



Η άμεση επίδραση των ισομετρικών συσπάσεων και του χρόνου αποκατάστασης στο κατακόρυφο άλμα αθλητριών πετοσφαίρισης μετρίου επιπέδου

Μάλφα, Ε. Α., Καρράς, Κ.*, Τσούκος, Α., Μπογδάνης, Γ., Μπαρζούκα, Κ., Σωτηρόπουλος, Κ.
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της άμεσης επίδρασης ισομετρικής άσκησης και του χρόνου αποκατάστασης στο κατακόρυφο άλμα πετοσφαιριστριών μετρίου επιπέδου. Δώδεκα υγιείς αθλήτριες ($21,9 \pm 1,6$ ετών) συμμετείχαν σε δύο συνθήκες όπου στη μια εκτέλεσαν κατακόρυφα άλματα με ταλάντευση (CMJ) πριν την εκτέλεση 3 μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων στο ημικάθισμα $\frac{1}{4}$ καθώς και στο 3ο, 8ο, 12ο, 20ο και 30ο min της αποκατάστασης (πειραματική συνθήκη-ISO), ενώ στην άλλη εκτέλεσαν τα CMJ στις ίδιες χρονικές στιγμές χωρίς την εκτέλεση ισομετρικών συσπάσεων (συνθήκη ελέγχου – CTRL). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η επίδοση του CMJ στη συνθήκη ISO υπερέιχε της αντίστοιχης της συνθήκης CTRL κατά 3,4% ($p=0,048$), ενώ ανεξαρτήτως συνθήκης μειώθηκε ως προς την αρχική μέτρηση στο 3ο, 20ο και 30ο min της αποκατάστασης κατά 2,9, 3,1 και 6%, αντίστοιχα. Όταν ελήφθησαν υπόψη οι βέλτιστες ατομικές επιδόσεις στο στάδιο της αποκατάστασης, βρέθηκε ότι το CMJ στη συνθήκη ISO υπερέιχε του αντίστοιχου της συνθήκης CTRL κατά 4,2% ($p<0,05$). Συμπερασματικά, η ισομετρική άσκηση μέγιστης έντασης μπορεί να είναι αποτελεσματική για τη βελτίωση του κατακόρυφου άλματος, εάν εφαρμοστεί με εξατομικευμένο χρονισμό. Αυτό έχει πρακτικές προεκτάσεις για την προπονητική σε αθλήματα που απαιτούν εκρηκτική δύναμη.

Λέξεις κλειδιά: μετασκησιακή ενεργοποίηση, ημικάθισμα $\frac{1}{4}$ με μπάρα, δυναμοδάπεδο.

Εισαγωγή

Από τη δεκαετία του 1980 είχε διατυπωθεί η άποψη ότι η εκούσια άσκηση με υπομέγιστα έως υψηλά φορτία είναι σε θέση να ενεργοποιήσει το κεντρικό νευρικό σύστημα δημιουργώντας ευνοϊκό περιβάλλον για την απόδοση σε ταχιδυναμικές των ενέργειες που ακολουθούν με χαμηλότερα φορτία (Verhoshansky, 1986). Αν και η πλέον εμφανής επίδραση μιας προηγηθείσας δραστηριότητας μπορεί να είναι η κόπωση που μειώνει την απόδοση των επόμενων ενεργειών, στον αντίποδά της παρατηρείται το φαινόμενο της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης (ΜΔΕ) το οποίο τείνει να αυξήσει τη δύναμη και την ισχύ (MacIntosh & Shahi, 2011; D. Sale, 2004; D. G. Sale, 2002; Tillin & Bishop, 2009). Η άμεση ασκησιογενής αύξηση της απόδοσης δεν εξαρτάται μόνον από την αλληλεπίδραση των παραπάνω δύο φαινομένων, αλλά και από παράγοντες όπως η αύξηση της θερμοκρασίας των

Διεύθυνση αλληλογραφίας:

Καρράς Κωνσταντίνος
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικής Αντίστασης 41, 17237 Δάφνη, Αθήνα

E-mail:

kostadinuskarras7@gmail.com

συμμετεχόντων μυών (Blazevich & Babault, 2019; Zimmermann et al., 2020). Η ΜΔΕ, η οποία αποδίδεται κυρίως στη φωσφορυλίωση των ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης, θεωρείται ότι συμβάλλει στη βελτίωση της απόδοσης στα πρώτα λεπτά μετά από μια άσκηση ενεργοποίησης (Blazevich & Babault, 2019; French, D.N., W.J. Kraemer & Cooke., 2003; Gullich & Schmidtbleicher, 1996), ενώ η αύξηση της θερμοκρασίας του μυός και ο νευρικός παράγοντας φαίνεται ότι μπορεί να αυξήσουν τη μυϊκή ισχύ για χρονικό διάστημα έως και 18,5 min μετά από αυτή (Bevan et al., 2010; Seitz et al., 2014; Wilson et al., 2013). Το μέγεθος βελτίωσης της απόδοσης επηρεάζεται από έναν συνδυασμό παραμέτρων όπως ο όγκος της άσκησης ενεργοποίησης, η έντασή της, το προπονητικό επίπεδο των ασκούμενων, το φύλο, τα νευρομυϊκά τους χαρακτηριστικά αλλά και τον τύπο των μυϊκών συσπάσεων που εκτελούνται (Bogdanis et al., 2014, 2019; Tillin & Bishop, 2009; Tsoukos et al., 2016, 2021). Ωστόσο, όταν επί ισοσταθμισμένου όγκου άσκησης ενεργοποίησης, αξιολογήθηκε η επίδραση του τύπου των μυϊκών συσπάσεων στο κατακόρυφο άλμα αθλητών στίβου υψηλού επιπέδου βρέθηκε ότι οι ισομετρικές υπερείχαν τόσο των σύγκεντρων όσο και των έκκεντρων (Bogdanis et al., 2014). Διαπιστώθηκε, επίσης, ότι ο χρόνος επίτευξης της υψηλότερης επίδοσης στο κατακόρυφο άλμα μετά από τις ισομετρικές συσπάσεις ήταν για τους περισσότερους από τους συμμετέχοντες μεταξύ 4 και 12 min. Με δεδομένη τη σημασία που έχει για τα περισσότερα εκ των ομαδικών αθλημάτων η άμεση αύξηση της παραγόμενης ισχύος (Abade et al., 2024; Al Kitani et al., 2021; Bevan et al., 2010; Sue et al., 2016) ο εντοπισμός της βέλτιστης χρονικής περιόδου εντός της οποίας μπορεί να επιτευχθεί μετά από την εκτέλεση μια άσκησης ενεργοποίησης υπήρξε αντικείμενο συστηματικής διερεύνησης (Dello Iacono et al., 2018; Dello Iacono & Seitz, 2018; Seitz et al., 2014; Sotiropoulos et al., 2014; Sue et al., 2016). Ωστόσο, στις περισσότερες από αυτές τις μελέτες οι ερευνητές χρησιμοποίησαν ασκήσεις δυναμικού χαρακτήρα ενδεχομένως λόγω της μεγαλύτερης συνάφειας που είχαν με τις υπό αξιολόγηση ενέργειες (Dobbs et al., 2019). Όμως προηγούμενες μελέτες που χρησιμοποίησαν ισομετρικές συσπάσεις (Bogdanis et al., 2014; Tsoukos et al., 2016) δείχνουν ότι μπορούν και να ανοίξουν στους αθλητές των ομαδικών αθλημάτων ένα επιπλέον παράθυρο ευκαιρίας για την αξιοποίηση της άσκησης με ισομετρικές συσπάσεις για την πρόσκληση μεταδιεγερτικής αύξησης της απόδοσης.

Ως εκ τούτου, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της άμεσης επίδρασης της ισομετρικής άσκησης και της διάρκειας της αποκατάστασης στο κατακόρυφο άλμα αθλητριών πετοσφαίρισης μετρίου επιπέδου.

Ως εκ τούτου, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της άμεσης επίδρασης της ισομετρικής άσκησης στο κατακόρυφο άλμα αθλητριών πετοσφαίρισης μετρίου επιπέδου με έμφαση στον εξατομικευμένο χρόνο αποκατάστασης.

Μέθοδος

Συμμετέχοντες

Στη μελέτη έλαβαν μέρος εθελοντικά 12 υγιείς και δίχως μυοσκελετικά προβλήματα πετοσφαιρίστριες, οι οποίες αγωνιζόντουσαν στο Πρωτάθλημα Β΄ Εθνικής κατηγορίας της Ελληνικής Ομοσπονδίας Πετοσφαίρισης. Για τις συμμετέχουσες χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα κριτήρια αποκλεισμού: (α) η συμμετοχή σε επίπεδο διάφορο της Β΄ Εθνικής κατηγορίας κατά την έναρξη της μελέτης (β) η μικρότερη του 1 έτους εμπειρία στην προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης. Τα χαρακτηριστικά των αθλητριών που έλαβαν μέρος μελέτη παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Οι αθλήτριες είχαν προπονητική εμπειρία πλέον των 6 ετών και συμμετείχαν στην έρευνα, αφού προηγουμένως είχαν υπογράψει δήλωση συγκατάθεσης στην οποία περιγράφονταν ο σκοπός, η



πειραματική διαδικασία και οι πιθανοί κίνδυνοι, όπως εξάλλου προβλέπονταν από σχετική απόφαση της επιτροπής βιοηθικής και δεοντολογίας της ΣΕΦΑΑ του ΕΚΠΑ (αρ. πρωτ. 1514/19-04-2023). Η προπονητική τους εμπειρία αναφορικά με την προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης ήταν 1-2 έτη και αφορούσε τη συμμετοχή τους σε 1-2 προπονητικές μονάδες εβδομαδιαίως με ελεύθερα βάρη και χαμηλά έως μέτρια φορτία.

Πίνακας 1. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά δοκιμαζομένων

Σωματομετρικά χαρακτηριστικά	Μέση τιμή	Εύρος τιμών	Τυπική απόκλιση
Ηλικία (έτη)	21,9	19-26	1,6
Σωματική μάζα (kg)	70,9	58,5-89,6	8,6
Ύψος (m)	1,74	1,63-1,81	0,06

Όργανα μέτρησης

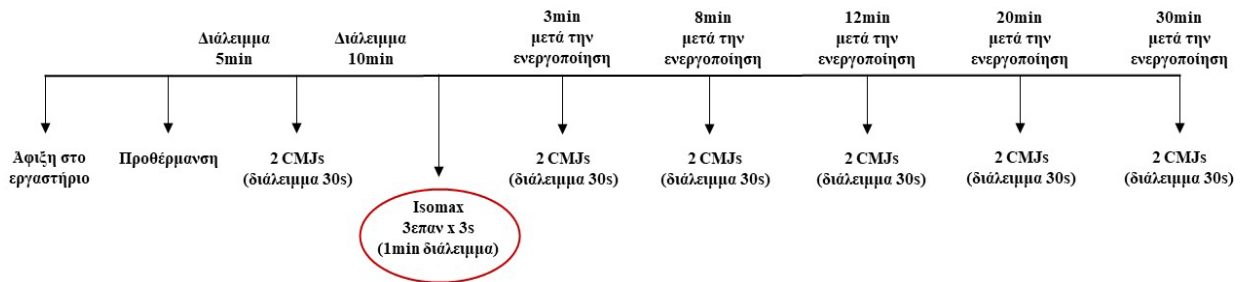
Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας και του ύψους από όρθια θέση χρησιμοποιήθηκε ψηφιακός ζυγός τύπου Seca και αναστημόμετρο τύπου Seca 217 με ακρίβεια 0,1 kg και 0,1 cm, αντίστοιχα. Για την αξιολόγηση του κατακόρυφου άλματος και της μέγιστης ισομετρικής δύναμης (ΜΙΔ) των κάτω άκρων χρησιμοποιήθηκε φορητό δυναμοδάπεδο (Biosignalplux, Lisbon, Portugal) με διαστάσεις 4500 x 4500 mm. Το πρωτογενές ηλεκτρικό σήμα που συλλέχθηκε με συχνότητα δειγματοληψίας 1000 Hz, φιλτραριζονταν μέσω φίλτρου κατωδιαπερατότητας 20 Hz (second-order Butterworth low-pass digital filter). Με τη χρήση ειδικού λογισμικού καταγραφής (OpenSignals, Biosignalplux, Lisbon, Portugal) πραγματοποιούνταν η καταγραφή της μέγιστης δύναμης κατά τη συνολική διάρκεια της άσκησης.

Διαδικασία

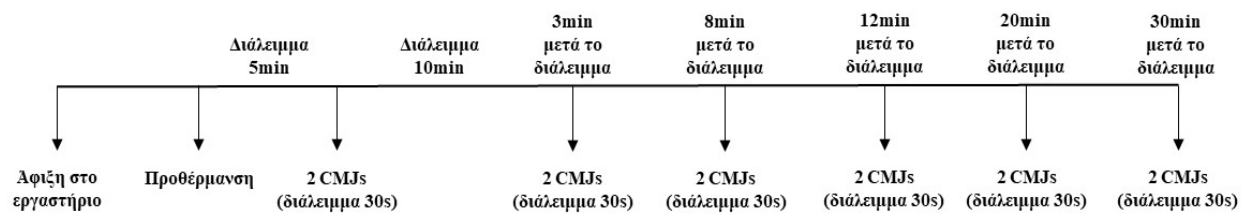
Η μελέτη πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά το πέρας της αγωνιστικής περιόδου 2023-24. Για τις ανάγκες της μελέτης οι αθλήτριες πραγματοποίησαν 4 διαδοχικές επισκέψεις στο εργαστήριο. Ειδικότερα, 1 εβδομάδα πριν από την έναρξη των προγραμματισμένων δοκιμασιών, οι αθλήτριες προσήλθαν προκειμένου να πραγματοποιηθούν ανθρωπομετρήσεις αλλά και εξοικείωσή τους με τις δοκιμασίες στις οποίες επρόκειτο να συμμετέχουν. Στη συνέχεια, 72h πριν από την έναρξη των δοκιμασιών, πραγματοποιήθηκε ακόμη μια επίσκεψη εξοικείωσης με τις δοκιμασίες. Κατόπιν οι αθλήτριες προσήλθαν στο εργαστήριο για την πραγματοποίηση του πρώτου εκ των προγραμματισμένων πρωτοκόλλων με τυχαία σειρά και αντιστάθμιση, υπό την προϋπόθεση ότι 48h πριν δε μετείχαν σε έντονης μορφής αθλητική δραστηριότητα. Σε κάθε πρωτόκολλο οι δοκιμαζόμενες ακολούθησαν προκαθορισμένη προθέρμανση διάρκειας 10 min που περιλάμβανε τροχάδην με ένταση που αντιστοιχούσε στο 50 έως 60% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας, δυναμικές διατάσεις, skipping κ.λπ. Στη συνέχεια και μετά από διάλειμμα 5 min εκτελέστηκαν δύο κατακόρυφα άλματα με ταλάντευση (CMJ, με διάλειμμα 30s μεταξύ τους). Κατόπιν και μετά από 10 min ανάπαυσης είτε εκτελέστηκε η άσκηση ενεργοποίησης που περιλάμβανε 3 μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις των κάτω άκρων από θέση ημικαθίσματος $\frac{1}{4}$ με μπάρα (γωνία γόνατος: 140ο) διάρκειας 3s, με διάλειμμα 1min μεταξύ τους (πρωτόκολλο ισομετρικών συσπάσεων, ISO) είτε δεν εκτελέστηκε άσκηση ενεργοποίησης (πρωτόκολλο ελέγχου, CTRL). Στη συνέχεια



επαναξιολογήθηκε το κατακόρυφο άλμα (2 CMJ) σε 5 χρονικές στιγμές: στα 3, 8, 12, 20 και 30 min της αποκατάστασης (Σχήματα 1 και 2, αντίστοιχα).



Σχήμα 1. Πρωτόκολλο ενεργοποίησης με τη χρήση ισομετρικών συσπάσεων. CMJs: κατακόρυφα άλματα με ταλάντευση, Isomax: μέγιστη ισομετρική σύσπαση

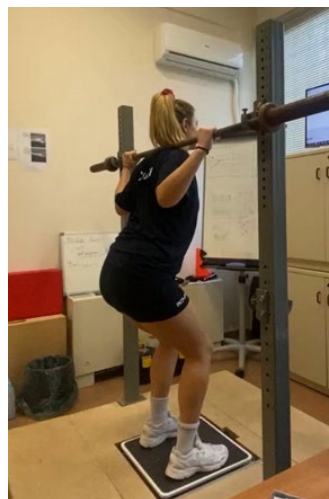


Σχήμα 2. Πρωτόκολλο ελέγχου. CMJs: άλματα με ταλάντευση, Isomax: μέγιστη ισομετρική σύσπαση.

Περιγραφή των δοκιμασιών

Ισομετρικά ημικαθίσματα

Οι μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις κατά τη διάρκεια του ημικαθίσματος $\frac{1}{4}$ με μπάρα πραγματοποιήθηκαν σε ειδική μεταλλική κατασκευή. Οι δοκιμαζόμενες τοποθετούνταν κάτω από τη μπάρα με τρόπον ώστε η γωνία στην άρθρωση του γόνατος να είναι 140° (Εικόνα 1). Ένας έμπειρος προπονητής φυσικής κατάστασης ήλεγχε τη διαδικασία. Για την καταγραφή της δύναμης (Fz) χρησιμοποιήθηκε το παραπάνω αναφερόμενο δυναμοδάπεδο (Biosignalplux, Lisbon, Portugal) το οποίο ήταν προσαρμοσμένο στην ειδική μεταλλική κατασκευή (Εικόνα 1). Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας οι αθλήτριες ελάμβαναν άμεση ανατροφοδότηση της προσπάθειας που κατέβαλαν, μέσω της κυματομορφής που απεικονίζονταν ευκρινώς σε οθόνη τοποθετημένη εντός του οπτικού τους πεδίου.



Εικόνα 1. Εκτέλεση μέγιστης ισομετρικής σύσπασης από θέση ημικαθίσματος $\frac{1}{4}$



Κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση

Το ύψος του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση (CMJ) υπολογίστηκε από την ταχύτητα απογείωσης η οποία προσδιορίστηκε από την καταγραφή των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους από τους παρακάτω τύπους :

$$V_{zTO} = \int_{TC}^{TO} \frac{(F_z(t) - mg).dt}{m} \quad \text{και} \quad H = \frac{V_{zTO}^2}{2g}, \quad \text{όπου}$$

V_{zTO} : κατακόρυφη ταχύτητα του κέντρου μάζας σώματος κατά την απογείωση

TO : απογείωση

TC : έναρξη σύγκεντρης φάσης

$F_z(t)$: κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης του εδάφους

m : σωματική μάζα

g : επιτάχυνση της βαρύτητας ($9,81 \text{ m.sec}^{-2}$)

H : ύψος άλματος

Κατά την εκτέλεση των αλμάτων οι δοκιμαζόμενες κρατούσαν τα χέρια τους σε θέση μεσολαβής. Ως δείκτης αξιοπιστίας εξέτασης-επανεξέτασης για το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης ενδοταξικής συσχέτισης (Intra-class correlation coefficient-ICC) ο οποίος βρέθηκε ότι ήταν 0.97 ($p < 0,01$).

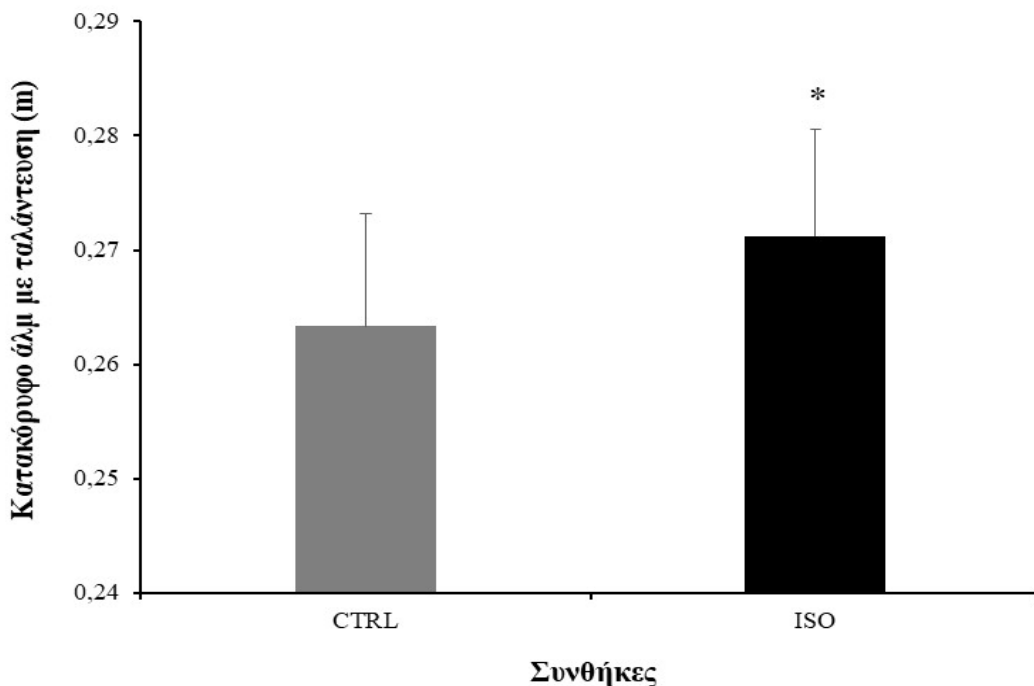
Στατιστική Ανάλυση

Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS (IBM SPSS Statistics Version 23.0). Η κανονικότητα της κατανομής των δεδομένων ελέγχθηκε με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov. Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν δείκτες περιγραφικής στατιστικής (μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις) για όλες τις υπό εξέταση μεταβλητές. Για τον έλεγχο της επίδρασης των διαφορετικών πρωτοκόλλων, στην απόδοση του κατακόρυφου άλματος και στις διαφορετικές χρονικές στιγμές (πριν από την άσκηση με ισομετρικές συσπάσεις και στο 3°, 8°, 12°, 20° και 30° min της αποκατάστασης) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με 2 παράγοντες οι οποίοι επαναλαμβάνονταν (Πρωτόκολλο άσκησης x Μετρήσεις). Για τη διερεύνηση των σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey HSD. Ως επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε το $p < 0,05$ ενώ το μέγεθος της επίδρασης (Effect Size) για την ANOVA προσδιορίστηκε με το η^2 .

Αποτελέσματα

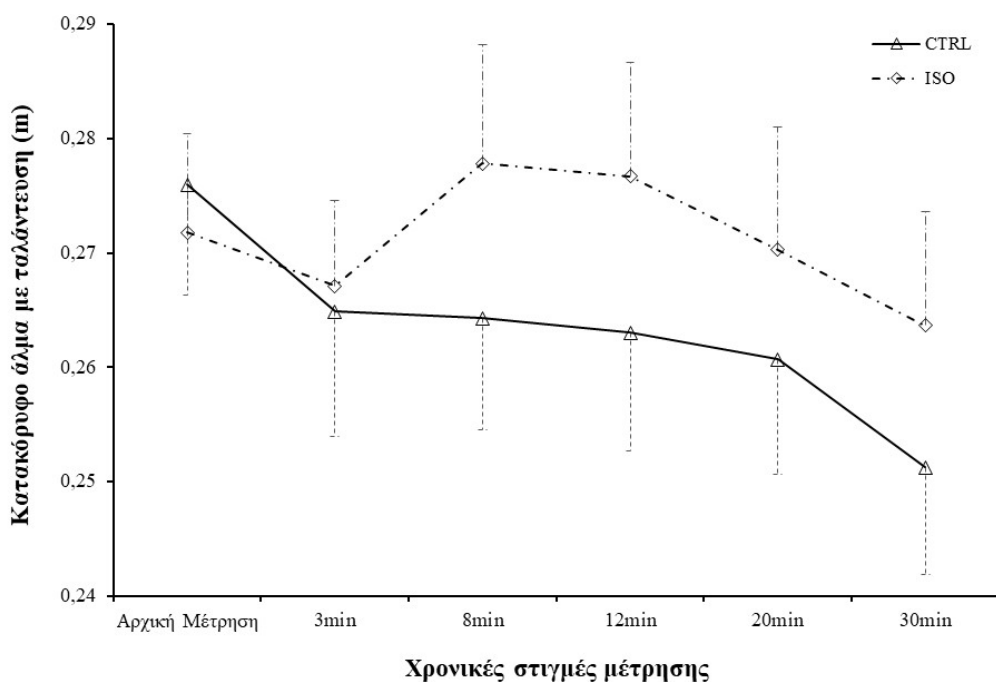
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης δύο παραγόντων (2-Way Repeated Anova), (2 συνθήκες x 6 χρονικές στιγμές) διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «συνθήκες» και «χρονικές στιγμές μέτρησης» ($F(5, 55) = 1,7, p > 0,05, \eta^2 = 0,13$). Ωστόσο, βρέθηκε σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «συνθήκες» ($F(1, 11) = 4,91, p = 0,048, \eta^2 = 0,31$), με τις επιδόσεις των κατακόρυφων αλμάτων με ταλάντευση της συνθήκης με τη χρήση ισομετρικών συσπάσεων (ISO) να διαφέρουν από τις αντίστοιχες της συνθήκης ελέγχου (Σχήμα 3). Η επίδοση που καταγράφηκε στο πλαίσιο της πειραματικής συνθήκης με τη χρήση των ισομετρικών συσπάσεων ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη της συνθήκης ελέγχου κατά $3,4 \pm 7,9\%$.





Σχήμα 3. Κύρια επίδραση των επιμέρους συνθηκών στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση στο σύνολο των μετρήσεων *: $p < 0,05$ από τη συνθήκη ελέγχου, CTRL: συνθήκη ελέγχου, ISO: συνθήκη ενεργοποίησης με ισομετρικές συσπάσεις

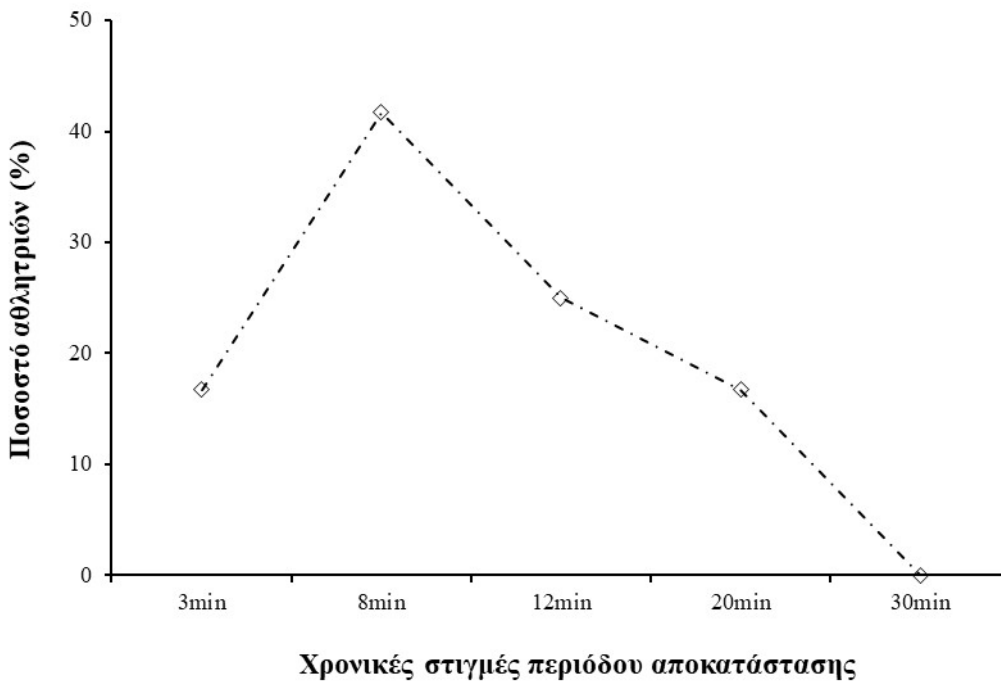
Επιπλέον, βρέθηκε σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «χρονικές στιγμές μέτρησης» $F_{(5, 55)}=7.59, p=0,001, \eta^2=0,45$), με την επίδοση του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση να μειούται σε σύγκριση με την αρχική μέτρηση στο 3^ο, 20^ο και 30^ο min της αποκατάστασης κατά 2,9, 3,1 και 6%, αντίστοιχα (Σχήμα 4).



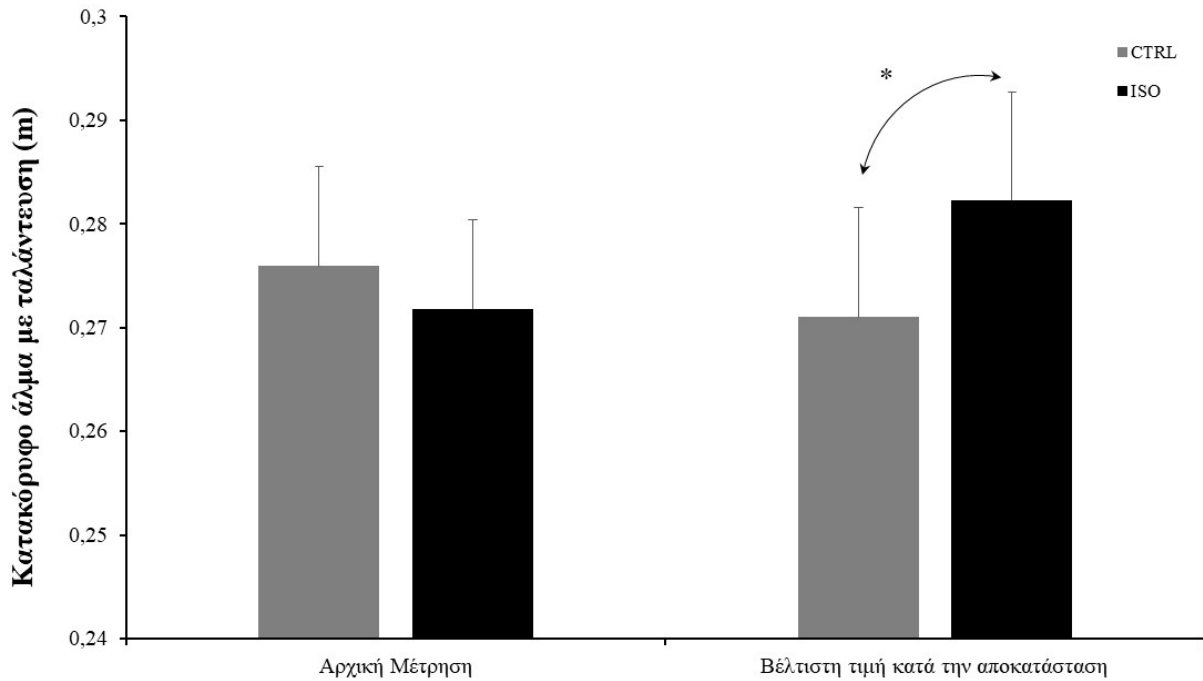
Σχήμα 4. Μεταβολή του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση ανά συνθήκη ($X \pm SE$). CTRL: συνθήκη ελέγχου, ISO: συνθήκη με χρήση ισομετρικών συσπάσεων



Εξαιτίας των ατομικών διαφορών που παρουσιάστηκαν στο χρονοδιάγραμμα των μεταβολών του κατακόρυφου άλματος κατά την αποκατάσταση (Σχήμα 5) συνυπολογίσθηκαν, επίσης, οι βέλτιστες επιδόσεις των αθλητριών. Έτσι, από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης δύο παραγόντων (2-Way Repeated Anova) (2 συνθήκες x 2 χρονικές στιγμές) που ακολούθησε διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «συνθήκες» και «καλύτερες χρονικές στιγμές μέτρησης» ($F(1, 11) = 6,74, p = 0,024, \eta^2 = 0,38$). Η εφαρμογή του τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Tukey έδειξε ότι η επίδοση που καταγράφηκε κατά την αποκατάσταση στο πλαίσιο της πειραματικής συνθήκης ISO ήταν υψηλότερη από την αντίστοιχη της συνθήκης ελέγχου κατά 4,2% ($p < 0,05$). Δεν βρέθηκε σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «συνθήκες» ($F(1, 11) = 0,61, p > 0,05$) αλλά και του παράγοντα «καλύτερες χρονικές στιγμές μέτρησης» ($F(1, 11) = 0,56, p > 0,05$) (Σχήμα 5). Από τα προαναφερόμενα προκύπτει ότι αν και η συνολική βελτίωση του κατακόρυφου άλματος ήταν $3,4 \pm 7,9\%$, τα μεμονωμένα βέλτιστα αποτελέσματα παρουσίασαν αύξηση κατά $4,3 \pm 3,7\%$, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο βέλτιστος χρόνος αποκατάστασης διαφέρει ανά άτομο.



Σχήμα 5. Ποσοστά των αθλητριών που απέδωσαν το βέλτιστο άλμα τους στο πλαίσιο της συνθήκης με τη χρήση ισομετρικών συσπάσεων ανά χρονική στιγμή της περιόδου αποκατάστασης



Μεταβολή του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση στο πλαίσιο των συνθηκών

Σχήμα 6. Μεταβολή του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση στο πλαίσιο των συνθηκών ελέγχου και ενεργοποίησης με τη χρήση ισομετρικών συσπάσεων ($X \pm SE$). CTRL: συνθήκη ελέγχου, ISO: συνθήκη ενεργοποίησης με χρήση ισομετρικών συσπάσεων, * $p < 0,05$ από τη βέλτιστη τιμή της συνθήκης ελέγχου κατά την αποκατάσταση

Συζήτηση

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνήσει την επίδραση ενός πρωτοκόλλου που περιλάμβανε μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις (3 επαναλήψεις, διάρκειας 3s) και του χρόνου αποκατάστασης στην απόδοση του κατακόρυφου άλματος. Το κύριο εύρημα της μελέτης ήταν ότι ανεξαρτήτως της διάρκειας του διαλείμματος με την πειραματική συνθήκη παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση συγκριτικά με τη συνθήκη ελέγχου. Συγκεκριμένα, η απόδοση του κατακόρυφου άλματος που κατεγράφη στο πλαίσιο της συνθήκης με τη χρήση ισομετρικών συσπάσεων ήταν υψηλότερη από την απόδοση που κατεγράφη στο πλαίσιο της συνθήκης ελέγχου κατά 3,4%. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι παραπάνω συνθήκες δε διέφεραν μεταξύ τους επί των αρχικών μετρήσεων, θα μπορούσε κάποιος να ισχυρισθεί ότι η συγκεκριμένη παρέμβαση επέδρασε θετικά στην απόδοση του κατακόρυφου άλματος των ερασιτεχνών πετοσφαιριστριών. Ωστόσο, αυτό είναι επισφαλές διότι δεν προκύπτει από την εξέλιξη των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο σύνολο της μελέτης, εφόσον τα αποτελέσματά της δεν έδειξαν την ύπαρξη αλληλεπίδρασης μεταξύ των «συνθηκών» και των «χρονικών στιγμών μέτρησης». Αν και ορισμένοι ερευνητές αναφέρουν ότι η ισομετρική άσκηση επιδρά μάλλον αρνητικά ως προς την πρόκληση μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης βελτιώνοντας τη δύναμη και την ισχύ (Seitz & Haff, 2016; Tsolakis et al., 2011) άλλοι διαπίστωσαν ότι αυξάνει το κατακόρυφο άλμα των αθλητών με εμπειρία > 6 ετών στην προπόνηση με αντιστάσεις (Tsoukos et al., 2016). Στην παρούσα μελέτη, οι δοκιμαζόμενες ήταν πετοσφαιρίστριες μετρίου επιπέδου που προπονούνταν με αντιστάσεις και χαμηλά έως μέτρια φορτία λιγότερο συχνά και για χρονικό διάστημα ≤ 2 ετών. Το γεγονός αυτό μπορεί εν μέρει να εξηγήσει τη διαφορετική ανταπόκριση του κατακόρυφου άλματός



τους, εφόσον η απόδοσή του φαίνεται ότι πριμοδοτείται περισσότερο στα άτομα μεγάλης προπονητικής εμπειρίας ($ES=0,53$ έναντι $ES=0,07$) (Rixon et al., 2007; Seitz & Haff, 2016). Βέβαια, σημαντικό ρόλο ενδέχεται να έχουν παίξει και άλλες παράμετροι όπως ήταν οι διαφορές που μπορεί να είχαν σε σχέση με τους δοκιμαζόμενους των παραπάνω μελετών στην κατανομή των μυϊκών ινών, στην αντίστασή τους στην κόπωση (Hamada et al., 2008; Seitz & Haff, 2016) αλλά και στον τρόπο που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του κατακόρυφου άλματος (Moir, 2008).

Ένα ακόμη εύρημα της παρούσας έρευνας αφορά τη σημαντική μείωση του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση στο σύνολο των συνθηκών, η οποία εντοπίστηκε 3, 20 και 30 min μετά από την παρέμβαση. Συγκεκριμένα, στις παραπάνω χρονικές στιγμές το άλμα μειώθηκε σε σύγκριση με την αρχική μέτρηση κατά 2,9, 3,1 και 6%, αντίστοιχα. Αναλυτικότερα, η πτώση της απόδοσης που διαπιστώθηκε στα πρώιμα στάδια της αποκατάστασης (3ο min) θα μπορούσε να αποδοθεί στην κόπωση, εφόσον στα πρώτα 5-6 min που ακολουθούν την έντονη άσκηση με αντιστάσεις φαίνεται ότι επηρεάζεται αρνητικά η ισχύς των κάτω άκρων ερασιτεχνικά ασκούμενων (Chiu et al. 2003; Seitz et al. 2014). Εξάλλου, ακόμα και στην αντίθετη περίπτωση φαίνεται ότι εντός του συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου η απόδοση πριμοδοτείται μάλλον σε μικρό βαθμό (0,3 – 4 min, $ES = 0,17$) (Seitz & Haff, 2016). Από την άλλη πλευρά, μια προσεκτική ματιά στην εξέλιξη των επιμέρους συνθηκών δείχνει ότι παρότι δε διαφοροποιούνται μεταξύ τους σημαντικά, η πτώση της απόδοσης στο 3ο λεπτό μετά από την όποια παρέμβαση θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στην επιμέρους ανταπόκριση της συνθήκης ελέγχου. Πράγματι, ενώ η συνθήκη με τη χρήση των ισομετρικών συσπάσεων παρουσιάζει μείωση του άλματος που δεν υπερβαίνει το 1,7%, η συνθήκη ελέγχου φτάνει το 4%. Πιθανή αιτία για την υπερδιπλάσια μείωση ενδέχεται να αποτέλεσε η μεγάλης διάρκειας απραξία των δοκιμαζομένων έως τη συγκεκριμένη μέτρηση, η οποία ενδεχομένως να συνέβαλε καθοριστικά στην προοδευτική μείωση της μυϊκής θερμοκρασίας από το επίπεδο που είχε μετά την προθέρμανση. Εξάλλου, η μέτριας έντασης γενική προθέρμανση που εφαρμόστηκε αύξησε τη μυϊκή θερμοκρασία (Saltin et al., 1968) συμβάλλοντας στην αύξηση της απόδοσης του κατακόρυφου άλματος κατά την αρχική μέτρηση (Bishop, 2003; Pacheco, 1957). Ωστόσο, το χρονικό διάστημα των 13 min που μεσολάβησε έως την επαναξιολόγηση της συνθήκης ελέγχου (3ο min) φαίνεται ότι ήταν αρκετό ώστε η θερμοκρασία να μειωθεί με κόστος, ως προς την απόδοση του άλματος, που ήταν σύμφωνο με τα αποτελέσματα άλλων ερευνητών (Bergh & Ekblom, 1979). Εξάλλου, έχει διαπιστωθεί ότι 14-16 min παθητικής αποκατάστασης είναι αρκετά για τη μείωση της μυϊκής θερμοκρασίας σχεδόν κατά 1ο C (Faulkner et al., 2013) και του κατακόρυφου άλματος κατά 13% (Galazoulas et al., 2012). Πέραν όμως της μείωσης που κατεγράφη στα πρώιμα στάδια της αποκατάστασης, στο διάστημα μεταξύ του 8ου και του 12ου min δεν υπήρξε σημαντική μεταβολή, με την απόδοση του κατακόρυφου άλματος να σταθεροποιείται στα προ της παρέμβασης επίπεδα.

Το γεγονός αυτό έρχεται εν μέρει σε αντίθεση με άλλους ερευνητές που αναφέρουν ότι 3 μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις διάρκειας 3s έχουν θετική επίδραση στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση 4-12 min μετά την εφαρμογή τους (Tsoukos et al., 2016). Στην παρούσα μελέτη, η διαφορετική ανταπόκριση του κατακόρυφου άλματος στο συγκεκριμένο χρονικό «παράθυρο» θα μπορούσε να εξηγηθεί από το χαμηλότερο προπονητικό επίπεδο που είχαν οι αθλήτριες, καθώς η εμπειρία τους στην προπόνηση με αντιστάσεις ήταν μόλις 1-2 ετών (Wilson et al., 2013). Επιπλέον αυτού και παρά τις διυστάμενες απόψεις (McCann & Flanagan, 2010), φαίνεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις οι γυναίκες ανταποκρίνονται διαφορετικά από τους άνδρες ιδίου προπονητικού επιπέδου, εφόσον η επίδοσή τους στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση πριμοδοτείται σε μικρότερο βαθμό (Rixon et al., 2007).



Αναφορικά με τη μείωση που καταγράφη στο 20ο και 30ο min της αποκατάστασης πιθανή εξήγηση μπορεί να αποτελέσει η σταδιακή πτώση της μυϊκής θερμοκρασίας η οποία, αν και στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης δεν αξιολογήθηκε, μπορεί να θεωρηθεί δεδομένη, εξαιτίας της απραξίας των δοκιμαζομένων έως τις εν λόγω χρονικές στιγμές της αποκατάστασης. Εξάλλου, έχει βρεθεί ότι 20 min μετά από την προθέρμανση αρκούν ώστε η μυϊκή θερμοκρασία να μειωθεί περισσότερο από 1ο C για να φτάσει, στο 30ο min της αποκατάστασης, περίπου στα επίπεδα που είχε πριν από αυτή (Faulkner et al., 2013). Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι περιορισμός της παρούσης μελέτης αποτελεί το γεγονός ότι όλες οι χρονικές περιόδους αποκατάστασης εξετάστηκαν στο πλαίσιο της ίδιας επίσκεψης στο εργαστήριο. Για αυτόν το λόγο βέβαια συμπεριελήφθη η συνθήκη ελέγχου ώστε να ληφθεί υπόψη η ενδεχόμενη επίδραση της μάθησης ή/και της ενεργοποίησης κάθε σειράς αλμάτων σε αυτά που ακολουθούν ή ακόμα και της κόπωσης. Εκ των σημαντικών παραμέτρων που έχουν αναδειχθεί από τη σχετική βιβλιογραφία είναι και η εξατομικευμένη ανταπόκριση των αθλητών-τριών σε κάθε τύπο ασκησιογενούς ερεθίσματος (Bevan et al., 2010; Bogdanis et al., 2014; McCann & Flanagan, 2010; Sotiropoulos et al., 2014). Για αυτόν το λόγο εξαιτίας των ατομικών διαφορών που παρουσιάστηκαν στο χρονοδιάγραμμα των μεταβολών του κατακόρυφου άλματος κατά την αποκατάσταση, αναλύθηκαν οι βέλτιστες επιδόσεις των αθλητριών ανεξαρτήτως του χρονικού σημείου στο οποίο καταγράφησαν. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών ελέγχου και ισομετρικής άσκησης, με την τελευταία να υπερέχει στο κατακόρυφο άλμα κατά 4,3%. Είναι αξιοσημείωτο ότι το 67% των αθλητριών απέδωσαν το βέλτιστο άλμα τους μεταξύ του 8ου και του 12ου min της αποκατάστασης ενώ το 83,3% μεταξύ του 8ου και του 20ου min. Έτσι, παρόλο που η συνολική αύξηση της απόδοσης επιβεβαιώνει τα ευρήματα προγενέστερης μελέτης (Bogdanis et al., 2014), το χρονοδιάγραμμα της εμφάνισης του υψηλότερου ποσοστού των βέλτιστων αλμάτων φαίνεται να είναι διαφορετικό. Πράγματι, αντίθετα από την παρούσα, στη μελέτη του Bogdanis και συν. (2014), το σύνολο των δοκιμαζομένων παρουσίασε τη βέλτιστη απόδοσή του νωρίτερα και συγκεκριμένα εντός του χρονικού διαστήματος από το 2ο έως το 8ο min της αποκατάστασης. Ωστόσο, αυτό μπορεί να θεωρηθεί δικαιολογημένο, εφόσον το προπονητικό επίπεδο ήταν υψηλότερο από το αντίστοιχο των αθλητριών που μετείχαν στην παρούσα μελέτη (Chiu et al., 2003; Jo et al., 2010; Tillin & Bishop, 2009; V.ourgoulis, N Aggeloussis, P Kasimatis, G Mavromatis, 2003; Wilson et al., 2013). Εν κατακλείδι, φαίνεται ότι η βέλτιστη απόδοση μετά από ασκησιογενή ενεργοποίηση είναι απολύτως εξατομικευμένη και ως τέτοια πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την εκπόνηση σχετικών προγραμμάτων (McCann & Flanagan, 2010). Με τη στοχευμένη χρήση τους οι αθλήτριες πετοσφαίρισης μπορεί να παρατείνουν ή και να ενισχύσουν τη θετική επίδραση της προθέρμανσης που προηγείται του αγώνα, έστω και εάν δε μετέχουν ενεργά σε αυτόν.

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά φαίνεται ότι η ισομετρική άσκηση μέγιστης έντασης μπορεί να συμβάλλει στην άμεση αύξηση του κατακόρυφου άλματος των αθλητριών πετοσφαίρισης εάν ληφθεί υπόψη ο εξατομικευμένος χρόνος αποκατάστασής τους.

Προτείνεται να εξεταστεί η επίδραση των μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων διαφορετικού όγκου και της διάρκειας του διαλείμματος στην απόδοση του κατακόρυφου άλματος αθλητριών και αθλητών πετοσφαίρισης αντίστοιχου επιπέδου.



Βιβλιογραφία

- Abade, E., Costa, A. R., Parraca, J. A., Tomas-Carus, P., Clemente-Suarez, V. J., & Gonçalves, B. (2024). Enhancing team sports performance: a case study of the optimal post-warm-up time window. *Sport Sciences for Health*. <https://doi.org/10.1007/s11332-024-01258-w>
- Al Kitani, M., Ambussaidi, A., Al Busafi, M., Al-Hadabi, B., Sassi, R. H., Bouhlel, E., & Gmada, N. (2021). Acute effect of post activation potentiation using drop jumps on repeated sprints combined with vertical jumps in young handball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 29(2), 147–154. <https://doi.org/10.3233/IES-203185>
- Bergh, U., & Ekblom, B. (1979). Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 107(1), 33–37. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1979.tb06439.x>
- Bevan, H. R., Cunningham, D. J., Tooley, E. P., Owen, N. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2010). Influence of Postactivation Potentiation on Sprinting Performance in Professional Rugby Players. *J Strength Cond Res*, 24(3), 701–705. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7b68a>
- Bishop, D. (2003). Warm Up II. *Sports Medicine*, 33(7), 483–498.
- Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. *Frontiers in Physiology*, 10(November). <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01359>
- Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Methenitis, S. K., Selima, E., Veligeas, P., & Terzis, G. (2019). Effects of low volume isometric leg press complex training at two knee angles on force-angle relationship and rate of force development. *European Journal of Sport Science*, 19(3), 345–353. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1510989>
- Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Veligeas, P., Tsolakis, C., & Terzis, G. (2014). Effects of muscle action type with equal impulse of conditioning activity on postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2521–2528. www.nscs.com
- Chiu, L. Z. F., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., & Smith, S. L. (2003). Postactivation Potentiation Response in Athletic and Recreationally Trained Individuals. In *National Strength & Conditioning Association Res* (Vol. 17, Issue 4).
- Dello Iacono, A., Padulo, J., & Seitz, L. D. (2018). Loaded hip thrust-based PAP protocol effects on acceleration and sprint performance of handball players: Original Investigation. *Journal of Sports Sciences*, 36(11), 1269–1276. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1374657>
- Dello Iacono, A., & Seitz, L. B. (2018). Hip thrust-based PAP effects on sprint performance of soccer players: heavy-loaded versus optimum-power development protocols. *Journal of Sports Sciences*, 36(20), 2375–2382. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1458400>
- Dobbs, W. C., Toluoso, D. V., Fedewa, M. V., & Esco, M. R. (2019). Effect of Postactivation Potentiation on Explosive Vertical Jump: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7), 2009–2018. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002750>
- Faulkner, S. H., Ferguson, R. A., Hodder, S. G., & Havenith, G. (2013). External muscle heating during warm-up does not provide added performance benefits above external heating in the recovery period alone. *European Journal of Applied Physiology*, 113(11), 2713–2721. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2708-6>

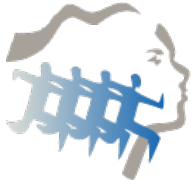


- French, D.N., W.J. Kraemer, & Cooke., C. B. (2003). Changes in Dynamic Exercise Performance Following a Sequence of Preconditioning Isometric Muscle Actions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 678–685.
- Galazoulas, C., Tzimou, A., Karamousalidis, G., & Mougios, V. (2012). Gradual decline in performance and changes in biochemical parameters of basketball players while resting after warm-up. *European Journal of Applied Physiology*, 112(9), 3327–3334. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2320-1>
- Gullich, A., & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics*, 11(4), 67–81.
- Jo, E., Judelson, D. A., Brown, L. E., Coburn, J. W., & Dabbs, N. C. (2010). Influence of Recovery Duration After a Potentiating Stimulus on Muscular Power in Recreationally Trained Individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 343–347. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc22a4>
- MacIntosh, B. R., & Shahi, M. R. S. (2011). A peripheral governor regulates muscle contraction. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 36(SUPPL.1), 1–2. <https://doi.org/10.1139/H10-073>
- McCann, M. R., & Flanagan, S. P. (2010). The effects of exercise selection and rest interval on post-activation potentiation of vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1285–1291. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d6867c>
- Moir, G. L. (2008). Three different methods of calculating vertical jump height from force platform data in men and women. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 12(4), 207–218. <https://doi.org/10.1080/10913670802349766>
- Pacheco, B. A. (1957). Improvement in jumping performance due to preliminary exercise. *Research Quarterly of the American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 28(1), 55–63. <https://doi.org/10.1080/10671188.1957.10612901>
- Rixon, K. P., Lamont, H. S., & Bemben, M. G. (2007). Influence of Type of Muscle Contraction, Gender, and Lifting Experience on Post-activation Potentiation Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 500–505. <https://doi.org/10.1519/00124278-200705000-00037>
- Sale, D. (2004). Post-activation potentiation: role in performance. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 386–387. <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.003392>
- Sale, D. G. (2002). Post-activation Potentiation: Role in Human Performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138–143. <https://doi.org/10.1097/00003677-200207000-00008>
- Saltin, B., Gagge, A. P., & Stolwijk, J. A. J. (1968). Muscle temperature during submaximal exercise in man. *Journal of Applied Physiology.*, 25(6), 679–688. <https://doi.org/10.1152/jappl.1968.25.6.679>
- Seitz, L. B., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). The temporal profile of post-activation potentiation is related to strength level. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 706–715.
- Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231–240. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0415-7>



- Sotiropoulos, K., Smilios, I., Douda, H., Christou, M., & Tokmakidis, S. P. (2014). Contrast loading: Power output and rest interval effects on neuromuscular performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 567–574. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2013-0181>
- Sue, R. A., Adams, K. J., & Debeliso, M. (2016). Optimal timing for post-activation potentiation in women collegiate volleyball players. *Sports*, 4(2). <https://doi.org/10.3390/sports4020027>
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147–166.
- Tsolakis, C., Bogdanis, G. C., Nikolaou, A., & Zacharogiannis, E. (2011). Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 577–583.
- Tsoukos, A., Bogdanis, G. C., Terzis, G., & Veligeas, P. (2016). Acute Improvement of Vertical Jump Performance After Isometric Squats Depends on Knee Angle and Vertical Jumping Ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2250–2257. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001328>
- Tsoukos, A., Brown, L. E., Terzis, G., Veligeas, P., & Bogdanis, G. C. (2021). Potentiation of Bench Press Throw Performance Using a Heavy Load and Velocity-Based Repetition Control. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(2S), S72–S79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003633>
- V.ourgoulis, N Aggeloussis, P Kasimatis, G Mavromatis, A. G. (2003). Effect of a Submaximal Half-Squats Warm-up. *Biomechanics*, 17(2), 342–344. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0342](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0342)
- Verhoshansky, Y. (1986). Speed-strength preparation and development of strength endurance of athletes in various specializations. *Soviet Sports Reviews*, 21(3), 120–124.
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M. C., Jo, E., Lowery, R. P., & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta- analysis of post-activation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854–859.
- Zimmermann, H. B., Macintosh, B. R., & Dal Pupo, J. (2020). Does postactivation potentiation (PAP) increase voluntary performance? *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 45(4), 349–356. <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0406>





The acute effect of isometric contractions and recovery time on the vertical jump of intermediate level female volleyball athletes

Malfa, E. A., Karras, K.*, Tsoukos, A., Bogdanis, G., Barzouka, K., Sotiropoulos, K.
National and Kapodistrian University of Athens

ABSTRACT

The purpose of the present study was to investigate the effect of maximal isometric exercise and recovery time on vertical jump height of intermediate-level volleyball players. Twelve healthy female athletes (age: 21.9 ± 1.6 years) participated into two different protocols. The first involved the performance of counter movement jumps (CMJ) before the execution of 3 maximum isometric contractions at the $\frac{1}{4}$ half-squat as well as at the 3rd, 8th, 12th, 20th and 30th minute of recovery (experimental condition-ISO). The other involved the performance of CMJs at the same time points without the execution of any isometric contraction (control condition - CTRL). The results showed that the CMJ performance at the ISO condition exceeded that at the CTRL condition by 3.4% ($p=0.048$), while regardless of the condition it decreased compared to the initial measurement at the 3rd, 20th and 30th min of recovery by 2.9, 3.1 and 6%, respectively. When the best individual CMJ, regardless of the recovery time point was analyzed, the CMJ at the ISO condition was found to exceed that of the CTRL condition by 4.3% ($p<0.05$). In conclusion, maximum intensity isometric exercise can be effective for improving vertical jump, if optimal recovery time is considered. This has practical implications for coaching in sports requiring explosive strength.

Key words: post activation performance enhancement; half-squat $\frac{1}{4}$; force plate.

Corresponding address:

Karras Konstantinos
National and Kapodistrian University of Athens
Department of Physical Education and Sport Sciences
41Ethnikis Antistasis Str., 17237, Dafni Athens

E-mail: kostadinokarras7@gmail.com