

Evaluation of vertical jump performance in boys and girls in the growth phase

Paschaleri, Z.*, Savva, E., Arabatzi, F.

Laboratory of Neuromechanics, Department of Physical Education and Sports Science, Serres, School of Physical Education and Sports Science, AUTH., Ag Ioannis, 62100, Serres, Greece

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of sex and maturation on Counter Movement Jump (CMJ) performance in early adolescents. Forty-five students, twenty-three boys (age 12.5 ± 0.29) and twenty-two girls (age 10.5 ± 0.32) near the age of peak height velocity (PHV) participated in this study. Jump height (Height), peak power (Pmax) and maximum vertical force (Fmax) were evaluated on a Kistler platform. It was performed a mixed model repeated measure analysis of variance (RM ANOVA) to determine the interactive effects of sex (males vs. females), and maturity (18 months before PHV, 9 months before PHV, at PHV) for the Height, Pmax and Fmax (dependent variables). Girls exhibited greater relative Fmax (Fmax/weight) than boys 18 and 9 months before PHV, since boys exhibited greater relFmax near PHV. Additionally, boys exhibited greater Pmax compared to girls, mainly near PHV and higher jump height but they revealed a plateau in jump height progress near PHV. Both sexes improved jump performance near PHV. In conclusion, maturity affects vertical jumping performance in a different way for boys and girls in early adolescent.

Keywords: Adolescents; CMJ; jump height; maturity; sex differences.

Αξιολόγηση απόδοσης στο κάθετο άλμα, σε αγόρια και κορίτσια στη φάση έκρηξης της ανάπτυξης

Πασχαλέρη, Ζ.*, Σάββα, Ε., Αραμπατζή, Φ.

Εργαστήριο Νευρομηχανικής, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Σέρρες, Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού Α.Π.Θ., Αγ Ιωάννης, 62100, Σέρρες, Ελλάδα

Περίληψη

Σκοπός της παρούσης εργασίας ήταν να διερευνηθεί διαχρονικά η σχέση φύλου και ωρίμανσης στην απόδοση στο κάθετο άλμα σε παιδιά κατά την ηλικία της έκρηξης της ανάπτυξης. Στη μελέτη πήραν μέρος 45 παιδιά, είκοσι τρία αγόρια (12.5 ± 0.29 ετών) και είκοσι δύο κορίτσια (10.5 ± 0.32 ετών). Αξιολογήθηκαν το ύψος, η μέγιστη κατακόρυφη δύναμη και η μέγιστη ισχύς κατά το κάθετο άλμα με αντίθετη προπαρασκευαστική κίνηση. Για τον προσδιορισμό των παραμέτρων αυτών χρησιμοποιήθηκε δυναμοδάπεδο τύπου Kistler. Χρησιμοποιήθηκε μεικτό μοντέλο ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (RM ANOVA) για την εξακρίβωση της επίδρασης του φύλου και της ωρίμανσης στις αξιολογούμενες παραμέτρους. Από τα αποτελέσματα φάνηκε σημαντική αλληλεπίδραση φύλου και ωρίμανσης ως προς τη σχετική μέγιστη κατακόρυφη δύναμη, με τα κορίτσια να επιδεικνύουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα αγόρια 18 και 9 μήνες πριν τη χρονική περίοδο κατά την οποία παρατηρείται ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης του ύψους (MPAY), ενώ τα αγόρια να επιδεικνύουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα κορίτσια κοντά στο MPAY. Πιο συγκεκριμένα υπεροχή των αγοριών διαπιστώθηκε στη μέγιστη ισχύ και στο ύψος του άλματος. Ωστόσο, μετά τους 9 μήνες πριν το MPAY παρατηρήθηκε πλάτωση στη βελτίωση των αγοριών στο ύψος του άλματος. Συμπερασματικά, φάνηκε ότι η ωρίμανση και το φύλο επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο την κινητική απόδοση στο κάθετο άλμα παιδιών στην κρίσιμη ηλικία της έκρηξης της ανάπτυξης, με τα αγόρια να υπερέχουν των κοριτσιών κοντά στο MPAY ως προς την ισχύ και τη δύναμη, αλλά και να παρουσιάζουν πλάτωση στο ύψος του άλματος.

Λέξεις κλειδιά: Εφηβεία, κατακόρυφο άλμα, διαφορές φύλου, ωρίμανση, ύψος άλματος.

1 Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, η καθημερινότητα των παιδιών χαρακτηρίζεται από κινήσεις μεγάλης έντασης και μικρής διάρκειας. Παρόλα αυτά, η σχέση κινητικής απόδοσης και ηλικίας δεν έχει ερευνηθεί αρκετά, κυρίως όσον αφορά στο φύλο στη φάση έκρηξης της ανάπτυξης του ύψους και του βάρους (Temfemo et al., 2009). Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης του φύλου και της ωρίμανσης στην απόδοση στο κάθετο άλμα σε παιδιά πρώτης εφηβικής ηλικίας (10-14 ετών).

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η φάση έκρηξης της ανάπτυξης παρατηρείται στην αρχή της εφηβείας και χαρακτηρίζεται από μεγάλη μεταβλητότητα στο χρόνο έναρξης, στην ένταση και στη διάρκεια (Beunen & Malina, 1988). Η φάση αυτή προηγείται στα κορίτσια σε σχέση με τα αγόρια και αρχίζει περίπου δύο χρόνια νωρίτερα, στην ηλικία των 10.5 χρόνων (Tanner, 1981). Ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης του ύψους (MPAY) είναι ένας δείκτης βιολογικής ωρίμανσης, με βάση τον οποίο γίνεται αξιολόγηση της κινητικής

*Corresponding author: e-mail: zpaschal@phed-sr.auth.gr

απόδοσης παιδιών στην πρώτη εφηβική ηλικία. Διαχρονικές έρευνες που έγιναν σε παιδιά κοντά στη φάση έκρηξης της ανάπτυξης του σωματικού ύψους (MPAY), δείχνουν μια σχέση αντιστρόφως ανάλογη ανάμεσα στην κινητική απόδοση και την αύξηση του σωματικού ύψους, κυρίως σε κινήσεις που βασίζονται στη δύναμη και την ταχύτητα (Yagüe & De La Fuente, 1998). Προβλήματα που παρουσιάζονται στον κινητικό συντονισμό (Tanner & Tanner, 1990) και στην ισορροπία (Markovic et al., 2004), κατά τη φάση έκρηξης της ανάπτυξης, φαίνεται να είναι κάποιες από τις αιτίες που προκαλούν αυτή την καθυστέρηση στον ρυθμό ανάπτυξης της κινητικής απόδοσης.

Το κάθετο άλμα με αντίθετη προπαρασκευαστική κίνηση αποτελεί έναν έγκυρο δείκτη εκρηκτικής δύναμης των κάτω άκρων (Markovic et al., 2004) και ως αργός κύκλος διάτασης-βράχυνσης χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ελαστικής ενέργειας (Radnor et al., 2018). Τα τελευταία χρόνια, το ύψος του άλματος θεωρείται αξιόπιστη μέτρηση της απόδοσης στο κάθετο άλμα για παιδιά 9-16 ετών (Wdowski et al., 2020). Ωστόσο, υπάρχουν αντικρουόμενα αποτελέσματα στη βιβλιογραφία σχετικά με την απόδοση στο κάθετο άλμα κατά την ανάπτυξη, με τους ερευνητές να συμφωνούν ότι οι επιδόσεις βελτιώνονται από την παιδική στην εφηβική ηλικία, αλλά να διαφωνούν ως προς την ηλικία που εμφανίζονται οι διαφορές που σχετίζονται με το φύλο. Κάποιοι από αυτούς αναφέρουν καλύτερες επιδόσεις στο ύψος του άλματος για τα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια από την ηλικία των 11 ετών (Taylor et al., 2010), ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι οι επιδόσεις δεν παρουσιάζουν διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλα μέχρι την ηλικία περίπου των 13 ετών (Temfemo et al., 2009; Klausen, Schibye, & Rasmussen, 1989; Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004). Ακόμη, αναφέρεται πλατώ στη βελτίωση του άλματος 1.5-2.5 χρόνια πριν το MPAY, κυρίως στα αγόρια, γεγονός που συνδέεται με την ωρίμανση του κεντρικού νευρικού συστήματος και την έκρηξη της ανάπτυξης, γνωστό και ως φαινόμενο της εφηβικής αδεξιότητας (adolescent awkwardness) (Wdowski et al., 2020). Άλλοι πάλι παρατηρούν την ύπαρξη πλατώ στις επιδόσεις κυρίως των κοριτσιών από τα 13 χρόνια και μετά (Loko et al., 2000). Στις περισσότερες από τις προηγούμενες έρευνες οι ερευνητές ομαδοποίησαν τα παιδιά σύμφωνα με τη χρονολογική τους ηλικία, μη λαμβάνοντας υπόψη τη βιολογική ωρίμανση και δεν παρουσίασαν μακροχρόνια αποτελέσματα.

Η παρούσα έρευνα έρχεται να συμπληρώσει τη γνώση σχετικά με τη διαχρονική εξέλιξη παραμέτρων σχετικών με το κάθετο άλμα σε κορίτσια και αγόρια κατά τη διάρκεια της φάσης έκρηξης της ανάπτυξης. Η υπόθεση ήταν ότι τα αγόρια θα έχουν καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με τα κορίτσια, σε όλες τις παραμέτρους που αξιολογήθηκαν, στη διάρκεια της ωρίμανσης μέχρι το MPAY.

2 Μεθοδολογία

2.1 Συμμετέχοντες

Στη μελέτη συμμετείχαν 45 παιδιά, είκοσι τρία αγόρια (12.5 ± 0.29 ετών) και είκοσι δύο κορίτσια (10.5 ± 0.32 ετών). Η επιλογή των παιδιών έγινε ανάλογα με τη βιολογική και όχι τη χρονολογική τους ηλικία. Έτσι για κάθε συμμετέχοντα έγινε εκτίμηση της ωρίμανσης, σε σχέση με το MPAY, χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Mirwald, η οποία βασίζεται στο σωματικό βάρος, στο σωματικό ύψος, στο ύψος σε καθιστή θέση, στο μήκος των κάτω άκρων και στη χρονολογική ηλικία (Mirwald et al., 2002) (πίνακας 1). Πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις, μία ανά εξάμηνο. Η έρευνα διήρκεσε συνολικά ενάμιση χρόνο.

Κανένας από τους συμμετέχοντες δεν είχε κάποιο προηγούμενο μυοσκελετικό τραυματισμό. Οι γονείς/κηδεμόνες των συμμετεχόντων, αφού ενημερώθηκαν για το περιεχόμενο και το σκοπό της έρευνας, υπέγραψαν γραπτή συγκατάθεση συμμετοχής. Επίσης, τηρήθηκαν οι κανόνες που προβλέπονται από την επιτροπή ηθικής και δεοντολογίας του ΑΠΘ (ERC-009/2020), όταν πρόκειται για πειραματική διαδικασία σε ανθρώπους και σύμφωνα με τη συνθήκη του Ελσίνκι.

Πίνακας 1: Στοιχεία περιγραφικής στατιστικής (μέσοι όροι & τυπική απόκλιση)

	Μέτρηση	1	2	3
	ηλικία	12.5±0.3	13.1±0.2	13.7±0.5
αγόρια (N=23)	Σωματικό βάρος (kg)	48.9±11.6	53.3±11.9	57.7±13.1
	Ύψος(cm)	155.7±7.3	160.9±7.5	165±7.1
	Εκτίμηση ωρίμανσης (μήνες πριν το MPAY)	- 18.0±7.2	- 9.0±7.2	- 3.6±8.4
κορίτσια (N=22)	ηλικία	10.5±0.3	11.1±0.3	11.7±0.2
	Σωματικό βάρος (kg)	35.8±6.8	38.7±7.5	41.8±7.9
	Ύψος(cm)	144±5.8	148.5±5.6	152.9±4.9
	Εκτίμηση ωρίμανσης (μήνες πριν το MPAY)	-16.8±4.8	-8.4±6.0	-2.4±4.8

2.2 Όργανα μέτρησης

Για την καταγραφή των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους στο κατακόρυφο άλμα χρησιμοποιήθηκε ένα τρισδιάστατο δυναμοδάπεδο KISTLER (9281CA, συχνότητα δειγματοληψίας 1000Hz), το οποίο ήταν εφοδιασμένο με 4 πιεζοηλεκτρικούς μετατροπείς. Για τη μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό χρησιμοποιήθηκε μια αναλογική-ψηφιακή κάρτα μετατροπής (16 A/D Channels) και για την καταγραφή του ένας Η/Υ. Για την ενίσχυση του σήματος χρησιμοποιήθηκε 8-κάναλος ενισχυτής τύπου 5233A2. Η αξιολόγηση των δεδομένων έγινε αρχικά με το λογισμικό Bioware, ενώ περαιτέρω αξιολόγηση έγινε μέσω λογισμικού Matlab 6.

2.3 Διαδικασία

Το πρωτόκολλο περιελάμβανε προθέρμανση με 2' χαλαρό τρέξιμο και διατακτικές ασκήσεις, κυρίως των κάτω άκρων. Κατόπιν οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν 2 δοκιμαστικά άλματα με αντίθετη προπαρασκευαστική κίνηση στην πλατφόρμα δύναμης. Η οδηγία ήταν: "λύγισε πόδια και αμέσως πήδα κατακόρυφα όσο πιο ψηλά μπορείς". Ο επιβλέπων των μετρήσεων παρακολουθούσε τη μέτρηση, ώστε η γωνία των γονάτων να φτάνει περίπου στις 90° κατά την έκκεντρη φάση (τοποθετήθηκε όριο καθόδου) και τα κάτω άκρα να είναι τεντωμένα κατά το άλμα. Επίσης, η προσγείωση μετά το άλμα ζητήθηκε να γίνεται με τα δύο πόδια μέσα στην πλατφόρμα χωρίς επιπλέον μετακίνηση. Μετά την εξοικείωση, οι συμμετέχοντες εκτελούσαν δύο επιπλέον άλματα, από τα οποία αξιολογήθηκε αυτό με το μεγαλύτερο ύψος. Το διάλειμμα ανάμεσα στα άλματα ήταν 2'. Αξιολογήθηκαν η μέγιστη κατακόρυφη δύναμη (F_{max}), το ύψος του άλματος (Height) και η μέγιστη ισχύς (P_{max}).

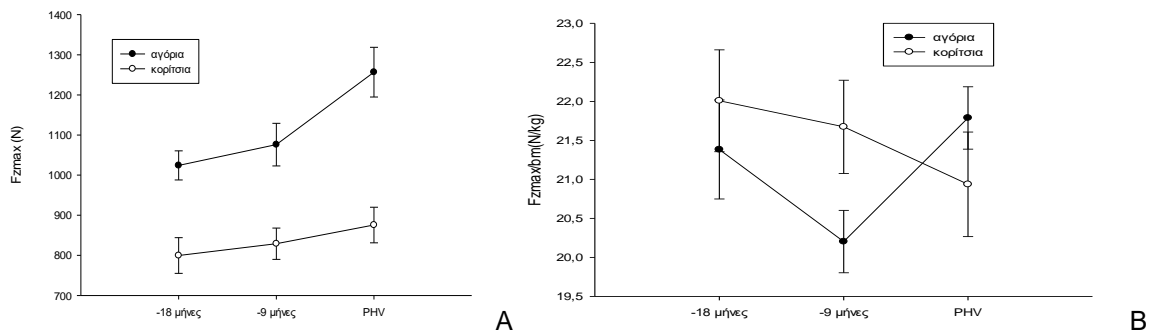
2.4 Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα αναλύθηκαν με το στατιστικό πακέτο SPSS 26.0 (SPSS Inc, Chicago, IL). Πραγματοποιήθηκε ένα μεικτό μοντέλο ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (RM ANOVA) για να εξακριβωθεί η αλληλεπίδραση του φύλου (αγόρια-κορίτσια) και της ωρίμανσης (18 μήνες πριν το MPAY, 9 μήνες πριν το MPAY, στο MPAY) (ανεξάρτητες μεταβλητές) στα χαρακτηριστικά του άλματος που αξιολογήθηκαν: μέγιστη κατακόρυφη δύναμη (F_{max}), ύψος άλματος (Height), μέγιστη ισχύς (P_{max}), (εξαρτημένες μεταβλητές). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0.05$.

3 Αποτελέσματα

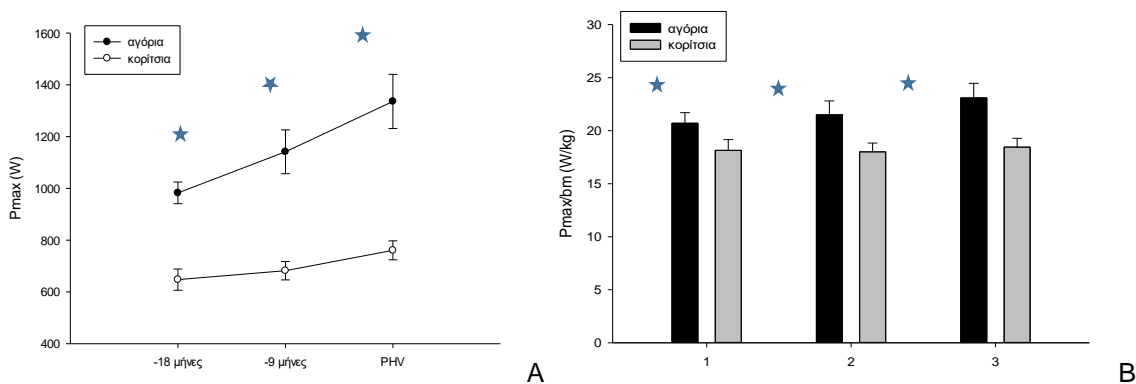
Αξιολογήθηκε η εξέλιξη παραμέτρων του καθέτου άλματος σε τρεις διαδοχικές μετρήσεις πριν το ΜΡΑΥ, ανά εξάμηνο (ωρίμανση), λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορές φύλου.

Σχεδόν όλες οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια. Στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση ωρίμανσης και φύλου βρέθηκε στη μέγιστη κατακόρυφη δύναμη (F_{max}) ($F_{2,82}=6.39$, $p=0.003$) (γράφημα 1Α) και στη μέγιστη ισχύ (P_{max}) ($F_{2,82}=3.97$, $p=0.023$) (γράφημα 2Α) στις απόλυτες τιμές, με τα αγόρια να παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές σε όλη τη φάση της ωρίμανσης.



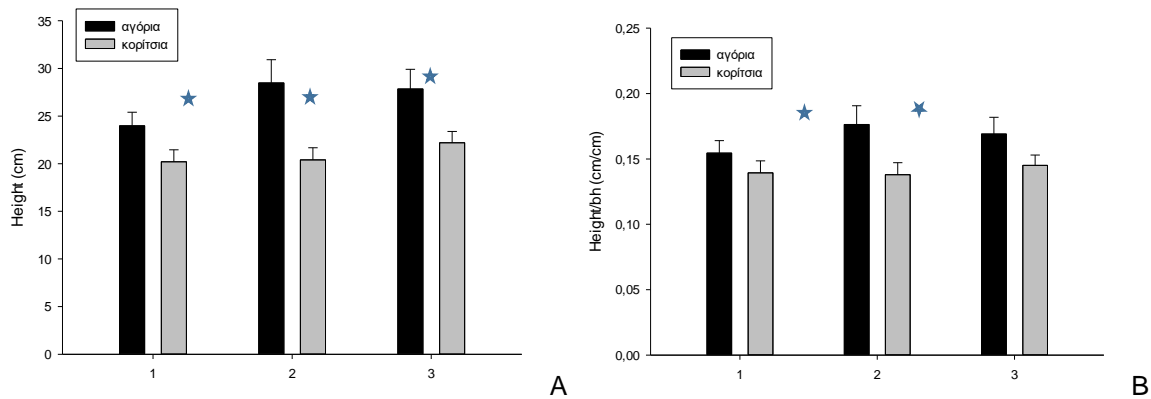
Γράφημα 1 (Α, Β). Η εξέλιξη της μέγιστης κατακόρυφης δύναμης (F_{zmax}) (1Α: απόλυτες τιμές) (1Β: σχετικές τιμές) σε αγόρια και κορίτσια, στις τρεις διαφορετικές μετρήσεις πριν και στο ΜΡΑΥ.

Μετά τη σχετικοποίηση των τιμών με το σωματικό βάρος των παιδιών στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση ωρίμανσης-φύλου παρατηρήθηκε μόνο στη μέγιστη κατακόρυφη δύναμη ($F_{2,80}=4.9$, $p=0.009$) (γράφημα 1Β) με τα κορίτσια να υπερέχουν 18 και 9 μήνες πριν το χρόνο όπου επιτυγχάνονταν ο ΜΡΑΥ, ενώ τα αγόρια κοντά στο ΜΡΑΥ. Παρατηρήθηκε κύρια επίδραση σε σχέση με την ωρίμανση στη μέγιστη δύναμη ($F_{2,82}=22.8$, $p=0.000$) και στη μέγιστη ισχύ ($F_{2,82}=15.1$, $p=0.000$) στις απόλυτες τιμές τους, με αύξηση των τιμών και για τα δύο φύλα κοντά στο ΜΡΑΥ. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές σε σχέση με την ωρίμανση, μετά τη σχετικοποίηση με το σωματικό βάρος ($p>0.05$). Επίσης παρατηρήθηκε κύρια επίδραση σε σχέση με το φύλο στη μέγιστη ισχύ σε απόλυτες ($F_{1,41}=32.4$, $p=0.000$) και σχετικοποιημένες τιμές ($F_{1,40}=6.8$, $p=0.013$) (γράφημα 2Β) με τα αγόρια να έχουν υψηλότερες τιμές.



Γράφημα 2 (Α, Β). Η εξέλιξη της ισχύος (P_{max}) (2Α: απόλυτες τιμές) (2Β: σχετικές τιμές) σε αγόρια και κορίτσια, στις τρεις διαφορετικές μετρήσεις πριν και στο ΜΡΑΥ.

Κύρια επίδραση σε σχέση με το φύλο παρατηρήθηκε στο ύψος του άλματος, με τα αγόρια να επιδεικνύουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα κορίτσια σε απόλυτες ($F_{1,41}=8.9$, $p=0.005$) (γράφημα 3A) και σχετικοποιημένες τιμές ($F_{1,40}=4.3$, $p=0.045$) (το ύψος του άλματος σχετικοποιήθηκε με το σωματικό ύψος) (γράφημα 3B). Αξιοσημείωτο γεγονός είναι ότι μετά τους 9 μήνες πριν το MPAY τα αγόρια παρουσίασαν πλάτωση στη βελτίωση του ύψους του άλματος.



Γράφημα 3 (A, B). Η εξέλιξη του ύψους του άλματος (Height) (3A: απόλυτες τιμές) (3B: σχετικές τιμές) σε αγόρια και κορίτσια στις τρεις διαφορετικές μετρήσεις πριν και στο MPAY.

Σε όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους που αξιολογήθηκαν δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p>0.1$).

4 Συζήτηση

Στην έρευνα αυτή αξιολογήθηκε διαχρονικά (18 μήνες πριν το MPAY, 9 μήνες πριν το MPAY και στο MPAY) η επίδραση της ωρίμανσης και του φύλου σε παραμέτρους απόδοσης στο κάθετο άλμα με αντίθετη προπαρασκευαστική κίνηση. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι το φύλο επηρεάζει την απόδοση στο κατακόρυφο άλμα, με τα αγόρια να επιδεικνύουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα κορίτσια στο ύψος του άλματος, τη μέγιστη ισχύ και στη μέγιστη κατακόρυφη δύναμη. Αντίθετα από την υπόθεση της έρευνας, τα κορίτσια παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα αγόρια στη σχετική μέγιστη κατακόρυφη δύναμη 18 και 9 μήνες πριν το MPAY. Τέλος, φάνηκε ότι τα αγόρια παρουσίασαν πλάτωση στη βελτίωση του ύψους στο κατακόρυφο άλμα κοντά στο MPAY. Για πρώτη φορά παράμετροι απόδοσης στο κατακόρυφο άλμα αξιολογούνται διαχρονικά, σε σχέση με τη βιολογική ωρίμανση στα δύο φύλα, προσθέτοντας στη βιβλιογραφία νέα δεδομένα για το μοντέλο ανάπτυξης της συγκεκριμένης δεξιότητας στην κρίσιμη φάση της έκρηξης της ανάπτυξης.

Το ύψος των κάθετων αλμάτων αδιαμφισβήτητα αποτελεί παράγοντα απόδοσης της ελαστικής ενέργειας και του συντονισμού άνω και κάτω άκρων (Wang, Lin & Huang, 2004; Korff et al., 2009; Moran et al., 2017). Το σημαντικότερο εύρημα της έρευνας, όπως φαίνεται στο γράφημα 3, είναι πως τα αγόρια έχουν μεγαλύτερη απόδοση στο άλμα σε σχέση με τα κορίτσια σε όλη τη φάση της έκρηξης του ρυθμού ανάπτυξης του σωματικού ύψους. Προηγούμενες μελέτες συμφωνούν με τα ευρήματα αυτά. Οι Focke και συν. εξήγησαν ότι οι διαφορές στο ύψος του άλματος ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια μετά τα 11-12 χρόνια, πιθανότατα να οφείλεται στην υπεροχή των αγοριών στο μήκος των ποδιών,

στη μυϊκή δύναμη, και στο ποσοστό γρήγορων μυϊκών ινών, αλλά και στο μικρότερο ποσοστό σωματικού λίπους (Focke et al., 2013). Ακόμη, σύμφωνα με τους Taylor και συν. (2010) από την ηλικία των 11 ετών τα αγόρια έχουν μεγαλύτερο ύψος άλματος από τα κορίτσια, το οποίο βελτιώνουν μέχρι τα 19, ενώ τα κορίτσια παρουσιάζουν πλάτω μετά τα 12 χρόνια. Αντιθέτως, σε άλλες έρευνες αναφέρεται ότι δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δύο φύλων στο ύψος των κάθετων αλμάτων (Klausen, Schibye & Rasmussen, 1989), μέχρι την ηλικία των 13 ετών (Malina, Bouchard & Bar-Or, 2004). Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε μεγάλη αύξηση στο ύψος του άλματος για τα αγόρια μετά τα 14 χρόνια, ενώ σταθερές τιμές ή μικρή αύξηση για τα κορίτσια. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και σε έρευνα στην Εσθονία όπου φάνηκε μείωση του ύψους κάθετων αλμάτων σε κορίτσια ηλικίας 13-14 ετών σε σχέση με νεότερα κορίτσια (Loko et al., 2000). Ωστόσο, διαφορετικά δεδομένα σχετικά με το ύψος κάθετων αλμάτων σε κορίτσια ίδιας χρονολογικής ηλικίας παρατηρήθηκαν σε έρευνα στην Αγγλία. Οι διαφορές αυτές οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η βιολογική ωρίμανση επηρεάζει την απόδοση στο κάθετο άλμα σε άτομα ίδιας ηλικίας (Taylor et al., 2010). Όλες οι προηγούμενες έρευνες χώρισαν σε ομάδες τα παιδιά ανάλογα με τη χρονολογική τους ηλικία. Ωστόσο, η ομαδοποίηση των νεαρών εφήβων ανάλογα με τη βιολογική ωρίμανση, φαίνεται να ενδείκνυται σε άτομα με μεγάλη μεταβλητότητα χαρακτηριστικών λόγω της έκρηξης της ανάπτυξης. Στην παρούσα έρευνα έγινε επιλογή των παιδιών με βάση τη βιολογική ωρίμανση, οδηγώντας μας στη διαπίστωση της πραγματικής υπεροχής των αγοριών στο ύψος του άλματος, σε όλη τη διάρκεια της φάσης έκρηξης της ανάπτυξης. Αξιοσημείωτο είναι ότι μετά τους 9 μήνες πριν το MPAY, τα αγόρια μόνο παρουσιάζουν πλάτω στη βελτίωση του ύψους στο κατακόρυφο άλμα, ενώ τα κορίτσια μια ήπια βελτίωση, με τιμές πάντα χαμηλότερες από αυτές των αγοριών. Οι Moran και συν. (2017), συνδυάζοντας ευρήματα διαφόρων ερευνών κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ασύγχρονη ραγδαία ανάπτυξη του κορμού και των κάτω άκρων οδηγεί σε μειωμένο κινητικό συντονισμό τα αγόρια μετά τα 13 χρόνια. Ως αποτέλεσμα της έκρηξης της ανάπτυξης το κέντρο βάρους βρίσκεται ψηλότερα, δυσκολεύοντας το κεντρικό νευρικό σύστημα να ελέγξει το σώμα στις πλειομετρικές κινήσεις. Οι Lloyd και συν. (2011), βρήκαν επίσης μείωση στο ύψος του καθέτου άλματος σε αγόρια 12-18 μήνες πριν το MPAY. Ωστόσο οι ερευνητές χώρισαν τα παιδιά με βάση τη χρονολογική τους ηλικία και δεν παρουσίασαν διαχρονικά δεδομένα. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι ενώ τα αγόρια υπερέχουν στο ύψος του άλματος σε όλη τη φάση της έκρηξης της ανάπτυξης, δείχνουν, λόγω μειωμένου κινητικού συντονισμού λίγο πριν το MPAY, στασιμότητα στη βελτίωση του ύψους στο άλμα.

Σχετικά με τις παραμέτρους δύναμης, τα αγόρια έδειξαν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα κορίτσια στη μέγιστη κατακόρυφη δύναμη, αλλά και στη μέγιστη ισχύ, σε απόλυτες τιμές. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν προηγούμενες έρευνες, με τα αποτελέσματά τους να δείχνουν ότι πάνω από τα 11 χρόνια διαπιστώνονται διαφορές σε παραμέτρους δύναμης γενικότερα (Grosset et al., 2005), αλλά και σε σχέση με το κάθετο άλμα (Temfemo et al., 2009) ανάμεσα στα δύο φύλα. Στις προηγούμενες έρευνες έχει αναφερθεί ότι η αύξηση της τεστοστερόνης από τις αρχές της εφηβείας στα αγόρια είναι αυτή που εντείνει τη μυϊκή υπερτροφία στις μυϊκές ίνες τύπου II και συντελεί στην αύξηση της δύναμης και κατά συνέπεια στις διακριτές διαφορές σε δυναμικές κινήσεις μεταξύ των δύο φύλων (Temfemo et al., 2009). Επίσης, στις ίδιες έρευνες αναφέρεται η σημαντικότητα της ισχύος ως δείκτης ταχυδύναμης στα κάθετα άλματα. Η ισχύς φαίνεται ότι βελτιώνεται το ίδιο και για τα δύο φύλα από τα 7 έως τα 11 έτη, ενώ από τα 11 και μετά υπερέχουν τα αγόρια. Στα κορίτσια η ισχύς αυξάνεται μέχρι τα 13 έτη, ενώ η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στα 15 έτη, κάτι που ίσως σχετίζεται με το γεγονός ότι τα αγόρια στην ηλικία αυτή έχουν μεγαλύτερο βάρος και ύψος άλματος σε σχέση με τα κορίτσια. Χρησιμοποιώντας τεστ σε κυκλοεργόμετρο για την αξιολόγηση της ισχύος των κάτω άκρων κατά τη διάρκεια της εφηβείας, ερευνητές αναφέρουν την ύπαρξη διαφορών μεταξύ

των δύο φύλων, με υπεροχή των αγοριών μετά τα 14 χρόνια (Armstrong, Welsman, & Chia, 2001; Martin et al., 2003). Σύμφωνα με τους προαναφερθέντες ερευνητές και άλλοι παράγοντες, όπως η ηλικία, το ποσοστό λίπους στους μυς, αλλά και ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως ποσοστό μυϊκών ινών τύπου II, γλυκολυτική ικανότητα, κινητικός συντονισμός και δραστηριοποίηση κινητικών μονάδων, είναι οι παράγοντες που ερμηνεύουν την υπεροχή των εφήβων σε σχέση με τις έφηβες. Ακόμη το μήκος των κάτω άκρων μαζί με την αύξηση της τεστοστερόνης στους εφήβους αναφέρονται σαν καθοριστικοί παράγοντες για την υπεροχή τους στην ταχύτητα και τη δύναμη σε κυκλικές κινήσεις (Martin et al., 2003).

Από την άλλη μεριά, αντίθετα από την υπόθεσή μας, βρήκαμε μεγαλύτερες τιμές στη σχετική κατακόρυφη δύναμη στα κορίτσια σε σχέση με τα αγόρια στους 18 και τους 9 μήνες πριν το ΜΡΑΥ, ενώ τα αγόρια παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές στο ΜΡΑΥ. Με τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν προηγούμενοι ερευνητές οι οποίοι αναφέρουν ότι η μέγιστη κατακόρυφη δύναμη είναι μεγαλύτερη στα κορίτσια σε σχέση με τα αγόρια στην παιδική και εφηβική ηλικία και δεν είναι αυτός ο παράγοντας που επιδρά καθοριστικά στο ύψος του άλματος (Focke et al., 2013). Φαίνεται ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την αύξηση της δύναμης στα αγόρια όπως προαναφέρθηκαν, αρχίζουν να αναπτύσσονται γύρω στο ΜΡΑΥ, συντελώντας στη περαιτέρω βελτίωση της επίδοσής τους σε δυναμικές κινήσεις. Εξάλλου προηγούμενοι ερευνητές αναφέρουν ότι η βελτίωση της απόδοσης σε πολυαρθρικές κινήσεις στους εφήβους δεν μπορεί να ερμηνευτεί μόνο με την εξέλιξη των σωματομετρικών χαρακτηριστικών, αλλά οφείλεται και στην ανάπτυξη σύνθετων νευρομυϊκών μηχανισμών (Korff et al., 2009).

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι διαχρονικά δεδομένα σχετικά με την απόδοση αγοριών και κοριτσιών στο κάθετο άλμα κατά το ΜΡΑΥ δείχνουν ένα διαφορετικό μοντέλο ανάπτυξης για τα δύο φύλα. Τα αγόρια παρουσιάζουν έκρηξη στο ρυθμό βελτίωσης των αξιολογούμενων παραμέτρων, κυρίως κοντά στο ΜΡΑΥ, με πλατώ μόνο στη βελτίωση του ύψους στο κάθετο άλμα. Τα κορίτσια από την άλλη, εμφανίζουν μια πιο ήπια βελτίωση με τιμές χαμηλότερες από αυτές των αγοριών. Στην παρούσα έρευνα δεν χρησιμοποιήθηκε κινηματική ανάλυση, ή ηλεκτρομυογραφική αξιολόγηση της δραστηριότητας των μυών των κάτω άκρων κατά το κάθετο άλμα, γεγονός που αποτελεί έναν περιορισμό της συγκεκριμένης έρευνας. Μελλοντικές έρευνες χρησιμοποιώντας τις τεχνικές αυτές σίγουρα θα μπορούσαν να προσδώσουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την εξέλιξη του καθέτου άλματος κατά την ωρίμανση και να αιτιολογήσουν πιθανόν τις διαφορές που διαπιστώθηκαν στη απόδοση μεταξύ των δύο φύλων.

Βιβλιογραφία

- Temfemo, A., et al. (2009). Relationship between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls. *European journal of pediatrics*, 168(4), 457-464.
- Beunen, G. & Malina, R.M. (1988). Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 16, 503-40.
- Tanner, J.M., (1981). Growth and maturation during adolescence. *Nutrition Reviews*, 39(2), 43-55.
- Yagüe, P.H. & De La Fuente, J.M. (1998). Changes in height and motor performance relative to peak height velocity: A mixed-longitudinal study of Spanish boys and girls. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association*, 10(5), 647-660.

- Tanner, J.M. & Tanner, J.M. (1990). *Foetus into man: Physical growth from conception to maturity*. Harvard University Press.
- Starosta, W. & Hirts, P. (1990). Periodi sensibili e sviluppo della coordinazione motoria. *SdSScuola dello sport*, IX, 18, 55-61.
- Markovic, G., et al. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 551-555.
- Radnor, J.M., et al. (2018). The influence of growth and maturation on stretch-shortening cycle function in youth. *Sports Medicine*, 48(1), 57-71.
- Wdowski, M.M., et al. (2020). The Kinematic and Kinetic Development of Sprinting and Countermovement Jump Performance in Boys. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8, 1302.
- Taylor, M.J., et al. (2010). Vertical jumping and leg power normative data for English school children aged 10–15 years. *Journal of sports sciences*, 28(8), 867-872.
- Klausen K, Schibye B, Jespersen B, Jensen K. (1989). *A longitudinal study of changes in physical performance of 10- to 15-year-old girls and boys*. In: Oseid S, Carlsen KH (eds): International Series on Sport Sciences (vol 19). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, Inc., pp. 113-121.
- Malina, R.M., Bouchard, C. and Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Human kinetics.
- Loko, J., et al. (2000). Motor performance status in 10 to 17-year-old Estonian girls. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 10(2), 109-113.
- Mirwald, R.L., et al. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(4), 689-694.
- Wang, L.-I., Lin, D.-C. & Huang, C. (2004). Age effect on jumping techniques and lower limb stiffness during vertical jump. *Research in Sports Medicine*, 12(3), 209-219.
- Korff, T., et al. (2009). Development of lower limb stiffness and its contribution to maximum vertical jumping power during adolescence. *Journal of Experimental Biology*, 212(22), 3737-3742.
- Moran, J.J., et al. (2017). Age-related variation in male youth athletes' countermovement jump after plyometric training: a meta-analysis of controlled trials. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(2), 552-565.
- Focke, A., et al. (2013). Effects of age, sex and activity level on counter-movement jump performance in children and adolescents. *European journal of sport science*, 13(5), 518-526.
- Lloyd, R.S., et al. (2011). The influence of chronological age on periods of accelerated adaptation of stretch-shortening cycle performance in pre and postpubescent boys. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1889-1897.
- Grosset, J.-F., et al. (2005). Age-related changes in twitch properties of plantar flexor muscles in prepubertal children. *Pediatric research*, 58(5), 966-970.
- Martin, R., et al. (2003). Short-term peak power changes in adolescents of similar anthropometric characteristics. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(8), 1436-1440.
- Armstrong, N., Welsman, J. & Chia, M. (2001). Short term power output in relation to growth and maturation. *British Journal of Sports Medicine*, 35(2), 118-124.