



Η επίδραση της προπόνησης με συσκευές αδράνειας στην αθλητική απόδοση και στην πρόληψη τραυματισμών

Αρσένης, Σ.*, Γιοφτσίδου, Α., Σμήλιος, Η., Μάλλιου, Π., Χατζηνικολάου, Α., Γκόγκος, Δ., Μπενέκα, Α., Ιστυρλίδης, Ι., Γκοδόλιας, Γ.

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η προπόνηση με συσκευή αδράνειας αποτελεί μία από τις πιο σύγχρονες μεθόδους προπόνησης μυϊκής ενδυνάμωσης των κάτω άκρων. Η άσκηση με αυτές τις συσκευές βασίζεται στην ροπή αδράνειας των δίσκων των συσκευών και στην ταχύτητα εκτέλεσης της κίνησης. Κατά την εκτέλεση της άσκησης παράγονται υψηλές τιμές δύναμης και ισχύος προκαλώντας σημαντικές προσαρμογές στα κάτω άκρα. Σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης ήταν να ερευνήσει την επίδραση της προπόνησης με συσκευές αδράνειας στην λειτουργία των μυών των κάτω άκρων. Σύμφωνα με τα ευρήματα της ανασκόπησης προέκυψε ότι η προπόνηση με συσκευές αδράνειας προκαλεί σημαντική αύξηση στην εφαρμογή μυϊκής δύναμης, στην παραγωγή ισχύος και στην εμφάνιση υπερτροφίας των μυών των κάτω άκρων. Αυτή η μέθοδος άσκησης φαίνεται να λειτουργεί ευεργετικά στη μεγιστοποίηση της αθλητικής απόδοσης, βελτιώνοντας την ικανότητα κατακόρυφου άλματος, την ταχύτητα δρόμου 10 και 20 μέτρων και την ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης. Προγράμματα προπόνησης με συσκευή αδράνειας διάρκειας 6 – 8 εβδομάδων με συχνότητα 2 – 3 φορές την εβδομάδα είναι ιδανικά για να βελτιώσουν παραμέτρους της φυσικής απόδοσης. Εν κατακλείδι, η προπόνηση με αυτές τις συσκευές αποτελεί έναν αποτελεσματικό τρόπο άσκησης, προκαλώντας σημαντικές προσαρμογές στην μυϊκή λειτουργία των κάτω άκρων και κατ' επέκταση την μείωση της εμφάνισης τραυματισμών.

Λέξεις κλειδιά: συσκευές αδράνειας, δύναμη, ισχύς, υπερτροφία, πρόληψη τραυματισμών.

Εισαγωγή

Οι ασκήσεις αντιστάσεων χρησιμοποιούνται σε πολλά προγράμματα προπόνησης για την μεγιστοποίηση της αθλητικής απόδοσης (ACSM, 2009; Simenz, Dugan, & Ebben, 2005; Wisløff, Helgerud & Hoff, 1998), καθώς επίσης και για την πρόληψη μυϊκών τραυματισμών (Stone, 1990). Ειδικότερα, πρωτόκολλα άσκησης που περιλαμβάνουν έκκεντρη σύσπαση των μυών έχουν σημαντικές επιδράσεις σε παραμέτρους της φυσικής απόδοσης, εμφανίζοντας βελτίωση της ισχύος και της δύναμης των μυών των κάτω άκρων, καθώς επίσης του ύψος του κατακόρυφου άλματος (Clark, Bryant, Culgan, & Hartley, 2005; Cook, Beaven, & Kilduff, 2013; Sheppard et al., 2008).

Ωστόσο, ο συνδυασμός των δύο ενεργειών, σύγκεντρης και έκκεντρης σύσπασης, καλούμενος ως κύκλος διάτασης – βράχυνσης, έχει σημαντικά οφέλη στην μυϊκή απόδοση (Hruda, Hicks, & McCartney, 2003), καθώς κατά τον κύκλο διάτασης – βράχυνσης η σύγκεντρη φάση ενισχύεται από την προηγούμενη έκκεντρη ενεργοποίηση των μυών (Meylan et al., 2008; Svantesson, Grimby, & Thomee, 1994). Η πλειομετρική προπόνηση είναι μία μέθοδος που μπορεί να βελτιώσει το κύκλο διάτασης – βράχυνσης. Συγκεκριμένα, το επιτόπιο άλμα (SJ), το άλμα με αντιμεταθετική κίνηση (CMJ) και το άλμα μετά από πτώση από ύψος (DJ) έχουν χρησιμοποιηθεί σε πολλά προγράμματα προπόνησης, βελτιώνοντας σημαντικά την έκκεντρη δύναμη των μυών των κάτω άκρων (McBride, McCaulley, & Cormie, 2008; Turner & Jeffreys, 2010).

Μία μέθοδος άσκησης που εμφανίζει το μηχανισμό του κύκλου διάτασης – βράχυνσης είναι η άσκηση σε συσκευή αδράνειας. Πιο συγκεκριμένα, οι συσκευές αυτές αποτελούνται από τους σφονδύλους και έναν ιμάντα που είναι τοποθετημένο πάνω σε αυτούς. Επίσης, στις ειδικά διαμορφωμένες περιοχές στις άκρες των σφονδύλων μπορούν να τοποθετηθούν οι δίσκοι αδράνειας. Το γεωμετρικό σχήμα όλων αυτών των δίσκων είναι κυκλικό. Ωστόσο, υπάρχουν διάφορα είδη δίσκων που διαφέρουν ως προς την διάμετρο και το πάχος του δίσκου. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να μεταβληθεί η αντίσταση ανάλογα με τις ανάγκες της άσκησης. Κατά την εφαρμογή δύναμης στον ιμάντα αυξάνεται η γωνιακή ταχύτητα των σφονδύλων και των δίσκων αδράνειας με αποτέλεσμα την αύξηση της αντίστασης. Αντίθετα, με την κάλυψη του οριοθετημένου εύρους της κίνησης, οι σφόνδυλοι αμέσως αλλάζουν την κατεύθυνση περιστροφής τους, παράγοντας έτσι εκ νέου αντίσταση. Ως αποτέλεσμα, κατά την διάρκεια της σύγκεντρης φάσης, οι δίσκοι αδράνειας επιταχύνονται, ενώ, κατά την έκκεντρη, οι δίσκοι επιβραδύνονται από την ίδια μυϊκή ομάδα που συμμετείχε στην σύγκεντρη φάση (Naczka, Brzenczek-Owczarzak, Arlet, Naczka, & Adach, 2014). Συμπερασματικά, η εμφανιζόμενη ροπή αδράνειας είναι ανάλογη της μάζας του δίσκου, της ακτίνας του δίσκου περιστροφής, καθώς επίσης και της γωνιακής επιτάχυνσης του δίσκου. Συνεπώς, η επιβάρυνση κατά την άσκηση στις συσκευές αυτές βασίζονται στην ροπή αδράνειας των δίσκων και στην ταχύτητα εκτέλεσης της κίνησης.

Η προπόνηση με συσκευή αδράνειας είναι ένα ευρύτερα διαδεδομένο είδος προπόνησης τα τελευταία χρόνια και για αυτό τον λόγο έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες. Η πρώτη αναφορά έγινε από τον Hill (1920) στις αρχές της δεκαετίας του '20. Ωστόσο, αρκετά χρόνια αργότερα, ερευνητές άρχισαν να εξετάζουν τις προσαρμογές που προσφέρει η άσκηση με συσκευή αδράνειας σε αστροναύτες (Berg & Tesch, 1992; Berg & Tesch, 1994). Συγκεκριμένα, αυτή η μορφή άσκησης βασίζεται στην χρησιμοποίηση της αδράνειας του-ων σφονδύλου-ων, με την βοήθεια ενός δίσκου που παράγουν αντίσταση ανεξάρτητα της βαρύτητας (Berg & Tesch, 1992). Σε αντίθεση με ισοτονικό τρόπο άσκησης, οι συσκευές αδράνειας επιτρέπουν την παραγωγή μέγιστης σύγκεντρης δύναμης σε όλο το εύρος της κίνησης. Επίσης, επιτρέπουν την εφαρμογή μεγαλύτερης δύναμης σε μικρή χρονική διάρκεια και κατά την έκκεντρη μυϊκή λειτουργία (Berg & Tesch, 1992). Για τον λόγο αυτό, η προπόνηση με συσκευή αδράνειας θεωρείται μια αποτελεσματική μέθοδος προπόνησης, προκαλώντας ταυτόχρονα έκκεντρη υπερφόρτωση και αυξημένες μεταβολικές απαιτήσεις (Núñez, Suarez-Arrones, Cater, & Mendez-Villanueva, 2017). Ειδικότερα, οι ασκήσεις που περιλαμβάνουν δυναμικές ενέργειες των κάτω άκρων μπορούν να επωφεληθούν από την χρήση συσκευής αδράνειας λόγω της αυξημένης ενεργοποίησης των εκτεινόντων των γονάτων (Chiu & Salem, 2006). Επίσης, κατά την εκτέλεση της άσκησης ενεργοποιούνται τόσο οι αγωνιστές, όσο και οι ανταγωνιστές μύες, διατηρώντας παράλληλα την άρθρωση σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της άσκησης (Bara Filho, Manso, Sarmiento, & Medina, 2008). Όπως γίνεται αντιληπτό, τα τεχνικά



χαρακτηριστικά των συσκευών διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο κατά την άσκηση και, κατ' επέκταση, στις επιδράσεις στο μυοσκελετικό σύστημα.

Όπως και στην προπόνηση αντιστάσεων, έτσι και στην άσκηση με συσκευή αδράνειας, ο ορισμός των κατάλληλων σετ, επαναλήψεων και χρόνου διαλείμματος κρίνονται σημαντικά για την μεγιστοποίηση της δύναμης και της ισχύος των μυών των κάτω άκρων. Προηγούμενες ανασκοπήσεις έχουν παρουσιάσει αναλυτικά τις επιδράσεις της προπόνησης με συσκευές αδράνειας στην μυϊκή λειτουργία των κάτω άκρων (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Mosteiro-Muñoz & Domínguez, 2016; Tesch, Fernandez-Gonzalo, & Lundberg, 2017). Σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης ήταν η λεπτομερής εξέταση των επιδράσεων της προπόνησης με συσκευή αδράνειας σε παραμέτρους της αθλητικής απόδοσης. Πιο αναλυτικά, σκοπός της έρευνας ήταν η διεξοδική αναζήτηση της βιβλιογραφίας ως προς τις άμεσες και μακροχρόνιες επιδράσεις της προπόνηση με συσκευές αδράνειας στην υπερτροφία, δύναμη, ισχύ και στην πρόληψη τραυματισμών των μυών τω κάτω άκρων.

Μέθοδος

Μια αναζήτηση της βιβλιογραφίας στις ηλεκτρονικές βιβλιογραφικές βάσεις PubMed, Web of Science, Scopus, και Google Scholar διεξήχθη από έναν ανεξάρτητο ερευνητή με ελεγχόμενο λεξιλόγιο και λέξεις-κλειδιά που σχετίζονταν με την έκκεντρη προπόνηση και την προπόνηση με συσκευή αδράνειας. Πιο συγκεκριμένα, η γλώσσα αναζήτησης περιορίστηκε στα Αγγλικά και Ισπανικά και εφαρμόστηκε ένα φίλτρο που περιείχε σε πρώτη φάση τους ακόλουθους όρους: «eccentric training» και «eccentric exercise». Στην συνέχεια, μία πιο εκτεταμένη αναζήτηση περιελάμβανε συνδυαστικά τους όρους «eccentric overload», «inertia», «flywheel», «flywheel devices», «iso inertial training» και «training with flywheel devices». Αυτοί οι όροι επελέγησαν επειδή χρησιμοποιούνται συχνότερα για να περιγράψουν αυτή τη μέθοδο προπόνησης. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης αναζήτησης στη συνέχεια συνδυάστηκαν με τους ακόλουθους όρους: «strength», «power», «hypertrophy», «performance» και «injury prevention». Το χρονικό πλαίσιο της αναζήτησης ορίστηκε στα 26 και μισό έτη (από 1η Ιανουαρίου 1992 έως 20η Ιουνίου 2018).

Έγγραφα πλήρους κειμένου ανακτήθηκαν σε μορφή PDF και στην συνέχεια αξιολογήθηκαν. Ένα άρθρο ήταν επιλέξιμο για ένταξη στην παρούσα μελέτη αν πληρούσε όλα τα ακόλουθα κριτήρια: α) ήταν δημοσιευμένο σε επιστημονικό περιοδικό, β) η έρευνα του άρθρου αποτελούσε μία τυχαίοποιημένη ελεγχόμενη μελέτη, γ) οι συμμετέχοντες ήταν αθλητές ή φυσικά ενεργά άτομα οποιουδήποτε φύλου, δ) οι συμμετέχοντες ήταν υγιής άτομα χωρίς ιστορικό τραυματισμού, ε) έλαβαν μέρος σε κάποιο πρωτόκολλο άσκησης με συσκευή αδράνειας, στ) το πρωτόκολλο με συσκευή αδράνειας αξιολογήθηκε για τις προσαρμογές που είχε σε παραμέτρους της φυσικής απόδοσης.

Συνολικά, 214 αποτελέσματα εμφανίστηκαν ύστερα από την παραπάνω διαδικασία εύρεσης ερευνητικών εργασιών. Κατά την δεύτερη και πιο εκτεταμένη αναζήτηση, 82 περιλήψεις διαβάστηκαν από τρεις κριτές. Εξήντα-δύο (62) μελέτες αποκλείστηκαν από την διαδικασία γιατί δεν πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης στην έρευνα. Συγκεκριμένα, αποκλείστηκαν οι έρευνες στις οποίες: α) οι συμμετέχοντες της έρευνας παρουσίαζαν μία παθολογία ή μυοσκελετικό τραυματισμό, β) οι συμμετέχοντες της έρευνας ήταν άνω των 60 ετών, γ) στην έρευνα δεν χρησιμοποιήθηκε κάποια συσκευή αδράνειας, δ) δεν υπήρχε άσκηση ή πρόγραμμα παρέμβασης, αλλά μόνο αξιολόγηση της συσκευής, ε) δεν αξιολογήθηκαν παράμετροι της αθλητικής απόδοσης,



στ) η άσκηση σε συσκευή αδράνειας στόχευε στην ενδυνάμωση του κορμού και των άνω άκρων, ζ) αποτελούσαν βιβλιογραφική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση.

Η ποιοτική αξιολόγηση των συμπεριλαμβανομένων μελετών στην παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια της Physiotherapy Evidence Database (PEDro) κλίμακας (Elkins et al., 2013). Οι μελέτες που βαθμολογήθηκαν με τουλάχιστον τρεις μονάδες σύμφωνα με την κλίμακα PEDro συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα έρευνα (Roig et al., 2009; Walker, Hernandez, & Kattan, 2008). Η συγκεκριμένη διαδικασία πραγματοποιήθηκε από τρεις κριτές. Από την τελική αναζήτηση της βιβλιογραφίας, 18 μελέτες χρησιμοποιήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Από αυτές, οι έξι έρευνες αναφέρονται στην αξιολόγηση της άσκησης σε συσκευή αδράνειας ως προς τις άμεσες προσαρμογές, έξι στις μακροπρόθεσμες επιδράσεις στην μυϊκή δύναμη και υπερτροφία, τέσσερις στην μυϊκή ισχύ και τρεις στην πρόληψη τραυματισμών των μυών των κάτω άκρων.

Αποτελέσματα

Άμεσες Προσαρμογές της άσκησης με συσκευή αδράνειας

Πέντε μελέτες της βιβλιογραφίας εξέτασαν τις άμεσες επιδράσεις της άσκησης με συσκευή αδράνειας. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.

Οι Cuenca-Fernandez και συν. (2015) εξέτασαν την άμεση επίδραση δύο πρωτοκόλλων άσκησης στην ικανότητα εκκίνησης κατά την κολύμβηση. 14 προπονημένοι αθλητές συμμετείχαν στην έρευνα. Στην πρώτη περίπτωση οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν τρεις προβολές στο 85% της μίας μέγιστης επανάληψης (1RM), ενώ στην άλλη τέσσερις προβολές σε συσκευή αδράνειας. Τα δύο πρωτόκολλα συγκρίθηκαν με μία τυπική προθέρμανση κολύμβησης που αποτέλεσε συνθήκη ελέγχου. Μετά από 8 λεπτά ανάπαυσης έλαβαν μέρος σε τεστ εκκίνησης από τον βατήρα της πισίνας. Για την αξιολόγηση των κινηματικών χαρακτηριστικών της κίνησης χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις υποβρύχιες κάμερες υψηλής ανάλυσης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η μέση ταχύτητα πτήσης βελτιώθηκε και στα δύο πρωτόκολλα, με το πρωτόκολλο που χρησιμοποίησε το μηχάνημα αδράνειας να παρουσιάζει μεγαλύτερη αύξηση. Επίσης, η συνθήκη με μηχάνημα αδράνειας οδήγησε σε μικρότερο χρόνο κάλυψης των 5 και 15 μέτρων, καθώς επίσης και σε υψηλότερη μέση ταχύτητα έκτασης του γόνατος. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το πρωτόκολλο προθέρμανσης με μηχάνημα αδράνειας βοήθησε σημαντικά την εκκίνηση των κολυμβητών.

Οι Norrbrand, Tous-Fajardo, Vargas και Tesch (2011) υποστήριζαν ότι η εκτέλεση καθισμάτων σε συσκευή αδράνειας θα μπορούσε να αποτελέσει μία εναλλακτική επιλογή της άσκησης καθισμάτων με ελεύθερα βάρη. Δέκα καλά προπονημένοι άντρες εκτέλεσαν πέντε σετ των 10 επαναλήψεων χρησιμοποιώντας ελεύθερα βάρη και συσκευή αδράνειας. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη περίπτωση εκτέλεσαν καθίσματα με φορτίο που αναλογούσε στις 10 μέγιστες επαναλήψεις (10RM) και στην δεύτερη με αδράνεια 0,14 kg·m², αντίστοιχα. Η αξιολόγηση πριν και μετά την εκτέλεση των δύο συνθηκών πραγματοποιήθηκε με την αξιολόγηση του χρόνου εγκάρσιας χαλάρωσης (T2) μέσω απεικονίσεων μαγνητικού τομογράφου και την καταγραφή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (ΗΜΓ) των μυών του τετρακεφάλου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι μύες που αποτελούν τον τετρακέφαλο παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση του T2 με την χρήση της συσκευής αδράνειας, χωρίς κάποια σημαντική διαφορά στην ΗΜΓ. Ως συμπέρασμα, οι ερευνητές κατέληξαν ότι η ενεργοποίηση του τετρακέφαλου μυός κατά το κάθισμα παρόμοια στις δύο συνθήκες και ότι η χρήση της συσκευής αδράνειας μπορεί να αποτελέσει έναν



εναλλακτικό τρόπος άσκησης ενδυνάμωσης των κάτω άκρων που προκαλεί σημαντικές μυοσκελετικές προσαρμογές.

Οι de Hoyο και συν. (2015c) εξέτασαν την επίδραση της έκκεντρης προπόνησης με συσκευή αδράνειας σε παραμέτρους της φυσικής απόδοσης αθλητών ποδοσφαίρου. Πιο αναλυτικά, 20 αθλητές ποδοσφαίρου υψηλού επιπέδου εκτέλεσαν δύο διαφορετικές συνθήκες προθέρμανσης. Η πρώτη περιλάμβανε πέντε λεπτά ποδήλατο και η δεύτερη πέντε λεπτά ποδήλατο και τέσσερα σετ των έξι επαναλήψεων με 120 δευτερόλεπτα διάλλειμα, ημι-καθίσματα σε συσκευή αδράνειας. Το φορτίο κατά την εκτέλεση ημι-καθισμάτων με την συσκευή ήταν εξατομικευμένο και αναλογούσε σε εκείνο που αναπτυσσόταν η μέγιστη ισχύς. Σημαντική βελτίωση παρατηρήθηκε στις παραμέτρους δύναμης αντίδρασης του εδάφους κατά τη διάρκεια 2 προσπαθειών αλλαγής κατεύθυνσης. Επιπλέον, οι αθλητές παρουσίασαν βελτίωση της ικανότητας άλματος με αντιμεταθετική κίνηση (CMJ) και του δρόμου ταχύτητας 20 μέτρων. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ένα πρωτόκολλο που περιλαμβάνει ημι-καθίσματα σε συσκευή αδράνειας μπορεί να βελτιώσει άμεσα παραμέτρους της φυσικής απόδοσης αθλητών ποδοσφαίρου.

Οι De Paula Simola και συν. (2015) εξέτασαν τις μεταβολές της μυϊκής δύναμης και της νευρομυϊκής λειτουργίας του ορθού μηριαίου μετά από την εκτέλεση πέντε διαφορετικών πρωτοκόλλων ενδυνάμωσης των κάτω άκρων. 14 υγιείς άντρες ολοκλήρωσαν κλασικά καθίσματα με μπάρα (4 x 6 στο 85% 1RM), μεταβαλλόμενου φορτίου (4 x 6 στο 85, 70, 55, 40% 1RM), έκκεντρης υπερφόρτωσης (4 x 6 στο 70% 1RM σύγκεντρα και στο 100% 1RM έκκεντρα), με συσκευή αδράνειας (4 x 6 μέγιστες επαναλήψεις) και πλειομετρικά άλματα (4 x 15 άλματα μετά από πτώση από 60 εκ.). Ο προπονητικός όγκος των προγραμμάτων άσκησης παρουσιάζεται ως σετ x επαναλήψεις, αντίστοιχα. Ο χρόνος διαλείμματος μεταξύ των σετ ήταν 3 λεπτά. Μετά από τις αρχικές μετρήσεις, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν κάθε συνθήκη ανά εβδομάδα για μια περίοδο 5 εβδομάδων με τυχαία σειρά. Οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν 30 λεπτά, 24 και 48 ώρες μετά τις συνθήκες παρέμβασης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, τα καθίσματα σε συσκευή αδράνειας παρουσίασαν μείωση της ισομετρικής δύναμης, υψηλά επίπεδα γαλακτικού οξέος και μεταβολές των μεταβλητών τενσομυογραφίας, δεδομένα που καθιστούν τη χρήση της συσκευής αδράνειας ως μία απαιτητική και υψηλής έντασης άσκηση.

Τα αποτελέσματα της προηγούμενης έρευνας οδήγησαν τους ερευνητές να συγκρίνουν τις φυσιολογικές προσαρμογές των συγκεκριμένων πρωτοκόλλων (Raeder et al., 2016). Δεκαπέντε καλά προπονημένοι αθλητές ολοκλήρωσαν κλασικά καθίσματα με μπάρα (4 x 6 στο 85% 1RM), μεταβαλλόμενου φορτίου (4 x 6 στο 85, 70, 55, 40% 1RM), έκκεντρης υπερφόρτωσης (4 x 6 στο 70% 1RM σύγκεντρα και στο 100% 1RM έκκεντρα), με συσκευή αδράνειας (4 x 6 με αδράνεια 0,07 kg·m²) και πλειομετρικά άλματα (4 x 15 άλματα μετά από πτώση από 60 εκ.). Ο προπονητικός όγκος των προγραμμάτων άσκησης παρουσιάζεται ως σετ x επαναλήψεις, αντίστοιχα.

Ο χρόνος διαλείμματος μεταξύ των σετ ήταν 3 λεπτά. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το πρωτόκολλο με τη χρήση συσκευή αδράνειας εμφάνισε τα μεγαλύτερα επίπεδα γαλακτικού οξέος, συνοδευόμενα από αντίστοιχες τιμές υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης. Επίσης, 24 ώρες μετά την άσκηση παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες τιμές στις συγκεντρώσεις της κρεατινικής κινάσης, ενώ η ικανότητα των αλμάτων παρέμεινε μειωμένη από 30 λεπτά έως 48 ώρες μετά την άσκηση σε όλα τα πρωτόκολλα. Εν κατακλείδι, τα καθίσματα σε συσκευή αδράνειας προκάλεσαν το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης της απόδοσης έως 48 ώρες μετά την άσκηση σε σύγκριση με τα άλλα πρωτόκολλα άσκησης. Η επίδραση της προπόνησης με συσκευή αδράνειας είχε ως αποτέλεσμα την



κόπωση του νευρομυϊκού συστήματος και κατ' επέκταση την μείωση της απόδοσης του άλματος με αντιμεταθετική κίνηση, των επαναλαμβανόμενων αλμάτων και της μέγιστης ισομετρικής σύσπασης του τετρακέφαλου μυός.

Πίνακας 1. Άμεσες προσαρμογές της άσκησης με συσκευή αδράνειας.

Συγγραφείς	Δείγμα	Τύπος άσκησης	Διάρκεια/ Συχνότητα	Πρωτόκολλα/ Συσκευή αδράνειας	Αποτελέσματα	Pedro score
Norrbrand, Tous-Fajardo, Vargas & Tesch (2011)	n=10	Κάθισμα	-	BS: 5 x 10RM / Ελεύθερα Βάρη FW: 5 x 10 επαναλ./ YoYo™/ 0.14 kg·m ²	FS: ↑ Vol RF	3
de Hoyo & συν. (2015c)	n=20	Ημι-κάθισμα	-	EXP: 5' Ποδήλατο + 4 x 6 επαναλ. / YoYo™/ OPL CG: 5' Ποδήλατο	EXP: ↑ COD, SS, CMJ, T 20μ., La:	4
Simola & συν. (2015)	n=14	Κάθισμα	-	MS: 4 x 6, 85% 1RM DS: 1 x 6, 40-85% 1RM EO: 4 x 6 / CON 70% 1RM, ECC 100% 1RM FW: 4 x 6 / YoYo™ PL: 4 x 15 άλματα βάθους 60 εκ.	PRE: FW>EO>DS>MS>PL MIC: ↓DS, EO, FW TMG: ↓ σε όλα τα πρωτόκολλα, DS & FW > PL	4
Cuenca-Fernandez & συν. (2015)	n=14	Προβολές	-	CG: Τυπική Προθέρμανση LWU: 3 επανάλ. 85% 1RM YWU: 4 επανάλ. / YoYo™	YWU: ↑ T 5μ & 10μ, ↑ T LE, ↑ T οριζόντιας μεταφοράς, ↓ TB	4
Raeder & συν. (2016)	n=15	Κάθισμα	-	MS: 4 x 6, 85% 1RM DS: 1 x 6., 40-85% 1RM EO: 4 x 6 / CON 70% 1RM, ECC 100% 1RM FW: 4 x 6 / YoYo™ PL: 4 x 15 άλματα βάθους 60 εκ.	PRE: 7 FW>EO>DS>MS>PL ↓ CMJ, RJ έως 48 ώρες ↑ CK 24 ώρες μετά την άσκηση σε όλα τα πρωτόκολλα	7

xRM: χ μέγιστες επαναλήψεις, La: Γαλακτικό οξύ, CMJ: Άλμα με αντιμεταθετική κίνηση, RJ: Επαναλαμβανόμενα άλματα, MIC: Μέγιστη ισομετρική σύσπαση, CK: Κρεατινική κίνηση, COD: Αλλαγή κατεύθυνσης, SS: Πλάγια βήματα, TMG: Τενσομογραφία, PRE: Δείκτης αντιληπτικής κόπωσης, TB: Χρόνος επαφής στον βατήρα, OPL: φορτίο παραγωγής μέγιστης ισχύος, T: Ταχύτητα, Vol: Μέγεθος, RF: Ορθός μηριαίος, LE: Εκτεινόντες γόνατος, BS: Καθίσματα με ελεύθερα βάρη, FW: Καθίσματα με την χρήση συσκευής αδράνειας, MS: Καθίσματα με το σύστημα πολλαπλών σετ, DS: Καθίσματα με το σύστημα καθοδικών σετ, PL: Πλειομετρική άσκηση, EO: Έκκεντρη υπερφόρτωση, LWU: Προβολές με ελεύθερα βάρη, YWU: Προβολές με την χρήση συσκευής αδράνειας, EXP: Ομάδα Παρέμβασης, CG: Ομάδα Ελέγχου, CON: σύγκεντρη δύναμη, ECC: Έκκεντρη δύναμη.

Επίδραση της προπόνησης με συσκευή αδράνειας στη Μέγιστη Δύναμη και τη Μυϊκή Υπερτροφία

Έξι μελέτες εξέτασαν τις επιδράσεις της προπόνησης με συσκευή αδράνειας στην δύναμη και υπερτροφία των μυών των κάτω άκρων. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 2.

Η χρήση συσκευής αδράνειας μπορεί να προκαλέσει μυϊκή υπερτροφία και σημαντικές αυξήσεις στη μέγιστη δύναμη καθιστώντας την ως μία αποτελεσματική μέθοδο προπόνησης αντιστάσεων (Tesch, Ekberg, Lindquist, & Trieschmann, 2004). Οι προαναφερόμενοι ερευνητές εξέτασαν δέκα συμμετέχοντες μέσης ηλικίας, οι οποίοι εκτέλεσαν εκτάσεις του αριστερού γόνατος σε τέσσερα σετ των επτά επαναλήψεων. Το πρόγραμμα αυτό είχε διάρκεια πέντε εβδομάδες και συχνότητα 2 – 3



φορές ανά εβδομάδα. Η ΗΜΓ και η μέγιστη ισομετρική δύναμη και των εκτεινόντων μυών του γόνατος μετρήθηκαν πριν και μετά από αυτή την παρέμβαση. Επιπλέον, έγινε χρήση μαγνητικού τομογράφου για να εκτιμηθεί ο όγκος των εκτεινόντων των μυών του γόνατος και των πελματιαίων καμπτήρων της ποδοκνημικής άρθρωσης. Επίσης, αξιολογήθηκε η μέγιστη δύναμη κατά την ισομετρική συστολή (ΜΙΣ) των εκτεινόντων μυών του γόνατος σε διαφορετικές γωνίες της άρθρωσης. Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε αύξηση της μέσης σύγκεντρης και έκκεντρης δύναμης κατά την διάρκεια της άσκησης, καθώς και της ΜΙΣ στις 90° και 120° γωνία γόνατος. Τέλος, όλες οι κεφαλές του τετρακεφάλου μυός εμφάνισαν αυξημένο όγκο μετά την προπόνηση.

Η προπόνηση με συσκευή αδράνειας φαίνεται να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική, παρουσιάζοντας μεταβολές στο μέγεθος των μυών των κάτω άκρων από τις μετά από μόλις τρεις εβδομάδες (Seynes et al., 2007). Συγκεκριμένα, επτά εθελοντές έλαβαν μέρος σε ένα πρόγραμμα άσκησης υψηλής έντασης σε συσκευή αδράνειας για 35 μέρες. Οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν ένα πρόγραμμα έκτασης των γονάτων (τέσσερα σετ, επτά επαναλήψεις, δύο λεπτά διάλειμμα) με συχνότητα τρεις φορές ανά εβδομάδα. Οι διαφορές πριν και αμέσως μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος αξιολογήθηκαν με μαγνητική τομογραφία και ΜΙΣ των μυών του τετρακεφάλου. Επίσης, αξιολογήθηκε η ΗΜΓ του έξω πλατύ και του δικεφάλου μηριαίου μυός, καθώς επίσης το μήκος και η γωνία πτέρωσης των μυϊκών ινών με απεικόνιση μέσω υπερήχου μόνο του έξω πλατύ. Οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σημαντική βελτίωση της ΜΙΣ των τετρακεφάλων. Επίσης, την δέκατη μέρα εμφανίστηκε αύξηση του μήκους της δέσμης του μυός, ενώ την εικοστή σημαντική αύξηση του όγκου του έσω πλατύ μυός.

Από την άλλη πλευρά οι Norrbrand, Fluckey, Pozzo και Tesch (2008) αξιολόγησαν πρόγραμμα έκκεντρης υπερφόρτωσης συγκρίνοντας το με το κλασικό τύπο άσκησης αντιστάσεων. Πιο αναλυτικά, 15 υγιείς άντρες εκτέλεσαν για πέντε εβδομάδες ένα πρόγραμμα προπόνησης που περιλάμβανε τέσσερα σετ των επτά επαναλήψεων εκτάσεις γόνατος, με συχνότητα 2 - 3 φορές την εβδομάδα. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες, όπου στην μία εκτέλεσαν το πρόγραμμα με τυπικό όργανο αντιστάσεων φορτίου 7RM, ενώ στην άλλη προπονήθηκαν με μία συσκευή αδράνειας με συνολική αδράνεια 0,11 kg·m². Τα ευρήματα της μελέτης φανέρωσαν αύξηση της ΜΙΣ και του όγκου του τετρακέφαλου μυός. Αξίζει να σημειωθεί ότι η προπόνηση με συσκευή αδράνειας οδήγησε σε αύξηση του όγκου και των τεσσάρων κεφαλών του τετρακέφαλου μυός, σε αντίθεση με την προπόνηση με ελεύθερα βάρη, όπου μόνο ο όγκος του ορθού μηριαίου αυξήθηκε σημαντικά.

Η υψηλή ΗΜΓ κατά την έκκεντρη φάση που πραγματοποιείται κατά την άσκηση με συσκευή αδράνειας θα μπορούσε να εξηγήσει την αύξηση της μυϊκής υπερτροφίας ως αποτέλεσμα της αυξημένης μηχανικής καταπόνησης (Norrbrand, Pozzo, & Tesch, 2010). Συγκεκριμένα, πρόγραμμα πέντε εβδομάδων άσκησης των εκτεινόντων του γόνατος με συσκευή αδράνειας (τέσσερα σετ των επτά επαναλήψεων με συνολική αδράνεια 0,11 kg·m²) αύξησε την ΗΜΓ του τετρακέφαλου μυός κατά την έκκεντρη φάση. Όσον αφορά την σύγκεντρη φάση, οι τιμές αυτές διατηρήθηκαν σταθερές τόσο πριν, όσο και μετά την άσκηση, σε αντίθεση με τον κλασικό τρόπο άσκησης όπου επιτεύχθηκαν οι μέγιστες τιμές μόνο μετά την άσκηση.

Αντίθετα, οι Illera-Domínguez και συν. (2018) εξέτασαν την επίδραση τεσσάρων εβδομάδων προπόνησης με εκτέλεση καθισμάτων με συσκευή αδράνειας στην μυϊκή λειτουργία. Συγκεκριμένα, δέκα νεαροί εθελοντές εκτέλεσαν δέκα προπονητικές συνεδρίες με συχνότητα 2 - 3 φορές ανά εβδομάδα. Το πρόγραμμα περιελάμβανε πέντε σετ των δέκα επαναλήψεων με τρία λεπτά διάλειμμα και αδράνεια 0,900 kg·m². Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της



υπερτροφίας του τετρακέφαλου μετά τη δεύτερη εβδομάδα και μεγαλύτερη με την λήξη του παρεμβατικού προγράμματος. Επίσης, κατά τη διάρκεια του προγράμματος προπόνησης παρατηρήθηκε αύξηση της δύναμης και της ισχύος των κάτω άκρων κατά την χρήση της συσκευής. Επιπλέον, η ΜΙΣ των εκτεινόντων μυών του γόνατος αυξήθηκε σημαντικά. Σύμφωνα με αυτά τα ευρήματα παρατηρήθηκαν άμεσες προσαρμογές της προπόνησης με συσκευή αδράνειας στην αύξηση του όγκου και της δύναμης των μυών των κάτω άκρων.

Οι Nuñez και συν. (2018) συνέκριναν την επίδραση της μονοποδικής και διποδικής προπόνησης με συσκευή αδράνειας στην υπερτροφία και τη φυσική απόδοση. Συγκεκριμένα, 27 αθλητές ποδοσφαίρου πραγματοποίησαν τέσσερα σετ των επτά επαναλήψεων με τρία λεπτά διάλειμμα προπόνηση με συσκευή αδράνειας. Η διάρκεια των προγραμμάτων ήταν έξι εβδομάδες και η συχνότητα των ασκήσεων δύο φορές ανά εβδομάδα. Η πρώτη ομάδα εκτέλεσε πλάγιες προβολές με αδράνεια 0.05 kg·m², ενώ η δεύτερη καθίσματα με αδράνεια 0,10 kg·m². Πριν την έναρξη και με την λήξη του παρεμβατικού προγράμματος, όλοι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν στο άλμα με αντιμεταθετική κίνηση, στην ικανότητα ισχύος των κάτω άκρων, αλλαγής κατεύθυνσης και ταχύτητας δρόμου 10 μέτρων. Επίσης, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της εγκάρσιας διατομής των μυών των κάτω άκρων μέσω μαγνητικής τομογραφίας. Από τα αποτελέσματα της μελέτης παρατηρήθηκε ότι η εκτέλεση πλάγιων προβολών οδήγησε σε αύξηση του όγκου του μεγάλου προσαγωγού και του έσω πλατύ μυ, ενώ η εκτέλεση καθισμάτων του έξω πλατύ και του γαστροκνημίου μυός. Οι συμμετέχοντες και των δύο ομάδων βελτίωσαν την αλτική τους ικανότητα. Ωστόσο, η μονοποδική προπόνηση φαίνεται να ήταν πιο αποτελεσματική στη βελτίωση της ικανότητας αλλαγής κατεύθυνσης σε γωνία 90°.

Πίνακας 2. Οι επιδράσεις της προπόνησης με συσκευή αδράνειας στην δύναμη και στην υπερτροφία των μυών των κάτω άκρων.

Συγγραφείς	Δείγμα	Τύπος άσκησης	Διάρκεια/ Συχνότητα	Πρωτόκολλα/ Συσκευή αδράνειας	Αποτελέσματα	Pedro score
Tesch, Ekberg, Lindquist & Trieschmann (2004)	n=10	Μονοποδική ή έκταση γόνατος	5 εβδομάδες/ 2–3 φορές	4 x 7 επανάλ. / YoYoTM	↑ CON, ECC Force ↑ MIC 90, 120° ↑ Vol Quad	3
Seynes & συν. (2007)	n=7	Διποδική έκταση γόνατος	5 εβδομάδες/ 3 φορές	4 x 7 επανάλ. / YoYoTM	↑ MIC, EMG ↑ LM Quad από την 10η μέρα ↑ Vol Quad από την 20η μέρα	3
Norrbrand, Fluckey, Pozzo & Tesch (2008)	n=15	Μονοποδική ή έκταση γόνατος	5 εβδομάδες/ 2–3 φορές	WS: 4 x 7RM. FW: 4 x 7 επανάλ. / YoYoTM/ 0,11 kg·m ²	FW: ↑ Vol Quad, MIC WS: ↑ Vol RF T ECC: ↑FW > ↑WS WS: ↑ W CON & ECC	3
Norrbrand, Pozzo & Tesch (2010)	n=17	Μονοποδική ή έκταση γόνατος	5 εβδομάδες/ 2–3 φορές	WS: 4 x 7RM. FW: 4 x 7 επανάλ. / YoYoTM/ 0,11 kg·m ²	FW: ↑EMGecc FW, WS: ↑MIC, RFD, Power, Force	3
Illera-Domínguez & συν., 2018	n=10	Κάθισμα	5 εβδομάδες/ 2–3 φορές	5 x 10 επανάλ. / YoYoTM/ 0,90 kg·m ²	↑ Vol Quad από την 2η εβδομάδα ↑ Force, Power ST	3



Nuñez, Santalla, n=27 Carrasquilla, Asian, Reina & Suarez-Arrones (2018)	Καθίσματα	6 βδομάδες/ 2 φορές	ST: 4 x 7 επανάλ. / 0,90 kg*m2	↑ MIC LE LT: ↑ Vol MA & VM, CMJ, COD	4
	Πλάγιες Προβολές		LT: 4 x 7 επανάλ. / 0,05 kg·m2	ST: ↑ Vol VL & Ga, CMJ	

WS: Άσκηση σε μηχανήματα αντιστάσεων, FW: Άσκηση σε συσκευή αδράνειας, CON: Σύγκεντρα, ECC: Έκκεντρα, MIC: Μέγιστη ισομετρική σύσπαση, EMG: Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα, RFD: Ρυθμός Ανάπτυξης της Δύναμης, COD: Αλλαγή Κατεύθυνσης, CMJ: Άλμα με αντιμεταθετική κίνηση, Power: Ισχύς, Force: Δύναμη, W: Έργο, T: ταχύτητα, Vol: Όγκος, Quad: Τετρακέφαλος μυς, RF: Ορθός μηριαίος μυς, LE: Εκτείνοντες γόνατος, MA: Μέγας προσαγωγός, VM: Έσω πλατύς μυς, VL: Έξω πλατύς, Ga: Γαστροκνήμιος μυς, LM: μήκος δέσμης, ST: κάθισμα, LT: Πλάγιες Προβολές

Επίδραση της προπόνησης με συσκευή αδράνειας στην Μυϊκή Ισχύ

Τέσσερις μελέτες αξιολόγησαν την επίδραση της προπόνησης με συσκευή αδράνειας στην μυϊκή ισχύ των κάτω άκρων. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 3.

Οι de Hoyo και συν. (2015b) συνέκριναν την επίδραση δύο πρωτοκόλλων άσκησης σε παραμέτρους απόδοσης στο ποδόσφαιρο. Συγκεκριμένα, 23 άντρες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, στις οποίες η μία εκτέλεσε ημικαθίσματα με ελεύθερα βάρη και η άλλη οριζόντιες προβολές σε συσκευή αδράνειας. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να λάβουν μέρος σε πρόγραμμα προοδευτικής επιβάρυνσης, το οποίο αποτελούνταν από πέντε σετ των οκτώ επαναλήψεων, όπου ο όγκος αυξανόταν κατά ένα σετ κάθε δύο εβδομάδες, διατηρώντας τον αριθμό των επαναλήψεων σταθερό. Το φορτίο και στις δύο ομάδες ήταν εξατομικευμένο και αναλογούσε στο φορτίο παραγωγής της μέγιστης ισχύος. Η ταχύτητα τρεξίματος 10 και 20 μέτρων, το ύψος του άλματος με αντιμεταθετική κίνηση, η ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης και η δύναμη κατά τη διάρκεια μιας μέγιστης ισομετρικής σύσπασης του τετρακέφαλου μυός αξιολογήθηκαν πριν και μετά το πρόγραμμα προπόνησης. Με την ολοκλήρωση της έκτης βδομάδας, βελτιώσεις παρατηρήθηκαν στην ταχύτητα τρεξίματος 10 μέτρων, στην ικανότητα άλματος και στη ΜΙΣ και στις δύο ομάδες. Ωστόσο, η ομάδα που εκτέλεσε τα ημικαθίσματα εμφάνισε μεγαλύτερη βελτίωση της ικανότητας άλματος και της ταχύτητας 20 μέτρων.

Επίσης, οι de Hoyo και συν. (2016) εξέτασαν την επίδραση ενός προγράμματος άσκησης με συσκευή αδράνειας στα κινηματικά χαρακτηριστικά της αλλαγής κατεύθυνσης σε νεαρούς επαγγελματίες ποδοσφαιριστές. Τριάντα τέσσερις ποδοσφαιριστές χωρίστηκαν σε μία ομάδα παρέμβασης και μία ομάδα ελέγχου. Το πρόγραμμα είχε διάρκεια 10 εβδομάδων και εκτελέστηκε με συχνότητα 1 – 2 φορές την εβδομάδα. Δεκαεπτά συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε πρόγραμμα που περιελάμβανε καθίσματα και κάμψεις γονάτων σε δύο συσκευές αδράνειας. Και στα δύο μηχανήματα οι αθλητές πραγματοποιούσαν 3 - 6 σετ των έξι επαναλήψεων με εξατομικευμένο φορτίο που αναλογούσε σε εκείνο της παραγωγής της μέγιστης ισχύος. Οι υπόλοιποι δεκαεπτά ποδοσφαιριστές αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου και δεν συμμετείχαν σε κανένα πρόγραμμα άσκησης. Πριν την έναρξη και αμέσως μετά την λήξη του παρεμβατικού προγράμματος, οι αθλητές αξιολογήθηκαν στην ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης μέσω ειδικού δυναμοδαπέδου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το πρόγραμμα έκκεντρης προπόνησης με συσκευή αδράνειας οδήγησε σε βελτίωση των κινητικών παραμέτρων κατά την διαδικασία των αλλαγών κατεύθυνσης.

Οι Gonzalo-Skok και συν. (2017) από την μεριά τους υπογράμμισαν ότι η κατεύθυνση εφαρμογής της δύναμης μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη και βελτίωση των κινήσεων που σχετίζονται με τα ομαδικά αθλήματα. Ένα πρόγραμμα που περιελάμβανε



καθίσματα συγκρίθηκε με ένα νέο πρότυπο πρόγραμμα, που συμπεριλάμβανε κινήσεις διάφορων κατευθύνσεων. Συγκεκριμένα, 48 ερασιτέχνες και ημι-επαγγελματίες αθλητές ομαδικών αθλημάτων χωρίστηκαν τυχαία και έλαβαν μέρος στα δύο πρωτόκολλα άσκησης. Αυτά αποτελούνταν από έξι σετ άσκησης καθισμάτων ή ένα σετ των έξι ασκήσεων, με 6 έως 10 επαναλήψεις και τρία λεπτά διάλειμμα μεταξύ των σετ και των ασκήσεων. Η συνολική διάρκεια ήταν οκτώ εβδομάδες και συχνότητα εκτέλεσης δύο φορές ανά εβδομάδα. Οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν στην ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης, στο δρόμο ταχύτητας 25 μέτρων, στο οριζόντιο και πλάγιο άλμα με ένα πόδι και στο άλμα με αντιμεταθετική κίνηση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, σημαντική βελτίωση εμφανίστηκε και στις δύο ομάδες, με την δεύτερη να εμφανίζει καλύτερες προσαρμογές στην ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης και στο οριζόντιο άλμα. Αντίθετα, σημαντικές βελτιώσεις παρουσιάστηκαν για την ομάδα που εκτέλεσε καθίσματα στην ικανότητα ταχύτητας και στο κατακόρυφο άλμα.

Οι Tous-Fajardo, Gonzalo-Skok, Arjol-Serrano και Tesch (2016) συνέκριναν τις επιδράσεις δύο πρωτοκόλλων προπόνησης στην απόδοση αθλητών ποδοσφαίρου. Εικοσιτέσσερις ποδοσφαιριστές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, από τις οποίες η μία έλαβε μέρος σε πρωτόκολλο ασκήσεων με συσκευές αδράνειας και η δεύτερη σε ειδικό πρωτόκολλο προπόνησης ποδοσφαίρου για την βελτίωση της απόδοσης. Τα δύο προγράμματα άσκησης είχαν διάρκεια 11 εβδομάδες και οι αθλητές λάμβαναν μέρος σε αυτό μία φορά την εβδομάδα. Πριν και αμέσως μετά το παρεμβατικό πρόγραμμα, οι ποδοσφαιριστές έλαβαν μέρος σε δοκιμασίες άλματος, αλλαγής κατεύθυνσης και δρομικής ταχύτητας. Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι η ομάδα που εκτέλεσε το πρωτόκολλο άσκησης με συσκευές αδράνειας είχε σημαντική βελτίωση στην ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης, δρομικής ταχύτητας στα 10 και 30 μέτρα, καθώς επίσης στην μέση ισχύ και στο ύψος άλματος κατά την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων αλμάτων. Συμπερασματικά, το πρόγραμμα αυτό, εκτελώντας άσκηση σε συσκευή αδράνειας μία φορά την εβδομάδα, μπορεί να βελτιώσει τις παραμέτρους απόδοσης στο ποδόσφαιρο.

Πίνακας 3. Η επίδραση της προπόνησης με συσκευή αδράνειας στην μυϊκή ισχύ των κάτω άκρων.

Συγγραφείς	Δείγμα	Τύπος άσκησης	Διάρκεια/ Συχνότητα	Πρωτόκολλα/ Συσκευή αδράνειας	Αποτελέσματα	Pedro score
de Hoyo & συν. (2015b)	n=23	Ημικάθισμα Προβολές	6 βδομάδες/ 3 φορές	TT: 5 – 7 x 8 επανάλ. / Ελεύθερα Βάρη/ OPL HFT: 5 – 7 x 8 επανάλ. / Sport Teach & Tools/ OPL	TT & HFT: ↑T 10μ, CMJ, MIC TT: ↑ T 20μ	3
de Hoyo & συν. (2016)	n=34	Κάθισμα & Κάμψεις Γονάτων	10 βδομάδες/ 1–2 φορές	3 – 6 x 6 επανάλ. / YoYoTM/ OPL	↑ CT, BT, rPB, rB_IMP	4
Gonzalo-Skok & συν. (2017)	n=34	Κάθισμα 6 Ειδικές ασκήσεις	8 βδομάδες/ 2 φορές	CBV: 6 x 6-10 επανάλ./ VersaPulley/ 0,27 kg·m2 VUMD: 1 x 6 x 6-10 επανάλ./ VersaPulley/ 0,27 kg·m2	↑ VUMD > ↑CBV: sJ L, T 10μ, COD R ↑CBV > ↑ VUMD: CMJ L	5
Tous-	n=24	8 ασκήσεις	11 βδομάδες/	2 x 6 – 10 επανάλ.	↑EVT > ↑ CONV:	4



Fajardo & συν. (2016)	1 φορά 9 ασκήσεις	EVT: VersaPulley/ 0,27 kg·m2 & YoYoTM/ 0,11 kg·m2	COD, T 30μ & 10μ, Powermean, hJ, RJ
		CONV: Ελεύθερα Βάρη / 50 – 100% BW	

CMJ: Άλμα με αντιμεταθετική κίνηση, MIC: Μέγιστη ισομετρική σύσπαση, COD: Αλλαγή Κατεύθυνσης, T: Ταχύτητα, OPL: φορτίο παραγωγής μέγιστης ισχύος, Powermean: Μέση ισχύς, RJ: επαναλαμβανόμενα άλματα, sJ: πλάγια άλμα, hJ: ύψος άλματος, CT: χρόνος επαφής, BT: χρόνος φρεναρίσματος, rPB: σχετικό μέγιστο φρενάρισμα, rB_IMP: φρενάρισμα, L: αριστερό άκρο, R: δεξί άκρο, BW: σωματικό βάρος, TT: Ημικάθισμα, HFT: Προβολές, CBV: Κάθισμα, VUMD: 6 Ειδικές ασκήσεις, EVT: 8 ασκήσεις, CONV: 9 ασκήσεις

Η επίδραση της προπόνησης με συσκευή αδράνειας στην πρόληψη τραυματισμών

Τρεις μελέτες εξέτασαν την επίδραση της προπόνησης με συσκευή αδράνειας στην πρόληψη των τραυματισμών των κάτω άκρων. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 4.

Η προσθήκη ενός προγράμματος άσκησης για την αύξηση της δύναμης των οπίσθιων μηριαίων με συσκευή αδράνειας μπορεί να οδηγήσει τόσο στην βελτίωση της απόδοσης όσο στην πρόληψη μυϊκών τραυματισμών στο ποδόσφαιρο (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003). Συγκεκριμένα, 30 επαγγελματίες αθλητές ποδοσφαίρου χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, από τις οποίες η μία έλαβε μέρος σε επιπρόσθετο πρόγραμμα διάρκειας 10 συνεχόμενων βδομάδων και συχνότητα εκτέλεσης 1 – 2 φορές ανά βδομάδα σε συσκευή αδράνειας. Οι αθλητές, στις εκάστοτε συνεδρίες, εκτελούσαν κάμπεις γονάτων συνολικής ποσότητας τεσσάρων σετ των οκτώ επαναλήψεων και ενός λεπτού διάλειμμα ανά σετ. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε στην ικανότητα ταχύτητας 30 μέτρων, όπως και στην σύγκεντρη και έκκεντρη μέγιστη ροπή των οπίσθιων μηριαίων μέσω της ισοκινητικής αξιολόγησης. Οι αθλητές που έλαβαν μέρος σε αυτό το πρόγραμμα άσκησης παρουσίασαν λιγότερους τραυματισμούς σε σχέση με εκείνους που συνέχισαν την τυπική προπόνησή τους, σε μία περίοδο δέκα μηνών μετά την ολοκλήρωση του παρεμβατικού προγράμματος.

Στην ίδια φιλοσοφία, οι de Hoyo και συν. (2015a) εξέτασαν την επίδραση της προπόνησης με συσκευή αδράνειας στην πρόληψη τραυματισμών και τη βελτίωση των παραμέτρων φυσικής απόδοσης στο ποδόσφαιρο. Τριάντα-έξι υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές χωρίστηκαν τυχαία σε πρόγραμμα προοδευτικής επιβάρυνσης, συχνότητας 1 – 2 φορές την βδομάδα και συνολικής διάρκειας 10 συνεχόμενων εβδομάδων και σε μία ομάδα ελέγχου. Οι συμμετέχοντες της μελέτης έλαβαν μέρος σε πρόγραμμα που περιελάμβανε καθίσματα και κάμπεις γονάτων με δύο συσκευές αδράνειας. Και στις δύο συσκευές οι αθλητές πραγματοποιούσαν 3 - 6 σετ των έξι επαναλήψεων με εξατομικευμένο φορτίο, που αναλογούσε σε εκείνο της παραγωγής μέγιστης ισχύος. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε μικρότερος αριθμός ημερών απουσίας ανά τραυματισμό και πιθανή μείωση της εμφάνισης τους ανά 1000 ώρες παιχνιδιού της ομάδας που εκτέλεσε το πρόγραμμα με συσκευή αδράνειας. Επίσης, σημαντική βελτίωση βρέθηκε στην ικανότητα ταχύτητας 10 και 20 μέτρων και στην ικανότητα άλματος με αντιμεταθετική κίνηση. Κατά συνέπεια, το πρόγραμμα έκκεντρης ενδυνάμωσης οδήγησε σε μείωση της εμφάνισης και



σοβαρότητας των μυϊκών τραυματισμών και παρουσίασε βελτιώσεις σε παραμέτρους απόδοσης στο ποδοσφαίρου.

Τέλος, οι Mendez-Villanueva και συν. (2016) εξέτασαν την επίδραση διάφορων πρωτοκόλλων ενδυνάμωσης των οπίσθιων μηριαίων μυών στην δομή τους. Πιο συγκεκριμένα, 36 επαγγελματίες ποδοσφαιριστές χωρίστηκαν τυχαία σε τέσσερις ομάδες, στις οποίες η μία εκτέλεσε έκκεντρη άσκηση των οπίσθιων μηριαίων από γονατιστή θέση με κάμψη του σώματος προς τα εμπρός (Nordic), κάμψεις γονάτων σε συσκευή αδράνειας (0,0720 kg·m²), άρσεις θανάτου με την βοήθεια μιάντων πάνω από τα γόνατα (Russian belt) και έκταση ισχίου σε συσκευή αδράνειας από ύπτια θέση (0,219 kg·m²). Συγκεκριμένα, και οι τέσσερις ομάδες παρέμβασης εκτέλεσαν τέσσερα σετ των οκτώ επαναλήψεων με δύο λεπτά διάλειμμα ανά σετ. Ο χρόνος εγκάρσιας χαλάρωσης των οπίσθιων μηριαίων μυών πριν και αμέσως μετά την εκτέλεση των ασκήσεων υπολογίστηκε μέσω της μαγνητικής τομογραφίας. Μεταβολές παρατηρήθηκαν μετά την εφαρμογή κάμψεων των γονάτων με συσκευή αδράνειας στη μακρά και βραχεία κεφαλή του δικέφαλου μηριαίου και του ημιτενοντώδη μυός. Η άσκηση Nordic προκάλεσε σημαντική αύξηση στις περιοχές της βραχείας κεφαλής δικέφαλου μηριαίου και ημιτενοντώδη μυός. Επίσης, στις άρσεις θανάτου με Russian belt αυξήθηκαν σημαντικά όλες οι περιοχές της μακράς κεφαλής του δικεφάλου, ο ημιτενοντώδης και ο ημιμεμβρανώδης, καθώς και οι εγγύς και περιφερικές περιοχές της βραχείας κεφαλής του δικέφαλου μηριαίου. Τελικώς, μετά την προπόνηση έκτασης του ισχίου σε συσκευή αδράνειας, βελτίωση παρατηρήθηκε μόνο στις εγγύς και μεσαίες περιοχές της μακράς κεφαλής του δικέφαλου μηριαίου και του ημιτενοντώδη μυός. Η έρευνα παραθέτει σημαντικά ευρήματα σχετικά με τον ορθό σχεδιασμό της προπόνησης των οπίσθιων μηριαίων και, κατ' επέκταση, στην πρόληψη τραυματισμών σε επαγγελματίες ποδοσφαιριστές.

Πίνακας 4. Η επίδραση της προπόνησης με συσκευή αδράνειας στην πρόληψη τραυματισμών των κάτω άκρων.

Συγγραφείς	Δείγμα	Τύπος άσκησης	Διάρκεια/ Συχνότητα	Πρωτόκολλα/ Συσκευή αδράνειας	Αποτελέσματα	Pedro score
Askling, Karlsson & Thorstensson (2003)	n=30	Κάμψη Γόνατος	10 βδομάδες/ 1–2 φορές	EXP: 4 x 8 επανάλ./ YoYoTM	EXP: ↑ CON & ECC Force, T 30μ ↓ IR	5
de Hoyo & συν. (2015a)	n=36	Κάθισμα & Κάμψη Γόνατος	10 βδομάδες/ 1–2 φορές	EXP: 3 x 6 επανάλ./ YoYoTM / OPL	EXP: ↑ T 10, 20μ, CMJ ↓ IR	4
Mendez-Villanueva & συν. (2016)	n=36	Nordic Κάμψη Γόνατος Άρσεις θανάτου Έκταση Ισχίου	-	4 x 8 επαναλήψεις Y: YoYoTM/ 0.07208 kg·m ² VP: VersaPulley/ 0.21964 kg·m ²	Y: ↑ BF lh, SMT, SMB N: ↑ BF sh, SMT T: ↑ BF lh, SMT, SMB, εγγύς και περιφερικές περιοχές BF sh VP: ↑ εγγύς, μεσαίες περιοχές BF lh, SMT	5



CON: Σύγκεντρα, *ECC*: Έκκεντρα, *Force*: Δύναμη, *CMJ*: Άλμα με αντιμεταθετική κίνηση, *T*: Ταχύτητα, *BF lh*: μακρά κεφαλή δικεφάλου μυός, *BF sh*: βραχεία κεφαλή δικεφάλου, *SMT*: ημιτενοντώδης μυς, *SMB*: ημιμεμβρανώδη μυς, *IR*: εμφάνιση τραυματισμών, *N*: Nordic, *Y*: κάμψη γόνατος, *T*: άρσεις θανάτου, *VP*: έκταση Ισχίου

Συμπεράσματα

Η προπόνηση με συσκευή αδράνειας αποτελεί μία από τις πιο σύγχρονες μεθόδους προπόνησης των κάτω άκρων. Τα παραδοσιακά όργανα γυμναστικής και τα προγράμματα άσκησης κατ' επέκταση βασίζονται στην μάζα των οργάνων. Αντίθετα, στην άσκηση με συσκευή αδράνειας, η βαρύτητα της γης και του εξωτερικού φορτίου αντικαθίσταται με την επιτάχυνση που παράγεται από τους μύες, μέσω της ροπής αδράνειας των εφαρμοσμένων δίσκων. Η πολυπλοκότητα και οι μοναδικές ιδιότητες αυτών των συσκευών κρίνουν αναγκαία την διερεύνηση προγραμμάτων άσκησης με αυτές τις συσκευές και των επιδράσεων τους σε παραμέτρους της απόδοσης. Μία συστηματική αναζήτηση της βιβλιογραφίας πραγματοποιήθηκε με σκοπό να εξεταστούν οι επιδράσεις της άσκησης με συσκευή αδράνειας στην μυϊκή δύναμη, ισχύ και μυϊκή υπερτροφία, καθώς και την πρόληψη τραυματισμών. Σύμφωνα με τα ευρήματα της έρευνας, η προπόνηση με συσκευή αδράνειας επιδρά σημαντικά σε παραμέτρους της αθλητικής απόδοσης, βελτιώνοντας την ικανότητα ταχύτητας, την αλτική ικανότητα και την ικανότητα αλλαγής κατεύθυνσης. Επίσης, η χρήση κατάλληλων πρωτοκόλλων άσκησης με τέτοιες συσκευές μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του όγκου των μυών των κάτω άκρων. Τέλος, η άσκηση σε συσκευή αδράνειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο πρόληψης τραυματισμών, μειώνοντας την εμφάνιση τραυματισμών των οπισθίων μηριαίων μυών.

Το κάθισμα είναι μία από τις βασικές ασκήσεις που χρησιμοποιείται σε πολλά προγράμματα εκγύμνασης που έχουν σχεδιαστεί για να μεγιστοποιήσουν την αθλητική επίδοση. Όπως ήταν λογικό, αυτό οδήγησε τους συγγραφείς να αναλύσουν την επίδραση του όταν εκτελείται με την χρήση συσκευών αδράνειας. Από τα ευρήματα των μελετών παρατηρήθηκε ότι η εκτέλεση καθισμάτων με αυτές τις συσκευές φαίνεται να επιδρούν ευεργετικά στην βελτίωση της αθλητικής απόδοσης, ενισχύοντας την ικανότητα ταχύτητας, άλματος και αλλαγής κατεύθυνσης (de Hoyo et al., 2015a). Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η εφαρμογή του καθίσματος πέρα από τις ισχυρές νευρομυϊκές προσαρμογές, οδηγεί σε αύξηση του μυϊκού όγκου, καθώς προκαλεί μυϊκή υπερτροφία του τετρακεφάλου μυός (Illera-Domínguez et al., 2018). Όπως γίνεται αντιληπτό, η έκκεντρη υπερφόρτωση παρέχει μία ολοκληρωμένη ενεργοποίηση των μυών των κάτω άκρων και αυτό μεταφράζεται με βελτιώσεις της ταχύτητας δρόμου 10 και 20 μέτρων, καθώς επίσης και του άλματος με αντιμεταθετική κίνηση (de Hoyo et al., 2015c).

Επίσης, άξιο αναφοράς είναι οι μοναδικές ιδιότητες που παρέχει η προπόνηση με συσκευές αδράνειας, προκαλώντας μεγαλύτερη έκκεντρη υπερφόρτωση και αυξημένες μεταβολικές απαιτήσεις, σε σχέση με την προπόνηση με ελεύθερα βάρη (Núñez, Suarez-Arrones, Cater, & Mendez-Villanueva, 2017; Raeder et al., 2016). Λόγω της ιδιαίτερης κατασκευής και μηχανικής τους μπορούν να παρέχουν στους αθλητές και στους ειδικούς των αθλημάτων και αγωνισμάτων μία πληθώρα από ασκήσεις. Συγκεκριμένα, μέσω αυτών των συσκευών μπορούν να πραγματοποιηθούν κινήσεις που εκτελούν οι αθλητές κατά την διάρκεια της προπόνησης ή του αγώνα. Πέρα λοιπόν από τις ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας ή ελεγχόμενου εύρους κίνησης, μπορεί να γίνει εκπαίδευση των δεξιοτήτων των αθλητών υπό την εφαρμογή εξωτερικής αντίστασης. Από τις μελέτες που αναλύθηκαν παρατηρήθηκε ότι η εφαρμογή πολυδιάστατων κινήσεων με τέτοιες συσκευές μπορούν να ενισχύσουν την αθλητική απόδοση. Έξι έως οκτώ ειδικές με το άθλημα



ασκήσεις μπορεί να είναι ικανοποιητικές για την αύξηση της μυϊκής ισχύος των κάτω άκρων (Tous-Fajardo et al., 2016).

Με βάση τα τρέχοντα δεδομένα συνιστάται η προπόνηση με συσκευή αδράνειας, με συχνότητα εκτέλεσης 2 – 3 φορές εβδομαδιαίως. Ωστόσο, λόγω των υψηλών νευρομυϊκών και φυσιολογικών απαιτήσεων για τον οργανισμό που έχει ο συγκεκριμένος τύπος άσκησης, κρίνεται συνετό η εκτέλεση τέτοιων προπονήσεων να απέχουν τουλάχιστον δύο ημέρες μεταξύ τους, ώστε να υπάρξει επαρκής χρόνος αποκατάστασης (Raeder et al., 2016). Ειδικότερα, κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου, οι προπονήσεις των κάτω άκρων με τέτοιες συσκευές θα πρέπει να μειωθούν σε μία συνεδρία στις αρχές της εβδομάδας. Λίγες βδομάδες προπόνησης με υιοθέτηση αυτής της μεθόδου μπορούν να αυξήσουν εξίσου την δύναμη, την ισχύ και τον όγκο των μυών των κάτω άκρων. Προγράμματα προπόνησης διάρκειας έξι έως οκτώ εβδομάδων φαίνεται να είναι ικανοποιητικά για την βελτίωση των παραμέτρων της απόδοσης. Ωστόσο, με τον ορθό σχεδιασμό ενός προγράμματος ενδυνάμωσης, θα ήταν εφικτή η εφαρμογή του για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Η εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης με συσκευή αδράνειας φαίνεται να είναι ευεργετική τόσο για την βελτίωση παραμέτρων της αθλητικής απόδοσης όσο και για την πρόληψη τραυματισμών. Είναι αποδεδειγμένο ότι πρωτόκολλα άσκησης που περιλαμβάνουν έκκεντρη σύσπαση των μυών έχουν σημαντικές επιδράσεις στους αγωνιστές μύες που συμμετέχουν στην κίνηση. Συγκεκριμένα, 4 – 5 σετ των 7 – 10 μέγιστων επαναλήψεων μπορεί να οδηγήσει σε μυϊκή υπερτροφία των κάτω άκρων. Αντίθετα, 3 - 4 σετ των 6 – 8 επαναλήψεων φαίνεται να βελτιώνει την μυϊκή ισχύ και δύναμη, καθώς επίσης και να μειώσει τους τραυματισμούς. Ωστόσο, γίνεται αντιληπτό ότι για τον ορισμό των κατάλληλων σετ, επαναλήψεων, χρόνου διαλείμματος, όπως και για τον ορθό σχεδιασμό του προγράμματος προπόνησης, θα πρέπει να υπολογιστούν και οι ιδιότητες της συσκευής αδράνειας που θα χρησιμοποιηθεί. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι η ένταση της άσκησης σε συσκευές VersaPulley είναι μικρότερη σε σχέση με την άσκηση σε YoYo. Η διαφορά παρατηρείται κατά την διάρκεια της έκκεντρης φάσης, όπου η χρήση των VersaPulley συσκευών παράγουν μικρές έκκεντρες δυνάμεις με υψηλές ταχύτητες κίνησης, σε αντίθεση με τις συσκευές YoYo, όπου παρατηρούνται υψηλότερες παραγόμενες δυνάμεις με μικρότερη ταχύτητα (Tous-Fajardo, 2005).

Εν κατακλείδι, κρίνεται αναγκαία η συνέχιση της διερεύνησης των επιδράσεων των συσκευών αυτών στην μυϊκή λειτουργία των κάτω άκρων. Επιπλέον, σημαντική είναι η οριοθέτηση των κατάλληλων φορτίων για την βελτίωση των εκάστοτε παραμέτρων της απόδοσης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην έρευνα των μακροχρόνιων επιδράσεων (μεγαλύτερων των 12 εβδομάδων) της προπόνησης με τέτοιες συσκευές. Μάλιστα, τα ευρήματα μίας τέτοιας μελλοντικής έρευνας μπορεί να βοηθήσουν τους ειδικούς αθλημάτων για τον ορθό σχεδιασμό των προγραμμάτων, αλλά και για την εφαρμογή διάφορων μοντέλων περιοδισμού, σύμφωνα με τις ανάγκες των αθλητών.

Βιβλιογραφία

- ACSM-American College of Sports Medicine position stands (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, 3, 687-708.
- Asklings, C., Karlsson, J. & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13, 4, 244-250.



- Bara Filho, M., Manso, J.G., Sarmiento, S., Medina G. (2008). Hamstrings co-contraction in knee extension during isoinertial strength work. *Revista Brasileira de Biomecânica*, 9, 16, 12-17.
- Berg, H., & Tesch, A. (1994). A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 65, 8, 752-756.
- Berg, H., & Tesch, P. (1992). Designing methods for musculoskeletal conditioning in weightlessness. *Physiologist*, 35(1 Suppl), 96-98.
- Chiu, L. Z. F. & Salem, G. J. (2006). Comparison of joint kinetics during free weight and flywheel resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 3, 555-562.
- Clark, R., Bryant, A., Culgan, J. P. & Hartley, B. (2005). The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*, 6, 2, 67-73.
- Cook, C. J., Beaven, C. M., & Kilduff, L. P. (2013). Three weeks of eccentric training combined with overspeed exercises enhances power and running speed performance gains in trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 5, 1280–1286.
- Cuenca-Fernandez, F., Lopez-Contreras, G., & Arellano, R. (2015). Effect on swimming start performance of two types of activation protocols: Lunge and YoYo squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29, 3, 647-655.
- de Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., et al. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of Sports Sciences*, 34, 14, 1380-1387.
- de Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S. et al. (2015a). Effects of a 10-Week In-Season Eccentric-Overload Training Program on Muscle-Injury Prevention and Performance in Junior Elite Soccer Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10, 1, 46-52.
- de Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Domínguez-Cobo, S., Mateo-Cortes, J., Cadenas-Sánchez, M. M. M., et al. (2015b). Effects of Traditional Versus Horizontal Inertial Flywheel Power Training on Common Sport-Related Tasks. *Journal of Human Kinetics*, 47, 1, 155-167.
- de Hoyo, M., de la Torre, A., Pradas, F., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., et al. (2015c). Effects of eccentric overload bout on change of direction and performance in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 36, 4, 308-314.
- De Paula Simola, R.A., Harms, N., Raeder, C., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M., et al. (2015). Assessment of neuromuscular function after different strength training protocols using tensiomyography. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29, 5, 1339-1348.
- Elkins, M. R., Moseley, A. M., Sherrington, C., et al. (2013). Growth in the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) and use of the PEDro scale. *British Journal of Sports Medicine*, 47, 4, 188–189.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L., et al. (2017). Eccentric Overload Training in Team-Sports Functional Performance: Constant Bilateral Vertical vs. Variable Unilateral Multidirectional Movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 7, 951-958.
- Hill, A. (1920). An instrument for recording the maximum work in muscular contraction. *Journal of Physiology*, 53, 88-90.
- Hruda, K., Hicks, A., & McCartney, N. (2003). Training for muscle power in older adults: effects on functional abilities. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28, 2, 178-189.



- Illera-Domínguez, V., Nuell, S., Carmona, G., Padullés, J. M., Padullés, X., Lloret, M., et al. (2018) Early Functional and Morphological Muscle Adaptations During Short-Term Inertial-Squat Training. *Frontiers in Physiology*, 10, 9, 1265.
- Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J., de Paz, J. A. (2017). Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20, 10, 943–951.
- McBride, J. M., McCaulley, G.O. & Cormie, P. (2008). Influence of pre-activity and eccentric muscle activity on concentric performance during vertical jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 3, 750-757.
- Mendez-Villanueva, A., Suarez-Arrones, L., Rodas, G., Fernandez-Gonzalo, R., Tesch, P., Linnehan, R., et al. (2016). MRI-Based Regional Muscle Use during Hamstring Strengthening Exercises in Elite Soccer Players. *PLoS ONE*, 11, 9, e0161356.
- Meylan, C., Cronin, J. & Nosaka, K. (2008). Isoinertial assessment of eccentric muscular strength. *Strength and Conditioning Journal*, 30, 2, 56-64.
- Mosteiro-Muñoz, F. & Domínguez, R. (2016). Effects of inertial overload resistance training on muscle function. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 17, 68, 757-773.
- Naczki, M., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J., Naczki, A., Adach, Z. (2014). Training Effectiveness of The Inertial Training and Measurement System. *Journal of Human Kinetics*, 44, 9, 19-28.
- Norrbrand, L., Tous-Fajardo, J., Vargas, R. & Tesch, P. A. (2011). Quadriceps muscle use in the flywheel and barbell squat. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 82, 1, 13-19.
- Norrbrand, L., Pozzo, M. & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *Journal of Applied Physiology*, 110, 5, 997-1005.
- Norrbrand, L., Fluckey, J., D., Pozzo, M. & Tesch, P.A. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European Journal of Applied Physiology*, 102, 3, 271-281.
- Núñez, F. J., Santalla, A., Carrasquilla, I., Asian, J. A., Reina, J. I., Suarez-Arrones, L. J. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS ONE*, 13, 3, e0193841.
- Núñez, F. J., Suarez-Arrones, L. J., Cater, P. & Mendez-Villanueva, A. (2017). The High Pull Exercise: A Comparison Between a Versapulley Flywheel Device and the Free Weight. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 4, 527-532.
- Raeder, C., Wiewelhove, T., Westphal-Martinez, M. P., Fernandez-Fernandez, J., de Paula Simola, R. A., Kellmann, M., et al. (2016). Neuromuscular fatigue and physiological responses after five dynamic squat exercise protocols. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30, 4, 953-965.
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 43, 8, 556–568.



- Seynnes, O. R., de Boer, M. & Narici, M. V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 102, 1, 368-373.
- Simenz, C. J, Dugan, C. A, & Ebben, W. P. (2005). Strength and Conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 3, 495-504.
- Sheppard, J., Hobson, S., Barker M., Taylor, K., Chapman, D., McGuigan, M., et al. (2008). The Effect of Training with Accentuated Eccentric Load Counter-Movement Jumps on Strength and Power Characteristics of High-Performance Volleyball Players, *International Journal of Sports Science & Coaching*, 3, 3, 355-363.
- Stone, H. M. (1990). Muscle conditioning and muscle injuries. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 4, 457-462.
- Svantesson, U., Grimby, G., & Thomee, R. (1994). Potentiation of concentric plantar flexion torque following eccentric and isometric muscle actions. *Acta Physiologica Scandinavica*, 152, 3, 287-293.
- Turner, A. N. & Jeffreys, I. (2010). The Stretch-Shortening Cycle: Proposed Mechanisms and Methods for Enhancement. *Strength and Conditioning Journal*, 32, 4, 87-99.
- Tesch, P. A., Fernandez-Gonzalo, R., Lundberg, T. R. (2017). Clinical Applications of Iso-Inertial, Eccentric-Overload (YoYo™) Resistance Exercise. *Frontiers in Physiology*, 27, 8, 241-257.
- Tesch, P. A., Ekberg, A., Lindquist, D. M. & Trieschmann, J. T. (2004). Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. *Acta Physiologica Scandinavica*, 180, 1, 89-98.
- Tous-Fajardo, J. (2005). Strength Training at FC Barcelona. *Insight Live*, 11.
- Tous-Fajardo, T., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L. & Tesch, P. (2016). Enhancing Change-of-Direction Speed in Soccer Players by Functional Inertial Eccentric Overload and Vibration Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11, 1, 66-73.
- Walker, E., Hernandez, A. V. & Kattan M. W. (2008). Meta-analysis: Its strengths and limitations. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 75, 6, 431-439.
- Wisløff, U., Helgerud, J. & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 3, 462-467.





The effect of training with inertial devices on sports performance and injury prevention

Arsenis, S.*, Gioftsidou, A., Malliou, P., Chatzinikolaou, A., Gogos, D., Beneka, A., Ispirlidis, I., Godolias, G.

Democritus University of Thrace

ABSTRACT

Training with inertial devices is one of the most modern training methods of lower limbs. Exercises with these devices are based on the moment of inertia of the discs and the speed of the movement. When performing the exercise, high power and strength values are produced, causing significant changes on lower limbs. The purpose of this scoping review was to investigate the effect of training with such devices on the function of the lower limb muscles concerning sports performance and injury prevention. According to the findings of the review, it was observed that training with flywheel devices increase significant the strength, power and hypertrophy of the lower limb muscles. This training method seems to be beneficial in improving athletic performance, enhancing the ability of vertical jump, sprinting speed at 10 and 20 meters and change of direction ability. Training programs using inertial device of 6 - 8 weeks duration with a frequency of 2 - 3 times a week are ideal to improve parameters of physical performance. In conclusion, training with flywheel devices is an effective way of exercise, causing significant changes in lower limb muscle function and thus reducing the occurrence of injuries.

Key words: inertial devices; strength; power; hypertrophy; injury prevention.