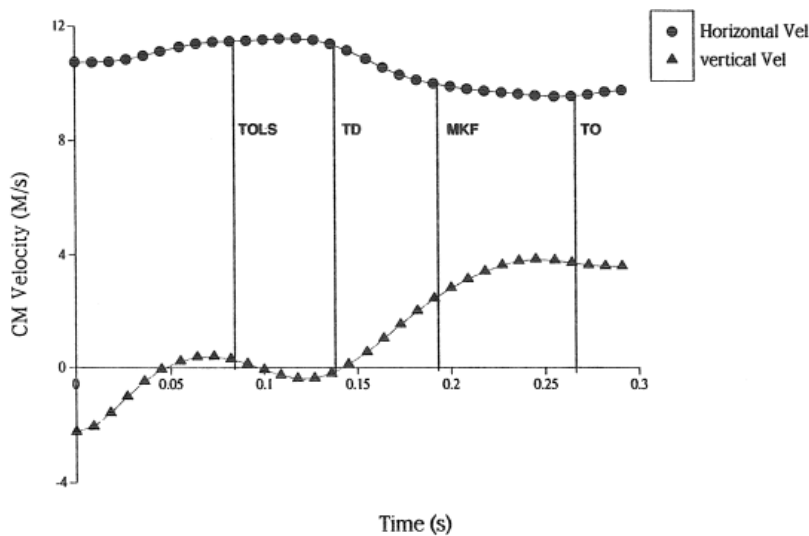
Ο τρόπος με τον οποίο οι αθλητές εκτελούν τους τελευταίους τρεις διασκελισμούς πριν την απογείωση είναι ιδιαίτερα σημαντικός και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την απόσταση άλματος που θα σημειωθεί. Ο χρόνος επαφής με το έδαφος, η συχνότητα και το μήκος των τελευταίων διασκελισμών έχουν άμεση επίδραση στην αλλαγή της ταχύτητας του κέντρου βάρους σώματος (Padulles et al., 2019). Πιο συγκεκριμένα, σε μια έρευνα των Nigg (1974) και Nixdorf &

Bruggemann (1990), βρέθηκε ότι οι αρτιμελείς αθλητές χρησιμοποιούν ένα μοτίβο μεσαίος- μεγάλος- μικρός για τους τρεις τελευταίους διασκελισμούς αντίστοιχα. Οι μεταβολές αυτές αφορούν στην αύξηση του μήκους του προτελευταίου διασκελισμού και ταυτόχρονα τη μεταβολή του ύψους που βρίσκεται το Κέντρο Βάρους (KB) του σώματος του αθλητή. Πιο συγκεκριμένα, ο προτελευταίος διασκελισμός είναι μεγαλύτερος και κατά την εκτέλεσή του γίνεται χαμήλωμα του KB σώματος ενώ ο τελευταίος είναι μικρότερος και παρατηρείται ανύψωση του KB σώματος.

Σκοπός αυτής της μεταβολής, είναι η τοποθέτηση του ποδιού μπροστά από τον αθλητή, έτσι ώστε το σώμα να μπορέσει να περιστραφεί πάνω στο πόδι περισσότερη ώρα αυξάνοντας έτσι την κατακόρυφη ταχύτητα (Lees, Graham-Smith & Fowler 1994). Όλες αυτές οι κινήσεις χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία και τοποθέτηση του σώματος σε σωστή θέση, έτσι ώστε να υπάρξει μηχανικό πλεονέκτημα κατά τη διάρκεια της φάσης τοποθέτησης του ποδιού ώθησης (Hay and Hobara 1990).



Εικόνα 3.8. Ύψος του κέντρου βάρους σώματος κατά την προετοιμασία πριν την τοποθέτηση του ποδιού ώθησης(modified from Nixdorf & Bruggemann, 1983)



Εικόνα 3.9. Η οριζόντια και κατακόρυφη ταχύτητα του κέντρου βάρους σώματος κατά τη διάρκεια του τελευταίου διασκελισμού και της απογείωσης του άλματος. Παρουσιάζονται και οι τιμές της προσγείωσης του τελευταίου διασκελισμού (Touchdown of Last Stride, TDLS), της απογείωσης του τελευταίου διασκελισμού Take Off of Last Stride, TOLS), της έγκριστης κάμψης του γονάτου (Maximum Knee Flexion, MKF) και της απογείωσης (Take Off, TO)(Lees & Graham-Smith & Fowler, 1994).

Εξετάζοντας τις ίδιες παραμέτρους σε αθλητές με ακρωτηριασμό στο γόνατο, κάτω και πάνω από αυτό, βρέθηκε η ίδια ακριβώς σχέση. Το μήκος των τελευταίων τριών διασκελισμών ήταν μεσαίος- μεγάλος- μικρός και η συχνότητά τους ήταν υψηλή- χαμηλή- υψηλή αντίστοιχα. Από τα δεδομένα αυτά υποστηρίζεται η ιδέα ότι υπάρχει ένα ευρύ φάσμα ομοιότητας στα μοτίβα τρεξίματος και στους παράγοντες που συνδέονται με την απόσταση άλματος μεταξύ των Παραολυμπιακών αθλητών και των αρτιμελών αθλητών υψηλού επιπέδου (Padulles et al., 2019). Η ομοιότητα φαίνεται και από το ότι η ταχύτητα απογείωσης που φτάνουν να έχουν οι αθλητές με ακρωτηριασμό δεν διαφέρει πολύ με αυτή των αρτιμελών. Συγκεκριμένα, αθλητές με ακρωτηριασμό σημειώνουν ταχύτητα απογείωσης $8,60 \pm 0,60$ m/s και οι αρτιμελείς $8,73 \pm 0,32$ m/s (German Sport University of Cologne, 2016).

Το διαφορετικό μήκος και η συχνότητα των διασκελισμών αυτών έχει ως αποτέλεσμα τον διαφορετικό χρόνο επαφής του ποδιού με το έδαφος. Σε έρευνα που αφορούσε κατηγορίες αθλητών T42-44, ηλικίας $28,7 \pm 6,59$ χρονών, βρέθηκαν οι εξής χρόνοι επαφής σε κάθε διασκελισμό (Padulles et al., 2019):

- Τρίτος από το τέλος: $0,109 \pm 0,017s$
- Προτελευταίος: $0,112 \pm 0,016s$
- Τελευταίος: $0,109 \pm 0,011s$

Αυτές οι τιμές συγκρίθηκαν με αυτές των αρτιμελών αθλητών, οι οποίες ήταν οι εξής:

- Τρίτος από το τέλος: $0,088 \pm 0,005s$
- Προτελευταίος: $0,08 \pm 0,009s$
- Τελευταίος: $0,103 \pm 0,008s$

Από τη σύγκριση αυτή, φαίνεται ότι οι αρτιμελείς αθλητές είχαν σαφέστατα πιο γρήγορους χρόνους επαφής με το έδαφος.

Το χαμήλωμα του KB σώματος, που αναφέραμε παραπάνω, είναι σημαντικό γιατί παρέχει τη βέλτιστη στάση σώματος πριν την έναρξη της φάσης απογείωσης και επιτυγχάνει την περιστροφή του σώματος πάνω από το πόδι στήριξης, δημιουργώντας επαρκή κατακόρυφη ταχύτητα και ελαχιστοποιώντας τις απώλειες της οριζόντιας ταχύτητας που έχει αναπτυχθεί. Έχει αναφερθεί ότι, οι αθλητές με ακρωτηριασμό συμμορφώνονται σε αυτό το μοντέλο με ορισμένες τροποποιήσεις στην τεχνική (Nolan & Lees, 2000· Patrìtti et al., 2005). Συγκεκριμένα, φαίνεται ότι οι αθλητές με ακρωτηριασμό στην κνήμη είχαν ένα σημαντικό χαμήλωμα του ύψους του κέντρου βάρους σώματος στην προσγείωση στην βαλβίδα (τελευταίος διασκελισμός) απ' ότι είχαν στην προσγείωση του προτελευταίου διασκελισμού.

Κάτι στο οποίο μπορούμε να κάνουμε αναφορά είναι η απογείωση του αθλητή από το προσθετικό ή το αρτιμελές πόδι. Σε πολλές μελέτες φαίνεται ότι η πλειοψηφία των αθλητών με ακρωτηριασμό επιλέγουν να απογειώνονται από το προσθετικό τους μέλος (Padulles et al., 2019 & Nolan et al., 2012). Η απογείωση από το προσθετικό άκρο δεν φαίνεται να παρουσιάζει μεγάλες διαφορές στην ταχύτητα προσέγγισης, την κατακόρυφη ταχύτητα ή την επίδοση του άλματος, ωστόσο οι αθλητές που απογειώνονται από αυτό φαίνεται να διατηρούν την οριζόντια ταχύτητά τους χρησιμοποιώντας το προσθετικό ως «ελατήριο» (Nolan et al., 2012), καθώς έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν ενέργεια μέσω των προσθετικών και στη συνέχεια να την απελευθερώνουν (Nolan, Patrìtti & Tweedy, 2011). Μεταξύ των δυο ομάδων, φαίνεται η απογείωση από το ακρωτηριασμένο

άκρο να έχει μια σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ ταχύτητας προσέγγισης και επίδοσης, ενώ η απογείωση από το αρτιμελές άκρο έχει μια θετική, μη σημαντική σχέση. Οι μόνες διαφορές ανάμεσα στα δυο γκρουπ είναι ότι οι αθλητές που απογειώνονται από το προσθετικό άκρο, τείνουν να εκτελούν πιο γρήγορα την απογείωση του τελευταίου διασκελισμού πριν το άλμα (Nolan et al., 2012).

Για τους αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο, έχει φανεί ότι το μήκος του υπολειπόμενου άκρου της κνήμης επηρεάζει την απόδοση στο αγώνισμα. Συγκεκριμένα όσο πιο μικρό είναι το υπόλοιπο μήκος της κνήμης, τόσο περισσότερη αστάθεια υπάρχει και απώλεια ελέγχου όταν προσγειώνεται το προσθετικό άκρο. Παράλληλα, υπάρχουν υψηλές αρνητικές τιμές όταν ο προτελευταίος διασκελισμός εκτελείται με το προσθετικό μέλος και ο τελευταίος με το αρτιμελές.

Πίνακας 3.1. Αποτελέσματα: παρουσιάζονται αριθμός αθλητή, κατηγορία, πόδι απογείωσης, επίσημη απόσταση επίδοση άλματος, ανεπίσημη επίδοση άλματος, απόσταση μύτης παπουτσιού από την βαλβίδα, και άνεμος. Άλμα εις μήκος στην κατηγορία T42-44 στους Παραολυμπιακούς Αγώνες του Λονδίνου (Padullles et al., 2019).

ATHLETE NUMBER	Class	To leg	D_{OFF} (m)	D_{EFF} (m)	D_{TTB} (m)	Wind (m/s)
1	44	1	6.19	6.22	0.03	0.9
2	44	1	6.33	6.40	0.07	0.8
3	42	0	4.06	4.24	0.18	0.4
4	42	1	6.11	6.23	0.12	0.8
5	44	0	6.12	6.16	0.04	0.3
6	44	0	5.56	5.59	0.03	1.0
7	42	1	6.07	6.15	0.08	1.0
8	44	1	7.35	7.48	0.13	1.2
9	42	1	4.25	5.01	0.76	-1.6
10	44	0	6.27	6.32	0.05	1.1
11	42	1	5.95	5.99	0.04	1.2
Mean			5.84	5.98	0.14	0.65
SD			0.93	0.82	0.03	0.8

Note: TO leg: 1-Prosthetic; 0- Non prosthetic

3.2.1.4. Γωνίες τοποθέτησης και απογείωσης του ποδιού ώθησης

Παρατηρώντας τον άλτη κατά την διάρκεια του άλματος και αναλύοντας τις συνιστώσες των ταχυτήτων γίνεται κατανοητό, ότι, η ιδανική γωνία απογείωσης είναι οι 45°. Θεωρώντας ότι τόσο η οριζόντια, όσο και η κατακόρυφη ταχύτητα ήταν σταθερά ίσες και υψηλές κατά την απογείωση του αθλητή, η υπόθεση αυτή θα μπορούσε να θεωρηθεί σωστή. Ωστόσο ένας άλτης του μήκους είναι αδύνατο να παράγει κατακόρυφη ταχύτητα ίση σε μέγεθος με την οριζόντια και ακόμη και αν μπορούσε, θα είχε ως αποτέλεσμα μια δραστική μείωση της οριζόντιας ταχύτητας. Η μείωση αυτή φυσικά θα είχε αντίκτυπο στην απόσταση του άλματος (Dyson 1977). Στους αθλητές υψηλού επιπέδου οι γωνίες απογείωσης που παρατηρούνται φτάνουν κοντά στις 20- 22° (Tiura, 1982· Linthorne, 2007).

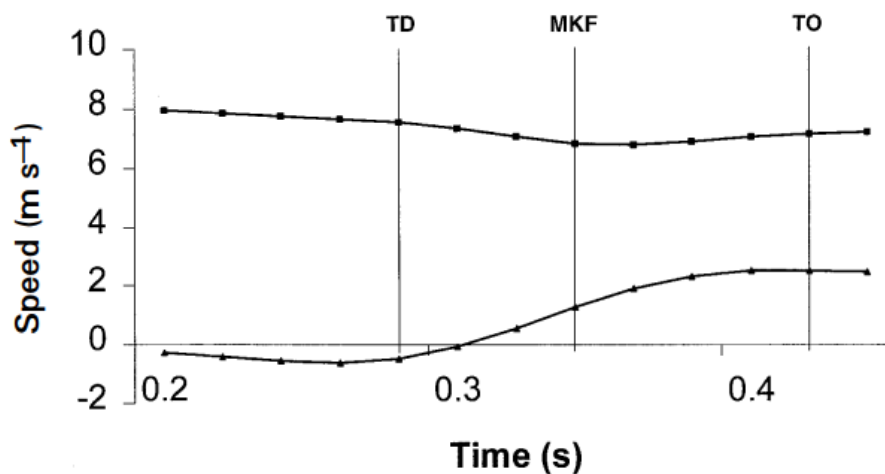
Στους αθλητές με ακρωτηριασμό η γωνία απογείωσης είναι χαμηλότερη από αυτή των αρτιμελών αθλητών. Εκτός αυτού, το άκρο με το οποίο επιλέγουν να ωθήσουν καθορίζει και το μέγεθος της γωνίας. Οι αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο που επιλέγουν να ωθούν από το ακρωτηριασμένο άκρο, φαίνεται ότι σχηματίζουν μικρότερη γωνία απογείωσης, σε σύγκριση με τους αθλητές που ωθούν από το αρτιμελές άκρο, έχοντας πιο εκτεταμένο το γόνατο και το ισχίο κατά την απογείωση. Έτσι διατηρούν μια πιο λυγισμένη θέση κατά τη φάση τοποθέτησης του ποδιού ώθησης, σε σχέση με αυτούς που απογειώνονται από το άθικτο άκρο και παρουσιάζουν μια πιο όρθια θέση τη στιγμή της απογείωσης (Funken et al., 2019). Για τους αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο η γωνία απογείωσης του ποδιού ώθησης που σχηματίζουν κυμαίνεται ανάμεσα στις τιμές 16,9°- 20,1° (Willwatcher et al., 2017).

Ωστόσο, η γωνία τοποθέτησης για τους αθλητές με ακρωτηριασμό δεν φαίνεται να είναι σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την απόδοση στο άθλημα, καθώς η απώλεια της οριζόντιας ταχύτητας συσχετίζεται με το κέρδος της κατακόρυφης ταχύτητας (Nolan & Lees, 2000).

3.2.1.5 Κατακόρυφη Ταχύτητα

Η κατακόρυφη ταχύτητα αναπτύσσεται κατά την τοποθέτηση του ποδιού ώθησης και υποβοηθά τον άλτη να ανυψωθεί και στη συνέχεια να παραμείνει στον αέρα για την εκτέλεση της φάσης πτήσης (Alexander 1990· Hay 1983a). Κατά τη στιγμή της τοποθέτησης και μέχρι το λύγισμα του γονάτου του ποδιού ώθησης παρατηρείται το μεγαλύτερο μέρος της κατακόρυφης δύναμης (περίπου το 60%) (Seyfarth et al., 1999). Η κατακόρυφη ταχύτητα συνεχίζει να αναπτύσσεται μέχρι την στιγμή της απογείωσης και σε εκείνη τη φάση γίνεται μέσω της προς τα πάνω ορμής των χεριών, του ποδιού αιώρησης και της απελευθέρωσης της ελαστικής ενέργειας που έχει αποθηκευτεί. Οι μέγιστες και μέσες τιμές της κάθετης δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά τη φάση ώθησης παρουσιάζουν υψηλή συσχέτιση με την απόσταση του άλματος ($r=0.75$) (Mikhailov, 1981). Συγκεκριμένα, οι τιμές της κατακόρυφης ταχύτητας για τους αρτιμελείς μπορούν να φτάσουν μέχρι τα 3,4 m/s, ανάλογα και με τις ταχυτητικές ικανότητες του αθλητή (Tiura, 1982).

Η στιγμή της μέγιστης κάμψης του γονάτου χρησιμοποιείται για να καθορίσει το τέλος της περιστροφής του σώματος πάνω στο πόδι ώθησης και έτσι να παραχθεί το μεγαλύτερο μέρος της κατακόρυφης δύναμης. Για τους αθλητές με ακρωτηριασμό στα κάτω άκρα η κατακόρυφη ταχύτητα επιτεύχθηκε στην μέγιστη κάμψη του γονάτου, ανερχόμενη στο 68% (Nolan & Less, 2000). Από έρευνα του Nolan και συνεργατών (2012) φαίνεται ότι η απογείωση από το αρτιμελές ή προσθετικό άκρο δεν έχει καμία επίπτωση στην κατακόρυφη ταχύτητα που αναπτύσσεται. Τόσο οι αθλητές που απογειώνονται από το προσθετικό, όσο και αυτοί που ωθούν από το αρτιμελές άκρο αποκτούν παρόμοια κατακόρυφη ταχύτητα την στιγμή της ώθησης στην βαλβίδα. Οι τιμές τη κατακόρυφης ταχύτητας που αναπτύσσουν οι αθλητές με προσθετικά μέλη στα κάτω άκρα κυμαίνονται στα $3,39\pm 0,42$ m/s (German Sport University of Cologne, 2016).



Εικόνα 3.10. Κατακόρυφη και οριζόντια ταχύτητα του κέντρου βάρους σώματος ενός αθλητή με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο κατά την επαφή (τοποθέτηση- απογείωση) με το έδαφος. (■) οριζόντια ταχύτητα, (▲) κατακόρυφη ταχύτητα (Nolan & Lees, 2000)

Μεταξύ των αθλητών με ακρωτηριασμό πάνω και κάτω από το γόνατο και των αρτιμελών, αυτό που φαίνεται σε γενικές γραμμές είναι ότι οι αθλητές με προσθετικά άκρα στην κνήμη πλησιάζουν αρκετά τις τεχνικές και τις επιδόσεις των αρτιμελών, ενώ οι αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο απέχουν αρκετά από τις επιδόσεις των αθλητών με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο και ακόμη περισσότερο από αυτές των αρτιμελών.

3.2.2. Ακρωτηριασμός πάνω από το γόνατο

Πριν ξεκινήσουμε να αναλύουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του άλματος εις μήκος για τους αθλητές με μονομερή ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο, αρχικά θα πρέπει να αναφέρουμε ότι ένα προσθετικό άκρο από τον μηρό και κάτω, έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά μάζας και αδράνειας. Ως αποτέλεσμα αυτού, παρατηρείται μεγαλύτερη φάση ταλάντευσης που οδηγεί σε μεγαλύτερη φάση στήριξης των αρτιμελών άκρων (Murray et al., 1983). Ο περισσότερος χρόνος που αφιερώνεται στη στήριξη στα άκρα, έχει και ως αποτέλεσμα την μείωση της οριζόντιας ταχύτητας (Nolan et al., 2003). Τα άτομα με προσθετικά μέλη στα κάτω άκρα και συγκεκριμένα με προσθετικά στον μηρό χρειάζεται να κάνουν

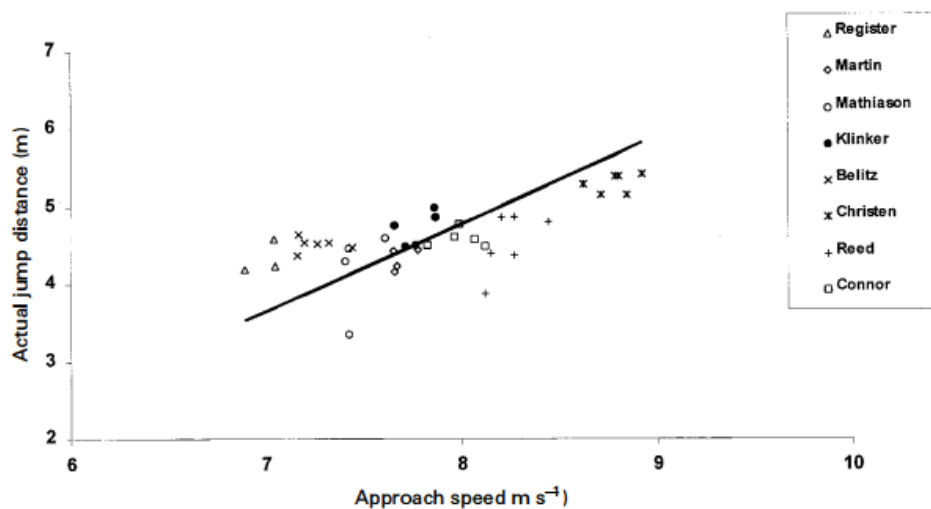
κάποιες προσαρμογές κατά τη διάρκεια του αγωνίσματος. Ένα μεγάλο μέρος της κίνησης ελέγχεται από τον μηχανισμό του προσθετικού του γονάτου και γι' αυτό γίνονται κάποιες τροποποιήσεις, προκειμένου να μεταφερθεί το βάρος και να μπορέσει να εξασφαλιστεί η έκταση της άρθρωσης του γονάτου με το «κλείδωμα» αυτού (Nolan & Lees, 2007).

3.2.2.1. Οριζόντια Ταχύτητα

Όπως έχει αναφερθεί και για τους αρτιμελείς αθλητές και τους αθλητές με ακρωτηριασμό στην κνήμη, έτσι και για τους αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο υπάρχουν ενδείξεις ότι η μεγαλύτερη ταχύτητα προσέγγισης στην απογείωση συμβάλλει θετικά στην απόσταση του άλματος (Nolan & Lees, 2000). Η προσθετική άρθρωση στο γόνατο δημιουργεί αντισταθμιστικά κινηματικά χαρακτηριστικά που δυσκολεύουν την ρύθμιση της ταχύτητας προσέγγισης (Simpson et al., 1998). Σε γενικές γραμμές, οι άλτες και οι άλτριες του μήκους αυτής της κατηγορίας αναπτύσσουν χαμηλότερες τιμές στην οριζόντια ταχύτητα σε σχέση με τους αθλητές με μικρότερο ακρωτηριασμό ή τους αρτιμελείς (Nolan et al, 2006· Lees et al., 1993) και οι τιμές που παρατηρούνται είναι $7,12 \pm 0,69$ m/s (Patriitti et al, 2005), έναντι των αρτιμελών που φτάνουν μέχρι $10,7 \pm 0,3$ m/s (Μπογδάνης & Βεληγκέκας, 2017). Η ασυμμετρία που προκαλείται στην κίνηση από ένα προσθετικό άκρο, αλλά και η δυσκολία στον έλεγχο του έχουν αντίκτυπο στην οριζόντια ταχύτητα που αναπτύσσεται και η χαμηλή της τιμή είναι ακόμη πιο φανερή στους αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο (Nolan & Lees, 2000).

Κάτι ακόμα που θα μπορούσαμε να αναφέρουμε, που έχει παρατηρηθεί στις γυναίκες άλτριες του μήκους, είναι το εξής: συγκρίνοντας άλτριες με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο με άλτες με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο φαίνεται ότι παρά το γεγονός ότι αύξησαν την ταχύτητα προσέγγισης αρκετά, ιδιαίτερα μεταξύ των 11-6 μέτρων, δεν φάνηκε να ήταν καλύτερη και η επίδοσή τους στο άλμα. Απ' αυτή τη μελέτη βγήκε το συμπέρασμα ότι οι άλτριες του μήκους με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο, παρόλο που μπορούν να

αντισταθμίσουν την αργή τους ταχύτητα και να συνεχίσουν να επιταχύνουν μεταξύ των 11-6 μέτρων πριν την απογείωση, αυτό έχει αρνητική επίδραση στην απόδοσή τους. Οι μηχανισμοί που εμποδίζουν τις γυναίκες με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο να εκτελούν την τεχνική του άλματος με τον ίδιο τρόπο όπως και οι άλλοι αθλητές του δείγματος δεν είναι γνωστοί και απαιτούν λεπτομερή κινηματική ανάλυση (Patriitti et al, 2005). Οι άντρες με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο και οι γυναίκες με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο έδειξαν μια πιο αδύναμη σχέση, αλλά εν μέρει πιο συμμορφωμένη με το αποδεκτό μοντέλο του άλματος εις μήκος (Lees et al., 1994· Nolan & Lees, 2000).



Εικόνα 3.11. Η σχέση μεταξύ ταχύτητας προσέγγισης και απόστασης άλματος στους αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο (Nolan & Lees, 2000).

3.2.2.2. Μήκος και Συχνότητα Διασκελισμού

Σε γενικές γραμμές δεν υπάρχουν πολλές αναφορές για το μήκος και την συχνότητα των διασκελισμών για τους άλτες της κατηγορίας T42. Αυτό που φαίνεται είναι ότι οι αθλητές με ακρωτηριασμό στο μηρό έχουν πιο μεγάλα μήκη διασκελισμών των άθικτων άκρων καθ' όλη τη διάρκεια της φάσης φόρας και μέσω αυτών ρυθμίζουν καλύτερα την οριζόντια ταχύτητα (Simpson et al., 1998). Σε άλλη έρευνα που έγινε από τον Padulles και τους συνεργάτες (2019) φαίνεται ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αθλητών με ακρωτηριασμό πάνω και

κάτω από το γόνατο στην σχετική συχνότητα των διασκελισμών. Διαφορές και τροποποιήσεις από το ιδανικό μοντέλο του άλματος εις μήκος παρατηρούνται στους τρεις τελευταίους διασκελισμούς πριν την απογείωση και θα εξεταστούν παρακάτω.

3.2.2.3. Τελευταίοι Διασκελισμοί φόρας

Στους άλλες με προσθετικά μέλη πάνω από το γόνατο παρατηρούνται πιο μικρά μήκη στους τρεις τελευταίους διασκελισμούς απ' ότι στους αθλητές με ακρωτηριασμό στην κνήμη ή τους αρτιμελείς και αυτό μπορεί να οφείλεται στην χαμηλότερη ταχύτητα προσέγγισής τους, καθώς το μήκος του διασκελισμού αυξάνεται όσο μεγαλώνει η ταχύτητα τρεξίματος. Οι αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο, που επιλέγουν να απογειωθούν από το προσθετικό μέλος, παρουσιάζουν έναν πιο μεγάλο προτελευταίο διασκελισμό, συγκριτικά με τον τρίτο από το τέλος και τον τελευταίο. Κατά τους τρεις αυτούς διασκελισμούς, σε αντίθεση με τους αθλητές χωρίς κάποιο είδος αναπηρίας, οι αθλητές με ακρωτηριασμό στον μηρό χαμηλώνουν το κέντρο βάρους (KB) του σώματος σταθερά σε κάθε επακόλουθο διασκελισμό και έχουν σημαντικά χαμηλότερο ύψος KB σώματος στο σημείο της βαλβίδας (-2,3%), απ' ότι έχουν στον τρίτο από το τέλος διασκελισμό (Nolan & Lees, 2007). Το κατέβασμα του KB σώματος παρέχει τη βέλτιστη θέση για την έναρξη της φάση απογείωσης, ωστόσο το γεγονός ότι το προσθετικό γόνατο πρέπει να κλειδώσει για να υποστηρίξει το βάρος του σώματος κατά την τοποθέτηση, σημαίνει ότι το κατέβασμά του είναι αρκετά δύσκολο (Nolan et al., 2006). Το κατέβασμα του KB οφείλεται στην θέση του ποδιού κατά την φάση τοποθέτησης του σκέλους στο έδαφος και όχι στις συνθήκες απογείωσης του προηγούμενου διασκελισμού. Η μεγαλύτερη μείωση του ύψους του KB σώματος γίνεται κυρίως στον τελευταίο διασκελισμό, μέσω της απαγωγής του σκέλους κατά την φάση στήριξης και έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη μεγάλης αρνητικής οριζόντιας ταχύτητας κατά την τοποθέτηση του ποδιού (Nolan & Lees, 2007). Όσον αφορά στην συχνότητα των διασκελισμών, από συγκριτική έρευνα του Padulles και των συνεργατών (2019) φαίνεται ότι οι αθλητές με ακρωτηριασμό

στον μηρό τείνουν να παρουσιάζουν συχνότητες $4,53\pm 0,72\text{Hz}$, $3,90\pm 0,64\text{Hz}$ και $5,24\pm 0,54\text{Hz}$ για τους τρεις τελευταίους διασκελισμούς αντίστοιχα. Όπως φαίνεται από αυτές τις τιμές, οι εκτέλεση των τριών τελευταίων διασκελισμών γίνεται με ρυθμό γρήγορα- αργά- γρήγορα.

3.2.2.4. Γωνίες απογείωσης τελευταίου διασκελισμού

Όσον αφορά στον τελευταίο διασκελισμό πριν την ώθηση οι αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο έδειξαν διαφορετικές γωνίες στο γόνατο και στο ισχίο σε σχέση με τους αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο και τους αρτιμελείς. Κατά τη φάση τοποθέτησης του τελευταίου διασκελισμού με το άθικτο άκρο, οι αθλητές φάνηκαν να έχουν πιο τεντωμένο ισχίο και γόνατο, υιοθετώντας μια πιο «όρθια» θέση (Nolan & Lees, 2007), αντί για μια θέση με «κλίση προς τα πίσω», που υιοθετούν οι αθλητές χωρίς αναπηρία και οι αθλητές με ακρωτηριασμό στην κνήμη. Η προσαρμογή αυτή χρησιμοποιείται ως αντισταθμιστική στρατηγική λόγω των δυσκολιών της περιστροφής στο πόδι ώθησης. Αυτή η στρατηγική είναι αρκετά αποτελεσματική, καθώς έτσι οι αθλητές είναι σε θέση να έχουν ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας προσέγγισης και της απόστασης του άλματος (Nolan & Lees, 2000). Πιο συγκεκριμένα, οι άλλες με προσθετικό μέλος πάνω από το γόνατο παρουσιάζουν γωνία ισχίου 49° στην φάση της τοποθέτησης, ενώ οι αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο και οι αρτιμελείς αθλητές παρουσιάζουν γωνίες 41° και 34° αντίστοιχα (Nolan & Lees, 2000). Ωστόσο, η γωνία του ποδιού την στιγμή της τοποθέτησης δεν φαίνεται να είναι σημαντική όσον αφορά στην απόκτηση κατακόρυφης ταχύτητας.

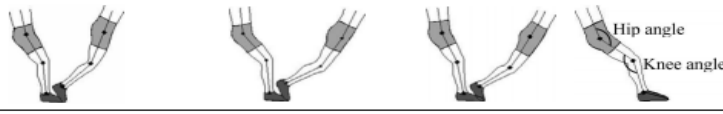
Η απογείωση των αθλητών της κατηγορίας που μελετάμε, όσον αφορά στην επαφή με την βαλβίδα είναι ελαφρώς πιο αργή από αθλητές με μικρότερο είδος ακρωτηριασμού. (Nolan & Lees, 2007).

3.2.2.5. Κατακόρυφη Ταχύτητα

Η προσαρμογή της θέσης του σώματος στον τελευταίο διασκελισμό που περιγράφηκε παραπάνω καθιστά την μετατροπή της οριζόντιας ταχύτητας σε κατακόρυφη, αρκετά δύσκολη (Nolan & Lees, 2000). Το γεγονός ότι οι άλτες με προσθετικό άκρο στο μηρό πρέπει να κάνουν μερική απαγωγή του ισχίου προκειμένου να κατεβάσουν το ΚΒ του σώματος, έχει ως συνέπεια την ανάπτυξη μεγαλύτερης αρνητικής κατακόρυφης ταχύτητας την στιγμή της τοποθέτησης στη βαλβίδα, η οποία είναι δυσμενής για την απογείωση (Nolan & Lees, 2007). Η δυσκολία αυτή σε συνδυασμό με την αργή ταχύτητα προσέγγισης, έχει αρνητικές επιπτώσεις στην εκτέλεση του άλματος (Nolan & Lees, 2000). Το ποσοστό της κάθετης ταχύτητας που επιτυγχάνεται από αυτή τη θέση, από τους αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω από γόνατο είναι μόνο 43%, σε σχέση με τους άλτες με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο που καταφέρνουν να επιτύχουν το 68%. Αυτές οι τιμές δείχνουν ότι η περιστροφή πάνω στο άκρο ή το προσθετικό μέλος είναι λιγότερο αποτελεσματική στους αθλητές αυτούς (Nolan & Lees, 2007). Η τιμή της μέγιστης κατακόρυφης ταχύτητας που επιτυγχάνουν οι αθλητές της κατηγορίας T42 κυμαίνεται στα 2,34 m/s (Nolan & Lees, 2000) και είναι αρκετά μικρότερη από αυτή που πετυχαίνουν οι αθλητές με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο και τους αρτιμελείς που είναι $3,39 \pm 0,42$ m/s (German Sport University of Cologne, 2016) και 3,4 m/s αντίστοιχα. (Tiura, 1982).


Πίνακας 3.2. Κύριες γωνίες ισχίου, γονάτου και ποδοκνημικής κατά την τοποθέτηση (TD) και απογείωση (TO) στους τελευταίους διασκελισμούς πριν την τοποθέτηση στην βαλβίδα (TD_{jump}), και εύρος κίνησης του ισχίου και γονάτου (ROM) για a) αθλητή με ακρωτηριασμό στον μηρό και b) αθλητή με ακρωτηριασμό στην κνήμη (Nolan & Lees, 2007)

(a) Trans-femoral



	Third last stride			Second last stride			Last stride			TD_{jump}
	TD	TO	ROM	TD	TO	ROM	TD	TO	ROM	
Hip angle (°)	168 [‡] (7)	179 (8)	9 [#] (5)	146 [‡] (16)	200 ^ˆ (13)	54 [‡] (18)	168 ^{*†} (9)	189 (9)	21 (8)	146 [‡] (13)
Knee angle (°)	164 [‡] (7)	149 (11)	18 [‡] (10)	145 [‡] (6)	146 (15)	10 (6)	169 ^{*†} (10)	160 [*] (4)	9 (7)	143 ^{*‡} (10)
Leg angle (°)	19 (8)			14 (2)			10 [#] (4)			19 (8)

(b) Trans-tibial



	Second last stride			Last stride			TD_{jump}
	TD	TO	ROM	TD	TO	ROM	
Hip angle (°)	149 (10)	185 ^ˆ (13)	37 (12)	149 [*] (14)	180 (8)	31 (12)	157 (7)
Knee angle (°)	146 [‡] (7)	150 (8)	11 (7)	150 [*] (15)	143 [*] (12)	13 (5)	155 [*] (6)
Leg angle (°)	11 [‡] (4)			15 [#] (6)			22 (6)

*Significant difference between trans-tibial and trans-femoral amputees. ^ˆTrend towards a difference between trans-tibial and trans-femoral amputees. [‡]Significant difference from touch-down on the take-off board. [#]Trend towards a difference from touch-down on the take-off board. [‡]Significant difference from the last stride.

Πίνακας 3.3. Τιμές και τυπικές αποκλίσεις (SD) για αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω και κάτω από το γόνατο και αρτιμελείς στις στιγμές της τοποθέτησης (TD) (H = Ύψος κέντρου βάρους σώματος, S = ταχύτητα, A = γωνία, AV = γωνιακή ταχύτητα) (Nolan & Lees, 2000)

	Below-knee amputees		Above-knee amputees		Elite able-bodied†	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Official distance jumped (m)	5.94*	0.22	4.80	0.31	7.67	0.21
Actual distance jumped (m)	6.00*	0.21	4.87	0.32	7.79	0.24
Approach speed (ms^{-1})	9.00*	0.34	7.82	0.59	NA	NA
<i>Key variables at TD</i>						
H	1.08*	0.08	1.18	0.05	1.10	0.05
S_H	8.33*	0.45	7.64	0.70	9.96	0.52
S_H	-0.38	0.28	-0.39	0.18	-0.06	0.35
A_{knee}	158	7.1	154	6.4	167	4.7
A_{hip}	145*	8.9	136	12.1	149	8.2
A_{leg}	22.8*	2.4	19.0	3.7	24.8	3.7
$S_{foot(rel)}$	-5.90*	0.82	-4.57	0.47	NA	NA
$S_H(TD) \times A_{leg}(TD)$	189*	16.9	145	30.1	NA	NA

Πίνακας 3.4. Η καλύτερη επίδοση που σημειώθηκε με βάση το άκρο απογείωσης και οι οριζόντιες ταχύτητες που καταγράφηκαν (Nolan et al, 2012)

Athlete	Competition	Official distance jumped (m)	Approach speed (m.s ⁻¹)
Prosthetic limb take off			
1	F44	6.68	8.53
2	F44	6.45	8.69
3	P44	6.29	8.37
4	F44	5.72	7.38
5	F44	5.04	7.17
Mean		6.04	8.03
SD		0.66	0.70
Intact limb take off			
1	F44	6.20	8.47
2	P44	5.66	7.43
3	P44	5.14	7.98
4	P44	4.78	7.52
5	P44	4.33	7.01
Mean		5.22	7.68
SD		0.73	0.56

SD, standard deviation

Πίνακας 3.5. Τιμές και τυπικές αποκλίσεις (\pm SD) για την απόσταση που καταγράφηκε και τις ταχύτητες προσέγγισης για τους άντρες και τις γυναίκες με ακρωτηριασμό πάνω (AKA) και κάτω (BKA) από το γόνατο (Patriitti et al., 2005).

	MALE		FEMALE	
	AKA	BKA	AKA	BKA
Official distance (m)	5.23 \pm 0.72	5.59 \pm 0.83	3.25 \pm 0.24	4.25 \pm 0.43
Velocity at TO (m s ⁻¹)	7.12 \pm 0.69	7.73 \pm 0.79	5.36 \pm 0.43	6.60 \pm 0.50
Av. velocity 11-6m from TO board (m s ⁻¹)	7.31 \pm 0.71	8.08 \pm 0.68	5.32 \pm 0.23^o	6.76 \pm 0.49
Av. velocity 6-1m from TO board (m s ⁻¹)	7.67 \pm 0.59	8.30 \pm 0.66	5.67 \pm 0.24	7.05 \pm 0.45
Δ velocity 11-6m from TO board (m s ⁻¹)	0.51 \pm 0.42*	0.54 \pm 0.58*	0.70 \pm 0.32*	0.25 \pm 0.48
Δ velocity 6-1m from TO board (m s ⁻¹)	-0.22 \pm 0.44 ^A	-0.41 \pm 0.64 ^A	0.36 \pm 0.42	0.34 \pm 0.43

^A: negative (-) sign denotes decrease in velocity; **bold**: significant difference between classifications (AKA and BKA) for each gender;

^o: significant difference between Av. velocity 11-6m vs. 6-1m for a given group; *: significant difference between Δ velocity 11-6m vs 6-1m for a given group.

Μια από τις έρευνες που μελετήθηκε παραπάνω είχε διεξαχθεί με σκοπό να συγκρίνει τα βιομηχανικά στοιχεία τριών αλτών με ακρωτηριασμό κάτω από το γόνατο, συμπεριλαμβανομένου του Marcus Rehm με επτά αρτιμελείς άλτες του μήκους (German Sport University of Cologne, 2016). Η έρευνα αυτή έγινε προκειμένου να απαντηθεί το ερώτημα αν «παρέχει το προσθετικό μέλος του Marcus Rehm πλεονέκτημα στην επίδοσή του;», ύστερα από αίτημα του ίδιου να συμπεριληφθεί στους Ολυμπιακούς Αγώνες, μιας και οι επιδόσεις του θα μπορούσαν να του απονέμουν χρυσό μετάλλιο, αν συμμετείχε στους Ολυμπιακούς του Λονδίνου 2012. Σύμφωνα με τους κανονισμούς της IAAF (International Association of Athletics Federations), η χρήση ενός μηχανικού βοηθήματος δεν είναι επιτρεπτή, εκτός εάν ο αθλητής μπορεί να αποδείξει ότι η χρήση του δεν παρέχει ένα συνολικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα πάνω σε άλλους αθλητές που

δεν χρησιμοποιούν (International Association of Athletics Federation. IAAF Athletics Competition Rules 2016-2017. Monaco: International Association of Athletics Federation, 2015).

Ο Marcus Rehm είχε επιδόσεις αρκετά συγκρίσιμες ή και καλύτερες από αρτιμελείς άλτες, ωστόσο «δεν έχει καταφέρει να αποδείξει ότι δεν υπάρχει κάποιο πλεονέκτημα από το προσθετικό του σε βάρος άλλων αθλητών» (Trevelyan, 2016). Η υπόθεση του Marcus Rehm ανέπτυξε το ευρύτερο ζήτημα, αν θα πρέπει να ενθαρρύνουμε την αναμέτρηση των αθλητών που έχουν αλλά και δεν έχουν ενσωματωμένα τεχνητά μέλη, στους αγώνες υψηλού επιπέδου, όπως τους Ολυμπιακούς; Μια ικανοποιητική ανάλυση απαιτεί όχι μόνο επιστημονική αξιολόγηση για το οποιοδήποτε τεχνολογικό πλεονέκτημα αλλά και μελέτη των φιλοσοφικών, ηθικών και πολιτιστικών θεμάτων. Συγκεκριμένα, ερωτήματα που αναφέρονται σε αντίστοιχα θέματα και είναι δύσκολο να απαντηθούν είναι: 1) είναι τόσο σημαντικές οι αναπόφευκτες βιομηχανικές διαφορές ώστε οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν προσθετική τεχνολογία, να μην μπορούν να συμμετέχουν στην ίδια δραστηριότητα όπως οι αντίπαλοί τους; 2) υπάρχει δικαιοσύνη και αξιοπρέπεια από την επιδίωξη να συμπεριληφθούν άνθρωποι που απαιτούν την χρήση τεχνολογίας στους Ολυμπιακούς Αγώνες; Ή μήπως το κινήγι αυτής της συμπερίληψης απλά προδίδει μια σιωπηλή αξία της βαθμολόγησης, ότι οι Παραολυμπιακοί αγώνες είναι οι «δεύτεροι καλύτεροι» και ότι για να είναι κάποιος πραγματικά καλός αθλητής, θα πρέπει να αγωνίζεται στους Ολυμπιακούς; Το φορτίο αυτής της απόδειξης έπεσε νομικά πάνω στο Marcus Rehm για να αποδείξει ότι το προσθετικό του μέλος δεν προσφέρει κάποιο πλεονέκτημα. Όπως αναφέρθηκε και πριν, μια ικανοποιητική ανάλυση του θέματος απαιτεί ισορροπημένη θεώρηση των οποιονδήποτε μελλοντικών, έγκυρων επιστημονικών δεδομένων και ευρύτερα φιλοσοφικά, ηθικά και πολιτιστικά θέματα σχετικά με το θέμα (Beckman et al., 2016).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι αθλητές με διαφορετικό είδος ακρωτηριασμού στα κάτω άκρα παρουσιάζουν διαφορετικές επιδόσεις στο άλμα εις μήκος. Οι διαφορετικές επιδόσεις

καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος της οριζόντιας ταχύτητας που καταφέρνουν να αναπτύξουν οι αθλητές. Σε γενικές γραμμές, σε ότι αφορά στην οριζόντια ταχύτητα οι αθλητές με ακρωτηριασμό στον μηρό έχουν σταθερά χαμηλότερη οριζόντια ταχύτητα από αυτούς με ακρωτηριασμό στην κνήμη, και όλοι τους είχαν χαμηλότερη οριζόντια ταχύτητα κατά την επαφή με την βαλβίδα σε σχέση με τους αρτιμελείς αθλητές (Arampatzis et al., 1998· Hay & Hobara, 1990· Lees et al., 1994). Οι χαμηλότερες ταχύτητες προσέγγισης των αθλητών αυτών οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στο προσθετικό τους μέλος, το οποίο προκαλεί ασυμμετρίες στην κίνηση και δυσκολία στον έλεγχο αυτού. Επίσης, η ανικανότητα ελέγχου των υψηλών δυνάμεων που δρουν στην άκρη του προσθετικού μέλους οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας προσέγγισης ειδικότερα στους αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο (Nolan & Lees, 2000).

Όσον αφορά στην κατακόρυφη ταχύτητα οι αθλητές με ακρωτηριασμό στην κνήμη παρουσιάζουν πολύ μικρές διαφορές σε σχέση με τους αρτιμελείς. Παρά τις μικρές διαφορές τους οι άλτες με ακρωτηριασμό φαίνεται να είναι λιγότερο ικανοί να ελέγξουν την αρνητική κατακόρυφη ταχύτητα που αναπτύσσεται την στιγμή της τοποθέτησης του ποδιού ώθησης και αυτό σίγουρα επηρεάζει την απόδοσή τους. Οι αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο παρουσιάζουν και τις χαμηλότερες τιμές σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες αθλητών (Nolan & Lees, 2000).

Για ότι αφορά στους τρεις τελευταίους διασκελισμούς οι άλτες του μήκους με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο παρουσιάζουν πιο μικρά μήκη απ' ότι στους αθλητές με ακρωτηριασμό στην κνήμη. Αυτό που εξηγεί αυτήν την διαφορά μεταξύ τους είναι η χαμηλότερη ταχύτητα προσέγγισής τους. Κατά τους τρεις αυτούς διασκελισμούς, οι αθλητές με ακρωτηριασμό στον μηρό χαμηλώνουν το κέντρο βάρους (KB) του σώματος σταθερά σε κάθε επακόλουθο διασκελισμό (Nolan & Lees, 2007), και χρειάζεται να εκτελέσουν μερική απαγωγή του ισχίου προκειμένου να κατεβάσουν το KB του σώματος (Nolan & Lees, 2007).

Όσον αφορά στις γωνίες που ωθούν οι αθλητές, δεν υπάρχουν ακριβή δεδομένα που να κάνουν αναφορά σε τι γωνία τοποθετούν οι αθλητές με ακρωτηριασμό πάνω και κάτω από το γόνατο το πόδι ώθησης. Την στιγμή της τοποθέτησης οι αθλητές

με ακρωτηριασμό πάνω από το γόνατο έχουν μια πιο όρθια θέση και την τροποποίηση την κάνουν προκειμένου να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες της περιστροφής πάνω στο πόδι ώθησης (Nolan & Lees, 2000).

Πίνακας 5.1. Σύγκριση αθλητών με και χωρίς ακρωτηριασμό όσον αφορά στην επίδοση, την οριζόντια ταχύτητα, την κατακόρυφη ταχύτητα, την γωνία τοποθέτησης του ποδιού ώθησης και την γωνία απογείωσης

Είδος ακρωτηριασμού	Επίδοση άλματος (m)	Οριζόντια Ταχύτητα (m/s)	Κατακόρυφη Ταχύτητα (m/s)	Γωνία τοποθέτησης ποδιού ώθησης (°)	Γωνία απογείωσης ποδιού ώθησης (°)
Αρτιμελείς	8,95	10,7± 0,3	3,4	63±2,0	18- 22
Ακρωτηριασμός κάτω από το γόνατο	8,21	8,99-9,98	3,39± 0,41		16,9- 20,1
Ακρωτηριασμός πάνω από το γόνατο	6,70	7,12± 0,69	2,34		

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Beckman, E., Connick, M., McNamee, M., Parnell, R. & Tweedy, S. (2016). Should Markus Rehm be permitted to compete in the long jump at the Olympic Games?, *Br J Sports Med* 2017, 51, 1048-1049
- Bridgett, L. & Linthorne, N. (2006). Changes in long jump take-off technique with increasing run- up speed, *Journal of Sports Sciences*, 24(8), 889-897
- Funken, J., Willwacher, S., Heinrich, K. Muller, R., Hobara, H., Grabowski, A. & Potthast, W. (2018). Three- Dimensional Take-Off Step Kinetics of Long Jumpers with and without a Transtibial Amputation, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, published ahead of print
- Funken, J., Willwacher, S., Heinrich, K., Muller, R., Hobara, H., Grabowski, A. &

Potthast, W. (2019). Intra- Individual joint angle variation during the take-off step of long jumpers with transtibial amputation- Preliminary Results, *37th International Society of Biomechanics in Sport Conference*, Oxford, OH, United States, July 21-25 2019

German Sport University of Cologne. (2016). "Biomechanical comparison of the long jump of athletes with and without a below the knee amputation", Cologne, Germany, 15 July 2016,
<https://idw-online.de/de/attachmentdata49945.pdf>

Hay, J. (1986). The Biomechanics of the Long Jump, *Exerc Sport Sci Rev*, 14, 401-446

Hay, J. (1999). Changes in muscle- tendon length during the take-off of a running long jump, *Journal of Sports Science*, 17(2), 159-172

Hobara, H., Hashizume, S., Funken, J., Willwacher, S., Muller, R., Grabowski, A. & Potthast, W. (2019). Vertical stiffness during one-legged hopping with and without using a running- specific prosthesis, *Journal of Biomechanics*, doi: [10.1016/j.biomech.2019.01.034](https://doi.org/10.1016/j.biomech.2019.01.034)

Isakov, E., Burger, H., Krajnik, J., Gregoric, M. & Marincek, C. (1996). Influence of speed on gait parameters and on symmetry in transtibial amputees, *Prosthetics and Orthotics International*, 20, 153-158

Lees, A., Graham-Smith, P. & Fowler, N. (1994). A Biomechanical Analysis of the Last Stride, Touchdown, and Takeoff Characteristics of the Men's Long Jump, *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 61-78

Lemone, P. & Burke, K. (2004) Ασθενής με ακρωτηριασμό, Στο Παναγουδάκη-Μπροκαλάκη Η. (Επιμ.), *Παθολογική- Χειρουργική Νοσηλευτική, Κριτική Σκέψη κατά τη φροντίδα του ασθενούς* (σ. 1560-1561). Copyright Ιατρικές Εκδόσεις

Λαγός Δημήτριος

- Nolan, L. & Lees, A. (2000). Touch-down and take-off characteristics of the long jump performance of world level above- and below- amputee athletes, *Ergonomics*, 10, 1637-1650
- Nolan, L., Patritti, B., Stana, L. & Tweedy, S. (2011). Is Increased Residual Shank Length a Competitive Advantage for Elite Transtibial Amputee Long Jumpers?, *Adapted Physical Activity Quarterly*, 28, 267-276
- Nolan, L., Patritti, B. & Simpson, K. (2006). A Biomechanical Analysis of the Long- Jump Technique of Elite Female Amputee Athletes, *Applied Sciences Biodynamics*, 38 (10), 1829-1835
- Nolan, L. & Lees, A. (2007). The influence of lower limb amputation level on the approach the amputee long jump, *Journal of Sports Sciences*, 25(4), 393-401
- Nolan, L., Patritti, B. & Simpson, K. (2012). Effect of take-off prosthetic versus intact limb on transtibial amputee long jump technique, *Prosthetics and Orthotics International*, 36(3), 297-305
- Padulles, J., Torralba, M., Lopez-del Amo, J., Braz, M., Theodorou, A., Padulles, X., . . . Panoutsakopoulos V. (2019). Kinematic Characteristics of the Long Jump approach run in Paralympic-Level Male limb-deficients, *European Journal of Human Movement*, 43, 115-130
- Patritti, B., Simpson, K. & Nolan, L. (2005) Approach velocity profiles of elite male and female lower-limb amputee long jumpers, *20th Congress, ASB 29th Annual Meeting*, 31st July- 5th August 2005, Cleveland, Ohio

Willwatcher, S., Funken, J., Heinrich, K., Muller, R., Hobara, H. & Grabowski, A. (2017).
Elite long jumpers with below the knee prostheses approach the board slower,
but take-off more effectively than non- amputee athletes, *Scientific Reports* 7:
16058, doi: 10.1038/s41598-017-16383-5

Βεληγκέκας Π. & Μπογδάνης Γ. (2017) *Θεωρία και Μεθοδολογία Προπονητικής
Αλμάτων Κλασικού Αθλητισμού*. (2^η έκδοση). Broken Hill Publishers LTD