



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικοθεραπείας

Πτυχιακή Εργασία με Θέμα:

«Εμβιομηχανική μελέτη των τεχνικών της άρσης βαρών, της επίδρασης τους στις αρθρώσεις του κάτω άκρου και της φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης»

Φοιτητές: [Κυριακίδης Θεόδωρος, Χριστοφορίδης Κωνσταντίνος]

Εισηγητής: [Μελίγγας Κωνσταντίνος, ΕΔΙΠ]

Λαμία, 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το άθλημα της άρσης βαρών είναι ένα Ολυμπιακό άθλημα ατομικής φύσεως, στο οποίο ο αθλητής έχει σαν στόχο την ανύψωση μιας μπάρας από μια αρχική σε μια τελική θέση μέσω δύο συγκεκριμένων κινήσεων: του αρασέ και του επολέ - ζετέ. Και στις δύο αυτές κινήσεις, η μπάρα ξεκινάει από το έδαφος και ολοκληρώνει την κίνησή της όταν φτάσει πάνω από το κεφάλι του αθλητή, στην θέση «κλειδώματος». Στο αρασέ ο αθλητής προσπαθεί να φέρει τη μπάρα στην τελική αυτή θέση με μία κίνηση συνήθως σε μια θέση καθίσματος και πρέπει να σταθεί όρθιος ώστε η άρση να θεωρηθεί επιτυχημένη. Στο επολέ - ζετέ, η άρση επιτυγχάνεται με μια διπλή κίνηση. Κατά την πρώτη κίνηση, το επολέ, ο αθλητής προσπαθεί να σηκώσει τη μπάρα από το έδαφος και να την τοποθετήσει στους ώμους του, ενώ συνήθως το πιάσιμο αυτό γίνεται σε θέση βαθέως καθίσματος, από όπου ο αθλητής πρέπει να σηκωθεί για να εκτελέσει την δεύτερη κίνηση. Η δεύτερη κίνηση, το ζετέ, περιλαμβάνει την προσπάθεια του αθλητή να «κλειδώσει» τη μπάρα στην τελική θέση πάνω από το κεφάλι μέσω μιας κίνησης μεταφοράς. Στην προσπάθεια αυτή των αθλητών, η επιτυχημένη άρση εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες, όπως, είναι η κάθετη και η οριζόντια μετατόπιση της μπάρας, η επιτάχυνση και η ταχύτητά της, η παραγόμενη ισχύς από τον αθλητή και οι γωνίες των αρθρώσεων κατά την εκτέλεση. Ωστόσο, η χρήση βαρών, η εντατική προπόνηση και η συμμετοχή σε αγώνες έχει σαν αποτέλεσμα την επιβάρυνση των αρθρώσεων και των μυών και κατ' επέκτασιν την πρόκληση τραυματισμών του μυοσκελετικού συστήματος. Άλλωστε οι τραυματισμοί αθλητών είναι ένα αναπόφευκτο φαινόμενο.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για την καταγραφή των πιο πρόσφατων δεδομένων τα οποία προκύπτουν από την εμβιομηχανική ανάλυση των δύο τεχνικών της άρσης βαρών ως προς τις κινηματικές παραμέτρους. Επίσης, θα γίνει εντοπισμός των τραυματισμών που προκύπτουν στα κάτω άκρα των αθλητών και θα παρατεθούν στοιχεία φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης.

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στις διαδικτυακές βάσεις δεδομένων PubMed, ScienceDirect, Scopus και Cinahl. Χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος αλγόριθμος αναζήτησης: “Olympic Weightlifting” OR “Technique” OR “Snatch” OR “Clean and Jerk” AND “Biomechanics” OR “Biomechanical analysis” OR “Kinematics”.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	V
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	VI
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	VIII
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	3
Κεφάλαιο 1	3
1.1 Εμβιομηχανική.....	3
1.2 Αναζήτηση ιδανικού θεωρητικού μοντέλου κίνησης των αθλητών με βάση τους φυσικούς νόμους και σύγκριση των κινήσεων των αθλητών με το μοντέλο	4
1.3 Βασικές αρχές Εμβιομηχανικής.....	6
1.4 Μέθοδοι ανάλυσης Εμβιομηχανικής	7
Κεφάλαιο 2: Ολυμπιακή Άρση Βαρών	9
2.1 Ιστορική αναδρομή	9
2.2 Εξοπλισμός	10
2.3 Τεχνικές άρσης βαρών	12
2.3.1 Αρασέ (Απόσπαση).....	12
2.3.2 Επολέ- ζετέ (επωμισμός και εκτίναξη)	14
Κεφάλαιο 3: Αθλητικές κακώσεις	16
3.1 Ταξινόμηση με βάση το μηχανισμό πρόκλησης.....	17
3.2 Ταξινόμηση με βάση τον τύπο τραυματισμένου ιστού	17
3.3 Ταξινόμηση με βάση τη διάρκεια εκδήλωσης των συμπτωμάτων	18
3.4 Ταξινόμηση με βάση τη σοβαρότητα των κακώσεων	18
3.5 Τραυματισμοί στο άθλημα της άρσης βαρών – Επιδημιολογία	18
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	22
Κεφάλαιο 4: Εμβιομηχανική ανάλυση των τεχνικών της ΟΑΒ.....	22
4.1 Τεχνική αρασέ.....	22
4.1.1 Μελέτη εμβιομηχανικών παραγόντων του αθλητή.....	22
4.1.2 Μηχανικό έργο και ισχύς	29
4.1.3 Άλλοι παράγοντες σχετικά με την εμβιομηχανική μελέτη του αρασέ.....	29

4.2 Τεχνική επολέ – ζετέ.....	34
4.3 Κινητική ανάλυση και τεχνική	40
Κεφάλαιο 5: Τραυματισμοί των κάτω άκρων στο άθλημα της ΟΑΒ και φυσικοθεραπευτική παρέμβαση.....	43
5.1 Μυϊκές Θλάσεις	44
5.2 Τραυματισμοί συνδέσμων, τενόντων και χόνδρινων επιφανειών	45
5.3 Διάστρεμμα ποδοκνημικής	48
5.4 Σύνδρομο Υπέρχρησης.....	49
5.4.1 Σύνδρομο επιγονατιδομηριαίου πόνου (patellofemoral pain syndrome).....	49
5.4.2 Κατάγματα καταπόνησης.....	50
5.4.3 Τενοντοπάθειες	51
5.4.4 Οστεοαρθρίτιδα (ΟΑ) γόνατος	53
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	54
ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	57

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ
ΟΑΒ	Ολυμπιακή Άρση Βαρών
ΣΣ	Σπονδυλική Στήλη
IWF	International Weightlifting Federation
ΠΑΚ	Ποδοκνημική
Κ.Α.Π.Α	Κρυοθεραπεία. Ανάρροπη θέση. Περίδεση. Ανάπαυση.
ΟΑ	Οστεοαρθρίτιδα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Απεικόνιση των δύο βασικών τεχνικών της άρσης βαρών. Βασικό αντικείμενο της εμβιομηχανικής είναι η μοντελοποίηση της κίνησης των αθλητών υψηλού αγωνιστικού επιπέδου.

Πηγή: <https://www.mygcphysio.com.au/services/articles-useful-info/common-olympic-weightlifting-injuries/>

Εικόνα 1.2: Εξισώσεις υπολογισμού του κέντρου μάζας στον οριζόντιο (X) και στον κατακόρυφο (Y) άξονα. KM = κέντρο μάζας, SM = σωματική μάζα και n = αριθμός μελών (Τροποποιημένη από Arendra & Akhmad 2018).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/322954500_Development_of_esMOCA_Biomechanical_Motion_Capture_Instrumentation_for_Biomechanics_Analysis

Εικόνα 1.3: Ανάλυση εμβιομηχανικών παραμέτρων με τη χρήση οπτοηλεκτρονικών μέσων.

Πηγή: <https://www.semanticscholar.org/paper/Influence-of-Weight-Distribution-Asymmetry-on-the-a-Sato-Heise/60b873a8a39212e896be7c6ef8293dc1100cd011>

Εικόνα 2.1: Η μπάρα που χρησιμοποιείται στην άρση βαρών.

Πηγή: <https://www.elitefts.com/education/a-guide-to-buying-the-perfect-barbell/>

Εικόνα 2.2: Τα βάρη Ολυμπιακού τύπου όπως συμμορφώνονται με τα διεθνή πρότυπα χρωματισμού.

Πηγή: <https://fitatmidlife.com/olympic-weight-plate-color-coding/>

Εικόνα 2.3: Οι φάσεις του αρασέ μαζί με τις επιμέρους θέσεις (τροποποιημένη από Storey et al., 2012).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/257286841_Unique_Aspects_of_Competitive_Weightlifting

Εικόνα 2.4: Οι φάσεις του επολέ κατά σειρά: πρώτο τράβηγμα, μετάβαση, δεύτερο τράβηγμα, στρίψιμο μπάρας, φάση υποδοχής, ανάκτηση (τροποποιημένη από Storey et al., 2012).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/257286841_Unique_Aspects_of_Competitive_Weightlifting

Εικόνα 2.5: Οι φάσεις του ζετέ κατά σειρά: αρχή, βύθιση, φάση ώθησης, φάση υποστύλωσης στον αέρα, φάση υποστύλωσης στο έδαφος και ανάκτηση (τροποποιημένη από Storey et al., 2012).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/257286841_Unique_Aspects_of_Competitive_Weightlifting

Εικόνα 4.1: Ορισμός γωνιών των αρθρώσεων (από Gourgoulis et al., 2000).

Πηγή: https://ftvs.cuni.cz/FTVS-2344-version1-three_dimensional_kinematic_analysis_of_the_snath_of_elite_gree_weightlifters_2.pdf

Εικόνα 4.2: Οι τιμές που βρέθηκαν για τις γωνιακές μετατοπίσεις των αρθρώσεων του κάτω άκρου κατά τις 3 πρώτες φάσεις του αρασέ καθώς και οι αλλαγές στη γωνιακή τους ταχύτητα κατά το πρώτο και δεύτερο τράβηγμα (από Gourgoulis et al., 2000).

Πηγή: https://ftvs.cuni.cz/FTVS-2344-version1-three_dimensional_kinematic_analysis_of_the_snath_of_elite_gree_weightlifters_2.pdf

Εικόνα 4.3: Οι καμπύλες μετατόπισης των γωνιών των τριών αρθρώσεων του κάτω άκρου σε σχέση με το χρόνο, κατά τη διάρκεια των φάσεων του αρασέ.

Πηγή: https://ftvs.cuni.cz/FTVS-2344-version1-three_dimensional_kinematic_analysis_of_the_snath_of_elite_gree_weightlifters_2.pdf

Εικόνα 4.4: Η τροχιά που διαγράφει η μπάρα στην κίνηση του αρασέ.

Πηγή: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32854406/>

Εικόνα 4.5: Οι 3 διαφορετικοί τύποι της τροχιάς της μπάρας, σύμφωνα με τον Vorobyev (1978).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/23759944_Bilateral_Comparison_of_Barbell_Kinetics_and_Kinematics_During_a_Weightlifting_Competition

Εικόνα 4.6: Η γωνιακή μετατόπιση της άρθρωσης του γόνατος στο επολέ-ζετέ. Συγκεκριμένα απεικονίζονται οι φάσεις του ζετέ κατά σειρά. Α: αρχική θέση, Β: τέλος βύθισης, Γ: τέλος φάσης ώθησης, Δ: φάση υποστύλωσης στο έδαφος, Ε: ανάκτηση-όρθια θέση (Τροποποιημένη από Almasi, 2017).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/343382198_Image_processing_application_for_measuring_the_Biomechanical_parameters_in_Clean_and_Jerk_style_of_weightlifting

Εικόνα 4.7: Η τροχιά της μπάρας κατά τον υπολογισμό των κινηματικών παραμέτρων στην κίνηση του επολέ.

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/319532473_Kinetic_and_kinematic_patterns_during_high_intensity_clean_movement_searching_for_optimal_load

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1: Οι 5 πρώτες φάσεις του αρασέ (Harbili et al., 2014).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον αθλητισμό, υπάρχουν αρκετά αθλήματα που σχετίζονται με τη μετακίνηση υψηλών σε μάζα φορτίων, όπως για παράδειγμα τα αθλήματα του “power-lifting” (δυναμική άρση βαρών) και του “stone lifting” (άρση μεγάλων πετρών) αλλά και η ολυμπιακή άρση βαρών. Η πιο σύγχρονη μορφή άρσης βαρών, είναι η Ολυμπιακή Άρση Βαρών (OAB), η οποία δεν αποτελεί μόνο ξεχωριστό άθλημα, αξιολογώντας την ικανότητα των αθλητών στο αρασέ και στο επολέ ζετέ, αλλά αποτελεί τη βάση για πολλά άλλα αθλήματα. Επιπλέον, αποτελεί τρόπο εκγύμνασης της μυϊκής δύναμης, της ταχύτητας και της εκρηκτικότητας και χρησιμοποιείται στα προπονητικά προγράμματα πολλών αθλημάτων, όπως για παράδειγμα στα αθλήματα του στίβου (σφύρα, σφαίρα, ακόντιο, τριπλούν, άλμα εις μήκος κλπ.) (Chiu & Schilling, 2005).

Στην βιβλιογραφία από τους πιο αποδεκτούς ορισμούς της OAB είναι αυτός που έχει δώσει ο Dragomir Cioroslan, σύμφωνα με τον οποίο «Η OAB είναι ένα άθλημα νευρομυϊκού συντονισμού, ισορροπίας, ευλυγισίας και ικανότητας να πραγματοποιούνται επιταχυνόμενες και εκρηκτικές κινήσεις υπό το πλαίσιο μιας τεχνικής με σκοπό τη μέγιστη ακρίβεια» (Perperoglou & Huebner, 2020).

Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την απόδοση των αθλητών της OAB, συμπεριλαμβανομένων σωματικών, βιολογικών και πνευματικών, του όγκου και της έντασης της προπόνησης, της συμβατικής διατροφής, της λήψης συμπληρωμάτων διατροφής και του επιπέδου προπόνησης. Όπως γίνεται αντιληπτό, η συζήτηση για το επίπεδο των επιδόσεων των κορυφαίων αθλητών του αθλήματος, ενέχει την εφαρμογή επιστημονικής γνώσης. Η εφαρμογή επιστημονικών δεδομένων στην αξιολόγηση και εκτίμηση των επιδόσεων των αθλητών OAB, έχει ολοένα και αυξανόμενη βαρύτητα στη σύγχρονη αθλητική πραγματικότητα με σκοπό τη μεγιστοποίηση των επιδόσεων και την μεγιστοποίηση των πιθανοτήτων για διάκριση σε διεθνές επίπεδο ή ακόμη και στους Ολυμπιακούς Αγώνες (Huebner & Perperoglou, 2019, 2020).

Μία από τις πιθανές εφαρμογές της επιστημονικής προσέγγισης στην OAB είναι η χρήση των αρχών της εμβιομηχανικής. Η εφαρμογή αυτή γίνεται συνήθως ως προς τις ακόλουθες κατευθύνσεις:

- τη μελέτη των δυναμικών κινήσεων που εκτελούνται
- την ανάλυση της τεχνικής κατά τη διάρκεια των άρσεων
- τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας της κίνησης
- την ανάλυση της κίνησης στα πλαίσια ενός συστήματος ολυμπιακής μπάρας και σώματος.

Προκειμένου να γίνουν οι αναλύσεις αυτές, είναι απαραίτητος σύγχρονος εξοπλισμός που να μπορεί να αναλύσει όλες τις παραμέτρους των κινήσεων των αθλητών και της τεχνικής τους, τόσο κατά τη διάρκεια των αγώνων όσο και κατά τη διάρκεια των προπονήσεων. Συνεπώς, στην επιστήμη της εμβιομηχανικής χρησιμοποιούνται υπολογιστές, ηλεκτρονικός εξοπλισμός καταγραφής εικόνας και ειδικοί αισθητήρες. Στις πιο ανεπτυγμένες τεχνολογικά χώρες υπάρχει η δυνατότητα ανάλυσης του τρισδιάστατου μοντέλου του αθλητή και της μέτρησης εξωτερικών και εσωτερικών κινητικών παραμέτρων (τροχιά, ταχύτητα και επιτάχυνση της μπάρας, οριζόντια και κάθετη μετακίνηση του αθλητή, γωνιακές ταχύτητες του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής άρθρωσης), η εφαρμοζόμενη δύναμη μέσω δυναμοδαπέδου καθώς και η μελέτη απεικονίσεων που προκύπτουν από μαγνητική τομογραφία και υπολογιστική τομογραφία (Hamner et al., 1999; Chiu & Schilling, 2005).

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι η συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκειμένου να αποδοθεί με όσο το δυνατόν πιο ακριβή τρόπο και με βάση αξιόπιστα βιβλιογραφικά δεδομένα, η εμβιομηχανική ανάλυση των τεχνικών της άρσης βαρών στα κάτω άκρα. Παράλληλα θα πραγματοποιηθεί ο εντοπισμός των τραυματισμών που προκύπτουν κατά την άσκηση του αθλήματος της άρσης βαρών, ο επιπολασμός και η συχνότητα εμφάνισής τους. Επίσης, θα αναλυθούν οι τραυματισμοί που προκύπτουν στα κάτω άκρα των αθλητών και θα παρατεθούν στοιχεία φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1

1.1 Εμβιομηχανική

Η επιστήμη της εμβιομηχανικής ορίζεται σαν η προσπάθεια περιγραφής και ερμηνείας της κίνησης, χρησιμοποιώντας σαν βάση τους νόμους της φυσικής. Είναι, επομένως μια επιστήμη με ιδιαίτερα μεγάλο εύρος αφού έχει τη δυνατότητα μελέτης της κίνησης όλων των έμβιων οργανισμών, αλλά και δυνάμεων που ασκούνται σε επίπεδο μοριακών κινήσεων (Nordin & Frankel, 2001). Αντίστοιχα, ο κλάδος της εμβιομηχανικής ο οποίος ασχολείται με την περιγραφή και την ερμηνεία της αθλητικής κίνησης ή των αθλητών σε ένα συγκεκριμένο άθλημα, όπως στην περίπτωση της ΟΑΒ, αποτυπώνεται στη βιβλιογραφία με τον όρο «αθλητική εμβιομηχανική». Η αθλητική εμβιομηχανική, είναι μία από τις βασικότερες επιστήμες, η οποία συνέβαλε στην ανάπτυξη του αθλητισμού, αφού με την ανάλυση των κινήσεων των αθλητών συμβάλλει στην καταγραφή και βελτίωση της τεχνικής ή της αγωνιστικής επίδοσης γενικότερα, παράγοντες οι οποίοι είναι η βάση του αγωνιστικού αθλητισμού (Soriano et al., 2020).

Σε πολλές περιπτώσεις, ο όρος εμβιομηχανική συμπεριλαμβάνει και τις ιδιότητες της μελέτης της κινησιολογίας, δηλαδή την ποιοτική μελέτη και περιγραφή της κίνησης του ανθρώπινου σώματος (Mansfield & Neumann, 2018). Πιο συγκεκριμένα μια ανάλυση στα πλαίσια της εμβιομηχανικής/κινησιολογίας περιλαμβάνει την περιγραφή της κίνησης των μυών και των αρθρώσεων, την αποτύπωση της ισχύος που παράγεται από τους μυς αλλά και την ερμηνεία των ανθρώπινων κινήσεων που πραγματοποιούνται από το συνδυασμό κινήσεων μυών και αρθρώσεων. Η προσέγγιση της κινησιολογίας δεν αφορά σε μεγάλο βαθμό ποσοτικές μετρήσεις, ωστόσο αφορά την έννοια της πρακτικής και της παρατήρησης. Στη βιβλιογραφία η κινησιολογία σε πολλές περιπτώσεις δεν συγκαταλέγεται στην ευρύτερη έννοια της εμβιομηχανικής επιστήμης και θεωρείται ένας ευρύτερος κλάδος που έχει σαν βασικό αντικείμενο την μελέτη και την ερμηνεία της κίνησης και μπορεί να περιλαμβάνει και περισσότερους αθλητικούς επιστημονικούς κλάδους όπως είναι η φυσιολογία της άσκησης και η ψυχολογία (Floyd & Thompson, 2009).

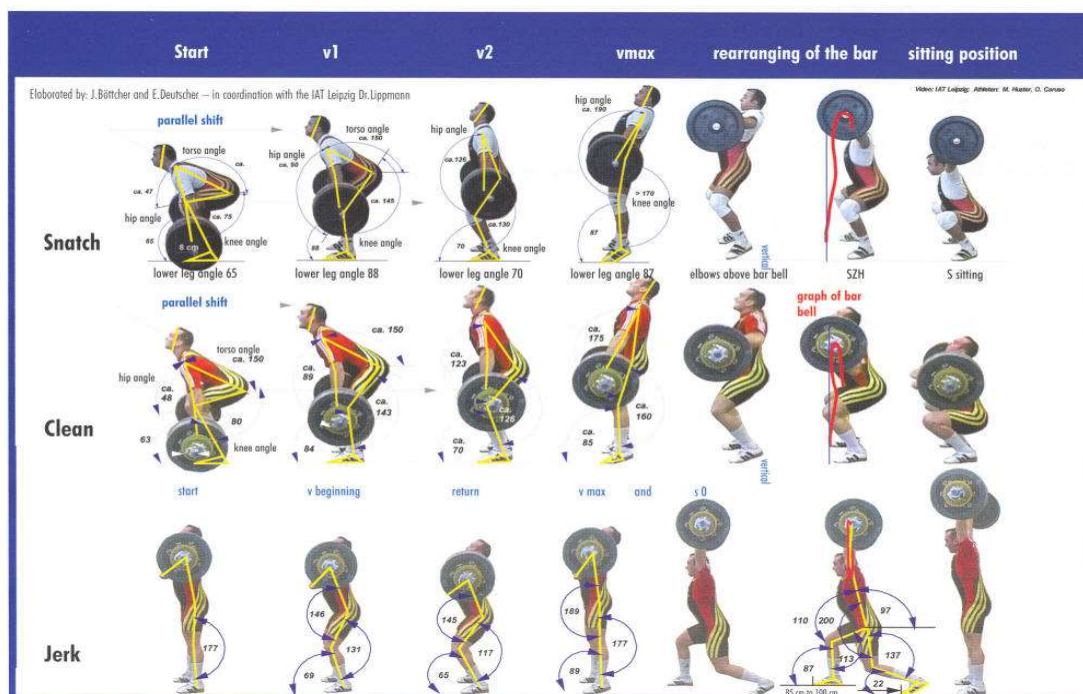
Η χρησιμότητα της αθλητικής εμβιομηχανικής εστιάζεται στην αναζήτηση ενός ιδανικού θεωρητικού μοντέλου εκτέλεσης της αθλητικής κίνησης, όπως αυτό περιγράφεται από τους νόμους της φυσικής επιστήμης. Επιπλέον, σε ανταγωνιστικά αθλήματα, όπως είναι η περίπτωση της ΟΑΒ η οποία θα αναλυθεί στην παρούσα πτυχιακή, μελετάει τις κινήσεις των αθλητών υψηλού επιπέδου και τις συγκρίνει με το θεωρητικό μοντέλο που έχει αναπτυχθεί για να περιγράψει τις κινήσεις αυτές. Με βάση τη σύγκριση αυτή αξιολογείται η τεχνική και η φυσική κατάσταση των αθλητών και παρέχονται οδηγίες οι οποίες μπορεί να βοηθήσουν στο σχεδιασμό ενός προπονητικού πρωτοκόλλου ή διεξάγονται μελέτες για τις ιδιότητες των διαφόρων συστημάτων του οργανισμού που επηρεάζουν τις αθλητικές κινήσεις (π.χ. μυϊκό και νευρικό σύστημα) (McGinnis et al., 2013).

1.2 Αναζήτηση ιδανικού θεωρητικού μοντέλου κίνησης των αθλητών με βάση τους φυσικούς νόμους και σύγκριση των κινήσεων των αθλητών με το μοντέλο

Η αγωνιστική τεχνική των αθλητών, διαφέρει ανάλογα με το άθλημα στο οποίο λαμβάνουν μέρος, ωστόσο ένας συνολικός ορισμός της είναι ότι αποτελεί το σύνολο των κινήσεων του ανθρώπινου σώματος το οποίο εκτελείται μέσα σε ένα πλαίσιο από συγκεκριμένους κανόνες με συγκεκριμένους στόχους. Παραδείγματα αθλητικής τεχνικής αποτελούν το μέγιστο άλμα, η μέγιστη δυνατή ρίψη ενός αντικειμένου αλλά και η κάλυψη μιας απόστασης στο μικρότερο δυνατό χρονικό διάστημα. Ο σκοπός της εμβιομηχανικής μελέτης είναι η υπόδειξη του ιδανικού τρόπου εκτέλεσης της τεχνικής, μέσω του οποίου οι αθλητές θα μπορέσουν να πετύχουν το στόχο τους (Nordin & Frankel, 2001). Προκειμένου η εμβιομηχανική μελέτη να καταλήξει στην υπόδειξη της κατάλληλης τεχνικής, πρέπει να αναγνωρίσει όλους τους παράγοντες οι οποίοι εμπλέκονται στο συγκεκριμένο στόχο, δηλαδή τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών (μάζα, ύψος), το εξωτερικό περιβάλλον (γήπεδο, διαθέσιμος χώρος, νερό, μέγεθος αγωνιστικού χώρου), τις φυσικές ικανότητες (μυϊκή δύναμη, ταχύτητα) και τέλος στοιχεία που σχετίζονται με την τεχνική (ταχύτητα φοράς, ύψος άλματος, συνθήκες απελευθέρωσης της μπάρας, συνθήκες απογείωσης του αθλητή) (Atkinson & Nevill, 2001).

Η επίτευξη υψηλών αγωνιστικών επιδόσεων είναι μια διαδικασία η οποία επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Επομένως, σε πολλές περιπτώσεις, η εύρεση θεωρητικών μοντέλων που βασίζονται στους νόμους της φυσικής και προσπαθούν να περιγράψουν την εκτέλεση μιας τεχνικής είναι ανεπαρκής. Ο λόγος είναι ότι το θεωρητικό μοντέλο, αρκετές φορές αδυνατεί

να προβλέψει όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν μια συγκεκριμένη κίνηση (Barth et al., 2001). Επιπρόσθετα, η επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου της αγωνιστικής κίνησης μπορεί να πραγματοποιηθεί με αρκετούς διαφορετικούς τρόπους από κάθε αθλητή. Αναλυτικότερα, υπάρχει ένα μεγάλο εύρος από συνδυασμούς, οι οποίοι συμβάλλουν στην επίδοση ενός αθλητή και μπορεί να επηρεάσουν το τελικό αποτέλεσμα της κίνησης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι δρομείς, οι οποίοι μπορεί να καταγράψουν τις ίδιες επιδόσεις, έχοντας διαφορετικά χαρακτηριστικά. Δηλαδή, ένας δρομέας με εκρηκτική εκκίνηση μπορεί να διαθέτει μικρή συχνότητα διασκελισμού και να έχει την ίδια επίδοση με έναν δρομέα με λιγότερο εκρηκτική εκκίνηση και μεγάλο μήκος διασκελισμού. Συνεπώς, η μελέτη της κίνησης των αθλητών υψηλού επιπέδου σε ένα συγκεκριμένο άθλημα, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τρόπους για την αναζήτηση της ιδανικής τεχνικής. Αρκετές φορές η ανάλυση αυτή καταλήγει στη θέσπιση ενός μοντέλου στο οποίο περιγράφεται η ιδανική τεχνική και χρησιμοποιείται στον προπονητικό σχεδιασμό (Εικόνα 1.1) (Bartonez et al., 1996; Myer et al., 2006).



Εικόνα 1.1: Απεικόνιση των δύο βασικών τεχνικών της άρσης βαρών. Βασικό αντικείμενο της εμβιομηχανικής είναι η μοντελοποίηση της κίνησης των αθλητών υψηλού αγωνιστικού επιπέδου.

Πηγή: <https://www.mygcphysio.com.au/services/articles-useful-info/common-olympic-weightlifting-injuries/>

1.3 Βασικές αρχές Εμβιομηχανικής

Η αθλητική εμβιομηχανική ασχολείται με τρία βασικά είδη κίνησης, την ευθύγραμμη, την κυκλική και τη μικτή κίνηση. Κατά την μελέτη της ευθύγραμμης κίνησης ενός αθλητή υπολογίζονται τρία μεγέθη: η ταχύτητα, η θέση και η επιτάχυνση του σώματος σαν σύνολο ή η επιτάχυνση συγκεκριμένων σημείων του σώματος που λαμβάνουν μέρος στην κίνηση. Η μετατόπιση είναι διανυσματικό μέγεθος και περιγράφεται από τις παραμέτρους της διεύθυνσης, της φοράς και του σημείου εφαρμογής. Η γραμμική ταχύτητα υπολογίζεται από το πηλίκο της μετατόπισης ως προς τη χρονική διάρκεια της μετατόπισης, ορίζεται δηλαδή σαν ο ρυθμός της μετατόπισης. Ο στόχος της προπονητικής διαδικασίας, σε πολλά αθλήματα, συμπεριλαμβανομένης της ΟΑΒ, είναι η βελτίωση της μέγιστης ταχύτητας μιας κίνησης. Ωστόσο, δεν αρκεί ο αθλητής να έχει τη δυνατότητα να επιτύχει την εκτέλεση μιας κίνησης με μεγάλη ταχύτητα. Αντίθετα, πρέπει να μπορεί να εκτελέσει τη μέγιστη ταχύτητα στο μικρότερο χρονικό διάστημα, μία έννοια η οποία εκφράζεται μέσω της παραμέτρου της επιτάχυνσης, η οποία περιγράφεται με μονάδα μέτρησης m/s^2 (Hamill & Knutzen, 2006).

Αντίστοιχα, η κυκλική κίνηση περιγράφεται από τις έννοιες της γωνιακής θέσης, της μετατόπισης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Η γωνιακή μετατόπιση αφορά, στην αθλητική εμβιομηχανική, την περιστροφή ενός μέλους του σώματος γύρω από μια άρθρωση ή γύρω από έναν άξονα περιστροφής και μετριέται σε μοίρες ή ακτίνια, ενώ εξαρτάται από την αρχική θέση αναφοράς. Η γωνιακή ταχύτητα ορίζεται σαν ο λόγος της γωνιακής μετατόπισης ως προς τη χρονική διάρκεια της μετατόπισης και οι μονάδες μέτρησης που την περιγράφουν είναι τα rad/s . Η γωνιακή επιτάχυνση περιγράφει το ρυθμό μεταβολής της γωνιακής ταχύτητας ως προς τη μονάδα του χρόνου και περιγράφεται μέσω της μονάδας μέτρησης rad/s^2 (Hamill & Knutzen 2006).

Η μάζα του σώματος είναι ένα ιδεατό σημείο το οποίο ορίζεται ως το σημείο στο οποίο το άθροισμα των ροπών του σώματος είναι μηδενικό. Είναι ουσιαστικά το σημείο ισορροπίας του σώματος, και είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην αθλητική εμβιομηχανική μελέτη, αφού η ικανότητα του αθλητή να ισορροπεί σε διάφορες θέσεις επηρεάζει τις επιδόσεις του. Για

παράδειγμα, η ερμηνεία των κινηματικών παραμέτρων του αθλητή της ΟΑΒ, κατά την ισορροπία στην θέση υποδοχής της μπάρας στο αρασέ και το ζετέ είναι πρωτεύουσας σημασίας στην σωστή τεχνική και στην επιτυχία της άρσης (Garhammer et al., 1985). Για τον βέλτιστο υπολογισμό της μάζας του σώματος χρησιμοποιούνται οι όροι «περιφερικός» και «κεντρικός». Αναλυτικότερα, τα μέλη του σώματος και οι αρθρώσεις χωρίζονται αυθαίρετα σε κεντρικές και περιφερικές ως προς ένα σημείο αναφοράς (π.χ. το θώρακα ή το γόνατο) (Hamill & Knutzen, 2006).

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος υπολογισμού του κέντρου μάζας είναι η μέθοδος των μελών του σώματος, κατά την οποία ο υπολογισμός εξαρτάται από τη γνώση της μάζας των μελών του σώματος αλλά και η γνώση της θέσης του κέντρου μάζας των μελών αυτών. Με δεδομένα τις συντεταγμένες του περιφερικού και του κεντρικού άκρου του κάθε μέλους, μέσω των εξισώσεων που απεικονίζονται στην Εικόνα 1.2, υπολογίζεται το κέντρο μάζας στον κατακόρυφο (X) και οριζόντιο (Y) άξονα.

$$X_{KM} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Sigma M_{\text{μέλους } i} \cdot X_{KM \text{ μέλους } i})}{\Sigma M_{\text{σώματος}}}$$

$$Y_{KM} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Sigma M_{\text{μέλους } i} \cdot Y_{KM \text{ μέλους } i})}{\Sigma M_{\text{σώματος}}}$$

Εικόνα 1.2: Εξισώσεις υπολογισμού του κέντρου μάζας στον οριζόντιο (X) και στον κατακόρυφο (Y) άξονα. KM = κέντρο μάζας, ΣM = σωματική μάζα και n = αριθμός μελών (Τροποποιημένη από Arendra & Akhmad 2018).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/322954500_Development_of_esMOCA_Biomechanic_Motion_Capture_Instrumentation_for_Biomechanics_Analysis

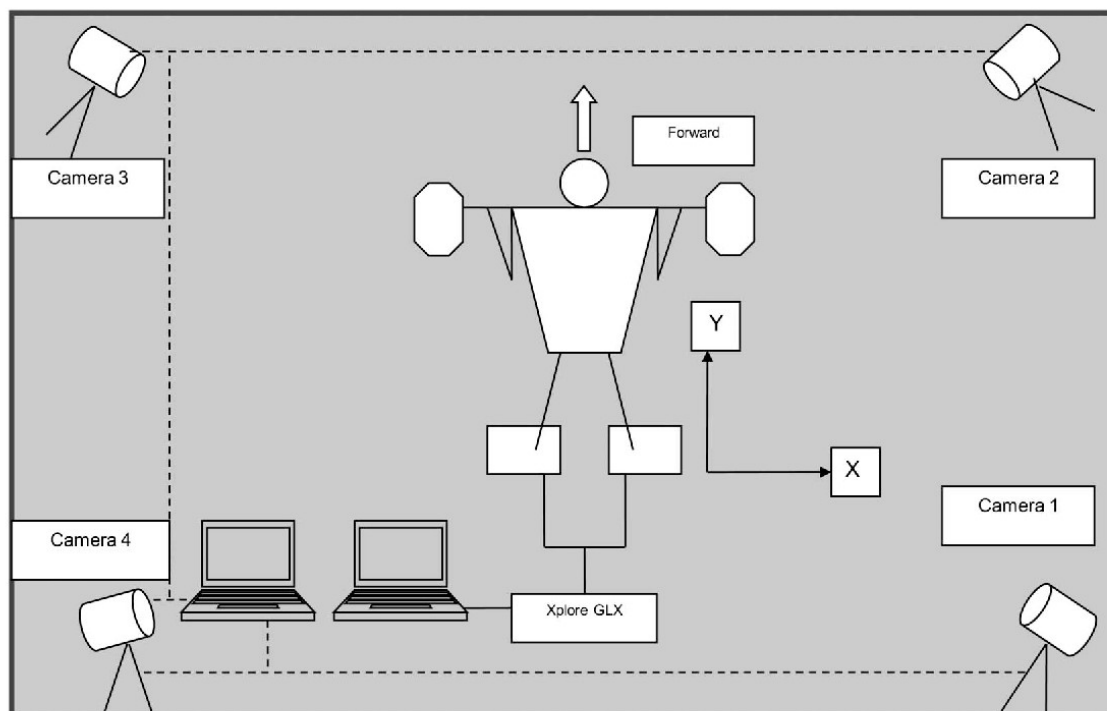
1.4 Μέθοδοι ανάλυσης Εμβιομηχανικής

Ο στόχος των μεθόδων της αθλητικής εμβιομηχανικής ανάλυσης είναι ο υπολογισμός των βασικών παραμέτρων περιγραφής της αθλητικής κίνησης που περιγράφηκαν στην

προηγούμενη παράγραφο, δηλαδή της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της μετατόπισης των διαφόρων μελών του σώματος που συμμετέχουν στην κίνηση του αθλητή. Στις άμεσες μεθόδους ανάλυσης χρησιμοποιούνται τα γωνιόμετρα για τον υπολογισμό της γωνιακής μετατόπισης, και υπάρχουν δύο βασικά είδη γωνιομέτρων τα χειροκίνητα και τα ηλεκτρονικά. Στην ίδια κατηγορία μεθόδων ανάλυσης ανήκουν και τα επιταχυνσιόμετρα, όργανα τα οποία δίνουν τη δυνατότητα καταγραφής της γραμμικής επιτάχυνσης του σημείου στο οποίο προσδένονται. Τα επιταχυνσιόμετρα έχουν σχετικά μικρό βάρος και μέγεθος ώστε να είναι εύκολη η πρόσδεσή τους στα διάφορα μέλη του σώματος. Τα επιταχυνσιόμετρα δεν υπολογίζουν την επιτάχυνση σαν μεταβολή της ταχύτητας ως προς το χρόνο αλλά σαν επιτάχυνση της μάζας, η οποία οφείλεται στην επίδραση της βαρύτητας (Goel & Pope, 1995; Arrendra et al., 2018).

Εκτός από τις άμεσες μεθόδους καταγραφής υπάρχουν και οι έμμεσες μέθοδοι καταγραφής, οι οποίες καταγράφουν την κίνηση του ανθρώπινου σώματος μέσω ηλεκτρομαγνητικών ή οπτοηλεκτρονικών μέσων. Τα ηλεκτρομαγνητικά συστήματα καταγραφής στηρίζονται στην τοποθέτηση ειδικών αισθητήρων στα μέλη του σώματος που λαμβάνουν μέρος στην αθλητική κίνηση. Οι αισθητήρες αυτοί, παρέχουν πληροφορίες, με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σχετικά με την μεταβολή των θέσεων των μελών του σώματος ως προς μια αρχική θέση αναφοράς. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα στη συνέχεια λαμβάνονται από ειδικούς δέκτες και υφίστανται επεξεργασία προκειμένου να υπολογιστούν οι κινηματικές παράμετροι (Fong & Chan, 2010).

Τα μέσα καταγραφής τα οποία χρησιμοποιούνται με τη μεγαλύτερη συχνότητα στη σύγχρονη βιβλιογραφία είναι τα οπτοηλεκτρονικά μέσα, τα οποία βασίζονται στην καταγραφή και την ανάλυση της εικόνας του σώματος του αθλητή που κινείται μέσω κάμερας ή καμερών. Στο σώμα του αθλητή τοποθετούνται ανακλαστήρες, οι οποίες προσδιορίζουν την κίνηση των μελών του σώματος στο χώρο (τριδιάστατη ανάλυση) ή στο επίπεδο (δισδιάστατη ανάλυση). Με τη χρήση υπολογιστικών μοντέλων, υπολογίζονται οι παράγωγες μεταβλητές, δηλαδή η επιτάχυνση και η ταχύτητα των αρθρώσεων και των μελών του σώματος (Helton et al., 2011).



Εικόνα 1.3: Ανάλυση εμβιομηχανικών παραμέτρων με τη χρήση οπτοηλεκτρονικών μέσων.

Πηγή: <https://www.semanticscholar.org/paper/Influence-of-Weight-Distribution-Asymmetry-on-the-a-Sato-Heise/60b873a8a39212e896be7c6cef8293dc1100cd011>

Κεφάλαιο 2: Ολυμπιακή Άρση Βαρών

2.1 Ιστορική αναδρομή

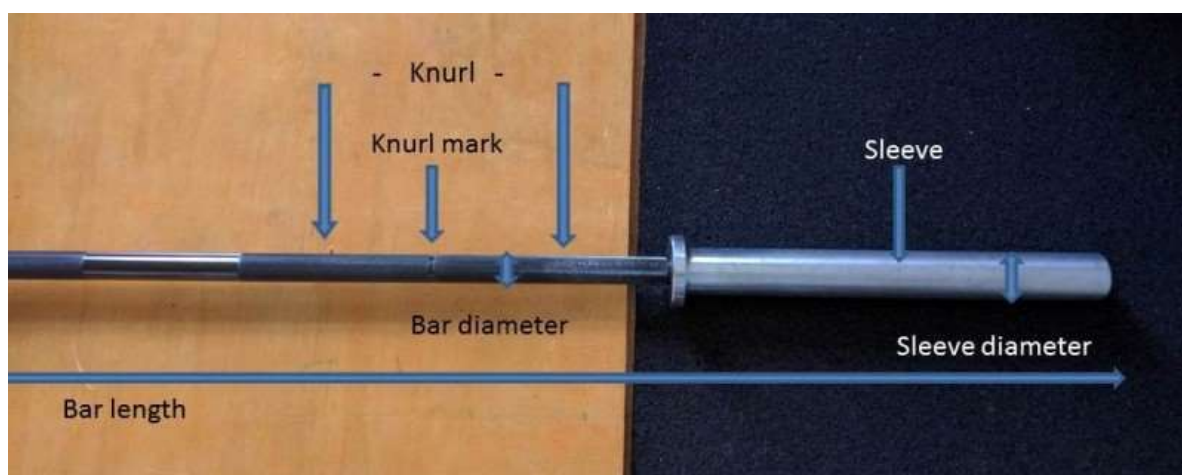
Οι ρίζες του αθλήματος της άρσης βαρών μπορούν να αναζητηθούν στην αρχή της καταγεγραμμένης ιστορίας, αφού οι κοινότητες των ανθρώπων ανέκαθεν γοητεύονταν από τις σωματικές δεξιότητες, γεγονός που αποτυπώνεται και σε αρχαία συγγράμματα. Σε αρκετές τοποθεσίες όπως στην αρχαία Ελλάδα και στη Σκωτία υπήρχαν βαριές πέτρες ή βράχοι τους οποίους προσπαθούσαν να σηκώσουν οι αθλητές. Η ανάπτυξη του αθλήματος της άρσης βαρών με αντιστάσεις χρονολογείται στην αρχαία Ελλάδα, όπου ο Γαληνός, περιέγραφε σε συγγράμματά του ασκήσεις αντοχής με τη χρήση αλτήρων, μια πρόωμη μορφή βαρών (Rippetoe & Kilgore, 2011).

Το πρώτο παγκόσμιο πρωτάθλημα άρσης βαρών έγινε το 1891 στο Λονδίνο, ενώ στους σύγχρονους Ολυμπιακούς αγώνες το άθλημα εντάχθηκε για πρώτη φορά στους Ολυμπιακούς αγώνες της Αθήνας το 1896. Στην αρχική μορφή του αθλήματος, δεν υπήρχαν διαφορετικές κατηγορίες σε σχέση με το βάρος των αθλητών. Η Διεθνής Ομοσπονδία Άρσης Βαρών (International Weightlifting Federation – IWF), ιδρύθηκε για πρώτη φορά το 1905 στη Βουδαπέστη και είναι μέχρι και σήμερα το ανώτατο όργανο του αθλήματος σε παγκόσμιο επίπεδο (Stone et al., 2006).

Οι κατηγορίες διαφορετικού βάρους των αθλητών στην ΟΑΒ εισήχθησαν για πρώτη φορά το 1920. Επιπλέον, μέχρι και το 1972 υπήρχαν τρεις βασικές ασκήσεις στις οποίες αγωνίζονταν οι αθλητές: το αρασέ, το επολέ - ζετέ και το ντεβελοπέ. Από το 1972 μέχρι και σήμερα διατηρήθηκαν οι δύο από τις τρεις αυτές κινήσεις: το αρασέ και το επολέ - ζετέ. Η κατάργηση οφείλεται στο ότι στο ντεβελοπέ, οι αθλητές είχαν την τάση να σπρώχνουν με τα πόδια και να κάμπτονται προς τα πίσω, με αποτέλεσμα να μην πιέζουν αυστηρά το βάρος πάνω από το κεφάλι τους (Everret et al., 2009).











2.2 Εξοπλισμός

Στην ΟΑΒ, οι αθλητές χρησιμοποιούν μια χαλύβδινη ράβδο (μπάρα) η οποία έχει περιστρεφόμενα άκρα (sleeves) με μεγαλύτερη διάμετρο που χρησιμεύουν στη συγκράτηση των πλακών βάρους. Οι πλάκες βάρους, ή αλλιώς δισκόβαρα, είναι επικαλυμμένες με ελαστικό υλικό και ζυγίζουν από 10 έως 25 kg με προσαυξήσεις των 5 kg. Σε κάθε άκρο της μπάρας υπάρχει ένας σφιγκτήρας που σταθεροποιεί τα δισκόβαρα στον άξονα. Τα άκρα της μπάρας πρέπει να μπορούν να κινούνται ανεξάρτητα, αφού η κίνηση των καρπών κατά τη διάρκεια των άρσεων δημιουργεί περιστροφικές κινήσεις του άξονα της μπάρας, γεγονός που θα έκανε την άρση πιο δύσκολη καθώς θα προκαλούσε την περιστροφή του φορτίου και την διαταραχή της ισορροπίας του αθλητή (Everret et al., 2009). Η μπάρα που χρησιμοποιείται στην ΟΑΒ έχει διάμετρο 28mm, μήκος 2,2 m και βάρος 20 kg στους άντρες ενώ η αντίστοιχη γυναικεία έχει διάμετρο 25 mm, μήκος 2,1 m και βάρος 15 kg. Το βάρος των σφιγκτήρων είναι 2,5 kg ο καθένας και για τους άντρες και για τις γυναίκες. Η μπάρα έχει μια ιδιαίτερη υφή στις λαβές της, που στη βιβλιογραφία συναντάται με τον όρο «ρίκνωση» (knurling) και κατανέμεται διαφορετικά ανάμεσα σε άντρες και γυναίκες. (Everret et al., 2009).



Εικόνα 2.1: Η μπάρα που χρησιμοποιείται στην άρση βαρών.

Πηγή: <https://www.elitefts.com/education/a-guide-to-buying-the-perfect-barbell/>

Olympic Bumper Plate Color Coding (Kg)	
Weight	Color
25 kg (55.1 lbs)	 red
20 kg (44 lbs)	 blue
15 kg (33 lbs)	 yellow
10 kg (22 lbs)	 green
5 kg (11 lbs)	 white
2.5 kg (5.5 lbs)	 red
2 kg (4.4 lbs)	 blue
1.5 kg (3.3 lbs)	 yellow
1 kg (2.2 lbs)	 green
0.5 kg (1.1 lbs)	 white

Εικόνα 2.2: Τα βάρη Ολυμπιακού τύπου όπως συμμορφώνονται με τα διεθνή πρότυπα χρωματισμού.

Πηγή: <https://fitatmidlife.com/olympic-weight-plate-color-coding/>

2.3 Τεχνικές άρσης βαρών

Η ΟΑΒ είναι ένα ατομικό αγωνιστικό άθλημα στο οποίο ο στόχος του αθλητή είναι να σηκώσει τη μπάρα που φέρει προσαρμοσμένα και προσθαφαιρετά βάρη δισκοειδούς μορφής. Κατά την προσπάθεια αυτή, ο αθλητής έχει το δικαίωμα να ανοίξει ή να λυγίσει τα πόδια του ενώ κανένα άλλο μέλος του σώματός του δεν επιτρέπεται να έρθει σε επαφή με το έδαφος. Όταν ο αθλητής κατορθώσει να φέρει τη μπάρα πάνω από το κεφάλι, πρέπει να παραμείνει ακίνητος για ένα μικρό χρονικό διάστημα (μερικά δευτερόλεπτα), ενώ ταυτόχρονα η μπάρα και το σώμα του πρέπει να βρίσκονται σε ευθεία γραμμή. Οι επίσημες κινήσεις, όπως έχουν οριστεί από την IWF, και στις οποίες διαγωνίζονται οι αθλητές της ΟΑΒ είναι δύο:

- το αρασέ (απόσπαση) ή snatch και
- το επολέ – ζετέ (επωμισμός και εκτίναξη) ή clean and jerk

2.3.1 Αρασέ (Απόσπαση)

Η τεχνική του αρασέ (snatch) είναι η πρώτη εκ των δύο βασικών κινήσεων στις οποίες διαγωνίζονται οι αθλητές της ΟΑΒ. Υπάρχουν τέσσερεις συνολικά παραλλαγές, το muscle snatch, το power snatch, το split snatch και το squat snatch, ωστόσο, η τεχνική η οποία εφαρμόζεται στους αγώνες είναι το squat snatch (Bartoniets 1996), και οποιαδήποτε αναφορά στις επόμενες παραγράφους αφορά τη συγκεκριμένη κίνηση. Ο στόχος του αθλητή είναι να σηκώσει τη μπάρα, με μια ανοιχτή λαβή, από μια σταθερή θέση στο έδαφος και να την κρατήσει πάνω από το κεφάλι του (overhead) για λίγα δευτερόλεπτα, εκτελώντας μια συνεχόμενη κίνηση (Gourgoulis et al. 2000). Στο τέλος της κίνησης, ο αθλητής πρέπει να παραμείνει ακίνητος με τα άνω και κάτω άκρα να είναι σε πλήρη έκταση και η μπάρα παράλληλη με το επίπεδο του κορμού. Μία προσπάθεια είναι άκυρη όταν η άρση γίνεται με αργό ρυθμό ή άμα ακουμπήσει το κεφάλι του αθλητή στη μπάρα ή άμα οποιοδήποτε μέλος του σώματος ακουμπήσει στο έδαφος (Zamora et al., 2015). Το αρασέ, σύμφωνα με τις μελέτες, αποτελείται από 6 φάσεις, με 6 ενδιάμεσες διαφορετικές θέσεις (Storey et al., 2012, Harbili et al., 2014), οι οποίες καθορίστηκαν ανάλογα με την αλλαγή της γωνίας στην άρθρωση του γόνατος καθώς και με το ύψος της μπάρας (Gourgoulis et al., 2000). Οι φάσεις του αρασέ μαζί με τις επιμέρους θέσεις είναι κατά σειρά: Το πρώτο τράβηγμα (first pull), η

μετάβαση (transition), το δεύτερο τράβηγμα (second pull), το στρίψιμο της μπάρας (turnover), η φάση υποδοχής (catch phase) και η ανάκτηση (recovery). Η άρση ξεκινάει με το πρώτο τράβηγμα όπου η μπάρα από το έδαφος ανυψώνεται μέχρι το επίπεδο των γονάτων (θέση a). Έπειτα ακολουθεί η μετάβαση, προς τη φάση δεύτερου τραβήγματος, όταν η μπάρα βρίσκεται στο επίπεδο των γονάτων μέχρι τη θέση ισχύος (θέση b). Το δεύτερο τράβηγμα αρχίζει από τη θέση ισχύος και διαρκεί μέχρι τη θέση τριπλής έκτασης (θέση c). Στη συνέχεια, το στρίψιμο της μπάρας πραγματοποιείται όταν η μπάρα βρίσκεται στο 62-78% του ύψους του αθλητή (Campos et al., 2006; Akkus 2010) και ο αθλητής βυθίζεται σε θέση βαθέως καθίσματος (θέση d). Από αυτήν τη θέση, ο αθλητής «υποδέχεται» τη μπάρα πάνω από το κεφάλι του, με τους αγκώνες σε πλήρη έκταση (θέση e), απ' όπου και ξεκινάει η φάση ανάκτησης η οποία ολοκληρώνεται με την άρση του αθλητή στην όρθια θέση (θέση f) (Storey et al., 2012, Harbili et al., 2014). Ο χρόνος από τη φάση πρώτου τραβήγματος μέχρι και την ολοκλήρωση μιας επιτυχημένης προσπάθειας, είναι περίπου 3 – 5 δευτερόλεπτα (Storey et al., 2012).



Fig. 1. The six phases of the snatch: (a) first pull; (b) transition to the start of the second pull; (c) completion of the second pull; (d) turnover; (e) catch; (f) recovery.

Εικόνα 2.3: Οι φάσεις του αρασέ μαζί με τις επιμέρους θέσεις (τροποποιημένη από Storey et al., 2012).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/257286841_Unique_Aspects_of_Competitive_Weightlifting

2.3.2 Επολέ- ζετέ (επωμισμός και εκτίναξη)

Η τεχνική του επολέ - ζετέ χωρίζεται σε δύο επιμέρους κινήσεις και επιτρέπει την άρση μεγαλύτερων φορτίων (περίπου 18 – 20% μεγαλύτερα), (Storey et al., 2012). Το πρώτο στάδιο, ονομάζεται και στάδιο επωμισμού, και στο στάδιο αυτό ο σκοπός του αθλητή είναι να σηκώσει τη μπάρα από το έδαφος, με λαβή πιο κλειστή σε σχέση με το αρασέ, μέχρι το σημείο που θα μπορέσει να την εναποθέσει στους ώμους του. Κατά το πρώτο στάδιο επιτρέπεται στον αθλητή να λυγίσει και να ανοίξει τα πόδια του. Στο δεύτερο στάδιο της κίνησης, το οποίο ονομάζεται και εκτίναξη, ο αθλητής λυγίζει τα γόνατα και ταυτόχρονα τεντώνει τα χέρια του κάθετα με σκοπό να «υποδεχτούν» την μπάρα κατά την πτώση της. Στο τελικό σημείο, ο αθλητής υποχρεούται να σταθεί εντελώς ακίνητος, μέχρι να δώσουν οι κριτές του αγώνα το σήμα για να κατεβάσει τη μπάρα. Κάθε διαγωνιζόμενος δικαιούται τρεις προσπάθειες στο επολέ – ζετέ.

Η τεχνική του επολέ απαρτίζεται από 6 φάσεις, από τις οποίες οι πρώτες τρεις (πρώτο τράβηγμα, μετάβαση, δεύτερο τράβηγμα) είναι ίδιες με αυτές του αρασέ (Storey et al., 2012). Το στρίψιμο της μπάρας, σε αντίθεση με το αρασέ, πραγματοποιείται όταν η μπάρα βρίσκεται στο 55-65% του ύψους του αθλητή (Drechsler, 1998). Έπειτα, ο αθλητής «υποδέχεται» τη μπάρα στο επίπεδο των ώμων και κατεβαίνει σε θέση βαθέως καθίσματος. Τέλος, στη φάση ανάκτησης, ανέρχεται στην όρθια θέση και ετοιμάζεται για το ζετέ (Storey et al., 2012).



Εικόνα 2.4: Οι φάσεις του επολέ κατά σειρά: πρώτο τράβηγμα, μετάβαση, δεύτερο τράβηγμα, στρίψιμο μπάρας, φάση υποδοχής, ανάκτηση (τροποποιημένη από Storey et al., 2012).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/257286841_Unique_Aspects_of_Competitive_Weightlifting

Το ζετέ, αντίστοιχα, αποτελείται και αυτό από 6 φάσεις. Η πρώτη φάση είναι η αρχή (start) και ξεκινάει από εκεί που τελειώνει το επολέ, δηλαδή στην όρθια θέση. Μετά ακολουθεί η φάση βύθισης (dip), κατά την οποία ο αθλητής «βυθίζεται» προς τα κάτω έχοντας τη μπάρα στο επίπεδο των ώμων του. Στο χαμηλότερο σημείο της βύθισης, ξεκινάει η μετάβαση προς τη φάση ώθησης (jerk drive). Σύμφωνα με τους Storey et al., (2012), κατά τη μετάβαση αυτή, ο αθλητής, μπορεί να εκτεθεί σε μια προς τα κάτω δύναμη ίση με 17 φορές της μάζας του σώματός του. Έπειτα, στο τέλος της φάσης ώθησης, πραγματοποιεί μια εκτίναξη, φέρνοντας το ένα πόδι πίσω από το άλλο (split jerk) και προσπαθώντας να σηκώσει τη μπάρα πάνω από το κεφάλι του. Σε αυτήν την φάση, ο αθλητής, βρίσκεται στον αέρα και για αυτό το λόγο ονομάζεται και φάση υποστήλωσης στον αέρα (unsupported split under the bar). Από τη στιγμή που τα πόδια ακουμπήσουν στο έδαφος, σε θέση προβολής, και η μπάρα βρίσκεται πάνω από το κεφάλι του, με τους αγκώνες σε πλήρη έκταση, ο αθλητής, περνάει στη φάση

υποστύλωσης στο έδαφος (supported split under the bar). Τέλος, για να ολοκληρώσει την κίνηση, ο ασκούμενος, πρέπει να σταθεί όρθιος και να παραμείνει ακίνητος περιμένοντας το σήμα των κριτών (φάση ανάκτησης – recovery). Ο χρόνος μιας επιτυχημένης προσπάθειας, από το πρώτο τράβηγμα μέχρι και το σήμα των κριτών, είναι περίπου 8-12 δευτερόλεπτα (storey et al., 2012).



Εικόνα 2.5: Οι φάσεις του ζετέ κατά σειρά: αρχή, βύθιση, φάση ώθησης, φάση υποστύλωσης στον αέρα, φάση υποστύλωσης στο έδαφος και ανάκτηση (τροποποιημένη από Storey et al., 2012).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/257286841_Unique_Aspects_of_Competitive_Weightlifting

Κεφάλαιο 3: Αθλητικές κακώσεις

Ως αθλητικές κακώσεις καλούνται οι τραυματισμοί που συμβαίνουν σε αθλητικές δραστηριότητες και αποτρέπουν τον αθλητή από τη συμμετοχή στην επόμενη προπόνηση (Corrigan et al., 1994; Norris, 2004). Η ταξινόμηση τους γίνεται κυρίως με βάση:

- Το μηχανισμό πρόκλησης
- Των εμπλεκόμενων μυοσκελετικών δομών
- Της διάρκειας εκδήλωσης των συμπτωμάτων
- Της σοβαρότητας των κακώσεων (Φουσέκης, 2014)

3.1 Ταξινόμηση με βάση το μηχανισμό πρόκλησης

- **Άμεσες κακώσεις (επαφής):** Προκαλούνται από άμεσες εξωτερικές δυνάμεις όπως επαφή με τον αντίπαλο ή επαφή με αντικείμενο αθλητικού εξοπλισμού.
- **Μη άμεσες κακώσεις (μη επαφής):** Προκαλούνται σε συνθήκες που δεν υπάρχει άμεση επαφή ούτε με τον αντίπαλο ούτε με το περιβάλλον άθλησης.
- **Σύνδρομα υπέρχρησης-καταπόνησης (overuse injury):** Προκαλούνται όταν συμβαίνουν υπερβολικές και επαναλαμβανόμενες φορτίσεις, στις δομές του μυοσκελετικού συστήματος, για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι, ελαχιστοποιείται η δυνατότητα αυτό-επούλωσης. Τα σύνδρομα υπέρχρησης είναι δύσκολο να ανιχνευτούν εξ αρχής καθώς δεν αποτρέπουν τον αθλητή από τη συμμετοχή του στις καθημερινές δραστηριότητες και απαιτήσεις (Renström et al., 1985).

3.2 Ταξινόμηση με βάση τον τύπο τραυματισμένου ιστού

- **Κακώσεις μαλακών ιστών (μορίων):** Αποτελούν την πλειοψηφία των αθλητικών τραυματισμών (Norris, 2004) και περιλαμβάνουν κυρίως:
 - A) Μυϊκούς τραυματισμούς (θλάσεις, κακώσεις)
 - B) Δερματικές εκδορές
 - Γ) Συνδεσμικές κακώσεις (κακώσεις, διαστρέμματα)
 - Δ) Θυλακικές κακώσεις (θυλακίτιδες, ορογονοθυλακίτιδες)
 - E) Τενόντιες κακώσεις (τενοντοπάθειες, τενοντώσεις, τενοντοελυτρίτιδες)

Z) Κακώσεις αρθρικού χόνδρου (χονδροπάθειες)

- **Κακώσεις σκληρών ιστών:** Αφορούν τις κακώσεις των οστών και περιλαμβάνουν κυρίως κατάγματα ήπιας μέχρι σοβαρής μορφής (Corrigan et al., 1994).

3.3 Ταξινόμηση με βάση τη διάρκεια εκδήλωσης των συμπτωμάτων

- **Οξείες κακώσεις:** Αφορούν κακώσεις αιφνίδιας έναρξης και μικρής διάρκειας. Προκύπτουν όταν αναπτύσσονται φορτίσεις μεγαλύτερες από το όριο αντοχής των βιοϋλικών. Συνήθως ο αθλητής μπορεί να περιγράψει με ακρίβεια το μηχανισμό κάκωσης ενώ τα συμπτώματα εκδηλώνονται άμεσα (Φουσέκης, 2014).
- **Χρόνιες κακώσεις:** Αφορούν κακώσεις σταδιακής έναρξης και παρατεταμένης διάρκειας. Προκύπτουν όταν οι φορτίσεις που εφαρμόζονται στις μυοσκελετικές δομές υπερβαίνουν τη δυνατότητα αυτό-επούλωσης και ανάρρωσης πριν την επαναφόρτισή τους. Ο μηχανισμός κάκωσης, σε αυτές τις κακώσεις, δεν είναι πάντοτε ακριβής καθώς αφορούν τη συσσώρευση μικροτραυματισμών από συνεχή επαναλαμβανόμενα φυσιολογικά φορτία (Φουσέκης, 2014).

3.4 Ταξινόμηση με βάση τη σοβαρότητα των κακώσεων

Βασική μέθοδος αξιολόγησης της σοβαρότητας των κακώσεων είναι η εκτίμηση των μερών απουσίας από τις προπονήσεις και τους αγώνες (van Mechelen, 1997). Έτσι, λοιπόν, οι αθλητικές κακώσεις με βάση τη σοβαρότητα τους ταξινομούνται σε απλές (minor), μεσαίες (moderate) και σοβαρές (severe).

3.5 Τραυματισμοί στο άθλημα της άρσης βαρών – Επιδημιολογία

Έχουν γίνει έρευνες σχετικά με τους τραυματισμούς που προκύπτουν στους αθλητές της άρσης βαρών, είτε αυτοί ασχολούνται επαγγελματικά, είτε ερασιτεχνικά. Τα στοιχεία των ερευνών επικεντρώνονται, κυρίως, στην περιοχή που έγινε ο τραυματισμός, στο είδος του, στη συχνότητα εμφάνισής του, στη διάρκεια αποχής του αθλητή λόγω του εκάστοτε τραυματισμού καθώς, επίσης, και στις διαφορές των τραυματισμών ανάμεσα σε άνδρες και γυναίκες.

Σε μια μελέτη που διεξήγαγαν οι Siewe et al, (2011), πήραν δείγμα από 245 αθλητές της άρσης βαρών. Η μελέτη έδειξε ότι οι περιοχές που πλήττονται πιο συχνά από τραυματισμούς είναι οι ώμοι, η σπονδυλική στήλη (ΣΣ) και τα γόνατα. Επίσης, ασχολήθηκαν με την εμφάνιση τραυματισμών ανά φύλο, καταλήγοντας ότι στους άνδρες οι τραυματισμοί εντοπίζονται στους ώμους, στον αγκώνα και στον καρπό, ενώ, στις γυναίκες εντοπίζονται περισσότερο στους καρπούς (Siewe et al., 2011).

Στην έρευνα των Winwood et al (2013) παρατηρείται ότι η ΣΣ, οι ώμοι, οι δικέφαλοι και τα γόνατα υφίστανται ποσοστό μεγαλύτερο από 65% των τραυματισμών. Επίσης, όσον αφορά το είδος του τραυματισμού, στο 60% των περιπτώσεων παρατηρήθηκαν θλάσεις μυών και ρήξεις τενόντων (Winwood et al., 2013).

Σε πρόσφατη έρευνα των Golshani et al (2018) διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των τραυματισμών που προκύπτουν κατά την άρση βαρών, συμβαίνουν στα άνω άκρα. Σχετικά με το είδος τους, το 46,1% είναι εξαρθήματα και θλάσεις και είναι οξεία περιστατικά, ενώ το 30% οφείλεται σε υπέρχρηση και είναι συνήθως ρήξεις, τενοντίτιδες και εκφυλιστικές νόσοι των αρθρώσεων (Golshani et al., 2018).

Οι Keogh & Winwood (2017) αναφέρουν, στην έρευνά τους, ότι η συχνότητα τραυματισμών σε αθλήματα με βάρη είναι 1 με 2 ανά αθλητή κατά έτος και 2 με 4 τραυματισμοί ανά 1000 ώρες προπόνησης ή συμμετοχής σε αγώνες (Keogh & Winwood, 2017).

Οι Quatman et al (2009) ασχολήθηκαν με τη διαφορά ανάμεσα στα δύο φύλα ως προς τους τραυματισμούς κατά την άρση βαρών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ποσοστά τραυματισμών στις γυναίκες είναι υψηλότερα σε σχέση με τους άνδρες. Επιπλέον, οι γυναίκες έπασχαν από κακώσεις που αφορούσαν κυρίως τα κάτω άκρα, ενώ οι άνδρες από κακώσεις που αφορούσαν κυρίως τα άνω άκρα και τους καρπούς καθώς και τον κορμό (Quatman et al., 2009). Σε αντίστοιχη έρευνα των Kerr et al (2010) τα αποτελέσματα έδειξαν συντριπτική διαφορά στους τραυματισμούς μεταξύ ανδρών και γυναικών, με τα ποσοστά της εμφάνισης στους άνδρες να είναι 82,3% υψηλότερα σε σχέση με τις γυναίκες. Η διαφορά αυτή αποδίδεται στην αυξημένη ενασχόληση των ανδρών με το άθλημα σε σχέση με τις γυναίκες (Kerr et al., 2010).

Αξιοσημείωτης αναφοράς είναι μια συστηματική ανασκόπηση των Aasa et al (2017), στην οποία γίνεται ανασκόπηση έξι διαφορετικών ερευνών που σχετίζονται με τραυματισμούς στο άθλημα της άρσης βαρών διαχρονικά.

- Σχετικά με την περιοχή του τραυματισμού: Οι Kulund et al (1978) αναφέρουν ότι οι συχνότεροι τραυματισμοί αφορούν τους ώμους, τα γόνατα αλλά και τους καρπούς. Οι Raske & Norlin (2002) εντοπίζουν τους συχνότερους τραυματισμούς στην οσφυϊκή μοίρα της ΣΣ, στα γόνατα και στους ώμους. Οι Calhoon & Fry (1999) έχουν, επίσης, τα ίδια αποτελέσματα με τους Raske & Norlin (2002). Ωστόσο, οι Jonasson et al (2011) αναφέρουν ότι ο πόνος στην οσφυϊκή μοίρα ήταν ο επικρατέστερος κατά το προηγούμενο έτος από εκείνο της έρευνας. Επιπλέον, αναφέρουν ότι οι μισοί από τους συμμετέχοντες εμφάνιζαν πόνο στον αυχένα και στον ώμο. Οι έρευνες των Junge et al (2009) και Engebretsen et al (2013) δεν εξέτασαν την περιοχή του τραύματος ενώ ασχολήθηκαν με τραυματισμούς στους Ολυμπιακούς Αγώνες (Aasa et al., 2017).
- Σχετικά με το είδος των τραυματισμών: Οι κακώσεις μυών και τενόντων είναι οι πιο συνήθεις στο άθλημα της άρσης βαρών (Raske & Norlin, 2002; Junge et al., 2009). Η έρευνα των Calhoon & Fry (1999) ότι οι οξείες κακώσεις αποτελούσαν το 59,6%, τα χρόνια σύνδρομα το 30,4% και 10% ήταν άλλου είδους τραυματισμοί. Σύμφωνα με τους Raske & Norlin (2002), το 20% των τραυματισμών ήταν οξείες κακώσεις μυών, ενώ το 25% ήταν χρόνιες κακώσεις των τενόντων. Στους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2008, το 5% των αθλητών έπασχε από ρήξη συνδέσμου ή τένοντα (Junge et al., 2009). Η μελέτη των Engebretsen et al (201), δεν κάνει διαχωρισμό του είδους του τραυματισμού που είχαν οι αρσιβαρίστες στους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2012 (Aasa et al., 2017).
- Σχετικά με τη διάρκεια αποχής των αθλητών: Οι Kulund et al (1978) αναφέρουν ότι το 33% των τραυματισμών δεν οδήγησε σε αποχή του αθλητή, το 30% κράτησε από μία μέρα έως δύο εβδομάδες, το 34% από δύο μήνες μέχρι δύο χρόνια και το 5% πάνω από δύο χρόνια. Οι Calhoon & Fry (1999) παραθέτουν ότι το 90,5% των τραυματισμών ώθησε τους αθλητές να απέχουν για λιγότερο από μία μέρα, ενώ, μόνο το 0,5% διήρκεσε πάνω από τρεις εβδομάδες. Στην έρευνα των Raske & Norlin (2002),

παρατηρείται ότι το 93% των τραυματισμών στον ώμο, το 85% στην οσφυϊκή μοίρα της ΣΣ και το 80%, αυτών, στο γόνατο, είχαν συμπτώματα που διήρκησαν πάνω από 4 εβδομάδες (Aasa et al., 2017).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

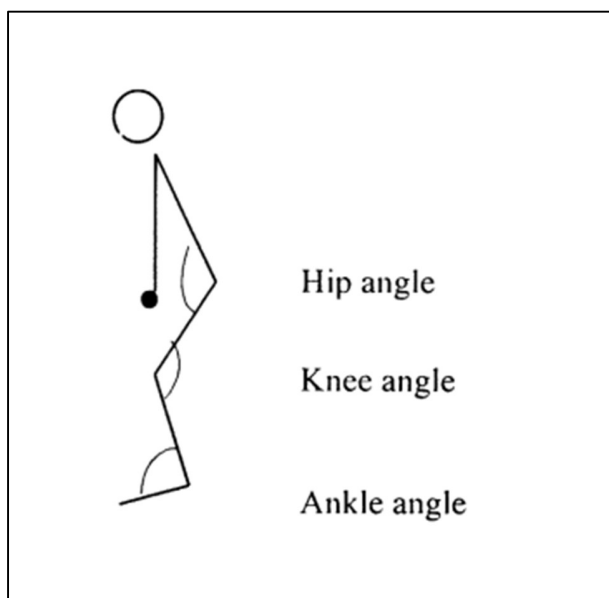
Κεφάλαιο 4: Εμβιομηχανική ανάλυση των τεχνικών της ΟΑΒ

Στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου γίνεται μελέτη της βιβλιογραφίας με σκοπό την εύρεση των πιο πρόσφατων δημοσιεύσεων που αναφέρονται στην εμβιομηχανική ανάλυση των δύο βασικών τεχνικών της ΟΑΒ, καθώς και η διερεύνηση των αναλύσεων αυτών σε σχέση με την εφαρμογή τους στην προπονητική μεθοδολογία. Στις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί γύρω από τις δύο τεχνικές, οι ερευνητές επικεντρώνονται στην κινηματική των κάτω άκρων. Επίσης, σύμφωνα με τους Lee et al (2017), πιστεύεται ότι η κινηματική των αρθρώσεων του κάτω άκρου συμβάλλει σημαντικά στην παραγωγή ισχύος κατά την άρση της μπάρας. Επομένως, η μελέτη που ακολουθεί επικεντρώνεται στις αρθρώσεις των κάτω άκρων, δηλαδή, στην άρθρωση του ισχίου, του γόνατος και αυτή της ποδοκνημικής (ΠΔΚ). Παράλληλα, σε αυτό το κεφάλαιο, πραγματοποιείται ανάλυση των τραυματισμών που προκύπτουν στα κάτω άκρα των αθλητών, κατά τη διάρκεια άσκησης του αθλήματος της άρσης βαρών και παρατίθενται μέθοδοι και τεχνικές φυσικοθεραπείας που χρησιμοποιούνται κατά την αποκατάσταση του εκάστοτε τραυματισμού.

4.1 Τεχνική αρασέ

4.1.1 Μελέτη εμβιομηχανικών παραγόντων του αθλητή

Οι περισσότεροι από τους κινηματικούς παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία μιας άρσης μπορούν να γίνουν πιο εύκολα μετρήσιμοι όταν γίνει η υποδιαίρεση στις διαφορετικές φάσεις της άρσης, όπως αυτές περιγράφηκαν στην αντίστοιχη παράγραφο του γενικού μέρους της εργασίας. Οι 6 φάσεις του αρασέ διαχωρίστηκαν με βάση την αλλαγή κατεύθυνσης στη γωνία του γόνατος και το ύψος της μπάρας (Baumann et al., 1988; Gourgoulis et al., 2000). Οι 5 πρώτες φάσεις θεωρούνται και οι πιο σημαντικές της άρσης (Bauman et al., 1988), γι' αυτό και σε αυτή την εργασία η μελέτη αφορά αυτές, δηλαδή από το πρώτο τράβηγμα μέχρι τη φάση υποδοχής (Πίνακας 1).



Εικόνα 4.1: Ορισμός γωνιών των αρθρώσεων (από Gourgoulis et al., 2000).

Πηγή: https://ftvs.cuni.cz/FTVS-2344-version1-three_dimensional_kinematic_analysis_of_the_snath_of_elite_gree_weightlifters_2.pdf

Πίνακας 4.1: Οι 5 πρώτες φάσεις του αρασέ (Harbili et al., 2014).

Οι φάσεις του αρασέ	Περιγραφή
Πρώτο τράβηγμα (First pull)	Από την άρση της μπάρας από το έδαφος μέχρι την πρώτη μέγιστη έκταση των γονάτων
Μετάβαση (Transition)	Από την πρώτη μέγιστη έκταση των γονάτων μέχρι την πρώτη μέγιστη κάμψη των γονάτων
Δεύτερο τράβηγμα (Second pull)	Από την πρώτη μέγιστη κάμψη των γονάτων μέχρι την δεύτερη μέγιστη έκταση των γονάτων
Στρίψιμο της μπάρας (Turnover)	Από τη δεύτερη μέγιστη έκταση των γονάτων μέχρι την επίτευξη του μέγιστου ύψους της μπάρας
Φάση υποδοχής (Catch phase)	Από την επίτευξη του μέγιστου ύψους της μπάρας μέχρι την σταθεροποίηση στη φάση υποδοχής

Στο αρασέ, η πρώτη φάση, η οποία είναι γνωστή στη βιβλιογραφία και με τον όρο «πρώτο τράβηγμα» (first pull), ξεκινάει με την άρση της μπάρας από το έδαφος και τη συνεχόμενη κίνηση μέχρι την πρώτη μέγιστη έκταση των γονάτων (Harbili et al., 2014). Επομένως, για την επιτυχημένη τεχνική της αρχικής φάσης είναι απαραίτητη η μελέτη των αντίστοιχων κινηματικών παραμέτρων του αθλητή (Lee et al., 2017).

Οι αθλητές, κατά το τράβηγμα της μπάρας από το έδαφος, έχουν σαν στόχο να την κατευθύνουν εμπρός από την άρθρωση του γόνατος, με ταυτόχρονη προσπάθεια να ελαχιστοποιήσουν την κίνηση των άνω άκρων, αλλά και να μειώσουν το μοχλοβραχίονα ροπής ανάμεσα στο κέντρο μάζας του αθλητή και τη μπάρα (Ross et al., 2017). Ο αθλητής στην αρχική θέση, πριν ξεκινήσει την άρση, έχει σε κάμψη και τις τρεις αρθρώσεις του κάτω άκρου. Συγκεκριμένα, το γόνατο βρίσκεται σε μια γωνία περίπου 70° , το ισχίο περίπου 40° και η ΠΔΚ περίπου 80° , όπως φαίνεται και στην Εικόνα 12 (Gourgoulis et al., 2000). Βέβαια, η αρχική θέση και οι γωνίες αυτές διαφέρουν ανάλογα τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του κάθε αθλητή (Bartoniets, 1996). Για παράδειγμα, σε μελέτη του Bartoniets (1996), οι ψηλότεροι αθλητές ξεκινούσαν την άρση με μεγαλύτερη κάμψη στα γόνατα (περίπου 47°), ενώ οι κοντότεροι με μικρότερη κάμψη (περίπου 80°) (Bartoniets, 1996). Κατά το πρώτο τράβηγμα, το γόνατο εκτείνεται μέχρι την πρώτη μέγιστη έκτασή του, όπου φτάνει στο τέλος της φάσης περίπου τις 143° (Gourgoulis et al., 2000). Οι αρθρώσεις των ισχίων και των ΠΔΚ εκτείνονται συνεχώς κατά την πρώτη φάση (Bartoniets, 1996; Gourgoulis et al., 2000).

Κατά τη φάση της μετάβασης (transition), από το πρώτο τράβηγμα μέχρι το δεύτερο, παρατηρείται μείωση της γωνίας στην άρθρωση του γόνατος, κατά περίπου 22° , καθώς το γόνατο κάμπτεται και μετακινείται μπροστά περίπου 15,5 εκατοστά (Bartoniets, 1996; Gourgoulis et al., 2000). Τα ισχία συνεχίζουν να εκτείνονται, αυξάνοντας τη γωνία της άρθρωσης, ενώ, η γωνία της ΠΔΚ μειώνεται (Gourgoulis et al., 2000).

Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι ενώ τα γόνατα εκτείνονται από το ξεκίνημα της άρσης, ακολουθεί μια απότομη κάμψη. Η τεχνική αυτή υιοθετείται από την πλειοψηφία των αθλητών και αναφέρεται σαν «τεχνική διπλής κάμψης του γόνατος» (double – knee bend) (Stone et al., 2006; Storey et al., 2012). Η τεχνική ορίζεται από την πρώτη φάση έκτασης του αθλητή μέχρι το σημείο που η μπάρα φτάνει πάνω από το γόνατο, στη θέση ισχύος (Stone et al., 2006). Στη διάρκεια αυτή, η κινηματική ανάλυση δείχνει ότι η γωνία της άρθρωσης του γόνατος

μειώνεται κατά περίπου 20° κατά την κάμψη. Η κάμψη αυτή που παρατηρείται στο γόνατο, πριν από τη μέγιστη έκτασή του κατά το δεύτερο τράβηγμα, που ακολουθεί, έχει παρόμοια σημασία με την κάμψη των γονάτων πριν από ένα κάθετο άλμα (Garhammer & Gregor, 1992). Λειτουργεί σαν κύκλος επιμήκυνσης – βράχυνσης, και επιτρέπει τη χρήση αποθηκευμένης ελαστικής ενέργειας στους εκτεινόντες του γόνατος, ενεργοποιώντας το αντανακλαστικό διάτασης, με αποτέλεσμα την παραγωγή εκρηκτικής μυϊκής δύναμης που απαιτείται κατά τη διάρκεια της ανύψωσης (Enoka, 1979; Garhammer & Gregor, 1992, Isaka et al., 1996). Η βέλτιστη γωνία η οποία μπορεί να παράγει τη μέγιστη δύναμη έχει βρεθεί από τους Kipp et al (2012), ότι είναι ανάμεσα σε 120° και 145° (Kipp et al., 2012).

Επιπροσθέτως, στόχος της συγκεκριμένης κάμψης του γόνατος είναι η μείωση του μοχλοβραχίονα ροπής ανάμεσα στο κέντρο μάζας του αθλητή και την μπάρα (Stone et al., 2006). Στη μελέτη των Ross et al (2017), η οποία συμπεριέλαβε ωστόσο ερασιτέχνες αθλητές της ΟΑΒ, υπολόγισε μια μέση τιμή στη μείωση του μοχλοβραχίονα ροπής κατά 0,04 m (Ross et al., 2017). Η κάμψη του γόνατος δεν μειώνει μόνο τη ροπή κατά το τράβηγμα της μπάρας, αλλά ταυτόχρονα έχει παρατηρηθεί ότι βοηθάει στην έκταση του κορμού κατά 38° περίπου. Η βελτίωση της θέσης του κορμού, ο οποίος βρίσκεται σε περισσότερο κάθετη θέση, προκαλεί μια μείωση στις δυνάμεις που ασκούνται στους εκτεινόντες μύες των ισχίων σε ποσοστό που φτάνει το 70%. Λόγω της καμπύλης δύναμης – ταχύτητας, αυτή η αλλαγή στις δυνάμεις επιτρέπει στον αθλητή να εκτείνει την άρθρωση του ισχίου με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα κατά τη φάση που ακολουθεί το τράβηγμα. Επομένως, η φάση μετάβασης είναι πολλή σημαντική και πρέπει να εκτελείται με μια μικρή κάμψη στα γόνατα, ώστε να βοηθήσει τον αθλητή να «μπει» στην επόμενη φάση, το δεύτερο τράβηγμα (Bartoniets, 1996).

Η στιγμή κατά την οποία η άρθρωση του γόνατος φτάνει στη μικρότερη γωνία της και επιστρέφει στην έκταση, είναι και η στιγμή κατά την οποία ξεκινάει το δεύτερο τράβηγμα της μπάρας (second pull). Τα γόνατα κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης εκτείνονται ώσπου στο τέλος της, φτάνουν στη μέγιστη έκταση, περίπου 156° (Gourgoulis et al., 2000). Οι αρθρώσεις των ΠΔΚ εκτείνονται και αυτές με έκρηξη έως ότου στο τέλος της φάσης βρίσκονται σε πλήρη πελματιαία κάμψη, με τις πτέρνες να σηκώνονται από το έδαφος (περίπου 117°) (Bartoniets, 1996; Gourgoulis et al., 2000). Το έργο που παράγεται στην ΠΔΚ είναι απαραίτητο για την κατακόρυφη επιτάχυνση της μπάρας και μπορεί να συμβάλλει στο 10%

της μέγιστης ταχύτητάς της (Bartonietz, 1996). Σχετικά με τις αρθρώσεις των ισχίων, που εκτείνονται από την αρχή της άρσης μέχρι και το τέλος της φάσης του δεύτερου τραβήγματος, όπου φτάνουν στη μέγιστη έκταση (περίπου 177°) (Gourgoulis et al., 2000). Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι και οι τρεις αρθρώσεις των κάτω άκρων, επιτυγχάνουν τη μέγιστη έκταση τους στο τέλος του δεύτερου τραβήγματος. Η επίτευξη αυτή γίνεται με διαφορά περίπου 40 ms η μία από την άλλη (Gourgoulis et al., 2000). Το δεύτερο τράβηγμα, τελειώνει τη στιγμή της μεγιστοποίησης της κάθετης ταχύτητας της μπάρας, γεγονός που συμβαίνει όταν ο αθλητής βρίσκεται σε θέση τριπλής έκτασης στην ανώτατη θέση (Nagao et al., 2019). Αυτό έχει χρονομετρηθεί και συμβαίνει 0,2 δευτερόλεπτα πριν η μπάρα φτάσει στο μέγιστο ύψος.

Το second pull, χαρακτηρίζεται σαν η πιο ισχυρή φάση της άρσης. Ο λόγος είναι η ισχύς των μυών που περιβάλλουν τις αρθρώσεις της ΠΔΚ, του γόνατος και των ισχίων, αφού παράγουν τον ιδανικό λόγο μήκους μυός / παραγόμενης τάσης προκειμένου να παραχθεί η μέγιστη δυνατή δύναμη. Επιπλέον, στην παραγωγή της μέγιστης δυνατής δύναμης συνεισφέρει και η αυξημένη ταχύτητα που δημιουργείται στην άρθρωση του γόνατος, όταν ο θώρακας βρίσκεται σε γωνία περισσότερο κάθετη (Harbili et al., 2014).

Στις διάφορες έρευνες, επίσης, γίνεται μελέτη και σύγκριση των γωνιακών ταχυτήτων που έχει κάθε άρθρωση κατά τη διάρκεια κάθε φάσης. Οι στιγμιαίες τιμές της γωνιακής ταχύτητας των εκτεινόντων μυών του ισχίου, είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές για τους εκτεινόντες του γόνατος κατά τη διάρκεια της μετάβασης του πρώτου μισού του δεύτερου τραβήγματος (Baumann et al., 1988; Gourgoulis et al., 2000). Σύμφωνα με τους Gourgoulis et al (2000), οι μέγιστες γωνιακές ταχύτητες και των τριών αρθρώσεων είναι σημαντικά μεγαλύτερες κατά τη διάρκεια του δεύτερου τραβήγματος απ' ό τι στο πρώτο τράβηγμα. Μάλιστα, η γωνιακή ταχύτητα της άρθρωσης του ισχίου στο δεύτερο τράβηγμα είναι αρκετά μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες του γόνατος και της ΠΔΚ (Gourgoulis et al., 2000).

Joint angular displacement (°)	
First knee extension (end of first pull)	143 ± 5.19
Decrease in knee angle (during the transition phase)	22.2 ± 4.45
Maximum knee extension (end of second pull)	156 ± 6.65
Maximum ankle extension	117 ± 8.80
Maximum hip extension	177 ± 5.53
Maximum joint angular velocity (rad · s⁻¹)	
Knee extension velocity in the first pull	3.86 ± 0.39
Knee extension velocity in the second pull	6.32 ± 0.97
Ankle extension velocity in the first pull	1.51 ± 0.16
Ankle extension velocity in the second pull	4.35 ± 0.64
Hip extension velocity in the first pull	2.81 ± 0.48
Hip extension velocity in the second pull	8.09 ± 0.68

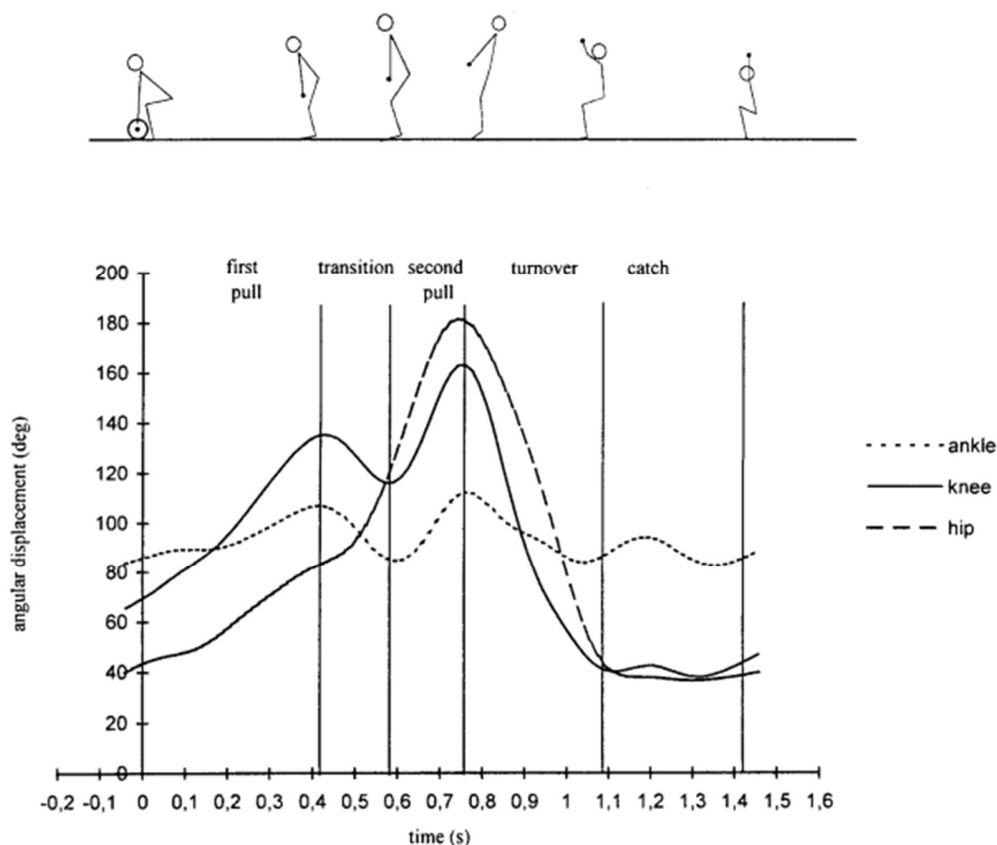
Εικόνα 4.2: Οι τιμές που βρέθηκαν για τις γωνιακές μετατοπίσεις των αρθρώσεων του κάτω άκρου κατά τις 3 πρώτες φάσεις του αρασέ καθώς και οι αλλαγές στη γωνιακή τους ταχύτητα κατά το πρώτο και δεύτερο τράβηγμα (από Gourgoulis et al., 2000).

Πηγή: <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-2344-version1-three-dimensional-kinematic-analysis-of-the-snath-of-elite-gree-weightlifters-2.pdf>

Η στιγμή που αθλητής βρίσκεται σε θέση τριπλής έκτασης, σηματοδοτεί και την αρχή της φάσης στριψίματος της μπάρας (turnover) που διαρκεί μέχρι η μπάρα να φτάσει στο μέγιστο ύψος της. Σε εκείνο το σημείο αρχίζει και η φάση υποδοχής (catch phase). Και στις δύο αυτές φάσεις παρατηρείται σημαντική μείωση στις γωνίες και των τριών αρθρώσεων του κάτω άκρου, με σημαντικότερη εκείνη που συμβαίνει στα ισχία και στα γόνατα, καθώς ο αθλητής έρχεται σε θέση βαθέως καθίσματος (Gourgoulis et al., 2000). Κατά τη «βύθιση» αυτή, τα πέλματα του αθλητή είναι σε πλήρη επαφή με το έδαφος και ο ίδιος επιβραδύνει την προς τα κάτω κίνηση της μπάρας «κλειδώνοντάς» την με τα χέρια σε πλήρη έκταση κατά τη φάση υποδοχής (Bartoniets, 1996).

Στο τέλος της φάσης του στριψίματος και στην αρχή της φάσης υποδοχής επιτυγχάνεται το μέγιστο ύψος της μπάρας. Διαφοροποιείται ανάλογα με τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του αθλητή, όπως, το ύψος και το βάρος του, και έχει βρεθεί ότι είναι περίπου ίσο με το 70% του ύψους του αθλητή (Baumann et al., 1988; Gourgoulis et al., 2000). Επιπλέον, ευρήματα

μελετών δείχνουν ότι υπάρχει η τάση από τους αθλητές να διατηρούν το ύψος του τραβήγματος της μπάρας σε χαμηλά σχετικά επίπεδα, με τις παρατηρήσεις να κυμαίνονται στο 62,1% του ύψους του αθλητή στην κατηγορία των 76 κιλών και στο 70,8% του ύψους του αθλητή στην κατηγορία των 108 κιλών (Ho et al., 2014; Lee et al., 2019). Οι επαγγελματίες αθλητές, τείνουν να χαμηλώνουν το σώμα τους στη χαμηλότερη δυνατή θέση, για καλύτερη αποτελεσματικότητα στην άρση, πριν σηκωθούν όρθιοι. Η συγκεκριμένη τεχνική, επιτρέπει στους αθλητές να ολοκληρώσουν μια επιτυχημένη άρση, χωρίς την ανάγκη για υπερβολική κάθετη μετατόπιση της μπάρας (Ho et al., 2014). Η κάθετη μείωση, από την επίτευξη του μέγιστου ύψους της μπάρας, που παρατηρείται κατά τη φάση υποδοχής, είναι μικρής σημασίας, περίπου 11% του μέγιστου ύψους της μπάρας (Baumann et al., 1988; Isaka et al., 1996; Gourgoulis et al., 2000). Αυτή η μικρή μείωση, σύμφωνα με τους Isaka et al (1996), είναι απαραίτητη για την επίτευξη μιας σωστής τεχνικής.



Εικόνα 4.3: Οι καμπύλες μετατόπισης των γωνιών των τριών αρθρώσεων του κάτω άκρου σε σχέση με το χρόνο, κατά τη διάρκεια των φάσεων του αρασέ.

Πηγή: https://ftvs.cuni.cz/FTVS-2344-version1-three_dimensional_kinematic_analysis_of_the_snath_of_elite_gree_weightlifters_2.pdf

4.1.2 Μηχανικό έργο και ισχύς

Το αρασέ απαιτεί μια απότομη, εκρηκτική ώθηση της μπάρας ενάντια στη βαρύτητα με διάρκεια μικρότερη από 1 δευτερόλεπτο. Οι αθλητές αναγκάζονται να παράγουν μεγάλη μυϊκή δύναμη και να τη μεταφέρουν με επιτυχία στη μπάρα (Garhammer, 1985, 1993).

Στην μελέτη των Gourgoulis et al (2000) το μηχανικό έργο που παράγεται στην μπάρα κατά τη διάρκεια του πρώτου τραβήγματος είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το έργο που παράγεται στο δεύτερο τράβηγμα. Αντιθέτως, η ισχύς που παράγεται κατά το δεύτερο τράβηγμα είναι μεγαλύτερη απ' ό τι στο πρώτο τράβηγμα, λόγω της μικρής διάρκειας του δεύτερου τραβήγματος (Gourgoulis et al., 2000).

Κατά το πρώτο τράβηγμα, οι αλλαγές στην κινητική και δυναμική ενέργεια της μπάρας είναι μεγαλύτερες και οι αθλητές αναγκάζονται να παράγουν σημαντικό έργο για μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε να ξεπεράσουν την αδράνεια της μπάρας (Bartoniets, 1996; Gourgoulis et al., 2000). Αντιθέτως, η φάση δεύτερου τραβήγματος, λόγω της μικρής διάρκειάς της, αναγκάζει τον αθλητή να παράγει έργο πολύ πιο γρήγορα σε σχέση με το πρώτο τράβηγμα. Συμπερασματικά, η φάση του πρώτου τραβήγματος χαρακτηρίζεται ως φάση δύναμης, ενώ η φάση δεύτερου τραβήγματος, ως φάση ισχύος (Garhammer, 1991; Gourgoulis et al., 2000).

4.1.3 Άλλοι παράγοντες σχετικά με την εμβιομηχανική μελέτη του αρασέ

Το πρώτο και το δεύτερο τράβηγμα μπορεί να είναι ο τυπικός διαχωρισμός ο οποίος γίνεται σχετικά με τις φάσεις τραβήγματος κατά το αρασέ, ωστόσο υπάρχουν στη βιβλιογραφία αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις. Στους αθλητές υψηλών επιδόσεων, έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχουν τρεις μέγιστες κάθετες επιταχύνσεις της μπάρας, κατά την φάση τραβήγματος. Αυτές οι τρεις επιταχύνσεις έχουν παρατηρηθεί κατά την πρώτη έκταση του γόνατος, κατά την κάμψη του γόνατος και κατά την δεύτερη έκταση της ίδιας άρθρωσης. Εφόσον και οι τρεις αυτές φάσεις θεωρούνται σαν σημαντικό γεγονός, οι Harbili et al (2012), υποστηρίζουν ότι κάθε φάση μεταβολής της κάμψης της άρθρωσης του γόνατος πρέπει να θεωρείται σαν

ξεχωριστή φάση του τραβήγματος της μπάρας. Δηλαδή, η πρώτη έκταση του γόνατος πρέπει να θεωρείται σαν το πρώτο τράβηγμα, η κάμψη σαν μετάβαση και η δεύτερη έκταση σαν δεύτερο τράβηγμα. Ο διαχωρισμός αυτός, μπορεί να δώσει καλύτερες πληροφορίες σχετικά με τις φάσεις της επιτάχυνσης της μπάρας (Harbili et al., 2012).

Παράλληλα, οι Kipp et al (2014), οι οποίοι μελέτησαν τις δυνάμεις αντίστασης του εδάφους, όρισαν τις τρεις διαφορετικές φάσεις του τραβήγματος σε σχέση με την σύγκριση της δύναμης αντίστασης του εδάφους, όπως αυτή μετριέται από δυναμοδάπεδα, με τη μάζα του συστήματος αθλητή - μπάρας. Υπήρχαν δύο φάσεις επιβάρυνσης, όπου η δύναμη αντίστασης εδάφους ήταν μεγαλύτερη από τη μάζα του συστήματος και μια φάση μικρότερης επιβάρυνσης, όπου η δύναμη αντίστασης του εδάφους ήταν μικρότερη από τη μάζα του συστήματος (Kipp et al., 2014).

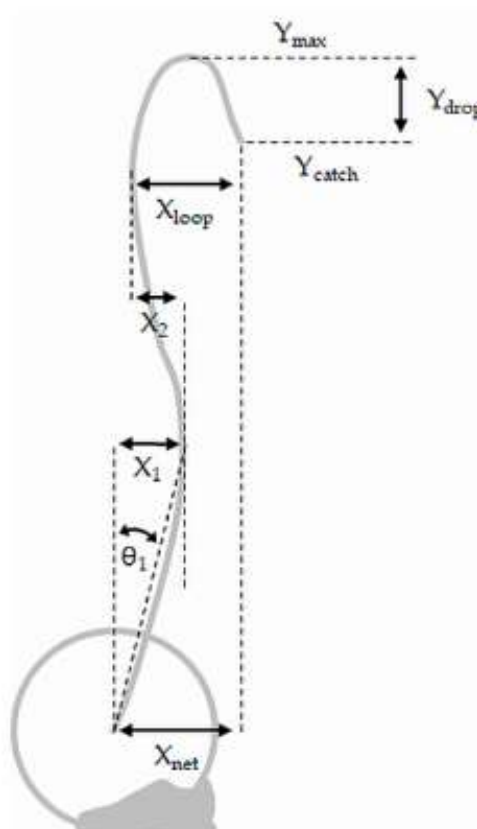
Η συγκεκριμένη θεώρηση έρχεται σε συμφωνία με τα ευρήματα της μελέτης των Lee et al (2019), οι οποίοι αντί να προσδιορίσουν τις διαφορετικές φάσεις της κίνησης μέσω των γωνιών της άρθρωσης του γόνατος, χρησιμοποίησαν στιγμές στις οποίες η δύναμη αντίστασης του εδάφους ήταν ισοδύναμη με την μάζα του συστήματος. Στην περίπτωση αυτή, η δύναμη αντίστασης του εδάφους κατά τις φάσεις επιβάρυνσης ήταν περίπου 120-167% σε σχέση με τη μάζα του συνδυασμού αθλητή – μπάρας, ενώ στις φάσεις χωρίς επιβάρυνση το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 57-88% (Lee et al., 2019).

Η διαφορά ανάμεσα στις δύο παραπάνω προσεγγίσεις έγκειται σε μικρές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στην έναρξη και τη λήξη της κάθε φάσης. Οι μικρές αυτές διαφοροποιήσεις οφείλονται στο πως παράγονται οι δυνάμεις του εδάφους και πως αυτές μεταφέρονται στο σώμα και στη μπάρα. Η μεταφορά αυτή, αναφέρεται επίσης και σαν κινητική αλυσίδα.

Επιπλέον, σε σχέση με την εμβιομηχανική ανάλυση του αρασέ, έχουν γίνει μελέτες για την κίνηση της μπάρας. Η κίνηση της μπάρας είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτήν από τον αθλητή. Οι σχέσεις μετατόπισης – χρόνου και ταχύτητας – χρόνου της μπάρας, είναι πρακτικά οι πιο σημαντικοί παράγοντες για τον προσδιορισμό μιας σωστής τεχνικής (Baumann et al., 1988; Garhammer, 1989).

Η καμπύλη της κάθετης γραμμικής ταχύτητας της μπάρας είναι πολλή σημαντική στον προσδιορισμό μιας σωστής τεχνικής άρσης (Baumann et al., 1988; Isaka et al., 1996). Από εμβιομηχανικής άποψης, ένα αποτελεσματικό αρασέ χαρακτηρίζεται από τη σχέση ταχύτητας – χρόνου της μπάρας κατά την οποία η κάθετη γραμμική ταχύτητά της αυξάνεται συνεχώς μεταξύ του πρώτου και δεύτερου τραβήγματος (Bartonietz 1996).

Σχετικά με την μετατόπιση της μπάρας, στην ανάλυση της τεχνικής του αρασέ, έχουν γίνει μελέτες που αφορούν την εκτίμηση της τροχιάς της μπάρας σε σχέση με το σώμα του αθλητή σε αρκετές κατηγορίες αθλητών, με διαφοροποίηση ως προς το φύλο, την κατηγορία, όπως αυτή προσδιορίζεται από τα κιλά, το επίπεδο (επιδόσεις) αλλά και την κατάταξη των αθλητών στην κατηγορία τους. Οι εμβιομηχανικές παράμετροι οι οποίες αξιολογούνται από τις μελέτες αυτές το μέγιστο ύψος της μπάρας (Y_{max}), το ύψος στο οποίο γίνεται η υποδοχή (Y_{catch}), η διαφορά μεταξύ Y_{max} και Y_{catch} , (Y_{drop}), η γωνία της μπάρας σε σχέση με την αρχική της θέση (θ_1), η συνολική οριζόντια μετατόπιση από την αρχική θέση (X_{net}), η οριζόντια απόσταση από την αρχική θέση μέχρι τη μέγιστη οπίσθια θέση του αθλητή (X_1), η οριζόντια απόσταση από το X_1 μέχρι τη μέγιστη πρόσθια θέση του αθλητή μεταξύ X_1 και Y_{max} , (X_2), αλλά και η οριζόντια μετατόπιση από το X_2 μέχρι και το ύψος Y_{catch} , (X_{loop}). (Εικόνα 4.4) (Cunanan et al., 2020).

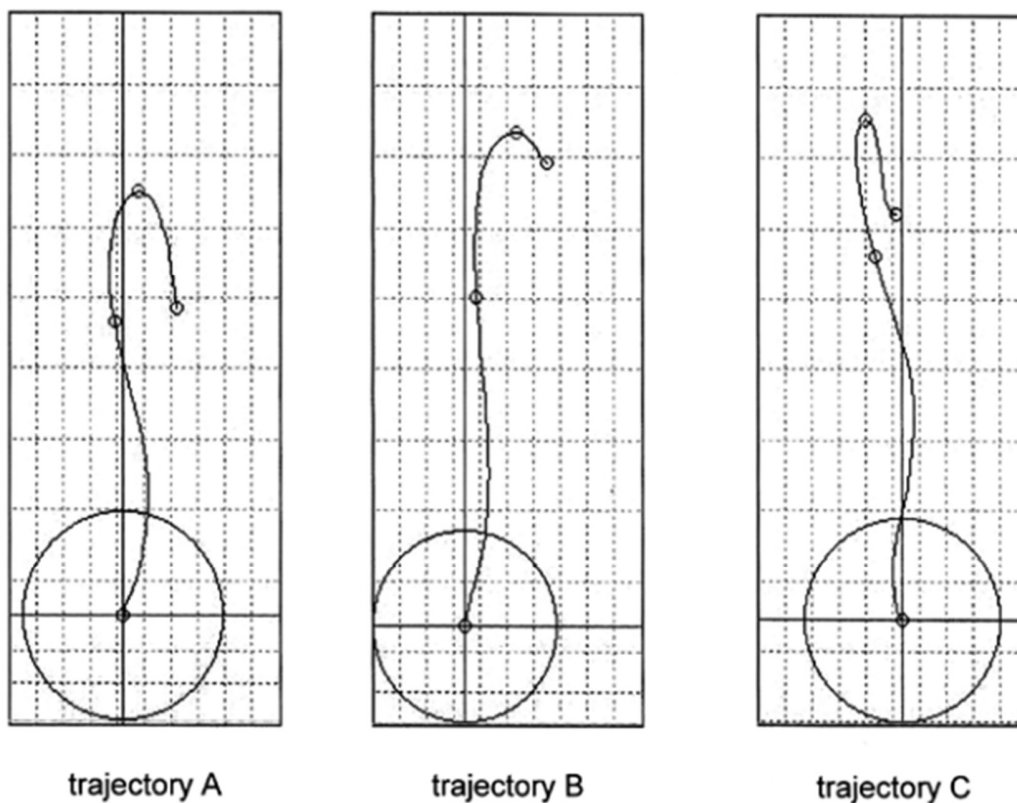


Εικόνα 4.4: Η τροχιά που διαγράφει η μπάρα στην κίνηση του αρασέ. Απεικονίζονται σχηματικά οι μεταβλητές του μέγιστου ύψους (Y_{max}), του ύψους υποδοχής (Y_{catch}), της διαφοράς ανάμεσα στο μέγιστο ύψος και το ύψος υποδοχής (Y_{drop}), η γωνία σχετική με την κάθετη γραμμή αναφοράς (θ_1), η συνολική οριζόντια μετατόπιση από την αρχική θέση (X_{net}), η οριζόντια απόσταση από την αρχική θέση μέχρι τη μέγιστη οπίσθια θέση του αθλητή (X_1), η οριζόντια απόσταση από το X_1 μέχρι τη μέγιστη πρόσθια θέση του αθλητή μεταξύ X_1 και Y_{max} , (X_2), αλλά και η οριζόντια μετατόπιση από το X_2 μέχρι και το ύψος Y_{catch} , (X_{loop}).

Πηγή: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32854406/>

Ωστόσο, παρόλο που η τροχιά της μπάρας αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για τον προσδιορισμό μιας σωστής τεχνικής αρασέ, τα αποτελέσματα για τον υπολογισμό της στις διάφορες μελέτες διαφέρουν. Ο Vorobyev (1978), θέσπισε τρεις βασικούς τύπους τροχιάς της μπάρας που δίνουν πληροφορίες για την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα της τεχνικής κάθε αρσιβαρίστα. Οι τύποι αυτοί διαφέρουν ως προς την οριζόντια και κάθετη μετατόπιση της μπάρας, το μέγιστο και τελικό ύψος της καθώς και σε όλες τις εμβιομηχανικές παραμέτρους που αναφέρονται στην Εικόνα 4.4. Επίσης, διαφέρουν

στο αν η μπάρα διαπερνάει την νοητή κάθετη γραμμή αναφοράς σε κάθε άρση (Rossi et al., 2007).



Εικόνα 4.5: Οι 3 διαφορετικοί τύποι της τροχιάς της μπάρας, σύμφωνα με τον Vorobyev (1978).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/23759944_Bilateral_Comparison_of_Barbell_Kinetics_and_Kinematics_During_a_Weightlifting_Competition

Σχετικά με την τροχιά της μπάρας, στην παρούσα εργασία, οι έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν για την εμβιομηχανική ανάλυση της τεχνικής του αρασέ, διαφέρουν κυρίως, ως προς το αν η μπάρα διαπερνάει την κάθετη γραμμή αναφοράς. Συγκεκριμένα, στις έρευνες των Baumann et al (1988), Isaka et al (1996) και Gourgoulis et al (2000), η μπάρα δεν διαπερνάει την κάθετη γραμμή αναφοράς, σε αντίθεση με την έρευνα του Garhammer (1989), όπου και την διαπερνάει.

Η πρόσφατη μελέτη των Cunanan et al (2020), η οποία έχει μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας λόγω μεγέθους δείγματος αλλά και πλήρους αντιπροσώπευσης πολλών κατηγοριών αθλητών, εκφέρει σαν συμπέρασμα, ότι οι κινηματικές παράμετροι είναι εύκολο να υπολογιστούν, ωστόσο δεν παρέχουν αξιόπιστες πληροφορίες σχετικά με την ικανότητα των αθλητών της OAB στην άσκηση του αρασέ. Η έλλειψη συνέπειας στις στατιστικές διαφορές των κινηματικών παραμέτρων της τροχιάς της μπάρας και της ταχύτητάς της, ανάμεσα στους τρεις κορυφαίους αθλητές (άνδρες και γυναίκες) στην κατηγορία τους, υποδηλώνει ότι παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο και άλλοι παράμετροι στην εκτίμηση των επιδόσεών τους (Cunanan et al., 2020).

Στη βιβλιογραφία, εικάζεται ότι οι παράμετροι αυτοί μπορεί να είναι η δύναμη των αθλητών, το ύψος, και οι αναλογίες των άκρων τους. Επίσης, επισημαίνεται ότι η δυσκολία στην υιοθέτηση σημαντικών αλλαγών στην τεχνική, δείχνει τη σημασία της δύναμης στην επίδοση των αθλητών. Μάλιστα, η μελέτη των Joffe et al (2020), αναφέρει ότι μόνο το ανθρωπομετρικό χαρακτηριστικό της δύναμης, μπορεί να διαφοροποιήσει μέχρι και 42,5% τις επιδόσεις των αθλητών της OAB (Joffe et al., 2020).

Συμπερασματικά, μπορούμε να αναφέρουμε ότι όταν κάποιος αθλητής αναπτύξει επαρκώς την τεχνική του, η προπόνησή του πρέπει να δίνει έμφαση στην περιοδικότητα, για την ανάπτυξη άλλων χαρακτηριστικών όπως, για παράδειγμα, η δύναμη, η ένταση, η αντοχή κ.λπ. Επιπλέον, από τις εφαρμοζόμενες μεθόδους αξιολόγησης των κινηματικών παραμέτρων, φαίνεται ότι από τις πιο αξιόπιστες είναι η ανάλυση μέσω βίντεο και οι μετρήσεις δυνάμεων μέσω δυναμοδαπέδου.

4.2 Τεχνική επολέ – ζετέ

Η τεχνική του επολέ-ζετέ έχει αρκετά κοινά στοιχεία με την τεχνική του αρασέ. Η βασική διαφορά ανάμεσα στις δύο αγωνιστικές τεχνικές της OAB είναι το μήκος της λαβής και ο τρόπος που ο αθλητής υποδέχεται τη μπάρα. Στο αρασέ η λαβή είναι αρκετά ανοιχτή, με σκοπό τη βελτιστοποίηση της κίνησης της μπάρας, κατά το δεύτερο τράβηγμα, αλλά και την μεγιστοποίηση των πιθανοτήτων επιτυχίας της υποδοχής, με μικρότερη κάθετη μετατόπιση. Εφ' όσον το επολέ καταλήγει με τη μπάρα στους ώμους του αθλητή, η λαβή ποικίλει, αλλά τις περισσότερες φορές είναι λίγο μεγαλύτερη από το πλάτος των ώμων. Η λαβή του επολέ

ποικίλει, ανάμεσα στους αθλητές της OAB, και εξαρτάται από τις αδυναμίες και τα πλεονεκτήματά τους. Για παράδειγμα, μια πιο ανοικτή λαβή, χρησιμοποιείται από τους αθλητές που διαθέτουν καλύτερο εύρος κίνησης στις αρθρώσεις των ώμων και των καρπών, γεγονός που βοηθάει τη μπάρα να κινείται κοντά στο κέντρο μάζας του αθλητή κατά τη φάση της τριπλής έκτασης (Winwood et al., 2015). Υπάρχει επίσης η πιθανότητα, οι αθλητές να διαφοροποιήσουν την κίνηση των χεριών τους, μέσω μιας ελαφριάς κάμψης των χεριών κατά τη φάση του τραβήγματος της μπάρας. Στη συγκεκριμένη τεχνική υπάρχει μια γενική αμφισβήτηση, επειδή τα χέρια υποτίθεται ότι μπορούν να συνεισφέρουν κυρίως στη φάση μετά την τριπλή έκταση, ενώ οι περισσότερες θεωρίες, συμφωνούν ότι, στη μπάρα μπορούν να ασκηθούν μεγαλύτερες μέγιστες δυνάμεις από τα χέρια, όταν υπάρχει ελάχιστη ενεργοποίησή τους πριν από τη συγκεκριμένη φάση της άσκησης (Ulareanu et al., 2014; Winwood et al., 2015).

Το επολέ έχει όλες τις φάσεις οι οποίες συζητήθηκαν και στην κίνηση του αρασέ, ωστόσο η βασική διαφορά έγκειται στο πλάτος της λαβής το οποίο, όπως προαναφέρθηκε, είναι περίπου ίσο με το πλάτος των ώμων. Αυτό, επιτρέπει στο σώμα να είναι περισσότερο κάθετο (όρθιο) όταν στηρίζεται στις κινήσεις των γονάτων, ενώ ταυτόχρονα, τοποθετεί τη μπάρα σε πολύ χαμηλότερο σημείο επαφής στο ύψος των ισχίων (Winwood et al., 2015). Αν και ο βασικός στόχος στο πρώτο τράβηγμα της μπάρας είναι η ελαχιστοποίηση της ενεργοποίησης των χεριών, η μπάρα διατηρεί την ίδια σχεδόν τροχιά με την περίπτωση του αρασέ. Ωστόσο, στην περίπτωση του επολέ, κατά το τέλος του πρώτου τραβήγματος, οι ΠΔΚ, τα γόνατα και τα ισχία θα είναι σε πιο όρθια θέση και όχι στις γωνίες κάμψης που παρατηρούνται στο αρασέ. Κατά το δεύτερο τράβηγμα, οι αρθρώσεις των κάτω άκρων έχουν παρόμοιες γωνίες με αυτές των αρθρώσεων κατά το αρασέ, ενώ βασική διαφορά είναι το γεγονός ότι η μπάρα φτάνει στο σημείο επαφής με τα ισχία, σε πιο χαμηλό σημείο σε σχέση με το αρασέ. Στη βιβλιογραφία, έχει παρατηρηθεί, ότι αθλητές της OAB με κακή τεχνική κατά το τράβηγμα της μπάρας, αλλάζουν συχνά την τεχνική τους κατά το δεύτερο τράβηγμα, ώστε να φέρουν το σημείο επαφής της μπάρας με τα ισχία, πιο κοντά στο κέντρο μάζας του αθλητή (Eriksson et al., 2014; Winwood et al., 2015).

Η φάση υποδοχής για το επολέ, ξεκινάει αφού η μπάρα αποκτήσει θετική μέγιστη ταχύτητα, και τελειώνει όταν σημειώνεται θετική επιτάχυνση, στην κατώτερη θέση της υποδοχής της

μπάρας. Επειδή η υποδοχή της μπάρας γίνεται στη θέση των ώμων (front rack), ο αθλητής δεν χρειάζεται να επιτύχει τόσο μεγάλη κάθετη μετατόπιση της μπάρας, όπως γίνεται στην περίπτωση του αρασέ. Επιπλέον, στο επολέ η οριζόντια ταχύτητα είναι σε αρκετές περιπτώσεις μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του αρασέ, ειδικά όταν η μπάρα δεν έχει ισορροπήσει στην θέση πάνω από το κεφάλι. Η θέση ανάκτησης είναι η ίδια ανάμεσα στις δύο ασκήσεις, όπου ο αθλητής στέκεται όρθιος από τη φάση βαθέως καθίσματος, με τη διαφορά ότι στο επολέ τα χέρια του δεν είναι «κλειδωμένα» σε πλήρη έκταση, καθώς στηρίζει τη μπάρα στο επίπεδο των ώμων (Eriksson et al., 2014; Ulaeanu et al., 2014).

Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης του επολέ, ο αθλητής πρέπει να οδηγήσει την μπάρα στην θέση πάνω από το κεφάλι του, μέσω της κίνησης του ζετέ, προκειμένου να ολοκληρώσει τη σύνθετη κίνηση του επολέ-ζετέ και να επικυρωθεί η προσπάθειά του. Οι αθλητές της άρσης βαρών έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν μια παύση λίγων δευτερολέπτων μετά το επολέ, προκειμένου να ανακτήσουν ανάσες και να διατηρήσουν τις σωστές θέσεις το ζετέ. Η παύση αυτή παίζει σημαντικό ρόλο στην όλη προσπάθεια της άρσης και χαρακτηρίζεται ως στιγμή συγκέντρωσης του αθλητή, η οποία εστιάζει στην καλύτερη απόδοση της προσπάθειάς του (Ulaeanu et al., 2014). Στη κινηματική ανάλυση του επολέ-ζετέ έχει βρεθεί ότι υπάρχει μια λεπτή ισορροπία ανάμεσα στο χρόνο στον οποίο ο αθλητής βρίσκεται υπό πίεση, και το χρόνο που χρειάζεται κατά το τέλος του επολέ, ώστε να ανακτήσει επαρκώς τις δυνάμεις του και να εκτελέσει ένα επιτυχημένο ζετέ (Almasi et al., 2017).

Στη συνέχεια, ο αθλητής εισέρχεται στη φάση βύθισης (dip) του ζετέ. Η φάση αυτή έχει εισαχθεί στην κίνηση, ώστε να μπορέσει ο αθλητής να δημιουργήσει μια ώθηση στη μπάρα καθώς εκτελεί μία αντανακλαστική τάση στο σώμα του. Ενώ ο κορμός διατηρείται κάθετος, τα γόνατα, τα ισχία και οι ΠΔΚ κάμπτονται μέχρι το σώμα να είναι μερικά εκατοστά χαμηλότερα από το ύψος του αθλητή στην όρθια θέση. Η γωνία του γόνατος κατά τη βύθιση φτάνει περίπου τις 117° , του ισχίου τις 145° ενώ στην ΠΔΚ η γωνία στο τέλος της βύθισης είναι περίπου 65° (Winwood et al., 2015; Ammar et al., 2019). Ωστόσο, οι γωνίες αυτές δεν είναι σταθερές σε κάθε άρση καθώς επηρεάζονται από τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του κάθε αθλητή αλλά κυρίως και από το φορτίο που σηκώνουν. Στην μελέτη των Prassas & Fulton (1994), παρατηρήθηκε ότι όσο πιο ελαφρύ ήταν το φορτίο που σήκωναν οι αθλητές τόσο πιο μεγάλη ήταν η κάμψη του γόνατος, φτάνοντας μέχρι και τις 61° ή 81° , στο τέλος της

φάσης βύθισης. Αυτή η μεγαλύτερη κάμψη, επέτρεπε στους αθλητές να σηκώσουν τη μπάρα σε μεγαλύτερο ύψος με λιγότερη κάθετη μετατόπιση (Prassas & Fulton, 1994).

Τη στιγμή που ο αθλητής αλλάζει από κάμψη του γόνατος σε έκταση του γόνατος, εισέρχεται ουσιαστικά στην φάση ώθησης (jerk drive) του ζετέ. Κατά τη φάση ώθησης, ο αθλητής ωθεί τη μπάρα με κάθετη κατεύθυνση μέχρι να επιτύχει την τριπλή έκταση των αρθρώσεων του κάτω άκρου και να παράγει τη μέγιστη δύναμη. Στο τέλος της φάσης, κάθε μία από τις τρεις αρθρώσεις του κάτω άκρου φτάνει στη μέγιστη έκταση (Prassas & Fulton, 1994). Συγκεκριμένα, η γωνία του γόνατος φτάνει περίπου τις 177° , η γωνία του ισχίου περίπου τις 189° , ενώ αυτή της ΠΔΚ, περίπου τις 89° (Winwood et al., 2015; Ammar et al., 2019). Σύμφωνα με τους Prassas & Fulton (1994), η έκταση των ισχίων στη φάση ώθησης είναι από τις πιο σημαντικές κινήσεις του ζετέ, καθώς επιτρέπει στον αθλητή να σηκώσει τη μπάρα σε ύψος κρατώντας την παράλληλα σταθερή σε σχέση με την οριζόντια μετατόπισή της (Prassas & Fulton, 1994). Πάνω σε αυτό, οι Winwood et al (2015), συμπληρώνουν ότι για την επίτευξη μιας σωστής προσπάθειας, στο ζετέ, είναι σημαντικό στο τέλος της φάσης ώθησης να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή έκταση και των τριών αρθρώσεων του κάτω άκρου. Επιπλέον, ο αθλητής συνεχίζει να ασκεί πίεση στη μπάρα μέσω των άνω άκρων ώστε να υποχρεώσει τα άνω άκρα να «τοποθετηθούν» κάτω από τη μπάρα, προετοιμάζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο το σώμα για τις μεγάλες δυνάμεις που θα ασκηθούν κατά την υποδοχή της μπάρας (Flores et al., 2016; Ammar et al., 2017).

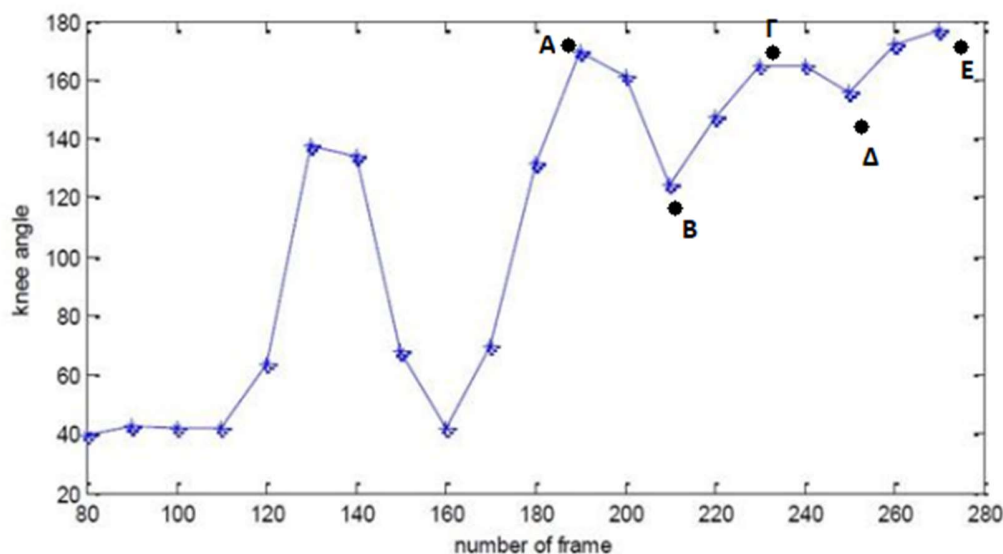
Επιπροσθέτως, οι Prassas & Fulton (1994), τονίζουν ότι η πιο σημαντική φάση του ζετέ είναι από την αρχή της φάσης βύθισης μέχρι την αρχή της φάσης ώθησης της μπάρας. Θεωρητικά, όσο πιο γρήγορη είναι αυτή η μετάβαση, τόσο περισσότερη δυναμική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί από τον αθλητή ώστε να ωθήσει τη μπάρα σε μεγαλύτερη μέγιστη ταχύτητα (Prassas & Fulton, 1994).

Η φάση υποδοχής στο ζετέ χωρίζεται ουσιαστικά σε δύο φάσεις, στη φάση υποστύλωσης στον αέρα (unsupported split under the bar) και στη φάση υποστύλωσης στο έδαφος (supported split under the bar). Στο επολέ - ζετέ, δεν υπάρχει κάποιος κανόνας σχετικά με την τοποθέτηση των ποδιών του αθλητή, εφ' όσον, όταν η μπάρα βρίσκεται πάνω από το κεφάλι, τα χέρια και οι αγκώνες είναι τεντωμένα, όπως ακριβώς συμβαίνει και με την περίπτωση του αρασέ. Στη σύγχρονη ΟΑΒ, η πιο δημοφιλής κίνηση είναι η θέση με ανοιχτά πόδια (split

jerk), στην οποία κατά τη θέση υποδοχής τα κάτω άκρα του αθλητή είναι διαχωρισμένα, προκειμένου να μεγιστοποιήσουν το επίπεδο κατανομής στο οποίο κατανέμονται οι δυνάμεις που δέχεται το σώμα του αθλητή κατά την υποδοχή της μπάρας. Η προφανής αιτιολογία της συγκεκριμένης τεχνικής του ζετέ είναι η προσπάθεια του αθλητή για ελαχιστοποίηση της κάθετης μετατόπισης της μπάρας, ώστε να αυξηθούν οι πιθανότητες επιτυχημένης υποδοχής της. Ωστόσο, ο αθλητής χρειάζεται εξαιρετικό εύρος κίνησης και σταθερότητα στους ώμους, προκειμένου να εκμεταλλευτεί την μείωση της κάθετης μετατόπισης της μπάρας (Cunanan et al., 2020, Winwood et al., 2015).

Η αρχή της φάσης υποστύλωσης στον αέρα είναι ουσιαστικά η στιγμή της μέγιστης θετικής κάθετης ταχύτητας της μπάρας. Ο αθλητής πραγματοποιεί ένα μικρό εκρηκτικό άλμα, προκειμένου να «μπει» γρήγορα κάτω από τη μπάρα, φέρνοντας το ένα πόδι μπροστά από το άλλο. Παράλληλα, συνεχίζει να ασκεί πίεση στη μπάρα με τα χέρια του (Bartoniets, 1996).

Μόλις τα πέλματα του αθλητή έρθουν σε άμεση επαφή με το έδαφος, ξεκινάει η φάση υποστύλωσης στο έδαφος και συνεχίζεται μέχρι η μπάρα να αποκτήσει μηδενική κάθετη ταχύτητα στο κατώτερο σημείο της θέσης υποδοχής (Winwood et al., 2015). Σε αυτήν τη φάση ο αθλητής βρίσκεται σε θέση προβολής, με το γόνατο του μπροστινού ποδιού να είναι πιο μπροστά από το πέλμα του ίδιου ποδιού και η μπάρα πάνω από το κεφάλι του αθλητή με «κλειδωμένα» τα χέρια σε έκταση, σχηματίζοντας μαζί με τους ώμους και τα ισχία, μια κάθετη γραμμή (Bartoniets, 1996). Σύμφωνα με τους Prassas & Fulton (1994), το μπροστινό πόδι είναι αυτό που δέχεται το περισσότερο βάρος, άρα η γωνία του γόνατος σε εκείνο το σημείο είναι πολύ σημαντική. Στις μελέτες των Winwood et al (2015) και Ammar et al (2019), βρέθηκε ότι η γωνία της άρθρωσης του γόνατος του μπροστινού ποδιού, στο τέλος της φάσης, είναι περίπου 113° , αυτή του ισχίου περίπου 110° , και αυτή της ΠΔΚ περίπου 87° (Winwood et al., 2015; Ammar et al., 2019). Αυτές οι τιμές επιβεβαιώνουν τα λεγόμενα του Roman (1988), ο οποίος είχε προτείνει ότι η βέλτιστη γωνία του γόνατος στο τέλος της φάσης υποδοχής είναι περίπου ίση με 120° (Roman, 1988). Τέλος, οι Prassas & Fulton (1994), αναφέρουν ότι αν σε εκείνο το σημείο η γωνία του γόνατος φτάσει τις 90° και λιγότερο μοίρες, τότε σηματοδοτείται μια ασταθής θέση στην οποία οι περισσότεροι αθλητές αδυνατούν να επανέλθουν, όταν σηκώνουν μέγιστα φορτία (Prassas & Fulton, 1994).



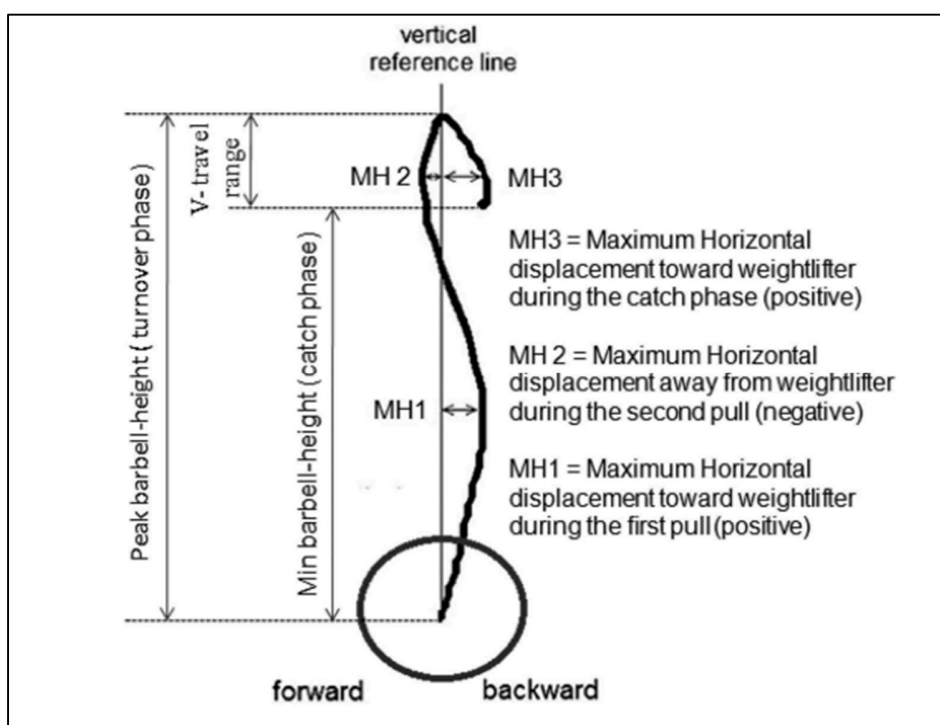
Εικόνα 4.6: Η γωνιακή μετατόπιση της άρθρωσης του γόνατος στο επολέ-ζετέ. Συγκεκριμένα απεικονίζονται οι φάσεις του ζετέ κατά σειρά. A: αρχική θέση, B: τέλος βύθισης, Γ: τέλος φάσης ώθησης, Δ: φάση υποστύλωσης στο έδαφος, E: ανάκτηση-όρθια θέση (Τροποποιημένη από Almasi, 2017).

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/343382198_Image_processing_application_for_measuring_the_Biomechanical_parameters_in_Clean_and_Jerk_style_of_weightlifting

Το ζετέ ολοκληρώνεται με την θέση ανάκτησης (recovery), στην οποία ο αθλητής στέκεται στην όρθια θέση με την μπάρα πάνω από κεφάλι του, ενώ τα πόδια του πρέπει να επανέλθουν σε πλάτος αντίστοιχο με το πλάτος των ώμων.

Κατά την κινηματική ανάλυση του επολέ – ζετέ, υπολογίζονται οι εξής παράμετροι που βοηθούν στην εμβιομηχανική μελέτη της άσκησης: η οριζόντια και η κάθετη ταχύτητα της μπάρας, η οριζόντια και κάθετη μετατόπισή της, χρησιμοποιώντας και στις δύο περιπτώσεις σαν δείκτες σημεία στο αριστερό και δεξί άκρο της, η δύναμη που ασκείται στη μπάρα, η ταχύτητά της και το κέντρο της βαρύτητας, μέσω ανάλυσης βίντεο σε πραγματικό χρόνο και το ύψος της μπάρας (Εικόνα 4.8) (Ammar et al., 2017).



Εικόνα 4.7: Η τροχιά της μπάρας κατά τον υπολογισμό των κινηματικών παραμέτρων στην κίνηση του επολέ. MH1: η μέγιστη οριζόντια μετατόπιση της μπάρας προς τον αθλητή κατά το πρώτο τράβηγμα, MH2: η μέγιστη κάθετη μετατόπιση της μπάρας μακριά από τον αθλητή κατά το δεύτερο τράβηγμα, MH3: η μέγιστη κάθετη μετατόπιση προς τον αθλητή κατά την φάση υποδοχής.

Πηγή:

https://www.researchgate.net/publication/319532473_Kinetic_and_kinematic_patterns_during_high_intensity_clean_movement_searching_for_optimal_load

4.3 Κινητική ανάλυση και τεχνική

Τα συμπεράσματα της κινητικής ανάλυσης και για τις δύο κινήσεις της OAB, δείχνουν ότι προκειμένου ο αθλητής να έχει τη σωστή τοποθέτηση του σώματός του στο τέλος κάθε φάσης τραβήγματος, το πρώτο τράβηγμα πρέπει να είναι τεχνικά σωστό, ώστε να μπορέσει να διατηρηθεί η βέλτιστη δυνατή κινητική αλυσίδα για να έχει απόδοση η συνολική κίνηση. Οι μεγαλύτερες δυνάμεις που παρατηρούνται στο σώμα του αθλητή αφορούν τη φόρτιση της σπονδυλικής στήλης και η ροπή στρέψης κατά την άρση, λόγω της γωνίας του κορμού, κυρίως επειδή οι μύες που περιβάλλουν τις συγκεκριμένες οστικές δομές δεν έχουν το απαραίτητο εύρος κίνησης για να παράγουν τις μεγάλες δυνάμεις που είναι απαραίτητες. Οι διατμητικές αυτές δυνάμεις, οι οποίες δημιουργούνται κατά κύριο λόγο στην οσφυϊκή μοίρα

της σπονδυλικής στήλης, συσχετίζονται με τη γωνία του κορμού, το βάρος του ανώτερου τμήματος του σώματος και το φορτίο της μπάρας (Kipp & Harris, 2014; Ross et al., 2017).

Η μελέτη των Ammar et al (2017), χρησιμοποίησε στο δείγμα της αθλητές που αγωνίζονται σε υψηλό επίπεδο και έχουν επιτύχει μεγάλες επιδόσεις. Στη μελέτη αυτή, έγινε μια προσπάθεια να διερευνηθούν παράμετροι οι οποίοι οδηγούν στην πραγματοποίηση αποτυχημένων άρσεων. Ωστόσο, δεν αναφέρονται στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με την τροχιά της μπάρας, ανάμεσα στις επιτυχημένες και τις αποτυχημένες προσπάθειες. Το ίδιο φαίνεται να ισχύει και για το μέγιστο ύψος και την οριζόντια μετατόπιση μακριά ή προς το σώμα του αθλητή, σε οποιαδήποτε φάση της άρσης (πρώτο τράβηγμα, φάση μετάβασης και δεύτερο τράβηγμα). Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές που αναφέρονται από τη συγκεκριμένη μελέτη, αφορούν την φάση του πρώτου τραβήγματος της μπάρας. Οι συσχετίσεις που αναφέρονται αφορούν την κατεύθυνση των δυνάμεων που ασκούνται από τον αθλητή προς τη μπάρα αλλά και την επιτάχυνση του διανύσματος από το κέντρο άσκησης δύναμης που βρίσκεται σε κάθε πόδι του αθλητή (Ammar et al., 2017).

Η έννοια του πρώτου και του δεύτερου τραβήγματος της μπάρας από τον αθλητή, δίνουν διαφορετική διάσταση στις κινήσεις της OAB. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο τράβηγμα είναι μια περισσότερο αργή κίνηση, η οποία παράγει και τις μεγαλύτερες συγκριτικά δυνάμεις στο σύνολο της άσκησης. Από την άλλη πλευρά, το δεύτερο τράβηγμα, έχει μεγαλύτερες ταχύτητες, και επομένως παράγει τη μεγαλύτερη ισχύ κατά την κίνηση (Garhammer, 1991; Gourgoulis et al., 2000). Αυτό δείχνει ότι η απόλυτη δύναμη είναι ένας από τους βασικότερους παράγοντες στην εκτέλεση μιας επιτυχημένης άρσης γενικότερα, αλλά και στην εκτέλεση της πρώτης άρσης στις πιο αποδοτικές θέσεις. Επιπλέον, στο δεύτερο τράβηγμα, ο βασικός παράγοντας που επηρεάζει την επιτυχία του είναι το μέγεθος της μηχανικής ισχύς (Ho et al., 2014; Ross et al., 2017).

Με τις πρόσφατες αλλαγές στους κανόνες της OAB, οι οποίες επιτρέπουν στον αθλητή να ακουμπήσει τη μπάρα στο σώμα του κατά την εκτέλεση της άρσης, οι αθλητές μπορούν να επιτύχουν την ελαχιστοποίηση της κίνησης των άνω άκρων, την ελαχιστοποίηση της απόστασης ανάμεσα στη μπάρα και το κέντρο μάζας του αθλητή, ενώ δίνεται και η δυνατότητα τοποθέτησης της μπάρας στη βέλτιστη θέση (σημείο παραγωγής μέγιστης ισχύος) (Kipp et al., 2012). Προκειμένου ο αθλητής να μπορέσει να ασκήσει τη μέγιστη δυνατή

δύναμη στη μπάρα, στο σημείο της τριπλής έκτασης, θα πρέπει να μπορεί να τοποθετήσει το σώμα του σε πολύ συγκεκριμένες θέσεις σε σχέση με τις γωνίες των αρθρώσεων των ισχίων, των γονάτων και των ΠΔΚ. Οι θέσεις αυτές, μεγιστοποιούν τη χρήση των αρθρώσεων των ισχίων, που έχουν τη μεγαλύτερη δυνατή μυϊκή υποστήριξη από όλες τις αρθρώσεις που χρησιμοποιούνται στις δύο κινήσεις της OAB (Ho et al., 2014; Ross et al., 2017).

Υπάρχουν δύο βασικές καμπύλες ταχύτητας, οι οποίες έχουν καταγραφεί κατά τη φάση τραβήγματος της μπάρας. Στους αθλητές που αγωνίζονται σε υψηλό επίπεδο, ανιχνεύεται μόνο μία μέγιστη ταχύτητα, ενώ στους ερασιτέχνες αθλητές υπολογίζονται δύο μέγιστες ταχύτητες. Οι δύο μέγιστες ταχύτητες υπολογίζονται πριν και μετά την επιβράδυνση της μπάρας, από την κάμψη του γόνατος προς την θέση μετάβασης. Η επιβράδυνση της μπάρας συμβαίνει ανεξάρτητα από το επίπεδο του αθλητή. Ωστόσο στους αθλητές υψηλών επιδόσεων, ανιχνεύεται μια σταθεροποίηση της ταχύτητας της μπάρας κατά την κάμψη των γονάτων, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα τον υπολογισμό μίας μόνο μεγαλύτερης σε χρόνο κορυφής και όχι σε δύο μικρότερων. Αυτή η μοναδική κορύφωση της ταχύτητας, συμβαίνει κυρίως λόγω του ρυθμού τραβήγματος της μπάρας και πιο συγκεκριμένα βασίζεται στο ότι το πρώτο τράβηγμα δεν μπορεί να είναι πολύ γρήγορο, επειδή η επιβράδυνση από τη φάση μετάβασης είναι σημαντικά μεγαλύτερη (Winwood et al., 2015; Lee et al., 2017).

Η μέγιστη δύναμη που ασκεί ο αθλητής στη μπάρα κατά το τράβηγμα συσχετίζεται άμεσα με το βάρος που μπορεί να σηκώσει επιτυχημένα. Πιο συγκεκριμένα, στους αγώνες, έχει παρατηρηθεί ότι τα μεγαλύτερα φορτία που προσπαθούν να σηκώσουν οι αθλητές, έχουν σαν αποτέλεσμα να παρατηρούνται μειώσεις στην μέγιστη ταχύτητα της μπάρας, καθώς επίσης και στην μέση ταχύτητα αυτής. Επακόλουθο είναι και η μείωση στην παραγόμενη ισχύ, αφού τα μεγαλύτερα φορτία, προκαλούν και αύξηση της διάρκειας της άρσης. Σε πρακτικό επίπεδο, κάποιος από τους σημαντικότερους παράγοντες σχετικά με την ένταση της προπόνησης των αθλητών, είναι οι συσχετίσεις ανάμεσα στην μετατόπιση της μπάρας και το χρόνο και ανάμεσα στην ταχύτητα της μπάρας και το χρόνο (Kipp et al., 2012; Lee et al., 2017; Ross et al., 2017).

Ακόμη και όταν η μπάρα φτάσει το επιθυμητό μέγιστο ύψος μετά το τράβηγμα, ο αθλητής διδάσκεται στην προπόνηση να ακολουθεί ενεργά και να τραβάει τη μπάρα προκειμένου να την ελέγχει ως προς το κέντρο μάζας του καθ' όλη τη διάρκεια της άρσης. Με τον τρόπο αυτό

μπορεί να διαμορφώσει την κατάλληλη θέση υποδοχής χωρίς να επιδρά, σε μεγάλο βαθμό, σε αυτήν τη διαμόρφωση, η βαρύτητα. Στη βιβλιογραφία της κινηματικής ανάλυσης των άρσεων της OAB, τονίζεται ότι είναι απαραίτητο ο αθλητής να τραβάει ενεργά τη μπάρα σε όλη τη διάρκεια της άσκησης με τα άνω άκρα, προκειμένου να διασφαλίσει ότι η μπάρα θα καταλήξει πάνω από το κέντρο μάζας του. Οι βασικοί νόμοι της φυσικής επιτάσσουν ότι η μάζα της μπάρας θα μετακινηθεί προς το κέντρο μάζας του σώματος που την υποστηρίζει, μέχρι ενός ενδιάμεσου σημείου στο οποίο μπορεί να υπάρχει υποστήριξη από τις σωματικές δομές που βρίσκονται μπροστά και πίσω από το κέντρο μάζας της μπάρας (Hancock et al., 2012).

Κεφάλαιο 5: Τραυματισμοί των κάτω άκρων στο άθλημα της OAB και φυσικοθεραπευτική παρέμβαση

Η άρση βαρών είναι ένα απαιτητικό άθλημα δύναμης με πολλούς κινδύνους τραυματισμού και η άσκησή του χωρίς την σωστή επίβλεψη ή με λάθος τεχνική μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρούς τραυματισμούς. Περίπου το 25-30% των αθλητών της OAB αναφέρουν έναν τραυματισμό αρκετά σοβαρό που χρήζει την ανάγκη ιατρικής περίθαλψης (Yu & Habib, 2005). Οι τραυματισμοί που σχετίζονται με την άρση βαρών μπορούν να επηρεάσουν οποιονδήποτε ιστό. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες επικινδυνότητας που μπορούν να οδηγήσουν σε τραυματισμό. Οι κυριότεροι απ' αυτούς είναι:

- ανεπαρκής προετοιμασία
- κακή τεχνική
- έλλειψη δύναμης ή αντοχής
- ανεπαρκής προθέρμανση και διατάσεις
- ανωριμότητα των σκελετικών δομών
- υπερεκτίμηση των δυνατοτήτων του κάθε αθλητή
- λανθασμένη επιλογή αντίστασης
- απώλεια ισορροπίας
- κόπωση
- λανθασμένη επιλογή εξοπλισμού (π.χ. τα παπούτσια)

- χρήση στεροειδών (Reeves et al., 1998; Yu & Habib 2005)

Η παρούσα διατριβή εστιάζει στον εντοπισμό των πιο συχνά εμφανιζόμενων τραυματισμών που προκύπτουν στα κάτω άκρα των αθλητών της ΟΑΒ. Παράλληλα παρατίθενται στοιχεία φυσικοθεραπευτικής παρέμβασης.

5.1 Μυϊκές Θλάσεις

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα μιας μυϊκής θλάσης είναι ο πόνος, η ευαισθησία της μυοτενόντιας συμβολής, το περιορισμένο εύρος κίνησης και η σχετικά διατηρημένη δύναμη. Οι μυϊκές θλάσεις βαθμού 1 και βαθμού 2 είναι αρκετά επώδυνες και διακρίνονται από την απουσία (βαθμός 1) ή την παρουσία (βαθμός 2) αδυναμίας. Η θλάση βαθμού 3, σημαίνει ουσιαστικά μυϊκή ρήξη και είναι αρκετά σοβαρή. Χαρακτηρίζεται από σημαντική αδυναμία και πιθανόν ένα ψηλαφητό μυϊκό ελάττωμα στη μυοτενόντια συμβολή (Reeves et al., 1998). Στις περισσότερες περιπτώσεις, η θεραπεία, για μυϊκή θλάση βαθμού 3, είναι χειρουργική επέμβαση, εκτός και αν ο αθλητής δεν σκοπεύει να επιστρέψει στο άθλημά του. Παράγοντες κινδύνου για την πρόκληση μυϊκής θλάσης στους αθλητές της άρσης βαρών, είναι αυτοί που αναφέρονται στην αρχή του κεφαλαίου καθώς, επίσης, και η χρήση στεροειδών (Reeves et al., 1998; Yu & Habib, 2005).

Η πιο συχνή θλάση στο άθλημα της άρσης βαρών είναι η θλάση του τετρακεφάλου. Σύμφωνα με τους Yu & Habib (2005), οι διάρθριοι μύες, όπως είναι ο τετρακέφαλος, διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης θλάσης, διότι η κύρια λειτουργία τους είναι η έκκεντρη σύσπαση. Επίσης, βασική αιτία της θλάσης είναι όταν η τάση που εφαρμόζεται στον τετρακέφαλο υπερβαίνει την ισχύ του. Επομένως, εάν ένας αθλητής της ΟΑΒ, κατά το βαθύ κάθισμα, υιοθετήσει μια λάθος τεχνική κατά την οποία υπερβαίνει τις ενδεικτικές μοίρες κάμψης του γόνατος, εφαρμόζει μεγαλύτερη τάση στον τετρακέφαλο και σε συνδυασμό με τα μεγάλα φορτία που σηκώνει, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να προκληθεί θλάση (Yu & Habib, 2005). Παράλληλα, παράγοντες που μπορούν να συμβάλλουν αρνητικά σε αυτό, είναι η ανεπαρκής ελαστικότητα του μυός, ένα κακό πρόγραμμα προθέρμανσης, η έλλειψη διατάσεων, η ύπαρξη προηγούμενων τραυματισμών (π.χ. τενοντοπάθεια τετρακεφάλου) και η κόπωση, καθώς οι καταπονημένοι μύες απορροφούν λιγότερη ενέργεια και είναι πιο πιθανό να τραυματιστούν (Kulund et al., 1978; Yu & Habib, 2005). Στην αποκατάσταση, οι

φυσικοθεραπευτικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται, εστιάζουν στην εφαρμογή Κ.Α.Π.Α και στην άμεση κινητοποίηση του σκέλους στα άνετα όρια για 48 ώρες μετά την κάκωση. Παράλληλα, συστήνεται η επιφανειακή μάλαξη, ενώ οι ισομετρικές ασκήσεις βοηθούν στην ευθυγράμμιση, επανασυγκόλληση των μυϊκών ινών, στην ενδυνάμωση και στην μυϊκή αντλία (Reeves et al., 1998; Φουσέκης, 2014).

Συχνά εμφανιζόμενη στους αθλητές της ΟΑΒ, είναι και η θλάση οπίσθιων μηριαίων η οποία προκαλείται συνήθως από εφελκυστικά φορτία υψηλής έντασης ή από υπερδιάταση των μυών. Σύμφωνα με τους Yu & Habib (2005), η κύρια λειτουργία των οπίσθιων μηριαίων είναι η έκκεντρη σύσπαση. Στους αθλητές της ΟΑΒ, στη φάση ώθησης και στη φάση τριπλής έκτασης στο αρασέ και το επολέ, μια απότομη έκταση του γόνατος και του ισχίου που ξεπερνάει τα ασφαλή όρια της έκτασης, μπορεί να προκαλέσει τη ρήξη των μυών (Yu & Habib, 2005). Ακόμα, παράγοντες πρόκλησης μπορεί να είναι η κόπωση, η μυοδυναμική ανισορροπία μεταξύ των καμπτηρών – εκτεινόντων και μυοδυναμικές ασυμμετρίες ή προηγούμενοι τραυματισμοί των οπίσθιων μηριαίων (Yu & Habib, 2005). Τα προγράμματα αποκατάστασης προσαρμόζονται ανάλογα με τον βαθμό της θλάσης. Συνιστάται η εφαρμογή Κ.Α.Π.Α και η προσέγγιση συνήθως είναι επιθετική, με αθλητική μάλαξη, πρόωμη κινητοποίηση των τραυματισμένων μυών και προοδευτική λειτουργική φόρτιση με έκκεντρες ασκήσεις, ασκήσεις δυναμικής σταθεροποίησης κορμού – λεκάνης και βαλλιστικές – δυναμικές διατάσεις (Kulund et al., 1978; Garrett, 1996; Fousekis et al., 2010).

Επιπρόσθετα, η θλάση του γαστροκνήμιου, έχει μικρότερη συχνότητα εμφάνισης στους αθλητές της ΟΑΒ και συμβαίνει από εφελκυστικά φορτία και υπερδιάταση. Ενδογενείς παράγοντες ακόμη μπορούν να είναι ασυμμετρίες δύναμης, ελαστικότητας και ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών. Εξωγενείς μπορούν να είναι η ανεπαρκής προθέρμανση και ο ακατάλληλος αγωνιστικός χώρος. Στην αποκατάσταση ακολουθείται η ίδια λογική με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως (Orchard et al., 2002).

5.2 Τραυματισμοί συνδέσμων, τενόντων και χόνδρινων επιφανειών

Στην κατηγορία αυτή συναντάμε τις ρήξεις που αναφέρονται κυρίως σε δομές του γόνατος και της κνήμης, όπως συνδέσμους, τένοντες και μηνίσκους. Οι πιο συχνά εμφανιζόμενες ρήξεις στους αθλητές της ΟΑΒ, είναι: η ρήξη μηνίσκου, η ρήξη πρόσθιου και οπίσθιου χιαστού, η

ρήξη έσω και έξω πλάγιου συνδέσμου και η ρήξη επιγονατιδικού τένοντα (Zatsiorsky et al., 2006).

Η ρήξη μηνίσκου συμβαίνει αν υπάρξουν στροφικές δυνάμεις στο γόνατο που είναι σε κάμψη, όταν εφαρμόζονται μεγάλα φορτία (Φουσέκης, 2014). Στην ΟΑΒ οι ρήξεις μηνίσκου συμβαίνουν συνήθως κατά τη φάση υποδοχής στο επολέ. Σε εκείνη τη φάση ο αθλητής για να μπορέσει να υποδεχτεί τη μπάρα σωστά, εφαρμόζει μια μικρή απαγωγή στα γόνατα ενώ βρίσκεται σε βαθύ κάθισμα. Πολλοί αθλητές, κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης και λόγω των μεγαλύτερων φορτίων, που τους επιτρέπει η τεχνική του επολέ, για να μπορέσουν να υποδεχτούν τη μπάρα χωρίς να χάσουν την ισορροπία τους, φέρνουν τα γόνατα σε προσαγωγή. Η λάθος αυτή τεχνική, σε συνδυασμό με τα συμπιεστικά φορτία που εφαρμόζονται στο γόνατο, οδηγούν πολλές φορές σε μερική ή ολική ρήξη του μηνίσκου (Zatsiorsky et al., 2006). Κατά την αποκατάσταση πρέπει να προσεχθεί η υπερβολική κάμψη γιατί αυξάνει τα συμπιεστικά φορτία, όπως και τα φορτία ραιβότητας και βλαισότητας που επιδρούν στον έσω και έξω μηνίσκο αντίστοιχα. Επομένως, στην αποκατάσταση από μερική μηνισκεκτομή οι στόχοι είναι ο πρώιμος έλεγχος του πόνου και του οιδήματος, η διατήρηση του εύρους κίνησης, η άμεση φόρτιση και η ενδυνάμωση του τετρακέφαλου (Brotzman, 2015).

Η ρήξη του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου συμβαίνει, συνήθως, ύστερα είτε από έξω στροφή κνήμης σε συνδυασμό με βλαισό γόνατο με ελαφριά κάμψη, είτε έσω στροφή κνήμης με ραιβό γόνατο σε ελαφριά κάμψη, είτε σε υπερέκταση γόνατος (Butler et al., 1980; Φουσέκης, 2014). Στην ΟΑΒ η ρήξη πρόσθιου χιαστού είναι σπάνια και συνοδεύεται από άλλους τραυματισμούς των δομών του γόνατος, όπως η ρήξη έσω – έξω πλάγιου συνδέσμου και μηνίσκου. Η πιο επικίνδυνη φάση, είναι κατά το ζετέ και συγκεκριμένα στο split, όπου ο αθλητής πραγματοποιεί ένα μικρό άλμα προκειμένου να σηκώσει τη μπάρα και να την υποδεχτεί πάνω από το κεφάλι. Οι αθλητές πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί κατά την προσγείωση, καθώς η προσγείωση, στο πίσω πόδι κυρίως, με συνδυασμό στροφικών δυνάμεων μπορεί να οδηγήσει σε τραυματισμό του πρόσθιου χιαστού. Παράγοντες κινδύνου είναι, επίσης, η απώλεια ισορροπίας στη φάση αυτή, η κόπωση και η υιοθέτηση μιας λάθους τεχνικής η οποία μπορεί να συνεπάγεται με ένα μεγάλο άνοιγμα των ποδιών κατά την προβολή (Zatsiorsky et al., 2006). Πρωταρχικό ρόλο στην αποκατάσταση έχει η ανάκτηση του

εύρους της έκτασης του γόνατος, οπότε χρειάζεται πρώιμη κινητοποίηση. Ακόμη σε ένα πρόγραμμα περιλαμβάνεται η παγοθεραπεία, οι ενεργητικές ασκήσεις ενδυνάμωσης, οι ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας, ισορροπίας και δυναμικής σταθεροποίησης. Ενώ στο τελευταίο στάδιο εφαρμόζονται λειτουργικές δοκιμασίες, προσαρμοσμένες πάνω στο άθλημα και εργαστηριακές αξιολογήσεις (Beynnon et al., 2005).

Επίσης, άλλες κακώσεις συνδέσμων που παρατηρούνται στο άθλημα της OAB, είναι η ρήξη έσω – έξω πλάγιου συνδέσμου. Οι ρήξεις αυτές προέρχονται από συνθήκες στο γόνατο που εμπεριέχουν υπερβολική βλαισότητα και ραιβότητα αντίστοιχα και κινήσεις με απότομες αλλαγές κατεύθυνσης και στροφές (Indelicato, 1995; Φουσέκης, 2014). Όπως, η ρήξη πρόσθιου χιαστού, έτσι και η ρήξη έσω – έξω πλάγιου, συνήθως συνοδεύεται από κακώσεις των υπόλοιπων δομών του γόνατος. Ο τραυματισμός τους προκαλείται με βάση όσα αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Η αποκατάσταση αρχίζει με Κ.Α.Π.Α, χρήση νάρθηκα, που περιορίζει την ραιβότητα και βλαισότητα και ισομετρικές ασκήσεις τετρακέφαλου. Σε επόμενα στάδια χρησιμοποιούνται προοδευτικές ασκήσεις ενδυνάμωσης και νευρομυϊκού ελέγχου. Στη συνέχεια, ακολουθούν λειτουργικές ασκήσεις, ενώ, τέλος, χρησιμοποιούνται προγράμματα πλειομετρικής προπόνησης και ασκήσεις αλλαγών κατεύθυνσης με προοδευτική φόρτιση (Edson, 2006; Giannotti et al., 2006).

Η ρήξη επιγονατιδικού τένοντα, μπορεί να συμβεί από μια αιφνίδια φόρτιση που αντιτίθεται στον τετρακέφαλο μυ σε μια ενεργητική σύσπαση ή αντίθετα μια ισχυρή σύσπαση απέναντι σε μια σταθερή δύναμη, μπορεί να προκαλέσουν την αποτυχία του τένοντα (Brotzman, 2015). Στην OAB, περιστατικά ρήξης του επιγονατιδικού τένοντα, παρατηρούνται συνήθως στη φάση που ο αθλητής εκτελεί βαθύ κάθισμα, προκειμένου να υποδεχτεί τη μπάρα και να την «κλειδώσει» πάνω από το κεφάλι (Grenier & Guimont, 1983; Mayers et al., 2001). Ένα λάθος στην τεχνική, όπως το κάθισμα σε γωνίες κάμψης του γόνατος πολύ μικρότερες από τις προσδοκώμενες ή η έλλειψη ισορροπίας, σε συνδυασμό με την άρση του φορτίου μπορούν να δημιουργήσουν μεγάλες δυνάμεις στον τένοντα προκαλώντας τη ρήξη του (Chen et al., 2008). Ωστόσο, σύμφωνα με τους Chen et al (2008), η κύρια αιτία ρήξης του επιγονατιδικού τένοντα, στους αθλητές της OAB, είναι η υπερβολική και επαναλαμβανόμενη σύσπαση του τετρακεφάλου, σε μικρές γωνίες κάμψης του γόνατος, καθώς προκαλούνται μικροσκοπικές ρήξεις. Λόγω της συνεχούς, αυτής, πίεσης και φόρτισης, καταστέλλεται η διαδικασία

επούλωσης και προκαλείται στην περιοχή φλεγμονή, πόνος και δυσλειτουργία (Chen et al., 2008). Η πρόωμη κινητοποίηση και η βαθμιαία εφαρμογή δύναμης είναι σημαντική και προοδεύουν μέχρι την επαναφορά της φυσιολογικής κίνησης και δύναμης του τετρακέφαλου. Το πρόγραμμα ακόμη πρέπει να περιλαμβάνει λειτουργικές δραστηριότητες αποκατάστασης και ολοκληρώνεται με την επιτυχή λειτουργική εκτίμηση και αποκατάσταση της δύναμης στο 85% με 90% σε σχέση με την αντίθετη πλευρά στο ισοκινητικό δυναμόμετρο (Brotzman, 2015).

5.3 Διάστρεμμα ποδοκνημικής

Η ΠΔΚ άρθρωση είναι μία από τις αρθρώσεις που μπορεί να έχει αυξημένη συχνότητα τραυματισμού στον αθλητισμό, συμπεριλαμβανομένου του αθλήματος της ΟΑΒ. Το 85% των τραυματισμών της ΠΔΚ άρθρωσης αφορούν τα διαστρέμματα ανάστροφου τύπου στους πλάγιους συνδέσμους. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι η ανεπαρκής αποκατάσταση του συγκεκριμένου τραυματισμού αυξάνει σημαντικά τις πιθανότητες επανεμφάνισής του. Σαν παράγοντες επικινδυνότητας που σχετίζονται με την ΟΑΒ, στις σχετικές μελέτες αναφέρονται οι προηγούμενοι τραυματισμοί στην άρθρωση, οι αυξημένες πιέσεις που δέχεται λόγω των υψηλών φορτίων αλλά και η ακαταλληλότητα του παπουτσιού πολλών αθλητών. Στους εσωτερικούς παράγοντες επικινδυνότητας συγκαταλέγονται η ηλικία, το φύλλο, η κυριαρχία του ενός εκ των δύο κάτω άκρων και η ανατομία του ποδιού. Ο μηχανισμός εκδήλωσης του τραυματισμού έχει τη βάση του στην γρήγορη μετακίνηση του κέντρου μάζας του αθλητή κατά την προσγείωση. Η ΠΔΚ σε βαριά φορτία έχει την τάση να περιστρέφεται προς τα έξω προκαλώντας τη ρήξη των πλαγίων συνδέσμων (Jones & Amendola, 2006).

Η φυσικοθεραπευτική αποκατάσταση του διαστρέμματος ΠΔΚ, διαχωρίζεται ανάλογα με τη φάση του τραυματισμού. Στην οξεία φάση ο κύριος στόχος είναι η μείωση του οιδήματος και του πόνου, η βελτίωση της κυκλοφορίας του αίματος στο σημείο και η εν μέρει υποστήριξη του ποδιού. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται με μεγάλα ποσοστά επιτυχίας είναι η κινησιοθεραπεία και οι ενεργητικές κινήσεις, ώστε να βελτιωθεί η κυκλοφορία του αίματος στο σημείο. Στην παραγωγική φάση του τραυματισμού (4-10 ημέρες), ο στόχος είναι η ανάκτηση της λειτουργίας της άρθρωσης, η ανάκτηση της σταθερότητας κατά τη βάδιση και ο κινητικός συντονισμός. Στη φάση αυτή χρησιμοποιούνται φυσικοθεραπευτικές παρεμβάσεις, όπως είναι, η τοποθέτηση νάρθηκα και η κινησιολογική ταινία (Bleakley et al., 2019).

5.4 Σύνδρομο Υπέρχρησης

Η πλειοψηφία των τραυματισμών στην άρση βαρών, σε ποσοστό 61%, αφορά τραυματισμούς από υπέρχρηση και καταπόνηση του μυοσκελετικού συστήματος των αθλητών, λόγω του υψηλού βαθμού επαναληψιμότητας που παρατηρείται στις ασκήσεις της OAB (Willick et al., 2016). Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τραυματισμούς που προκύπτουν από υπερπροπόνηση και από λάθος τεχνική. Τα πιο συχνά σύνδρομα που παρατηρούνται είναι:

5.4.1 Σύνδρομο επιγονατιδομηριαίου πόνου (patellofemoral pain syndrome)

Το σύνδρομο επιγονατιδομηριαίου πόνου εμφανίζεται μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα και τα συμπτώματά του έχουν μεγάλη διάρκεια, ενώ είναι ένας από τους τραυματισμούς με τη μεγαλύτερη συχνότητα στους αθλητές OAB. Προκαλείται από τις κινήσεις που εκτελούνται από τον αθλητή κατά την εκτέλεση των άρσεων, αφού τόσο το αρασέ, όσο και το επολέ-ζετέ συμπεριλαμβάνουν κινήσεις πιέσεων που επιβαρύνουν σημαντικά την άρθρωση του γόνατος. Η επιγονατίδα είναι μια μικρή, επίπεδη οστική δομή που βρίσκεται ενσωματωμένη στον εμπρόσθιο τένοντα της άρθρωσης. Η επιγονατίδα μπορεί να ολισθήσει κατά μήκος ενός βοθρίου στην πρόσθια επιφάνεια του μηριαίου οστού, ενώ έχει και προστατευτικό ρόλο για την άρθρωση από κακώσεις από μηχανικά αίτια. Η επιγονατίδα μπορεί να τραυματιστεί κατά την άσκηση μεγάλης πίεσης στην άρθρωση, ενώ οι πιθανότητες τραυματισμού της αυξάνονται στην OAB από εκτέλεση των κινήσεων με κακή τεχνική. Η εκδήλωση του τραυματισμού στην αρχική του μορφή είναι μικρά επίπεδα πόνου κατά την κίνηση, ενώ μπορεί να εξελιχτεί σε σημαντικό εμπόδιο για την άθληση ή σε πιο σοβαρές περιπτώσεις και για την καθημερινότητα. Παράγοντες επικινδυνότητας που έχουν αναγνωριστεί στους αθλητές της OAB, ως προς την εκδήλωση του συγκεκριμένου τραυματισμού, είναι η αδυναμία στον τετρακέφαλο μηριαίο μυ αλλά και η αστάθεια στους καμπήρες μύες του ισχίου (Schilling et al., 2016; Zavala et al., 2021).

Σχετικά με τη φυσικοθεραπευτική αντιμετώπιση του συνδρόμου, αυτή γίνεται με τους εξής τρόπους:

- Κινησιοθεραπεία

- εναλλαγή θεραπευτικού πρωτοκόλλου με ασκήσεις κλειστής και ανοικτής κινητικής αλυσίδας
- ενδυνάμωση του τετρακεφάλου μυ
- ορθωτικά μέσα
- ενδυνάμωση των εγγύς μυϊκών δομών
- εκπαίδευση του αθλητή στην αποφυγή τραυματισμών μέσω βελτίωσης της τεχνικής του και διαφοροποίησης του προπονητικού πρωτοκόλλου εκγύμνασης

Σημαντικός παράγοντας κατά την αποκατάσταση του συνδρόμου επιγονατιδομηριαίου πόνου είναι η εκτέλεση ασκήσεων που δεν αυξάνουν τα επίπεδα πόνου του ασθενή, (π.χ. ισομετρικές ασκήσεις). Επιπλέον, αντίστοιχης σημασίας αποτελεί και η ενδυνάμωση του τετρακεφάλου που εμπλέκεται στην κίνηση της επιγονατίδας και δρα υποστηρικτικά. Ένα θεραπευτικό μέσο το οποίο χρησιμοποιείται για τους παραπάνω σκοπούς, εκτός από την κινησιοθεραπεία και τη θεραπευτική άσκηση είναι η ηλεκτροθεραπεία (Moyano et al., 2013; Papadopoulos et al., 2012).

5.4.2 Κατάγματα καταπόνησης

Τα κατάγματα καταπόνησης αντιπροσωπεύουν μια κατηγορία αθλητικών τραυματισμών που προκαλούνται από υπέρχρηση των οστικών δομών κατά την επαναλαμβανόμενη εκτέλεση κινήσεων υψηλού βαθμού καταπόνησης (υπομέγιστα διατμητικά φορτία) (Φουσέκης, 2014). Η ΟΑΒ είναι ένα άθλημα στο οποίο οι αθλητές εκτελούν κινήσεις με αυτά τα χαρακτηριστικά, ενώ η συχνότητα εμφάνισης του τραυματισμού συσχετίζεται με την αύξηση του φορτίου και την αύξηση της έντασης της προπόνησης. Εμφανίζονται, επίσης, σε μεγαλύτερο ποσοστό στα κάτω άκρα και η κλινική τους εικόνα είναι αυτή ενός ατραυματικού, τμηματικού ή ατελούς κατάγματος. Επιπρόσθετα, εμφανίζονται σε μεγαλύτερα ποσοστά στην κνήμη, την περόνη και στα μετατόρσια. Στους παράγοντες επικινδυνότητας που σχετίζονται με την ΟΑΒ συγκαταλέγονται η οστική πυκνότητα του αθλητή, το φύλλο, το ιστορικό προηγούμενων τραυματισμών και η κατάσταση των ορμονών του αθλητή (μεγαλύτερα ποσοστά σε αθλητές κάτω των 15 ετών) (Godoy et al., 2019).

Η βέλτιστη φυσικοθεραπευτική αποκατάσταση, εξαρτάται από την εξατομίκευση του θεραπευτικού προγράμματος ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε αθλητή, ωστόσο σε όλες τις περιπτώσεις περιέχει μια αρχική περίοδο αποχής, ώστε να επουλωθεί το τραύμα στο οστό. Στα αρχικά στάδια οι φυσικοθεραπευτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται έχουν σαν σκοπό την αναλγησία, την τροποποίηση της φόρτισης του μυοσκελετικού συστήματος και την τροποποίηση της αθλητικής δραστηριότητας. Παραδείγματα τροποποίησης αθλητικών δραστηριοτήτων που βοηθάνε τον αθλητή της ΟΑΒ να διατηρήσει τη φυσική του κατάσταση είναι τα σπορ σε πισίνα και τα ελλειπτικά μηχανήματα (Godoy et al., 2019; May et al., 2021).

Τα περισσότερα κατάγματα καταπόνησης στην ΟΑΒ εντοπίζονται στην κνήμη και η θεραπευτική τους αποκατάσταση είναι συντηρητική και πραγματοποιείται μέσω περιορισμού των δραστηριοτήτων του αθλητή και προσαρμογή του φορτίου που δέχεται το οστό (May et al., 2021).

5.4.3 Τενοντοπάθειες

Η τενοντοπάθεια περιλαμβάνει τα προβλήματα που προκαλούνται λόγω μηχανικής αιτιολογίας, εκφύλισης ή υπέρχρησης. Οι τενόντιες κακώσεις οδηγούν σε σημαντικά προβλήματα λειτουργικότητας και μακρόχρονη αποχή από τους αγωνιστικούς χώρους.

Στην ΟΑΒ συχνά παρατηρείται τενοντοπάθεια οπίσθιων μηριαίων μυών. Τα συμπτώματα περιλαμβάνουν ευαισθησία και πόνο, ο οποίος επιτείνεται σημαντικά με την άσκηση. Η φλεγμονή προκύπτει εξαιτίας της τενόντιας υπέρχρησης και της βίαιης διάτασης ή σύσπασης των οπίσθιων μηριαίων σε συνδυασμό με την καταπόνηση από την άρση μεγάλων φορτίων. Στην αποκατάσταση, αρχικά, στόχος είναι η μείωση του πόνου αλλά και η αποφυγή των φορτίσεων που τον προκαλούν με την εφαρμογή κυρίως κρυοθεραπείας. Εφόσον υποχωρήσει ο πόνος τότε πραγματοποιούνται τεχνικές επιθετικής διάτασης του τένοντα σε συνδυασμό με κρυοθεραπεία, προοδευτική ενδυνάμωση και ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας της άρθρωσης. Επιπρόσθετα, σε μια θεραπεία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για καλύτερη επούλωση ο θεραπευτικός υπέρηχος και το TENS (Φουσέκης, 2014).

Η τενοντοπάθεια του τετρακεφάλου και του επιγονατιδικού τένοντα είναι μια κοινή διαταραχή στους αθλητές της ΟΑΒ. Μπορεί να οφείλεται είτε σε ενδογενείς παράγοντες όπως

οι εμβιομηχανικές και ανατομικές ασυμμετρίες καθώς και ασυμμετρίες δύναμης και ελαστικότητας, είτε σε εξωγενείς παράγοντες, όπως η υπερβολική φόρτιση των τενόντων των εκτεινόντων του γόνατος στις επαναλαμβανόμενες εκρηκτικές έκκεντρες άρσεις. Τα βαθιά καθίσματα που εκτελούνται στην ΟΑΒ με τη μέγιστη αντίσταση, ασκούν μεγάλη επιβάρυνση στο γόνατο ιδιαίτερα όταν η κάμψη υπερβαίνει τις 90° (Yu & Habib, 2005). Η αποκατάσταση βασίζεται στην επιθετική αλλά ελεγχόμενη φόρτιση του τένοντα με δύο κυρίως μέσα, την εγκάρσια μάλαξη, με ειδικό εξοπλισμό, και την έκκεντρη άσκηση – φόρτιση του τένοντα. Τα φυσικά μέσα μπορούν να χρησιμοποιηθούν επικουρικά (Φουσέκης, 2014).

Μια ακόμη πάθηση που εμφανίζεται στους αθλητές της ΟΑΒ είναι η τενοντοπάθεια του αχίλλειου τένοντα. Όπως και στις προηγούμενες δύο περιπτώσεις, η υπέρχρηση και η επαναλαμβανόμενη φόρτιση του τένοντα με υψηλά φορτία, στο άθλημα της ΟΑΒ, προκαλεί φλεγμονή του τένοντα. Στους ενδογενείς παράγοντες τραυματισμού ανήκουν:

- η υπερβολική φόρτιση του τένοντα κατά την πλειομετρική φάση της άρσης
- η εφαρμογή υψηλών διατμητικών φορτίων στον τένοντα
- οι επαναλαμβανόμενες φορτίσεις που οδηγούν σε μικρο-ρήξεις όταν δεν υπάρχει ο σωστός χρόνος ανάπαυσης
- ο υπερβολικός πρητισμός της ποδοκνημικής άρθρωσης
- τα ελλείματα ελαστικότητας και δύναμης του γαστροκνήμιου και του υποκνημίδιου
- η κοιλοποδία και το υπερβολικό βάρος αναχαιτούν την ικανότητα απόσβεσης φορτίων (Clement et al., 1984; Almekinders & Temple, 1998; Φουσέκης, 2014)

Στους εξωγενείς παράγοντες ανήκουν:

- τα προπονητικά σφάλματα

Στην αποκατάσταση περιλαμβάνονται τεχνικές κινητοποίησης του τένοντα με τη χρήση εργαλείων και διατάσεις σε συνδυασμό με κρυοθεραπεία. Επίσης, συνιστανται ασκήσεις ενδυνάμωσης του γαστροκνήμιου και του υποκνημίδιου χωρίς όμως την ύπαρξη πόνου. Στο

τελευταίο στάδιο πραγματοποιούνται ασκήσεις δυναμικής σταθεροποίησης και νευρομυϊκής συναρμογής (McLauchlan & Handoll, 2001; Φουσέκης, 2014).

5.4.4 Οστεοαρθρίτιδα (ΟΑ) γόνατος

Σε έρευνα των Kujala et al (1995), που αφορούσε τον επιπολασμό της ΟΑ γόνατος, και περιλάμβανε πρώην δρομείς, ποδοσφαιριστές, αθλητές της ΟΑΒ και της σκοποβολής, βρέθηκε ότι η εμφάνιση της ΟΑ στην επιγονατιδομηριαία ή κνημομηριαία άρθρωση, στους πρώην αθλητές της ΟΑΒ ήταν μεγαλύτερη (31%) σε σχέση με την εμφάνισή της σε δρομείς (14%) αλλά και ποδοσφαιριστές (28%) (Kujala et al., 1995). Οι Reeves et al (1998), αποδίδουν το φαινόμενο αυτό στην καταπόνηση που δέχονται τα γόνατα των αθλητών της ΟΑΒ, καθώς κατά τη διάρκεια του αρασέ και του επολέ, τα γόνατα του αθλητή, που εκτελεί ένα βαθύ κάθισμα, εκτίθενται σε μεγάλα φορτία με τη γωνία κάμψης να ξεπερνάει τις 90°. Η υιοθέτηση, από τον αθλητή, μιας λάθος τεχνικής κατά την οποία θα χρησιμοποιεί πολύ μεγαλύτερη κάμψη στα γόνατα κατά την εκτέλεση μιας άρσης, αποτελεί έναν ακόμα παράγοντα κινδύνου, καθώς με αυτόν τον τρόπο οι επαναλαμβανόμενες διατμητικές δυνάμεις ασκούν σημαντικά φορτία και φθείρουν το λεπτότερο τμήμα του αρθρικού μηριαίου χόνδρου (Reeves et al., 1998; Raske & Norlin, 2002).

Η θεραπεία μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση θερμού και ψυχρού, ενδυνάμωση μυϊκών ομάδων του κάτω άκρου, ορθωτικά μέσα για την αποφόρτιση της εμπλεκόμενης άρθρωσης και τροποποίηση των δραστηριοτήτων με έμφαση στην αερόβια άσκηση χαμηλής έντασης (Reeves et al., 1998).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της συστηματικής ανασκόπησης, προκύπτει ότι από τις επί μέρους φάσεις και των δύο κινήσεων της ΟΑΒ, διαφορά του φορτίου αποτυπώνεται στην χρονική διάρκεια των άρσεων, αφού στα μεγαλύτερα φορτία, παρατηρείται αύξηση της διάρκειας των άρσεων. Η διαφορά στο φορτίο, επηρεάζει επίσης και τα ενεργειακά χαρακτηριστικά, και πιο συγκεκριμένα, στις μέγιστες άρσεις το έργο είναι μεγαλύτερο κατά τη διάρκεια της ανύψωσης της μπάρας. Αρκετά σημαντικό ρόλο στην μεταφορά ενέργειας από τον αθλητή στη μπάρα παίζουν και τα άνω άκρα. Κατά το πρώτο τράβηγμα, οι αθλητές πρέπει να παράγουν τόσο έργο ώστε να μπορέσουν να ξεπεράσουν την αδράνεια της μπάρας, ενώ στο δεύτερο τράβηγμα, η παραγωγή έργου πρέπει να γίνει σε μικρότερο χρονικό διάστημα, αφού η φάση αυτή έχει γενικότερα μικρότερη χρονική διάρκεια. Κρίσιμο σημείο της τεχνικής αποτελεί και η φάση μετάβασης αφού ο αθλητής πρέπει να καταλάβει την ιδανική θέση, προκειμένου να εκτελέσει επιτυχημένα το δεύτερο τράβηγμα και το κέντρο βάρους της μπάρας να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο κέντρο μάζας του αθλητή.

Σε σχέση με τις μετατοπίσεις της μπάρας, αυτές είναι μεγαλύτερες κατά το βαθύ κάθισμα και εξαρτώνται επίσης από το μέγεθος του φορτίου. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια επιτυχημένη άρση, και να αποφευχθεί η απώλεια ενέργειας κατά την οριζόντια μετατόπιση της μπάρας, πρέπει να ελαχιστοποιηθεί η προσθιοπίσθια μετατόπισή της. Αξίζει επίσης ειδικής αναφοράς το γεγονός ότι η ομαλή διαδοχικότητα στην αλυσίδα κίνησης της μπάρας, δεν μπορεί να εξασφαλιστεί πλήρως, αφού στα σημεία καμπής της κίνησης εμφανίζεται ετερογένεια στις κινήσεις. Σαν σημεία καμπής, θεωρούνται οι μεταβατικές φάσεις όπου οι μύες των κάτω άκρων περνούν στη φάση σύσπασης (από σύγκεντρη σε έκκεντρη σύσπαση).

Στην κατακόρυφη γραμμική μετατόπιση της μπάρας, υπάρχει αντιστρόφως ανάλογη συσχέτιση των φορτίων και της ταχύτητας. Η κατακόρυφη ταχύτητα της μπάρας αυξάνεται συνεχώς κατά το πρώτο τράβηγμα, ενώ λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της κατά το δεύτερο τράβηγμα. Σε σχέση με τα ανατομικά στοιχεία, αυτό συμβαίνει κατά τη μεγιστοποίηση της έκτασης της άρθρωσης του ισχίου, της ΠΔΚ και της άρθρωσης του γόνατος.

Αναφορικά με την επιτάχυνση της μπάρας, η μοναδική διαφορά που υπάρχει μεταξύ της διαφορετικότητας σε σχέση με τα φορτία, επικεντρώνεται στην μικρότερη επιτάχυνση της

μπάρας κατά την φάση του πρώτου τραβήγματος. Επίσης, έχει διαπιστωθεί ότι για τη βέλτιστη επιτάχυνση της μπάρας κατά το δεύτερο τράβηγμα, απαιτείται η έκταση της ΠΔΚ άρθρωσης. Ακόμα, στις μελέτες συνίσταται η ενεργοποίηση των χεριών και η ακολούθηση της τροχιάς της μπάρας και μετά την ολοκλήρωση της φάσης του δεύτερου τραβήγματος, αφού το σύστημα μπάρας – αθλητή θεωρείται κλειστό σύστημα και επομένως υπάρχει αλληλεπίδραση ανάμεσα στην κινητική κατάσταση τους. Επιπλέον, όσο μεγαλύτερη είναι η ενεργοποίηση των χεριών μετά από το δεύτερο τράβηγμα, τόσο πιο γρήγορο είναι το κατέβασμα του σώματος κάτω από τη μπάρα, πριν αυτή δεχτεί την πλήρη επίδραση της δύναμης της βαρύτητας.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό, ότι η απόδοση των αθλητών της ΟΑΒ, είναι συνάρτηση πολλαπλών παραγόντων όπως η ευλυγισία, η δύναμη των μυών που συμμετέχουν στις ασκήσεις αλλά και η άρτια τεχνική κατάρτιση των αθλητών. Οι παράγοντες αυτοί, αλληλοεπιδρούν, εκτός από τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών και με τα φορτία που επιχειρούν να σηκώσουν. Επομένως, η άρση βαρών είναι ένα άθλημα, που ακόμη και σε προπονητικό επίπεδο οι αθλητές βρίσκονται πολύ κοντά στη μέγιστη επιβάρυνσή τους.

Λόγω της ιδιαιτερότητας του αθλήματος αλλά και της πολυπλοκότητας των κινήσεων, είναι ιδιαίτερα σημαντική η γνώση τυχόν διαφορών ανάμεσα στις κινηματικές παραμέτρους που αναλύει η εμβιομηχανική επιστήμη. Η γνώση και ανάλυση των παραμέτρων αυτών, μπορεί να δώσει πλεονεκτήματα στη στρατηγική που θα εφαρμόσουν οι αθλητές στο προπονητικό τους πρόγραμμα, αλλά και στην επιλογή των μέγιστων φορτίων κατά τη διάρκεια ενός επίσημου αγώνα.

Στην παρούσα διατριβή γίνεται μια προσπάθεια συστηματικής ανασκόπησης της βιβλιογραφίας, προκειμένου να προσδιοριστούν, μέσω δεδομένων που προκύπτουν από κινηματικές αναλύσεις, οι παράμετροι οι οποίοι εμπλέκονται στις δύο κινήσεις της άρσης βαρών, το αρασέ και το επολέ - ζετέ. Ωστόσο, υπήρχαν και ορισμένοι περιορισμοί, ο σημαντικότερος από τους οποίους ήταν η ετερογένεια των αθλητών στα δείγματα των μελετών που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση. Αναλυτικότερα, ορισμένες έρευνες δεν διαχώρισαν τους αθλητές με βάση την κατηγορία τους στο άθλημα, ενώ υπήρχε και ετερογένεια ως προς το αγωνιστικό τους επίπεδο (ερασιτέχνες, επαγγελματίες, αθλητές υψηλών επιδόσεων). Επιπλέον, αν και οι βασικές μετρήσιμες παράμετροι ήταν οι ίδιες σε όλες

τις μελέτες (τροχιά μπάρας, επιτάχυνση, μετατοπίσεις μπάρας και γωνιακές ταχύτητες), οι μέθοδοι προσδιορισμού τους δεν ήταν οι ίδιες σε όλες τις μελέτες. Οι συγκεκριμένες μεθοδικές ετερογένειες, καθιστούν τη γενίκευση των αποτελεσμάτων της ανασκόπησης παρακινδυνευμένη. Ωστόσο, οι γενικότερες τάσεις σχετικά με την επιρροή των κινηματικών παραμέτρων στην ΟΑΒ, είναι προς την ίδια κατεύθυνση.

Αναφορικά, με τους τραυματισμούς, αυτοί οι οποίοι εμφανίζονται με τη μεγαλύτερη συχνότητα στα κάτω άκρα των αθλητών ΟΑΒ, σύμφωνα με τα δεδομένα που προκύπτουν από την αρθρογραφία είναι στα γόνατα και συνήθως οφείλονται στην υπέρχρηση των ανατομικών δομών κατά τις άρσεις αλλά και στην κακή τεχνική, ενώ έχουν παρόμοιους παράγοντες επικινδυνότητας και πιο συγκεκριμένα το φύλο, την ηλικία και το προηγούμενο ιστορικό τραυματισμών. Οι μέθοδοι φυσικοθεραπευτικής αποκατάστασης που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση των τραυματισμών των κάτω άκρων, διαφέρουν ως προς τη φάση του τραυματισμού (οξεία ή χρόνια), τη σοβαρότητά του, τα διαθέσιμα μέσα και την εμπειρία του θεραπευτή. Επιπλέον, στο σύνολο των σχετικών μελετών, αναφέρεται η αναγκαιότητα της χρήσης εξατομικευμένων προγραμμάτων αποκατάστασης.

Η ανάλυση των αθλημάτων δύναμης, όπως είναι το άθλημα της ΟΑΒ, είναι πολύπλοκη για τον εντοπισμό των τραυματισμών. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω της αλληλεπίδρασης πολλών παραμέτρων εμβιομηχανικής μεταξύ τους. Ωστόσο, η γενική μορφή των τραυματισμών είναι παρόμοια στην πλειοψηφία των αθλητών, οι οποίοι είναι πιθανότερο να τραυματιστούν λόγω κακής τεχνικής ή λανθασμένων συνηθειών κατά τη διάρκεια των προσπαθειών τους. Οι μελλοντικές μελέτες πρέπει να εστιάσουν στην καθιέρωση κοινά αποδεκτής ορολογίας και ταξινόμησης, η οποία θα διευκολύνει την επικοινωνία των επαγγελματιών υγείας μεταξύ τους.

ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ξενόγλωσση

Aasa, U., Svarthom, I., Andersson, F., Berglund, Lars., (2017). **Injuries among weightlifters and powerlifters: a systematic review.** *British Journal of Sports Medicine*, 51(4).

Akkus, H., (2010). **Kinematic analysis of the snatch lift with elite female weightlifters during the 2010 World Weightlifting Championship.** *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (4): p.897-905.

Almasi, M., (2017). **Image processing application for measuring the Biomechanical parameters in Clean and Jerk style of weightlifting.** Conference: 3rd. International Conference on Researches in Science & Engineering.

Almekinders, L., C., & Temple, J., D., (1998). **Etiology, diagnosis, and treatment of tendonitis: an analysis of the literature.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(8), p.1183-1190.

Ammar, A., Riemann, B., L., Masmoudi, L., Blaumann, M., Abdelkarim, O., & Hökelmann, A., (2017). **Kinetic and kinematic patterns during high intensity clean movement: searching for optimal load.** *Journal of sports sciences*, 36(12), pp.1319-1330.

Ammar, A., Riemann, B., L., Trabelsi, K., Blaumann, M., Abdelkarim, O., Chtourou, H., Driss, T., & Hökelmann, A., (2019). **Comparison of 2- and 3-Minute Inter-Repetition Rest Periods on Maximal Jerk Technique and Power Maintenance.** *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 90(2).

Arendra, A. and Akhmad, S., (2018). **Development of esMOCA biomechanic, motion capture instrumentation for biomechanics analysis.** *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1), p. 012130.

Atkinson, G., & Nevill, A., M., (2001). **Selected issues in the design and analysis of sport performance research.** *Journal of sports sciences*, 19(10), pp.811-827.

Barth, J., T., Freeman, J., R., Broshek, D., K., & Varney, R., N., (2001). **Acceleration-deceleration sport-related concussion: the gravity of it all.** *Journal of athletic training*, 36(3), p.253.

Bartonietz, K.E., (1996). **Biomechanics of the snatch: Toward a higher training efficiency.** *Strength & Conditioning Journal*, 18(3), pp.24-31.

Baumann, W., Gross, V., Quade, K., Galbierz, P. and Schwirtz, A. (1988). **The snatch technique of world class weightlifters at the 1985 World Championships.** *International Journal of Sport Biomechanics*, 4, p.68-89.

- Beynon, B., Johnson, R., Abate, J., Fleming, B., Nichols, C., (2005). **Treatment of anterior cruciate ligament injuries, Part 1.** *American Journal of Sports Medicine*, 33, p.1579-1602.
- Bleakley, C., M., Taylor, J., B., Dischiavi, S., L., Doherty, C., & Delahunt, E., (2019). **Rehabilitation exercises reduce reinjury post ankle sprain, but the content and parameters of an optimal exercise program have yet to be established: a systematic review and meta-analysis.** *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 100(7), pp.1367-1375.
- Butler, D., Noyes, F., Grood, E., (1980). **Ligamentous restrains anterior-posterior drawer in the human knee: A biomechanical study.** *Journal of Bone and Joint Surgery*, 62(2), p.259-70.
- Calhoun, G., Fry, AC., (1999). **Injury rates and profiles of elite competitive weightlifters.** *Journal of Athletic Training*, 34, p.232–8.
- Campos J., Poletaev P., Cuesta A., Pablos C., Carratala V., (2006). **Kinematical analysis of the snatch in elite male junior weightlifters of different weight categories.** *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), p.843-50.
- Chen, S., K., Lu, C., C., Chou, P., H., Guo, L., Y., Wu, W., L., (2008). **Patellar tendon ruptures in weightlifters after local steroid injections.** *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 129(3), p.369-72.
- Chiu, L., Z., & Schilling, B., K., (2005). **A primer on weightlifting: From sport to sports training.** *Strength and Conditioning journal*, 27(1), p.42.
- Clement, D., B., Taunton, J., E., & Smart G., W., (1984). **Achilles tendinitis and peritendinitis: etiology and treatment.** *The American Journal of Sports Medicine*, 12(3), p.179-184.
- Corrigan, B., Maitland, GD., (1994). *Musculoskeletal & Sports injuries.* Butterworth-Heinemann. Elsevier.
- Cunanan, A., J., Hornsby, W., G., South, M., A., Ushakova, K., P., Mizuguchi, S., Sato, K., Pierce, K., C., & Stone, M., H., (2020). **Survey of Barbell Trajectory and Kinematics of the Snatch Lift from the 2015 World and 2017 Pan-American Weightlifting Championships.** *Sports*, 8(9), p.118.
- Drechler, J., Arthur., (1998). *The Weightlifting Encyclopedia: A Guide to World Class Performance.* U.S.: A is A Communications.
- Edson, K., (2006). **Conservative and postoperative rehabilitation of isolated and combined injuries of the medial collateral ligament.** *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 14, p.105-10.

- Engebretsen, L., Soligard, T., Steffen, K., et al., (2013). **Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012.** *British Journal of Sports Medicine*, 47, p.407–14.
- Enoka, R.M. (1979). **The pull in Olympic weightlifting.** *Medicine and Science in Sports*, 11, p.131-137.
- Eriksson C., M., Ekblom, M., M., & Thorstensson, A., (2014). **Motor control of the trunk during a modified clean and jerk lift.** *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(5), pp.758-763.
- Everett, G., (2009). *Olympic Weightlifting: A Complete Guide for Athletes & Coaches*. United states: Catalyst Athletics, LLC., pp. 20, 21, 22, 26, 27
- Floyd, R., T., & Thompson, C., W., (2009). *Manual of structural kinesiology*. 16th ed. New York, NY: McGraw-Hill.
- Flores, F., J., Sedano, S., de Benito, A., M. & Redondo, J., C., (2016). **Validity and reliability of a 3-axis accelerometer for measuring weightlifting movements.** *International Journal of Sports Science & Coaching*, 11(6), pp.872-879.
- Fong, D., T., P., & Chan, Y., Y., (2010). **The use of wearable inertial motion sensors in human lower limb biomechanics studies: a systematic review.** *Sensors*, 10(12), pp.11556-11565.
- Fousekis, K., Tsepis, E., Poulmedis, P., Athanasopoulos, S., Vagenas, G., (2010). **Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstrings strains in soccer: a prospective study of 100 professional players.** *British journal of sports medicine*, 45(9), p.709-14
- Garrett, W., (1996). **Muscle strain injuries.** *American Journal of Sports Medicine*, 24, p.2-8.
- Garhammer, J., (1985). **Biomechanical profiles of Olympic weightlifters.** *Journal of Applied Biomechanics*, 1(2), pp.122-130.
- Garhammer, J., (1989). *Weightlifting and training*. In *Biomechanics of Sport* (edited by C.L. Vaughan), Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 169-211.
- Garhammer, J., (1991). **A comparison of maximal power outputs between elite male and female weightlifters in competition.** *International Journal of Sport Biomechanics*, 7, p.3-11.
- Garhammer, J., Gregor, R., (1992). **A comparison of propulsive forces for weightlifting and vertical jumping.** *Journal of Applied Sport Science Research*, 6, p.129-134.
- Garhammer, J., (1993). **A review of power output studies of Olympic and powerlifting: Methodology, performance, prediction and evaluation tests.** *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7, p.76-89.

- Giannotti, B., Rudy, T., Graziano, J., (2006). **The non-surgical management of isolated medial collateral ligament injuries of the knee.** *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 14, p.74-7.
- Godoy, I., R., Malavolta, E., A., Lundberg, J., S., da Silva, J., J., & Skaf, A., (2019). **Humeral stress fracture in a female CrossFit athlete: a case report.** *BMC musculoskeletal disorders*, 20(1), pp.1-8.
- Goel, V., K. & Pope, M., H., (1995). **Biomechanics of fusion and stabilization.** *The Spine Journal*, 20(24), pp.85S-99S.
- Golshani, K., Cinque, M., E., O'Halloran, P., Softness, K., Keeling, L., Macdonell, J., R., (2018). **Upper extremity weightlifting injuries: Diagnosis and management.** *Journal of Orthopedics*, 15, p.24–27.
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Mavromatis, G., and Garas, A., (2000) **Three-dimensional kinematic analysis of the snatch of elite Greek weightlifters.** *Journal of Sports Sciences* 18(8), p.643-652
- Grenier, R., & Guimont, A., (1983). **Simultaneous bilateral rupture of the quadriceps tendon and leg fractures in a weightlifter. A case report.** *American Journal of Sports Medicine*, 11(6), p.451-3.
- Joffe, S., A. and Tallent, J., (2020). **Neuromuscular predictors of competition performance in advanced international female weightlifters: a cross-sectional and longitudinal analysis.** *Journal of sports sciences*, 38(9), pp.985-993.
- Hamill, J. & Knutzen, K., M., (2006). *Biomechanical basis of human movement*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Hamner, D., L., Brown, C., H., Steiner, M., E., Hecker, A., T., & Hayes, W., C., (1999). **Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques.** *Journal of Bone and Joint Surgery*, 81(4), pp.549-57.
- Hancock, S., Wyatt, F., & Kilgore, J., L., (2012). **Variation in barbell position relative to shoulder and foot anatomical landmarks alters movement efficiency.** *International journal of exercise science*, 5(3), p.1.
- Harbili, E., (2012). **A gender-based kinematic and kinetic analysis of the snatch lift in elite weightlifters in 69-kg category.** *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, p.162-169.
- Harbili, E. & Alptekin, A., (2014). **Comparative kinematic analysis of the snatch lifts in elite male adolescent weightlifters.** *Journal of sports science & medicine*, 13(2), p.417.
- Helton, K., L., Ratner, B., D., & Wisniewski, N., A., (2011). **Biomechanics of the sensor-tissue interface—effects of motion, pressure, and design on sensor performance and**

foreign body response—part II: examples and application. *Journal of diabetes science and technology*, 5(3), pp.647-656.

Ho, L., K., Lorenzen, C., Wilson, C., J., Saunders, J., E., & Williams, M., D., (2014). **Reviewing current knowledge in snatch performance and technique: the need for future directions in applied research.** *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), pp.574-586.

Huebner, M., & Perperoglou, A., (2019). **Performance development from youth to senior and age of peak performance in Olympic weightlifting.** *Frontiers in physiology*, 10, p.1121.

Indelicato, P., (1995). **Isolated medial collateral ligament injuries in the knee.** *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 3, p.9-14.

Isaka, T., Okada, J. & Funato, K. (1996). **Kinematic analysis of the barbell during the snatch movement of elite Asian weightlifters.** *Journal of Applied Biomechanics*, 12, p.508-516.

Jonasson, P., Halldin, K., Karlsson, J., Thoreson, O., Hvannberg, J., Swärd, L., Baranto, A., (2011). **Prevalence of joint-related pain in the extremities and spine in five groups of top athletes.** *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19, p.1540–6.

Jones, M., & Amendola, A., (2006). **Syndesmosis sprains of the ankle.** *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 455, p.173-175.

Junge, A., Engebretsen, L., Mountjoy, ML., et al., (2009). **Sports injuries during the Summer Olympic Games 2008.** *American Journal of Sports Medicine*, 37, p.2165–72.

Keogh, J., W., L., Winwood, P., W., (2017). **The Epidemiology of Injuries Across the Weight-Training Sports.** *Sports Medicine*, 47, p.479–501.

Kerr, Z., Y., Collins, C., L., Comstock, R., D., (2010). **Epidemiology of Weight Training-Related Injuries Presenting to United States Emergency Departments, 1990 to 2007.** *American Journal of Sports Medicine*, 38, p.765.

Kipp, K., Redden, J., Sabick, M., B., & Harris, C., (2012). **Weightlifting performance is related to kinematic and kinetic patterns of the hip and knee joints.** *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(7), pp.1838-1844.

Kipp, K. & Harris, C., (2014). **Associations between ground reaction forces and barbell accelerations in weightlifting.** In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.

Kujala, U., M., Kettunen, J., Paananen, H., Aalto, T., Battié, M., C., Impivaara, O., Videman, T., Sarna, S., (1995). **Knee osteoarthritis in former runners, soccer players, weightlifters, and shooters.** *Arthritis & Rheumatism*, 38(4), p.539-46.

Kulund D., N., Dewey J., B., Brubaker C., E., Roberts J., R., (1978). **Olympic weight-lifting injuries.** *Physician Sports medicine*, 6, p.111–16.

Lee, S., DeRosia, K., D., & Lamie, L., M., (2017). **Evaluating the contribution of lower extremity kinetics to whole body power output during the power snatch.** *Sports biomechanics*, 17(4), pp.554-556.

Lee, S., DeRosia, K., D., & Lamie, L., M., (2019). **Determining the best combination of ground reaction force parameters for maximising power during the power snatch.** *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(3), pp.313-322.

Mansfield, P., J., & Neumann, D., A., (2018). *Essentials of kinesiology for the physical therapist assistant e-book*. Elsevier Health Sciences.

May, T., Marappa-Ganeshan, R., (2021). *Stress Fractures*. [e-book]. Treasure Island (FL): StatPearls Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554538/> [Πρόσβαση 12 Ιανουαρίου 2022].

Mayers, L., B., Khabie, V., Castorina, R., Styles, S., T., (2001). **Acute transverse patellar fracture associated with weightlifting. Case report and literature review.** *The American journal of sports medicine*, 29(2), p.232-3.

McLauchlan, G., J., & Handoll, H., H., (2001). **Interventions for treating acute and chronic Achilles tendinitis.** *Cochrane Database Systematic Review*, 2(2).

Milanese, C., Cavedon, V., Agostini, T., Corte, S., (2016). **The effects of two different correction strategies on the snatch technique in weightlifting.** *Journal of Sports Sciences*, 35(5), p.1-8

Moyano, F., R., Valenza, M., C., Martin, L., M., Caballero, Y., C., Gonzalez-Jimenez, E., & Demet, G., V., (2013). **Effectiveness of different exercises and stretching physiotherapy on pain and movement in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial.** *Clinical rehabilitation*, 27(5), pp.409-417.

Myer, G., D., Ford, K., R., McLean, S., G., & Hewett, T., E., (2006). **The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics.** *The American journal of sports medicine*, 34(3), pp.445-455.

Nagao, H., Kubo, Y., Tsuno, T., Kurosaka, S. & Muto, M., (2019). **A biomechanical comparison of successful and unsuccessful snatch attempts among elite male weightlifters.** *Sports*, 7(6), p.151.

Nordin, M., & Frankel, V., H., (2001). *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins.

Norris, C., M., (2004). *Sports Injuries: Diagnosis and Management*. 3rd ed. Butterworth-Heinemann.

Orchard, J., Alcott, E., James, T., Farhart, P., Portus, M., Waugh, S., (2002). **Exact moment of a gastrocnemius muscle strain captured on video.** *British journal of sports medicine*, 36(3), p.222-223.

- Papadopoulos, K., D., Noyes, J., Barnes, M., Jones, J., G. & Thom, J., M., (2012). **How do physiotherapists assess and treat patellofemoral pain syndrome in North Wales? A mixed method study.** *International journal of therapy and rehabilitation*, 19(5), pp.261-271.
- Perperoglou, A., & Huebner, M., (2020). **Quantile foliation for modelling performance across body mass and age in Olympic weightlifting.** *Statistical Modelling*, 21(6), p.546-563.
- Prassas, S., G., & Fulton, K., A., (1994). **Kinematic analysis of the jerk technique in Olympic weightlifting.** In *Biomechanics in sports: 12th symposium*, pp. 371–374.
- Quatman, C., E., Myer, G., D., Khoury, J., Wall, E., J., & Hewett, T., E., (2009). **Sex Differences in “Weightlifting” Injuries Presenting to United States Emergency Rooms.** *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), p.2061–2067.
- Raske, A., Norlin, R., (2002). **Injury incidence and prevalence among elite weight and power lifters.** *American Journal of Sports Medicine*, 30, p.248–56.
- Renström, P., Johnson R., J., (1985). **Overuse injuries in sports.** *Sports Medicine*, 2(5), p.316-333.
- Reeves, K., R., Laskowski, R., E., & Smith, J., (1998). **Weight training injuries: part 1: diagnosing and managing acute conditions.** *The Physician and Sportsmedicine*, 26(2), p.67-96.
- Rippetoe, M., and Kilgore, L., (2011). *Starting strength: Basic Barbell Training*. 3rd ed. Wichita Falls: The Aasgaard Company.
- Roman, R., A., (1988). *Trenirovka Tyazheloatleta = The training of the weightlifter*. English: 2nd ed. Livonia: Sportivny Press.
- Ross, J., A., Keogh, J., W., Wilson, C., J. & Lorenzen, C., (2017). **External kinetics of the kettlebell snatch in amateur lifters.** *PeerJ*, 5, p.e31111.
- Rossi, J., S., Buford, W., T., Douglas, B., S., Kennel, R., Haff, E., E., Haff, G., G., (2007). **Bilateral Comparison of Barbell Kinetics and Kinematics During a Weightlifting Competition.** *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2, p.150-158
- Schilling, B., K., Stone, M., H., O'BRYANT, H., S., Fry, A., C., Coglianesi, R., H., & Pierce, K., C., (2002). **Snatch technique of collegiate national level weightlifters.** *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(4), pp.551-555.
- Schilling, J., F., (2016). **Weightlifting exercises for lower-extremity power: an alternative with less risk.** *ACSM's Health & Fitness Journal*, 20(3), pp.16-21.
- Siewe, J., Rudat, J., Röllinghoff, M., Schlegel, U., J., Eysel, P., Michael, J., W.-P., (2011). **Injuries and Overuse Syndromes in Powerlifting.** *Orthopedics and Biomechanics*, p.703.

- Soriano, M., A., Kipp, K., Lake, J., P., Suchomel, T., J., Marín, P., J., Sainz De Baranda, M., P., & Comfort, P., (2020). **Mechanical power production assessment during weightlifting exercises. A systematic review.** *Sports biomechanics*, pp.1-27.
- Stone, M., H., Pierce, K., C., Sands, W., A., & Stone, M., E., (2006). **Weightlifting: A brief overview.** *Strength and Conditioning Journal*, 28(1), p.50.
- Storey, A., & Smith, H., K., (2012). **Unique aspects of competitive weightlifting.** *Sports medicine*, 42(9), p.769-790.
- Ulareanu, M., V., Vladimir P., Timnea, C., O., & Cheran, C., (2014). **Biomechanical characteristics of movement phases of clean & jerk style in weightlifting performance.** *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 137, p.64-69.
- Van Mechelen, W., (1997). **The severity of sports injuries.** *Sports Medicine*, 24(3), p.176-180.
- Vorobyev, AN., (1978). *A Textbook on Weightlifting*. XIV. Budapest: International Weightlifting Federation.
- Willick, S., E., Cushman, D., M., Blauwet, C., A., Emery, C., Webborn, N., Derman, W., Schwellnus, M., Stomphorst, J., & Van de Vliet, P., (2016). **The epidemiology of injuries in powerlifting at the London 2012 Paralympic Games: An analysis of 1411 athlete-days.** *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(10), pp.1233-1238.
- Winwood, P., W., Hume, P., A., Cronin, J., B., Keogh, J., W., L., (2013). **Retrospective Injury Epidemiology of strongman Athletes.** *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), p.28–42.
- Winwood, P., W., Cronin, J., B., Brown, S., R., & Keogh, J., W., (2015). **A biomechanical analysis of the strongman log lift and comparison with weightlifting's clean and jerk.** *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(5), pp.869-886.
- Yu, S., J., & Habib, A., P., (2005). **Common Injuries Related to Weightlifting: MR Imaging Perspective.** *Seminars Musculoskeletal Radiology*, 9(4), p.289-301.
- Zamora, D., Rodas, P., Pauzhi, W., Zumba, P., Duchitanga, J., & Urgiles, F. (2015). **Analysis of the optimal trajectory in weightlifting in style “Snatch.”** *IEEE*, p.219-224.
- Zatsiorsky, V., Kraemer, W.J., (2006). *Science and Practice of Strength Training*. Champaign, United States: Human Kinetics Publishers.
- Zavala, L., Flores, V., Cotter, J., A. & Becker, J., (2021). **Patellofemoral joint kinetics in females when using different depths and loads during the barbell back squat.** *European Journal of Sport Science*, 21(7), pp.976-984.

Ελληνική

Brotzman, S., B., & Manske, C., R., (2015). *Ορθοπαιδική Αποκατάσταση στην Κλινική Πράξη*. 2^η Ελληνική. Εκδόσεις: Κωνσταντάρας.

Φουσέκης, Α. Κ., (2014). *Εφαρμοσμένη Αθλητική Φυσικοθεραπεία*. Εκδόσεις: Broken Hill Publishers LTD.