

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΟ
ΑΘΛΗΜΑ ΤΗΣ ΤΟΞΟΒΟΛΙΑΣ

του
Χριστοδούλου Βασίλειου

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Άσκηση και Υγεία» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Επιστημονικός Σύμβουλος
Φλουρής Ανδρέας

Τριμελής Επιτροπή
Κουτεντάκης Ιωάννης
Τζιαμούρτας Αθανάσιος
Γιάκας Ιωάννης

Έτος ολοκλήρωσης της διατριβής
2014

Copyright© Βασίλειος Χριστοδούλου, 2014.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την εκπόνηση της μεταπτυχιακής μου διατριβής έρχεται και το τέλος ενός σημαντικού κύκλου τόσο από γνώσεις όσο και από ξεχωριστούς ανθρώπους όπου με βοήθησαν να φτάσω μέχρι εδώ.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ακαδημαϊκό μου σύμβουλο μου κ. Φλουρη Ανδρέα που με βοήθησε σε κάθε βήμα αυτής της διατριβής. Με υπομονή και θέληση με καθοδήγησε ώστε να ολοκληρώσω ένα σημαντικό κομμάτι του κύκλου αυτού που είναι η Μεταπτυχιακή Διατριβή.

Επίσης θα ήθελα να κάνω ευχαριστήρια αναφορά στην τριμελή μου επιτροπή που αποτελείται από τον Καθηγητή κ. Ιωάννη Κουτεντάκη, τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αθανάσιο Τζιαμούρτα καθώς και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ιωάννη Γιάκα και φυσικά προς όλους τους καθηγητές μου που είχα κατά την 18μηνη παρουσία μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ομοσπονδιακό προπονητή Τοξοβολίας κ. Θωμά Λιάπη για τις γνώσεις που μου παρείχε αλλά και για τους εθελοντές αθλητές που με βοήθησε να βρω καθώς και την Ομοσπονδία Τοξοβολίας όπου μου παρείχε άδεια να βρίσκομαι εντός του αγωνιστικού χώρου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους αθλητές που δέχτηκαν να πάρουν μέρος στις μετρήσεις και ήταν συνεργάσιμοι παρόλο που αγωνίζονταν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον προπονητή μου κ. Νικόλαο Μπαλιάμη που με μύησε σε αυτό το υπέροχο άθλημα και με βοήθησε τόσο με τις μετρήσεις στον αγωνιστικό χώρο όσο και με τις κατάλληλες συμβουλές του πάνω στο αντικείμενο αυτό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να ερευνήσει τις επιδράσεις της θερμοκρασίας περιβάλλοντος στην απόδοση στο άθλημα της τοξοβολίας πραγματοποιώντας μετρήσεις σε δύο επίσημους αγώνες τοξοβολίας της Ελληνικής Φύλαθλου Ομοσπονδίας Τοξοβολίας (Ε.Φ.Ο.Τ.) στους οποίους αναμένονταν σημαντικά διαφορετικές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες. Όλοι οι ενήλικες αθλητές οι οποίοι συμμετείχαν και στους δύο προαναφερθέντες αγώνες προσκλήθηκαν να συμμετέχουν στη μελέτη. Τελικά, δώδεκα αθλητές από διαφορετικούς συλλόγους έδωσαν γραπτή συγκατάθεση και δέχθηκαν να συμμετέχουν στη μελέτη. Τα χαρακτηριστικά των αθλητών που πήραν μέρος ήταν: άνδρες: 8, γυναίκες: 4, ηλικία: 33.7 ± 10.6 χρόνια, ύψος: 1.78 ± 0.09 m, βάρος 83.5 ± 14.2 kg, δείκτης μάζας σώματος: 26.2 ± 2.9 , προπονητική ηλικία: 9.0 ± 0.9 χρόνια. Οι μετρήσεις της παρούσας μελέτης αφορούσαν αφενός την απόδοση του κάθε αθλητή και αφετέρου κάποιους από τους περιβαλλοντικούς και φυσιολογικούς παράγοντες στους οποίους αυτή βασίζεται. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το περιβάλλον ήταν πιο θερμό και ξηρό κατά το δεύτερο αγώνα ($p < 0.05$). Αντίθετα η ταχύτητα του αέρα και η φωτεινότητα ήταν σημαντικά χαμηλότερες στο δεύτερο αγώνα ($p < 0.05$). Η απόδοση κατά το δεύτερο αγώνα ήταν μειωμένη κατά 21 βαθμούς, διαφορά η οποία όμως δεν κρίθηκε στατιστικά σημαντική ($p > 0.05$). Κατά το δεύτερο αγώνα επίσης όλες οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν σε διάφορα σημεία του σώματος ήταν υψηλότερες, καθώς επίσης και η καρδιακή συχνότητα και ο δείκτης φυσιολογικού στρες ($p < 0.05$). Αντίθετα, οι αθλητές ανέφεραν ότι αισθάνονταν λιγότερη κόπωση και πέτυχαν καλύτερες επιδόσεις στις μετρήσεις της ισχύος και της δύναμης κατά το δεύτερο αγώνα ($p < 0.05$). Με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, συμπεραίνουμε ότι η αυξημένη θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά το δεύτερο αγώνα οδήγησε σε αυξημένη θερμοκρασία σώματος η οποία, με τη σειρά της είχε αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση

κατά 21 βαθμούς. Η πτώση αυτή δεν θεωρείται στατιστικά σημαντική, όμως στην πράξη μπορεί να κρίνει την 1^η από την 4^η θέση.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of ambient temperature on archery performance by collecting data during two official competitions of the Greek Archery Federation that were expected to have significantly different environmental temperatures. All adult athletes who participated in the two aforementioned events were invited to participate in the study. A total of 12 athletes from different clubs gave written consent and agreed to participate in the study. The characteristics of the athletes who took part were: men: 8; women: 4; age: 33.7 ± 10.6 years; height: 1.78 ± 0.09 m; weight: 83.5 ± 14.2 kg; BMI: 26.2 ± 2.9 ; training age: 9.0 ± 0.9 years. We recorded performance as well as various environmental and physiological factors that can affect it. The results indicated that the environment was more warm and dry during the second event ($p < 0.05$). In contrast, air velocity and brightness were significantly lower in the second event ($p < 0.05$). Performance in the second event was reduced by 21 points, but the difference was not statistically significant ($p > 0.05$). Also, the temperatures measured at various body sites as well as heart rate and the physiological strain index were higher during the second event ($p < 0.05$). In contrast, athletes reported lower rating of perceived exertion and achieved better performance on measures of strength and power during the second event ($p < 0.05$). We conclude that increased ambient temperature during the second event resulted in increased body temperature which, in turn, had a negative impact on performance by 21 points. The performance decline was not considered statistically significant, but in practice it can determine whether an athlete will make it to the top three places.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	11
2.1 Τεχνική στην τοξοβολία	11
2.2 Μύες που συμμετέχουν στην εκτέλεση της βολής	15
2.2 Επιπτώσεις του θερμού περιβάλλοντος σε αγωνίσματα ακριβείας	20
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	22
3.1 Εθελοντές	22
3.2 Σχεδιασμός Μελέτης	23
3.3 Μετρήσεις	25
3.4 Στατιστική ανάλυση	29
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	30
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	48
5.1 Συμπεράσματα	51
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	56

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προέλευση του τόξου καθώς και η χρήση έχει να κάνει από τα προϊστορικά χρόνια. Φυσικά όχι σαν άθλημα αλλά σαν μέσο εξεύρεσης τροφής ή χρησιμοποιώντας το σαν πολεμικό όπλο. Η εφεύρεση του έχει να κάνει με το πρώτο σχεδόν όπλο όπου ο άνθρωπος μπορούσε να απειλεί εξ' αποστάσεως χωρίς να κινδυνεύει άμεσα. Η πρώτη αναφορά ιστορικά γίνεται από τους Αιγύπτιους περίπου το 5000 π.Χ. που το χρησιμοποίησαν εναντίον των Περσών. Αργότερα πολλοί λαοί από όλες τις ηπείρους χρησιμοποιούσαν το τόξο για διευκόλυνση είτε εξεύρεσης τροφής με το κυνήγι είτε σαν πολεμικό όπλο.

Στην Αρχαία Ελλάδα το τόξο είχε το χαρακτήρα κυνηγητικού όπλου καθώς επίσης συμπεριλαμβανόταν και σε πολεμικές επιχειρήσεις. Πρώτα το τόξο έκανε την εμφάνιση του στην Κρήτη και αργότερα σε όλο τον Ελλαδικό χώρο. Κατά τους πελοποννησιακούς πολέμους αναδείχθηκε σαν αξιόπιστο όπλο, χρήσιμο για το στρατό. Οι Αρχαίοι Έλληνες το τόξο το είχαν κατατάξει στα πολύτιμα αντικείμενα της καθημερινότητάς τους καθώς αναφορές γίνονται τόσο στην Ιλιάδα όσο και στην Οδύσσεια.

Ακόμα και σε μεταγενέστερες εποχές όπως κατά τα βυζαντινά χρόνια η τοξοβολία δεν είχε πάρει την αθλητική της μορφή μέχρι το 1583 όπου υπάρχουν καταγραφές για διοργάνωση αγώνα τοξοβολίας στο Finsbury της Αγγλίας με συμμετοχή σχεδόν τριών χιλιάδων αθλητών, γυναικών και αντρών. Μάλιστα, γύρω στα 1537 ο Ερρίκος VIII είχε ιδρύσει τον πρώτο σύλλογο τοξοβολίας με την ονομασία η Αδελφότητα του Αγ. Γεώργιου. Οι πρώτοι διεθνείς αγώνες τοξοβολίας έγιναν το 1900 μεταξύ Άγγλων και Γάλλων καθώς εντάχθηκε και στους Ολυμπιακούς αγώνες. Κράτησε όμως μέχρι την Ολυμπιάδα του 1920 στην Αμβέρσα γιατί δεν υπήρχαν σταθεροί κανονισμοί και επανεντάχθηκε πάλι το 1972 στην Ολυμπιάδα του Μονάχου. Το 1988 στη Σεούλ προστίθεται και το ομαδικό αγώνισμα στην

τοξοβολία και φυσικά το 1992 στη Ολυμπιάδα της Βαρκελώνης καθιερώνονται οι ολυμπιακοί γύροι, όπου κάνουν το άθλημα πιο ανταγωνιστικό και θεαματικό.

Είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος επηρεάζει σημαντικά την νευρομυϊκή συναρμογή και την επιδεξιότητα των χεριών (Flouris, Cheung et al. 2006) με αποτέλεσμα τη πιθανώς σημαντική διακύμανση της απόδοσης σε αθλήματα ακριβείας, όπως η τοξοβολία. Δεδομένου ότι αγώνες στο άθλημα της τοξοβολίας πραγματοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους, οι μεταβολές στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος μπορούν να είναι σημαντικές από τη μια μέρα στην άλλη ή ακόμη και κατά τη διάρκεια ενός αγώνα. Για παράδειγμα, μια σύντομη αναδρομή στις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στον τόπο διεξαγωγής των τελικών αγώνων τοξοβολίας στους 10 τελευταίους Ολυμπιακούς Αγώνες δείχνει μια διακύμανση από τους 13.9°C (Μόναχο 1972) στους 27.7°C (Αθήνα 2004). Παραμένει όμως άγνωστο αν αυτές οι μεταβολές στη θερμοκρασία περιβάλλοντος επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση των τοξοβόλων. Η αύξηση της γνώσης μας γύρω από τα θέματα αυτά θα μας δώσει τη δυνατότητα να σχεδιάσουμε ένα προπονητικό πλάνο για τον αθλητή κατάλληλο μέχρι την ημέρα των αγώνων, αλλά και να δημιουργήσουμε αντίμετρα για να μειώσουμε πιθανές αρνητικές συνέπειες της θερμοκρασίας περιβάλλοντος στην απόδοση των αθλητών (Flouris and Cheung 2006, Flouris, Cheung et al. 2006, Flouris, Westwood et al. 2007, Flouris, Westwood et al. 2008, Flouris and Cheung 2009).

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να ερευνήσει τις επιδράσεις της θερμοκρασίας περιβάλλοντος στην απόδοση στο άθλημα της τοξοβολίας πραγματοποιώντας μετρήσεις σε δύο επίσημους αγώνες τοξοβολίας στους οποίους αναμένονταν σημαντικά διαφορετικές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

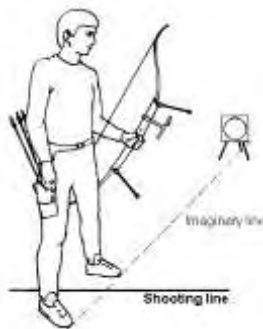
Στις μέρες μας, η εξέλιξη της τεχνολογίας και η συμμετοχή διαφορετικών επιστημονικών κλάδων στον αθλητισμό κάνουν ολοένα πιο συχνή την εμφάνισή τους με θετικές συνέπειες για την απόδοση (Pekalski 1990). Αντικείμενα όπως η Φυσική, τα Μαθηματικά και η Μηχανική έχουν βοηθήσει στο σχεδιασμό καλύτερων τόξων (Kooi 1998). Πλέον τα τόξα όπως και τα βέλη κατασκευάζονται από σύνθετα υλικά πιο εύκαμπτα και αεροδυναμικά βοηθώντας τον αθλητή για καλύτερη στόχευση και αύξηση της απόδοσης. Ακόμα και οι εξειδικευμένες αθλητικές ενδυμασίες έχουν βοηθήσει τους αθλητές στην απόδοση τους απομακρύνοντας από αυτούς τυχόν ενοχλήσεις του περιβάλλοντα χώρου που αγωνίζονται. Στις μέρες μας ακόμα πολλοί προπονητές χρησιμοποιούν μέχρι οπτικοακουστικά μέσα για να μπορέσουν να τελειοποιήσουν την τεχνική στους αθλητές τους για καλύτερα αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, ο αθλητής παραμένει ο πιο σημαντικός παράγοντας για την απόδοση στο άθλημα της τοξοβολίας.

2.1 Τεχνική στην τοξοβολία

Η τεχνική είναι ένα κομμάτι που επηρεάζει άμεσα την απόδοση του αθλητή. Ένας τοξοβόλος δίνει μεγάλη βαρύτητα στην τεχνική του μέσα από την προπόνηση. Κάποιες μελέτες χωρίζουν την τεχνική στο άθλημα της τοξοβολίας σε τρία μέρη (στάση – όπλιση – τελείωμα) (Leroyer, Van Hoecke et al. 1993) ενώ άλλες μελέτες χωρίζουν την τεχνική σε έξι μέρη (κράτημα του τόξου, τοποθέτηση του βέλους, άνοιγμα του τόξου, στόχευση, απελευθέρωση και παρακολούθηση του βέλους) (Nishizono, Nakagava et al. 1984). Σύμφωνα με τη *Fédération Internationale de Tir à l'Arc* (FITA), τα βασικά βήματα της τεχνικής στην τοξοβολία είναι (F.I.T.A. 2013):

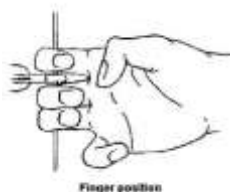
1. Στάση του σώματος: Ο αθλητής πρέπει να στέκεται απέναντι από το στόχο κρατώντας παράλληλα τα πόδια του ανάμεσα από τη γραμμή βολής με άνοιγμα όσο το ύψος των ώμων.

Εικόνα 1. Στάση του σώματος. Από το: Margo-Utwente (2011). Ten Basic Steps in Archery: Index - Calslaan 3-1. (Margo-Utwente 2011).



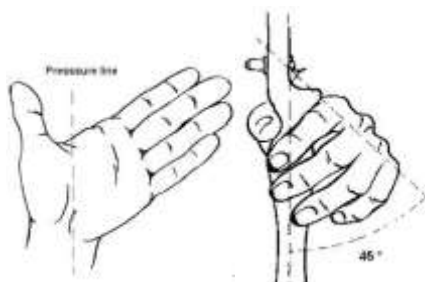
2. Τοποθέτηση δακτύλων: Τα δάκτυλα του αθλητή πάνω στη χορδή τοποθετούνται με τον εξής τρόπο: Ο δείκτης τοποθετείται πάνω από τη λαβή καθώς το μεσαίο και το παράμεσο δάχτυλο βρίσκονται κάτω από τη λαβή. Η χορδή τοποθετείται στην πρώτη φάλαγγα των δακτύλων.

Εικόνα 2. Τοποθέτηση δακτύλων. Από το: Margo-Utwente (2011). Ten Basic Steps in Archery: Index - Calslaan 3-1. (Margo-Utwente 2011).



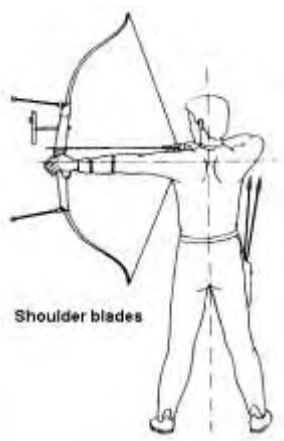
3. Τοποθέτηση χεριών (bowhand): Το μπροστινό χέρι συγκρατεί το τόξο πιέζοντας το μέσο της παλάμης.

Εικόνα 3. Τοποθέτηση χεριών. Από το: Margo-Utwente (2011). Ten Basic Steps in Archery: Index - Calslaan 3-1. (Margo-Utwente 2011).



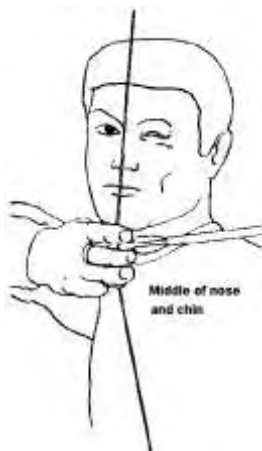
4. Άνοιγμα χορδής: Ο αθλητής στη φάση αυτή τραβά τη χορδή κατά μήκος του βραχίονα.

Εικόνα 4. Άνοιγμα χορδής. Από το: Margo-Utwente (2011). Ten Basic Steps in Archery: Index - Calslaan 3-1. (Margo-Utwente 2011).



5. Αγκύρωση-Κούμπωμα: Εφόσον ο αθλητής τραβήξει την χορδή θα πρέπει να την τοποθετήσει στο μέσο του πιγουνιού και της μύτης.

Εικόνα 5. Αγκύρωση-κούμπωμα. Από το: Margo-Utwente (2011). Ten Basic Steps in Archery: Index - Calslaan 3-1. (Margo-Utwente 2011).



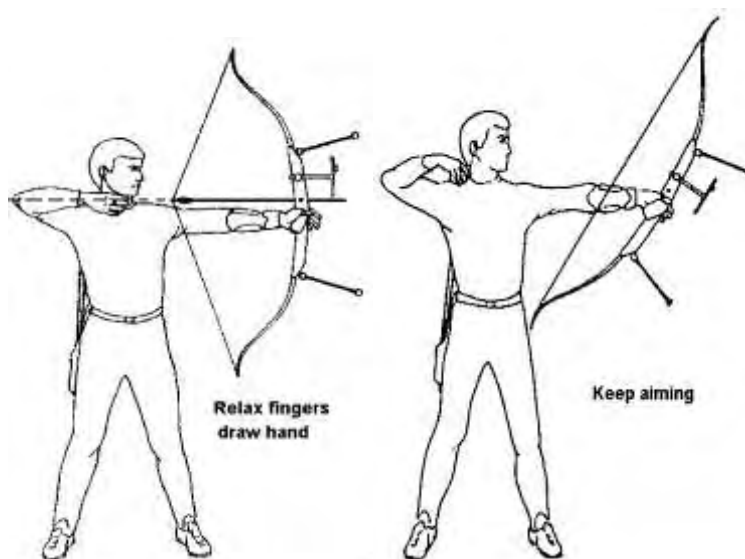
6. Στόχευση: Η στόχευση γίνεται με το κυρίαρχο μάτι ενώ το άλλο το κρατάμε κλειστό.

Εικόνα 6. Στόχευση. Από το: Margo-Utwente (2011). Ten Basic Steps in Archery: Index - Calslaan 3-1. (Margo-Utwente 2011).



7. Απελευθέρωση και το follow: Κατά την απελευθέρωση της χορδής το χέρι κάνει μια γρήγορη προς τα πίσω κίνηση και τοποθετείται σχεδόν πίσω από το κεφάλι ενώ το χέρι το μπροστινό που συγκρατεί το τόξο χαλαρώνει αφήνοντας το τόξο να κάνει μια ελαφριά πτώση μπροστά και κάτω.

Εικόνα 7. Απελευθέρωση. Από το: Margo-Utwente (2011). Ten Basic Steps in Archery: Index - Calslaan 3-1. (Margo-Utwente 2011).



2.2 Μύες που συμμετέχουν στην εκτέλεση της βολής

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο της FITA (F.I.T.A. 2008), η ανύψωση του χεριού που κρατά το τόξο επιτυγχάνεται κυρίως με το δελτοειδή μυ ενώ ο τρικέφαλος μυς κρατά τον αγκώνα του χεριού τεντωμένο. Στο άνοιγμα της χορδής συμμετέχει ο πρόσθιος οδοντωτός μυς ο οποίος τραβά την ωμοπλάτη προς τα εμπρός. Εφόσον η κλείδα εμποδίζει την ωμοπλάτη από το να κινηθεί γύρω από το πρόσθιο τμήμα της θωρακικής κοιλότητας, η προκύπτουσα κίνηση τραβά στην πραγματικότητα την ωμοπλάτη και μαζί με αυτή ο βραχίονας τείνει προς την κατεύθυνση του στόχου. Ταυτόχρονα οι ρομβοειδείς μύες, καθώς και ο τραπεζοειδής μυς, ως ανταγωνιστές, πρέπει να χαλαρώσουν. Για να αποτραπεί η υπέρ του δέοντος ανύψωση του ώμου ενεργοποιείται ο πλατύς ραχιαίος μυς. Ο μείζων και ο ελάσσων στρογγυλός μυς καθώς και ο υποπλάτιος μυς περιστρέφουν το βραχίονα προς τα μέσα, κάτι που εμποδίζει τον αγκώνα και το αντιβράχιο να αγγίξουν τη χορδή κατά την απελευθέρωση. Ο ελάσσων θωρακικός μυς μετακινεί την ωμική ζώνη αυτής της πλευράς προς τα εμπρός.

Σύμφωνα με το εγχειρίδιο της FITA (F.I.T.A. 2008), στο χέρι που τεντώνει τη χορδή, ο δικέφαλος (για την κάμψη του αγκώνα) και ο μείζων θωρακικός μυς φέρνουν το βραχίονα προς τη χορδή έτσι ώστε τα δάχτυλα (με ή χωρίς μηχανική απελευθέρωση) να την πιάσουν. Ταυτόχρονα, ο δελτοειδής μυς και σε μικρότερο βαθμό, επίσης, ο υπερακάνθιος μυς ενεργοποιούνται έτσι ώστε αυτή η κίνηση να εκτελείται σε οριζόντιο επίπεδο. Πολλοί μύες εργάζονται μαζί για το τράβηγμα της χορδής πίσω στο σημείο αγκύστρωσης: ο τραπεζοειδής μυς και ρομβοειδής μυς μετακινούν την ωμοπλάτη προς τη σπονδυλική στήλη, ενώ ο δελτοειδής μυς και ο υποκάνθιος μυς οδηγούν το άνω τμήμα του βραχίονα προς τα πίσω. Το τράβηγμα της χορδής προς τα πίσω εκτελείται με τους μύες που βρίσκονται στο πίσω μέρος της άρθρωσης του ώμου, και οι καμπτήρες των δακτύλων ενεργοποιούνται έτσι ώστε να αποτραπεί το γλίστρημα της χορδής από τα δάχτυλα. Τέλος, οι εκτείνοντες των δακτύλων ενεργοποιούνται για την απελευθέρωση της χορδής.

Σύμφωνα με τον Smith (Smith 2003) η απόδοση σε ένα άθλημα επηρεάζεται κατά το πλείστον από την ποιότητα της προπόνησης που ακολουθεί ο κάθε αθλητής. Για να μπορέσουμε να καταστήσουμε μια προπόνηση ποιοτική θα πρέπει να συμπεριλάβουμε πολλούς παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κάθε αθλήματος, όμως μερικοί από τους παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόδοση ενός αθλητή ανεξαρτήτου αθλήματος είναι ίδιοι (Smith 2003). Με την προπόνηση, ένας αθλητής τοξοβόλος προσπαθεί να επιτύχει αυτοματοποίηση δεξιοτήτων κίνησης και ανάπτυξη ανταγωνισμού. Επίσης μέσω της προπόνησης και με την κατάλληλη ένταση, διάρκεια, και συχνότητα μπορεί να αναπτύξει την δύναμη και την αντοχή που χρειάζεται το άθλημα της τοξοβολίας (Keast and Elliott 1990).

Η τοξοβολία είναι ένα στατικό άθλημα όπου μπορεί η φυσική κατάσταση ενός αθλητή να μην παίζει τόσο καθοριστικό ρόλο όσο άλλοι παράγοντες όπως είναι η ειδική αντοχή, η δύναμη, η ευελιξία σε συνδυασμό με έναν καλό συγχρονισμό μεταξύ χεριού -

ματιού - αυτιού. Η περισσότερη επιβάρυνση τόσο στην προπόνηση όσο και στους αγώνες γίνεται κυρίως στο άνω μέρος του σώματος του αθλητή παρά στα πόδια. Οπότε οι δεξιότητες που αναπτύσσουν τους βοηθούν στο να μπορούν να εφαρμόζουν την τεχνική του τόξου όσο το δυνατόν πιο σταθερά για καλύτερη πτήση του βέλους προς τον στόχο (Pekalski 1990).

Ο τοξοβόλος για να πραγματοποιήσει μια βολή ακολουθεί συγκεκριμένα μια σειρά κινήσεων η οποία επαναλαμβάνεται σε όλο τον αγώνα. Ο τοξότης περνά το βέλος στο τόξο και εν συνεχεία κάνοντας μια πλήρη έκταση ξεκινά την στόχευση. Ο αθλητής αφήνει τη χορδή όταν το βέλος φύγει από το clicker και ακουστεί το ηχητικό ερέθισμα. Το clicker είναι μια συσκευή που τοποθετείται στο τόξο και βοηθά τον τοξοβόλο να ρίχνει με συγκεκριμένη δύναμη την βολή του στην απόσταση των 70 μ. Από μελέτες που έγιναν παρατηρήθηκαν ότι κάποιες μυϊκές ομάδες παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόδοση του αθλητή. Σε μελέτη που έγινε από τον Nishizono και τους συνεργάτες του (Nishizono, Nakagava et al. 1984) οι οποίοι αξιολόγησαν πέντε αθλητές από τους οποίους οι δυο ήταν παγκόσμιας κλάσης, δυο αρχάριοι και ένας μεσαίας κατηγορίας τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αθλητές υψηλού επιπέδου εμφάνιζαν μεγαλύτερη δραστηριότητα του δελτοειδή από μεσαίου επιπέδου αθλητές και αρχάριους καθώς επίσης ενεργοποιούνταν και οι ραχιαίοι μύες. Ακόμη φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του δελτοειδή με το μείζων θωρακικό μυ όπου λειτουργούν σαν ανταγωνιστές μύες μεταξύ τους λίγο πριν την απελευθέρωση του βέλους από τη χορδή. Επίσης από την μελέτη αυτή φάνηκε ότι ο δικέφαλος μυς του μπροστινού χεριού είναι ενεργός καθ' όλη την διάρκεια της βολής σε σχέση με τον τρικέφαλο όπου έχει μια παύση (Nishizono, Nakagava et al. 1984).

Ο Leroyer (Leroyer, Van Hoecke et al. 1993) μελέτησε με ηλεκτρομυογράφημα την τελική κίνηση που εκτέλεσαν οχτώ αθλητές τοξοβολίας διαφορετικών επιπέδων πριν την απελευθέρωση του βέλους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει μια παύση κατά τη διάρκεια της τεχνικής και ότι η σταθερότητα του μπροστινού βραχίονα που συγκρατεί το

τόξο με την παράλληλη αργή κίνηση του βραχίονα που τραβάει την χορδή λίγο πριν την απελευθέρωση παίζουν καθοριστικό ρόλο στην απόδοση στην τοξοβολία (Leroyer, Van Hoecke et al. 1993).

Σε μελέτη όπου έγινε με ηλεκτρομυογράφημα για το πίσω χέρι (bow string release) μετρήθηκε το ποσοστό συμμετοχής των καμπτήρων και των εκτεινόντων των δακτύλων κατά τη διαδικασία της βολής (Martin, Siler et al. 1990). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο καμπτήρας δακτύλου φαίνεται να ενεργοποιείται κυρίως κατά την απελευθέρωση της χορδής, αλλά παρατηρήθηκε επίσης μια αυξημένη ενεργοποίηση των εκτεινόντων των δακτύλων. Επομένως, η απελευθέρωση της χορδής δεν γίνεται ενεργά, μέσω της έκταση των δακτύλων ασκώντας ομόκεντρη δράση των μυών, αλλά επέρχεται μέσω μιας χαλάρωσης των καμπτηρών και ίσως ασκείται μια μικρή δράση από των εκτεινόντων μυών των δακτύλων (Martin, Siler et al. 1990).

Σημαντικό ρόλο στην απόδοση ενός αθλητή στην τοξοβολία φαίνεται να παίζει και η σταθερότητα που πρέπει να έχει καθ' όλη την διάρκεια της διαδικασίας της βολής. Κατά τον Gruber (Gruber M. 2002), η σταθερότητα σε ένα τοξοβόλο προέρχεται από την ανάπτυξη βασικών ικανοτήτων και δεξιοτήτων που εφαρμόζει στις προπονήσεις του. Σε αυτό μπορεί να συντελέσει και η χρήση τεχνολογικού εξοπλισμού με λέιζερ που αποσκοπεί στο να βοηθήσει τον αθλητή να περιορίσει τις ανεπιθύμητες κινήσεις κατά την απελευθέρωση και να αυξήσει την απόδοση του (Gruber M. 2002).

Η σταθερότητα στην ταχύτητα εκτέλεσης της τεχνικής παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην απόδοση, όπως έδειξε μελέτη που εξέτασε τη σχέση του χρόνου της στόχευσης με το χρόνο απελευθέρωσης του βέλους (Kuo-bin and Chi-kuang 2005). Μετρήσεις απόδοσης σε 6 ελίτ αθλητές και παράλληλη κινηματογράφηση με ψηφιακό βίντεο τόσο των αθλητών όσο και των οριζόντιων και κάθετων κατευθύνσεων του βέλους έδειξαν ότι μεγάλο ρόλο παίζει, ειδικά με την πάροδο του χρόνου, η σταθερότητα στην ταχύτητα εκτέλεσης της τεχνικής

κατά την απελευθέρωση τόσο στην απόδοση ξεχωριστά κατά βέλος όσο και στη συνολική απόδοση (Kuo-bin and Chi-kuang 2005). Σχετικά με το χρόνο απελευθέρωσης, πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι ο σύντομος χρόνος κατά την απελευθέρωση σε σχέση με το πέρασμα το βέλους από το κλίκερ σχετίζεται με υψηλή απόδοση (Heller 2012). Για την μελέτη αυτή κατασκευάστηκε ένα ακουστικό όργανο το οποίο μπορεί να καταγράψει το ήχο του clicker, της απελευθέρωσης του βέλους, καθώς και το κτύπημα του βέλους πάνω στο στόχο. Οι βολές για τις μετρήσεις αυτές έγιναν από τα 18μ σε 7 αθλητές οι οποίοι έριξαν 30 βολές ο καθένας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο πιο γρήγορα απελευθερωνόταν το βέλος μετά τον ακουστικό σήμα από το κλίκερ τόσο η απόδοση των αθλητών ανέβαινε (Heller 2012).

Σε μετρήσεις που έγιναν σε αθλητές υψηλού επίπεδου και αρχαρίων με ηλεκτρομυογράφημα διαπιστώθηκαν μεγάλες διαφορές ποσοστών συμμετοχής των ανταγωνιστών μυών των καμπτήρων και των εκτεινόντων των δακτύλων 2 και 3 (Ertan 2009). Οι αθλητές υψηλού επίπεδου είχαν χαλαρούς τους καμπτήρες των δακτύλων (bow hand) κατά την εκτέλεση των βολών σε σχέση με τους αρχάριους και παράλληλα είχαν μια αυξημένη ενεργοποίηση των εκτεινόντων μυών σε σχέση με τους αρχάριους. Ως αποτέλεσμα, οι αρχάριοι έπιαναν το τόξο κατά την εκτέλεση της βολής σε αντίθεση με τους αθλητές υψηλού επιπέδου και οι αποδόσεις τους ήταν μειωμένες συγκριτικά (Ertan 2009).

Φυσικά από την τοξοβολία δεν μπορεί να απουσιάζει το στοιχείο της κόπωσης που όπως σε όλες τις φυσικές δραστηριότητες του ανθρώπου πορεύεται μαζί. Η τοξοβολία είναι συνδεδεμένη με την κόπωση καθώς ο αθλητής θα πρέπει να ρίξει σε έναν αγώνα περίπου 75 βολές μειώνοντας – κατά το δυνατό – τις παρεκκλίσεις στην τεχνική του. Έχει μετρηθεί από την FITA ότι σε κάθε αγώνα κατά την στιγμή που τεντώνει το τόξο μια γυναίκα αθλήτρια εφαρμόζει γύρω στα 15-16 kg ενώ για έναν άνδρα αθλητή είναι περίπου στα 18-20 kg. Οπότε συνολικά σε έναν αγώνα εφαρμόζονται 1125-1200 kg για τις γυναίκες και 1300-1500 kg δύναμης για τους άνδρες αντίστοιχα. Είναι φυσιολογικό, επομένως, η κόπωση να κάνει

αισθητή την εμφάνισή της κατά τη διάρκεια ενός αγώνα (Lindstrom, Kadefors et al. 1977). Πράγματι, σε μελέτη που δημοσιεύτηκε από την ομάδα μας πρόσφατα φάνηκε ότι η απόδοση στο αγώνισμα της τοξοβολίας μειώνεται από την αρχή μέχρι το τέλος του αγώνα, γεγονός που υποδεικνύει τις επιπτώσεις της κόπωσης (Carrillo, Christodoulou et al. 2011).

2.2 Επιπτώσεις του θερμού περιβάλλοντος σε αγωνίσματα ακριβείας

Παρά το γεγονός ότι η τοξοβολία δεν φαίνεται να είναι πολύ απαιτητική άσκηση, προσεκτική εξέταση του αθλήματος δείχνει ότι τόσο η προπόνηση όσο και ο αγώνας απαιτούν ένα υψηλό βαθμό πολύωρης συγκέντρωση καθώς και ικανότητες δύναμης, αντοχής και του ακριβούς ελέγχου της στάσης και των κινήσεων του σώματος. Κατά τη διάρκεια ενός διεθνούς αγώνα, ένας τοξότης ρίχνει πάνω από 75 βολές με διαλειμματικό τρόπο απέναντι σε αντιπάλους, κάτω από στρεσογόνες καταστάσεις και σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες (σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους). Ως εκ τούτου, η τοξοβολία αποτελεί μια απαιτητική δραστηριότητα κυρίως για το νευρομυϊκό σύστημα.

Είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος επηρεάζει σημαντικά την νευρομυϊκή συναρμογή και την επιδεξιότητα των χεριών (Flouris, Cheung et al. 2006) με αποτέλεσμα τη πιθανώς σημαντική διακύμανση της απόδοσης σε αθλήματα ακριβείας όπως η τοξοβολία. Δεδομένου ότι αγώνες στο άθλημα της τοξοβολίας πραγματοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους, οι μεταβολές στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος μπορούν να είναι σημαντικές από τη μια μέρα στην άλλη ή ακόμη και κατά τη διάρκεια ενός αγώνα. Για παράδειγμα, μια σύντομη αναδρομή στις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες στον τόπο διεξαγωγής των τελικών αγώνων τοξοβολίας στους 10 τελευταίους Ολυμπιακούς Αγώνες δείχνει μια διακύμανση από τους 13.9°C (Μόναχο 1972) στους 27.7°C (Αθήνα 2004). Επίσης, παρατηρούμε κυρίως ότι οι αγώνες τοξοβολίας στους Ολυμπιακούς αγώνες αλλά και στα παγκόσμια πρωταθλήματα που διοργανώνει η FITA γίνονται σε σχετικά υψηλά επίπεδα

θερμοκρασίας παρά σε ψυχρά. επίσης, εκτός από τη θερμοκρασία, μεγάλο ρόλο στην υψηλή απόδοση παίζουν και άλλοι παράγοντες του περιβάλλοντος όπως η υγρασία, η ένταση και κατεύθυνση του ανέμου καθώς και η φωτεινότητα που υπάρχει κατά την ώρα της διεξαγωγής του αγώνα.

Οι επιπτώσεις της υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος στην απόδοση στο άθλημα της τοξοβολίας δεν έχουν μελετηθεί. Ωστόσο γνωρίζουμε από μελέτες που έγιναν σε άλλα αθλήματα τις αρνητικές επιπτώσεις της θερμοκρασίας στην απόδοση των αθλητών. Το ανθρώπινο σώμα προσπαθεί να διατηρεί τη θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος σταθερή γύρω στους 37 °C. Η θερμορύθμιση βοηθά τον οργανισμό να διατηρεί τη θερμική του ισορροπία και συνάμα να μπορεί να αντιμετωπίσει τις μεταβολές του περιβάλλοντος και να προσαρμόζεται ανάλογα με τις απαιτήσεις που άλλοτε μπορεί να είναι είτε με την παραγωγή είτε με την αποβολή θερμότητας από το σώμα (Flouris 2011). Παρόλο που η τοξοβολία χαρακτηρίζεται ως ένα ήπιο και αερόβιο άθλημα, αυξημένη θερμοκρασία σώματος μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρη κόπωση, με αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση. Όπως έδειξε και πρόσφατη μελέτη της ομάδας μας, η κόπωση κάνει εμφανή την παρουσία της κατά τη διάρκεια ενός αγώνα τοξοβολίας, με την απόδοση να μειώνεται από την αρχή μέχρι το τέλος του αγώνα (Carrillo, Christodoulou et al. 2011). Ένας αθλητής τοξοβολίας πρέπει να διατηρεί τη γνωστική και διανοητική του οξύτητα σε πολύ υψηλά επίπεδα σε όλη τη διάρκεια του αγώνα. Αυτό όμως είναι δύσκολο να επιτευχθεί όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι πέραν των φυσιολογικών. Κατά τον Hancock et al. η αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος από την άσκηση και το θερμό περιβάλλον επηρεάζουν τη διαύγεια με αποτέλεσμα ο αθλητής να έχει μειωμένη συγκέντρωση (Hancock and Vasmatazidis 2003). Αυτό φυσικά στην τοξοβολία έχει άμεσα αρνητική συνέπεια στην απόδοση του αθλητή.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης, απαιτήθηκε έγκριση από την Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΤΕΦΑΑ) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (υποβολή πρότασης έρευνας και έγκριση, Παράρτημα). Επίσης, πάρθηκε ειδική άδεια από την Ελληνική Φίλαθλο Ομοσπονδία Τοξοβολίας (Ε.Φ.Ο.Τ.) έτσι ώστε δύο ερευνητές να παραβρίσκονται μέσα στον αγωνιστικό χώρο για την συλλογή των δεδομένων. Τα δεδομένα της μελέτης αυτής συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια δύο επίσημων αγώνων της Ε.Φ.Ο.Τ. Και οι δύο αγώνες ήταν Α΄ & Β΄ κατηγορίας Ανοικτού Χώρου Ανδρών – Γυναικών - Ν. Ανδρών- Ν. Γυναικών – Εφήβων-Νεανίδων Ολυμπιακού και Σύνθετου Τόξου. Οι δύο αγώνες ήταν προκαθορισμένοι να γίνουν στις 28-29 Απριλίου και 9-10 Ιουνίου 2012 στο Ολυμπιακό Ιππικό Κέντρο Μαρκόπουλου Αττικής. Η διεξαγωγή των δυο αγώνων ξεκινά και τελειώνει την ίδια ώρα και στους δύο αγώνες. Η απόσταση των στόχων όπως και στους Ολυμπιακούς Αγώνες είναι στα 70 μέτρα.

3.1 Εθελοντές

Όλοι οι ενήλικες αθλητές οι οποίοι συμμετείχαν και στους δύο προαναφερθέντες αγώνες προσκλήθηκαν να συμμετέχουν στη μελέτη. Τελικά, δώδεκα αθλητές από διαφορετικούς συλλόγους έδωσαν γραπτή συγκατάθεση και δέχθηκαν να συμμετέχουν στη μελέτη. Αφού διάβασαν προσεκτικά το σχετικό έγγραφο για το πρωτόκολλο των μετρήσεων και κατανόησαν πλήρως την σημαντικότητα της έρευνας αυτής, υπέγραψαν το έντυπο συμμετοχής. Τα χαρακτηριστικά των αθλητών που πήραν μέρος ήταν: άνδρες: 8, γυναίκες: 4, ηλικία: 33.7 ± 10.6 χρόνια, ύψος: 1.78 ± 0.09 m, βάρος 83.5 ± 14.2 kg, δείκτης μάζας σώματος: 26.2 ± 2.9 , προπονητική ηλικία: 9.0 ± 0.9 χρόνια.

Οι συμμετέχοντες δεν είχαν κάνει κάποια έντονη μορφή άσκησης και είχαν καταναλώσει αλκοόλ για τουλάχιστον 48 ώρες πριν από τον κάθε αγώνα (Irwin, Leveritt et al. 2013). Επίσης δεν είχαν καταναλώσει καφεΐνη το πρωί πριν τον αγώνα. Στην έρευνα δε συμμετείχαν άτομα που δεν ήταν αθλητές τοξοβολίας (εγγεγραμμένοι σε αναγνωρισμένο σύλλογο τοξοβολίας) ή άτομα που έπασχαν από οποιαδήποτε μορφής ασθένεια ή νόσημα ή λάμβαναν φαρμακευτική αγωγή που σε συνδυασμό με την άσκηση μπορεί να προκαλέσει άμεσα ή έμμεσα προβλήματα υγείας (Kolka, Levine et al. 1984).

3.2 Σχεδιασμός Μελέτης

Το πειραματικό πρωτόκολλο πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο τρόπο και από τους ίδιους ερευνητές και στους δύο αγώνες. Οι δύο αγώνες στους οποίους πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις για την παρούσα μελέτη έλαβαν χώρα στο Ολυμπιακό Ιππικό Κέντρο Μαρκόπουλου Αττικής. Κατά το σχεδιασμό της μελέτης τον Ιανουάριο του 2012, υποθέσαμε ότι θα υπάρχει σημαντικά διαφορετική θερμοκρασία μεταξύ των δύο αγώνων. Σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY), η μέση θερμοκρασία κατά τον πρώτο αγώνα που πραγματοποιήθηκε στις 29 Απριλίου 2012 θα ήταν 20 °C (Hellenic National Meteorological Service 2012). Η αντίστοιχη θερμοκρασία κατά το δεύτερο αγώνα που έγινε στις 9 Ιουνίου αναμενόταν να είναι 26 °C (Hellenic National Meteorological Service 2012). Λόγω του μικρού χρονικού διαστήματος μεταξύ των δύο αγώνων, υποθέσαμε ότι δε θα υπάρχει σημαντική αλλαγή της απόδοσης λόγω βελτίωσης της τεχνικής των αθλητών μέσω της προπόνησης. Έτσι, οι μεταβολές της απόδοσης και των παραμέτρων που την επηρεάζουν θα οφείλονται κατά κύριο λόγο στη μεταβολή των περιβαλλοντικών συνθηκών. Η απόδοση των αθλητών και στους δυο αγώνες καταγράφηκε στα φύλλα αγώνων τα οποία μας χορήγησε σε ηλεκτρονική μορφή η Ε.Φ.Ο.Τ. καθώς και με το τελικό πίνακα κατάταξης των αγώνων όπου συμμετείχαν οι αθλητές.

Με βάση το πρωτόκολλο των αγώνων της Ε.Φ.Ο.Τ., οι αγωνιζόμενοι πρέπει να ρίξουν σε κάθε γύρο του αγώνα 6 βολές. Η κάθε μία βολή αποτελείται από 6 βέλη. Επομένως, οι αθλητές έριξαν 36 βέλη στον Α' γύρο και 36 βέλη στον Β' γύρο του κάθε αγώνα, επομένως συνολικά 72 βέλη σε κάθε αγώνα. Το χρονικό περιθώριο που έχουν για να εκτελέσουν την κάθε βολή (δηλαδή να ρίξουν 6 βέλη) ορίζεται στα τέσσερα λεπτά. Στο τέλος της κάθε βολής όλων των αγωνιζομένων, οι αθλητές βαδίζουν προς τους στόχους για να μετρήσουν την απόδοση των βελών τους, να την καταγράψουν στα φύλλα αγώνων και να μαζέψουν τα βέλη τους από τους στόχους για να γυρίσουν στη γραμμή βολής όπου θα ξεκινήσει η επόμενη βολή τους. Σε κάθε ένα στόχο ρίχνουν δύο αθλητές στην πρώτη βολή γραμμής και αφού τελειώσει το χρονικό όριο των τεσσάρων λεπτών μπαίνουν οι αθλητές της δεύτερης γραμμής. Στο τέλος της βολής και των δυο γραμμών οι αθλητές πηγαίνουν στους στόχους όπου και καταγράφουν το σκορ του κάθε βέλους ξεχωριστά καθώς και το άθροισμα των βολών και το συνολικό των υπολοίπων βολών, φυσικά με την παρουσία των κριτών που υπάρχουν σε κάθε στόχο ξεχωριστά. Κατά το τέλος του πρώτου γύρου των βολών και αφού υπογράψουν οι αθλητές που υπάρχουν σε κάθε φύλλο, οι κριτές μαζεύουν τα φύλλα αγώνα για να τα μεταφέρουν στην γραμματεία του αγώνα για να περαστούν σε ηλεκτρονική μορφή και να βγουν τα αποτελέσματα των αθλητών μετά από 36 βέλη. Το ίδιο αντίστοιχα γίνεται και στο δεύτερο γύρο με τη διαφορά όμως ότι επιπρόσθετα βγαίνει και το συνολικό σκορ των 72 βελών που έριξαν στον αγώνα οι αθλητές και από όπου βγαίνει και οι κατάταξη με τους τρεις πρώτους νικητές. Το ωρολόγιο πρόγραμμα και των δύο αγώνων ήταν ίδιο και παρουσιάζεται συνοπτικά στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Το ωρολόγιο πρόγραμμα των αγώνων στους οποίους διεξήχθη η μελέτη.

Φάσεις Αγώνα	Περιγραφή	Ωρα
1	Έλεγχος εξοπλισμού	09:30-10:15
2	Δοκιμαστικές βολές	10:15-11:00
3	A' Γύρος (6 βολές, κάθε βολή αποτελείται από 6 βέλη και έχει συνολική διάρκεια 4 λεπτά)	11:00-12:45
4	Διάλειμμα	12:45-13:15
5	B' Γύρος (6 βολές, κάθε βολή αποτελείται από 6 βέλη και έχει συνολική διάρκεια 4 λεπτά)	13:15-15:00

3.3 Μετρήσεις

Οι μετρήσεις της παρούσας μελέτης αφορούσαν αφενός την απόδοση του κάθε αθλητή και αφετέρου κάποιους από τους περιβαλλοντικούς και φυσιολογικούς παράγοντες στους οποίους αυτή βασίζεται. Οι περιβαλλοντικοί και φυσιολογικοί παράγοντες αξιολογήθηκαν με δύο δέσμες μετρήσεων:

Δέσμη 1: Πριν τον έλεγχο εξοπλισμού (φάση 1), κατά το διάλειμμα (φάση 4) καθώς και στο τέλος του B' Γύρου (φάση 5) πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για:

- i. Τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ταχύτητα του αέρα, και τη φωτεινότητα του περιβάλλοντος.
- ii. Τη θερμοκρασία του σώματος.
- iii. Τη θερμοκρασία των δακτύλων.
- iv. Την ισχύ των καμπτήρων των δακτύλων (εν τω βάθει, επιπολής, κοινός) του ισχυρού χεριού.
- v. Την ισχύ του κοινού εκτείνων τους δακτύλους μυός του ισχυρού χεριού.
- vi. Την κόπωση.

Δέσμη 2: Μετά το τέλος κάθε βολής (φάσεις 3 και 5), πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για:

- i. Τη θερμοκρασία των δακτύλων.
- ii. Την υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης.

3.3.1 Απόδοση

Η απόδοση των αθλητών και στους δυο αγώνες καταγράφηκε στα φύλλα αγώνων τα οποία μας χορήγησε σε ηλεκτρονική μορφή η Ε.Φ.Ο.Τ. καθώς και με το τελικό πίνακα κατάταξης των αγώνων όπου συμμετείχαν οι αθλητές.

3.3.2 Μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας αέρα και φωτεινότητας του περιβάλλοντος

Η θερμοκρασία και η υγρασία περιβάλλοντος μετρήθηκαν με Digital Thermometer Hygrometer (New Island Ltd., Hong Kong, China). Η ταχύτητα του αέρα μετρήθηκε με Digital Pocket Wind Speed Meter (H4327, Tomtop, Hong Kong, China) ενώ η φωτεινότητα μετρήθηκε με το 1330B Light Meter (Easy Life, Hong Kong, China). Τα όργανα πραγματοποιούσαν μετρήσεις για 3 λεπτά κάθε φορά (πριν τον έλεγχο εξοπλισμού, κατά το διάλειμμα και στο τέλος του Β' Γύρου) και η μέση τιμή καταγραφόταν.

3.3.3 Μέτρηση θερμοκρασίας ακουστικού πόρου

Η θερμοκρασία του σώματος μετρήθηκε με θερμόμετρο μέτρησης θερμοκρασίας του έξω ακουστικού πόρου με θερμόμετρο (IR 100, Microlife Switzerland) το οποίο αξιολογεί την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από το τύμπανο και τους γύρω ιστούς. Η θερμοκρασία μετρούνταν τρεις φορές στο αριστερό αυτί του εθελοντή και καταγραφόταν η μέση τιμή. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η μέτρηση, το αυτί τραβιόταν απαλά πίσω για να τεντώσει το ακουστικό κανάλι. Η άκρη μέτρησης του θερμομέτρου τοποθετιόταν απαλά

στον έξω ακουστικό πόρο και κατευθυνόταν προς το τύμπανο για να εξασφαλιστεί αξιόπιστη μέτρηση. Από αυτή τη θέση, το θερμόμετρο ενεργοποιούνταν πραγματοποιώντας τη μέτρηση.

3.3.4 Μέτρηση θερμοκρασίας δακτύλων

Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες (Flouris, Cheung et al. 2006, Flouris, Westwood et al. 2008, Flouris and Cheung 2009), μετρήθηκε η θερμοκρασία δέρματος στην έσω πλευρά της πρώτης φάλαγγας του 2ου δακτύλου (δείκτη) και στα δύο χέρια. Η μέτρηση έγινε με θερμόμετρο ακριβείας το οποίο διαθέτει δύο μικρής κλίμακας κεραμικά θερμίστορ (MA-100, Thermometrics, Edison, N.J., USA).

3.3.5 Μέτρηση ισχύος των καμπτήρων των δακτύλων

Η μέτρηση της μέγιστης παραγόμενης ισχύος των καμπτήρων των δακτύλων (εν τω βάθει, επιτολής, κοινός) του ισχυρού χεριού – το οποίο στην τοξοβολία χρησιμοποιείται για το τέντωμα της χορδής του τόξου – πραγματοποιήθηκε με δυναμόμετρο χειρός (Jamar, Lafayette Instrument Company, Lafayette, USA).

3.3.6 Μέτρηση ισχύος του κοινού εκτείνων τους δακτύλους

Η μέτρηση της μέγιστης παραγόμενης ισχύος του κοινού εκτείνων τους δακτύλους μυός του ισχυρού χεριού – το οποίο στην τοξοβολία χρησιμοποιείται για το τέντωμα της χορδής του τόξου – πραγματοποιήθηκε με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας Libra (Libra Electronics & Systems, Gujarat, India). Για την πραγματοποίηση της μέτρησης, οι εθελοντές βρίσκονταν σε καθιστή θέση και τοποθετούσαν το βραχίονά τους σε μια βάση έτσι ώστε να βρίσκεται παράλληλα με το έδαφος. Ο ζυγός ακριβείας τοποθετούνταν κάτω από τα δάκτυλά τους και οι εθελοντές έπρεπε να παράγουν τη μεγαλύτερη δυνατή ισχύ εκτείνοντας τα δάκτυλά τους

από λυγισμένη θέση. Η μέγιστη τιμή που ο ζυγός κατέγραφε (σε gr) αποτελούσε την καταγραφόμενη τιμή.

3.3.7 Μυϊκή δύναμη άκρου χεριού

Τα επίπεδα μυϊκής δύναμης του άκρου χεριού αξιολογήθηκαν με ειδικό χειροδυναμόμετρο τύπου Jamar (Lafayette Instrument Company, Lafayette, USA) (Kuge, Suzuki et al. 2005). Ο δοκιμαζόμενος, από την όρθια θέση έπιανε το χειροδυναμόμετρο και, αφού τέντωνε ψηλά το χέρι του, το κατέβαζε αργά σφίγγοντας όσο πιο πολύ μπορούσε τη λαβή. Σε κάθε μέτρηση, ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε δύο φορές τη διαδικασία σε κάθε χέρι και καταγραφόταν η υψηλότερη επίδοση για το κάθε χέρι.

3.3.8 Μέτρηση κόπωσης

Η υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης μετρήθηκε με την κλίμακα Borg (Borg 1970).

3.3.9 Μέτρηση καρδιακής συχνότητας

Η καρδιακή συχνότητα μετρήθηκε με καρδιοσυχνόμετρο Polar RS 800 CX. Οι συμμετέχοντες φόρεσαν το καρδιοσυχνόμετρο λίγο πριν τον έλεγχο εξοπλισμού του αγώνα και η μέτρηση της καρδιακής συχνότητας πραγματοποιήθηκε σε όλη τη διάρκεια του αγώνα.

3.3.10 Δείκτης φυσιολογικού στρες

Ο δείκτης του φυσιολογικού στρες χρησιμοποιήθηκε ως συνδυασμός της θερμικής και καρδιαγγειακής φόρτισης. Ο υπολογισμός του δείκτη φυσιολογικού στρες έγινε με βάση τον Moran και συν. (Moran, Shitzer et al. 1998) με την παρακάτω εξίσωση:

$$\begin{aligned} &\text{Δείκτης φυσιολογικού στρες} = \\ &5(\Theta_{AK\delta} - \Theta_{AK0}) \cdot (39.5 - \Theta_{AK0})^{-1} + 5(K\Sigma_{\delta} - K\Sigma_0) \cdot (180 - K\Sigma_0)^{-1} \end{aligned}$$

όπου Θ_{AK} είναι η θερμοκρασία του ακουστικού πόρου κατά το διάλλειμα μεταξύ των δύο γύρων (δ) και στην αρχή του αγώνα (0), ενώ ΚΣ είναι η καρδιακή συχνότητα κατά το διάλλειμα μεταξύ των δύο γύρων (δ) και στην αρχή του αγώνα (0).

3.4 Στατιστική ανάλυση

Η απόδοση και όλες οι μετρήσεις που καταγράφηκαν κατά τους δύο αγώνες συγκρίθηκαν με αναλύσεις Wilcoxon Signed Ranks Test. Μεταβολές στις τιμές των διαφόρων μεταβλητών κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα αξιολογήθηκαν με τεστ Friedman. Συγκρίσεις μεταξύ των δύο αγώνων σε κάθε βολή ξεχωριστά πραγματοποιήθηκαν με Wilcoxon Signed Ranks Test. Τέλος, για την περαιτέρω διερεύνηση πιθανών σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών που μετρήθηκαν, χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση Kendall's τ . Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0.05$.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα κατά τους δύο αγώνες καθώς και συγκρίσεις μέσω Wilcoxon Signed Ranks Test παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Όπως αναμενόταν, το περιβάλλον ήταν πιο θερμό και ξηρό κατά το δεύτερο αγώνα ($p < 0.05$). Αντίθετα η ταχύτητα του αέρα και η φωτεινότητα ήταν σημαντικά χαμηλότερες στο δεύτερο αγώνα ($p < 0.05$). Η απόδοση κατά το δεύτερο αγώνα ήταν μειωμένη κατά 21 βαθμούς, διαφορά η οποία όμως δεν κρίθηκε στατιστικά σημαντική. Κατά το δεύτερο αγώνα επίσης όλες οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν ήταν υψηλότερες, καθώς επίσης και η καρδιακή συχνότητα και ο δείκτης

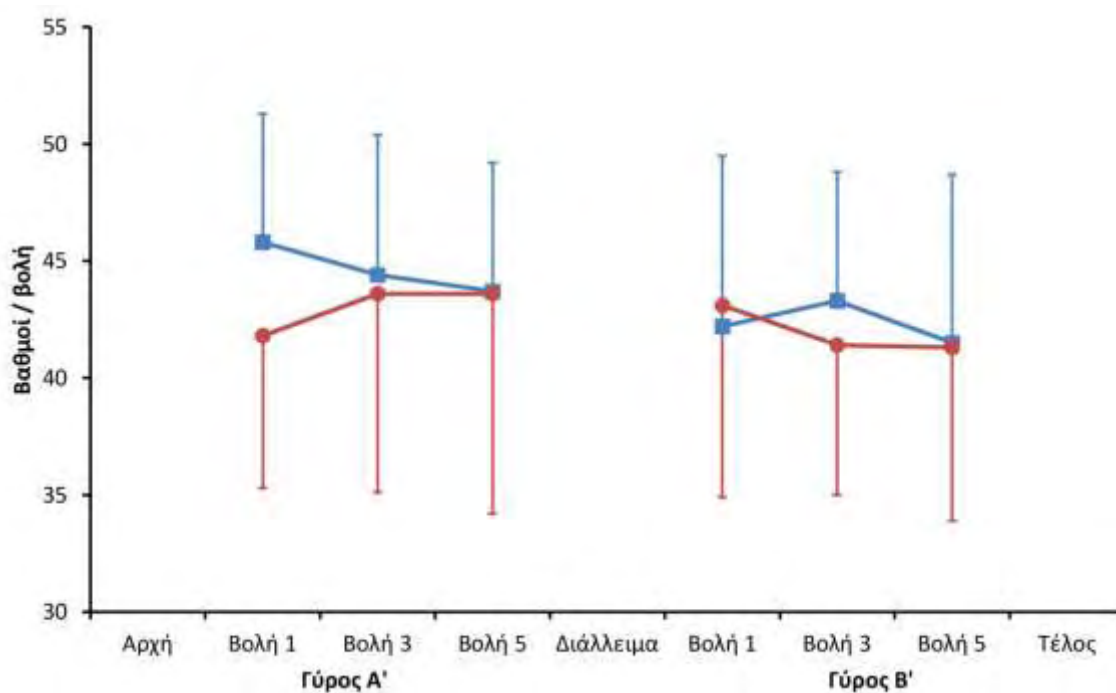
Πίνακας 2. Αποτελέσματα (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) για όλες τις μετρήσεις που καταγράφηκαν στους δύο αγώνες.

Παράμετρος		Αγώνας 1	Αγώνας 2
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	Θερμοκρασία περιβάλλοντος ($^{\circ}\text{C}$)	22.8 \pm 1.8	29.8 \pm 1.8*
	Υγρασία περιβάλλοντος (%)	54.0 \pm 4.2	34.4 \pm 7.4*
	Ταχύτητα ανέμου (μέτρα/λεπτό)	4.4 \pm 0.7	3.2 \pm 0.8*
	Φωτεινότητα (lux)	1136.7 \pm 71.8	1098.3 \pm 263.5
ΑΠΟΔΟΣΗ	Συνολικοί βαθμοί	518.1 \pm 35.9	496.7 \pm 95.0
	Βαθμοί/βολή	43.5 \pm 6.1	42.5 \pm 7.5
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Θ_{AK} ($^{\circ}\text{C}$)	36.6 \pm 0.4	36.9 \pm 0.3*
	Θ_{Δ} 2 $^{\circ}$ δάκτυλο δεξιού χεριού ($^{\circ}\text{C}$)	30.0 \pm 2.3	32.6 \pm 1.4*
	Θ_{Δ} 3 $^{\circ}$ δάκτυλο δεξιού χεριού ($^{\circ}\text{C}$)	30.1 \pm 2.8	32.5 \pm 1.5*
	Θ_{Δ} 2 $^{\circ}$ δάκτυλο αριστερού χεριού ($^{\circ}\text{C}$)	30.0 \pm 2.8	33.0 \pm 1.2*
	Θ_{Δ} 3 $^{\circ}$ δάκτυλο αριστερού χεριού ($^{\circ}\text{C}$)	30.0 \pm 2.4	33.1 \pm 1.2*
ΣΤΡΕΣΣ ΣΩΜΑΤΟΣ	Καρδιακή συχνότητα (σφυγμοί/λεπτό)	104.2 \pm 12.1	110.9 \pm 9.6*
	Δείκτης φυσιολογικού στρες	0.7 \pm 0.2	1.1 \pm 0.3*
	Υποκειμενική αίσθηση κόπωσης	7.3 \pm 2.0	6.6 \pm 1.5*
ΙΣΧΥΣ ΚΑΜΠΤΗΡΩΝ	Ισχύς καμπτήρων 2 $^{\circ}$ δάκτυλο δεξιού χεριού (kg)	2.8 \pm 1.2	2.9 \pm 0.8
	Ισχύς καμπτήρων 3 $^{\circ}$ δάκτυλο δεξιού χεριού (kg)	2.8 \pm 1.3	3.1 \pm 1.1
	Ισχύς καμπτήρων 2 $^{\circ}$ δάκτυλο αριστερού χεριού (kg)	2.6 \pm 1.2	3.2 \pm 0.9*
	Ισχύς καμπτήρων 3 $^{\circ}$ δάκτυλο αριστερού χεριού (kg)	2.7 \pm 1.3	3.6 \pm 1.1*
ΙΣΧΥΣ ΕΚΤΕΙΝΟΝΤΩΝ	Ισχύς εκτεινόντων 2 $^{\circ}$ δάκτυλο δεξιού χεριού (kg)	2.4 \pm 1.2	3.7 \pm 1.1*
	Ισχύς εκτεινόντων 3 $^{\circ}$ δάκτυλο δεξιού χεριού (kg)	2.5 \pm 1.3	3.5 \pm 1.1*
	Ισχύς εκτεινόντων 2 $^{\circ}$ δάκτυλο αριστερού χεριού (kg)	2.6 \pm 1.4	3.6 \pm 1.2*
	Ισχύς εκτεινόντων 3 $^{\circ}$ δάκτυλο αριστερού χεριού (kg)	2.3 \pm 1.3	3.1 \pm 1.0*
ΔΥΝΑΜΗ	Δύναμη άκρου δεξιού χεριού (kg)	39.0 \pm 11.7	42.3 \pm 10.0*
	Δύναμη άκρου αριστερού χεριού (kg)	35.3 \pm 11.6	37.9 \pm 10.7

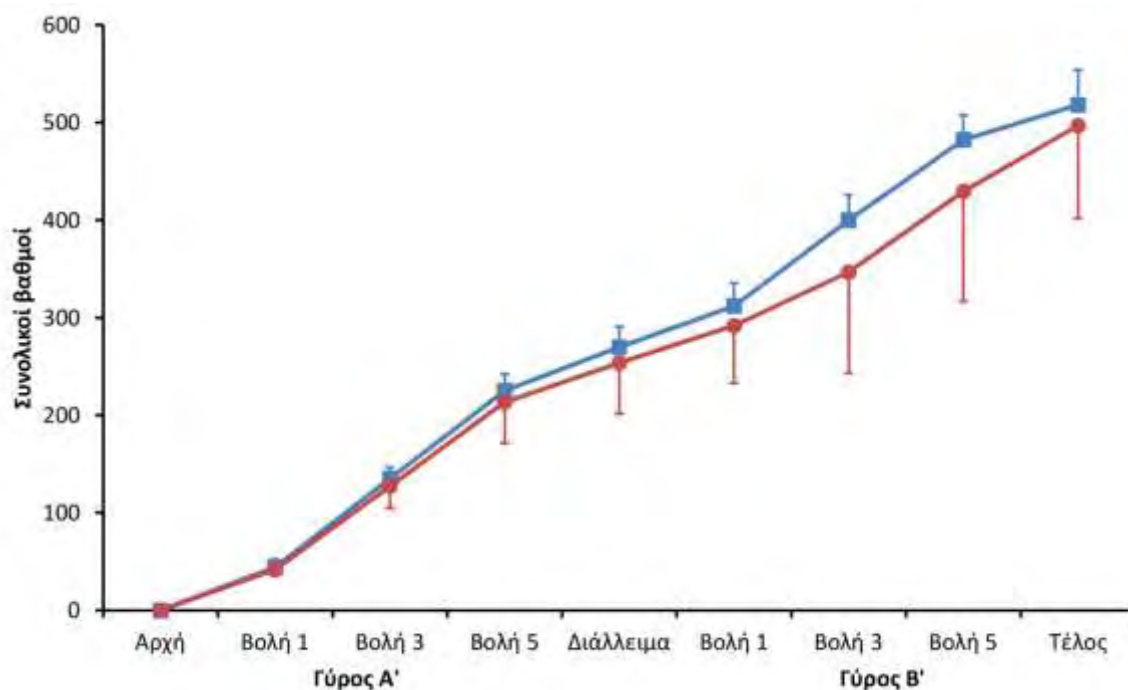
* = στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των αγώνων ($p < 0.05$).

φυσιολογικού στρες ($p < 0.05$). Αντίθετα, οι αθλητές ανέφεραν ότι αισθάνονταν λιγότερη κόπωση και πέτυχαν καλύτερες επιδόσεις στις μετρήσεις της ισχύος και της δύναμης κατά το δεύτερο αγώνα ($p < 0.05$). Τα αποτελέσματα στην κάθε βολή του κάθε αγώνα παρουσιάζονται στην εικόνα 8. Συγκρίσεις των τιμών με τεστ Friedman δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις μεταξύ των διαφορετικών βολών του κάθε αγώνα ($p > 0.05$). Επίσης, συγκρίσεις με τεστ Wilcoxon δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποια από τις βολές μεταξύ των δύο αγώνων ($p > 0.05$). Το συνολικό σκορ των αθλητών στην κάθε βολή του κάθε αγώνα παρουσιάζεται στην εικόνα 9. Συγκρίσεις των τιμών με τεστ Friedman έδειξαν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις από την αρχή μέχρι το τέλος του κάθε αγώνα ($p < 0.05$). Όμως, συγκρίσεις με τεστ Wilcoxon δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποια από τις βολές μεταξύ των δύο αγώνων ($p > 0.05$).

Εικόνα 8. Αποτελέσματα (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) στην κάθε βολή του 1^{ου} (—■—) και του 2^{ου} (—●—) αγώνα.

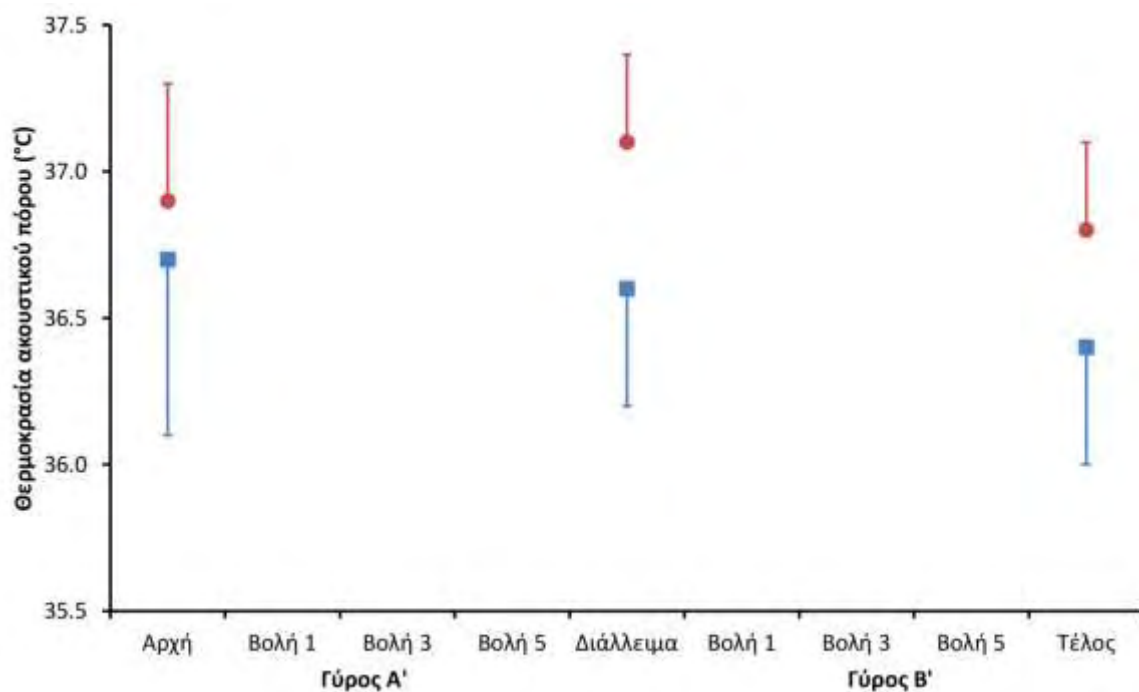


Εικόνα 9. Συνολικό σκορ (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (—■—) και του 2^{ου} (—●—) αγώνα.

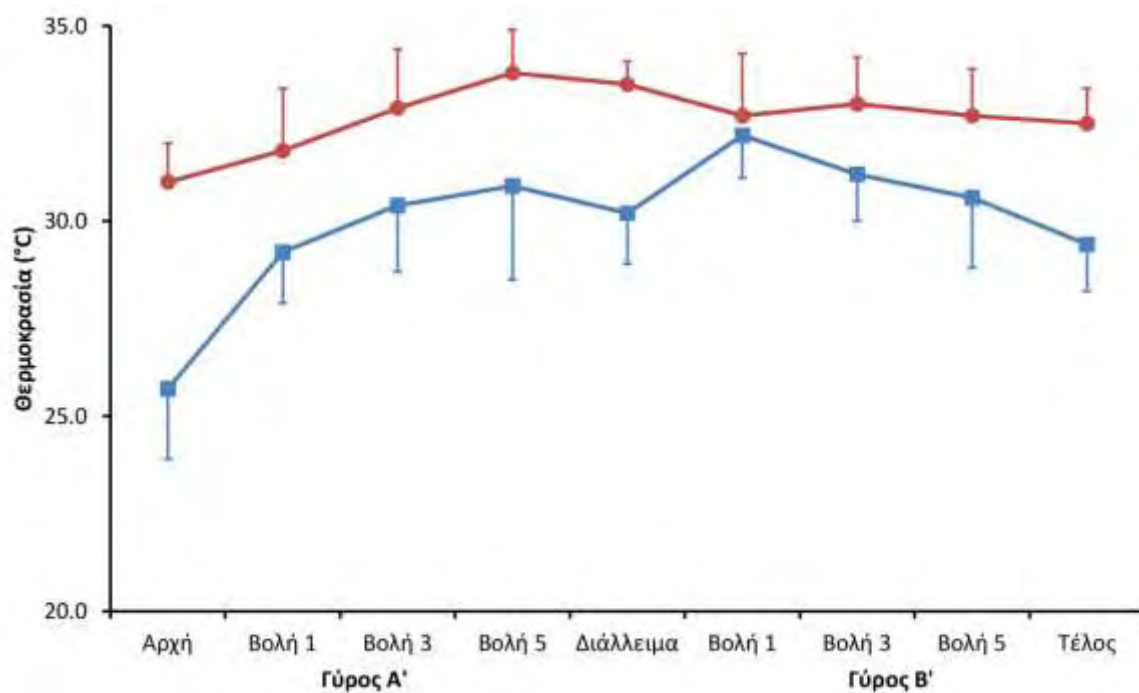


Η θερμοκρασία του ακουστικού πόρου κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα παρουσιάζεται στην εικόνα 10. Συγκρίσεις των τιμών με τεστ Friedman δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις μεταξύ της αρχής, του διαλλείματος, και του τέλους του κάθε αγώνα ($p > 0.05$). Όμως, τεστ Wilcoxon έδειξαν ότι η θερμοκρασία του ακουστικού πόρου κατά το διάλλειμα και το τέλος του δεύτερου αγώνα ήταν υψηλότερη από εκείνη του πρώτου αγώνα ($p < 0.05$). Οι θερμοκρασίες του 2^{ου} και του 3^{ου} δακτύλου του δεξιού χεριού κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα παρουσιάζονται στις εικόνες 11 και 12, αντίστοιχα. Συγκρίσεις των τιμών με τεστ Friedman έδειξαν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα ($p < 0.05$). Επίσης, τεστ Wilcoxon έδειξαν ότι η θερμοκρασία του 2^{ου} δακτύλου του δεξιού χεριού κατά το δεύτερο αγώνα ήταν υψηλότερη από εκείνη του πρώτου αγώνα σε όλες τις χρονικές περιόδους ($p < 0.05$) εκτός από την πρώτη βολή του δεύτερου γύρου ($p > 0.05$).

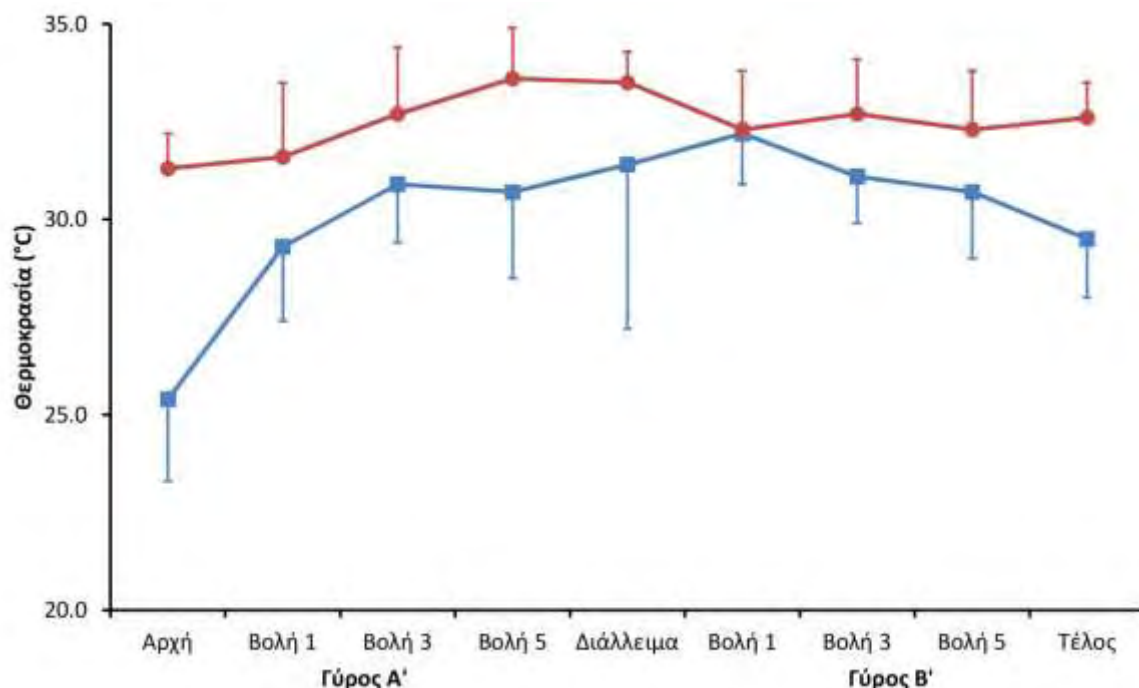
Εικόνα 10. Θερμοκρασία ακουστικού πόρου (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.



Εικόνα 11. Θερμοκρασία του 2^{ου} δακτύλου του δεξιού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.

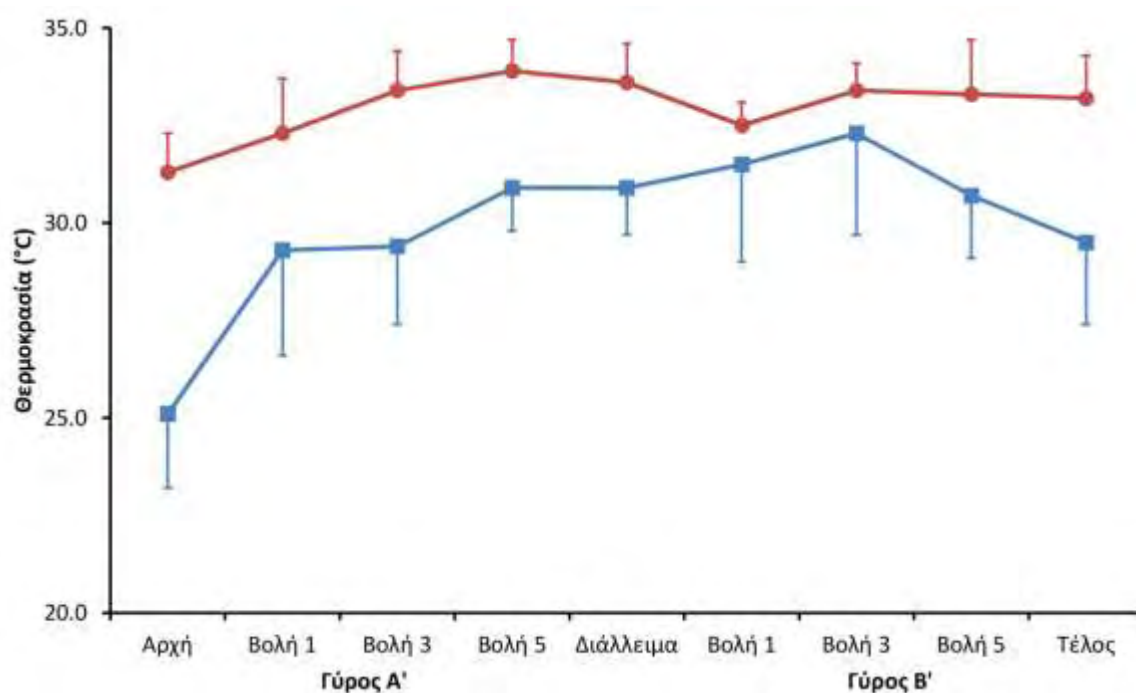


Εικόνα 12. Θερμοκρασία του 3^{ου} δακτύλου του δεξιού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (—■—) και του 2^{ου} (—●—) αγώνα.

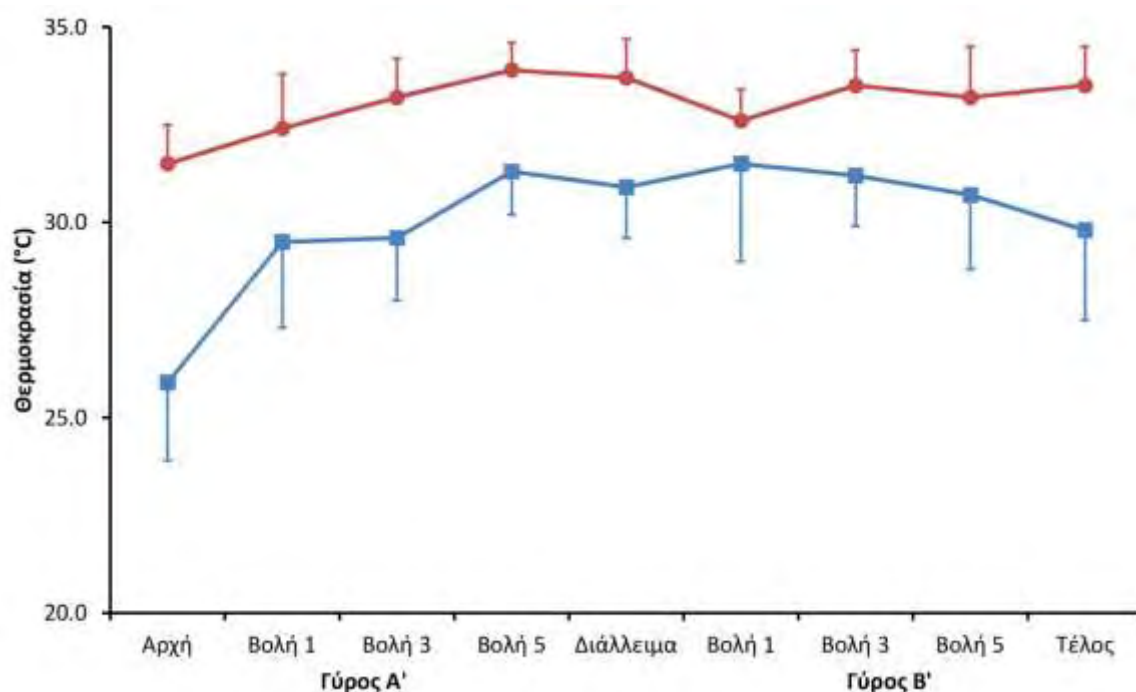


Οι θερμοκρασίες του 2^{ου} και του 3^{ου} δακτύλου του αριστερού χεριού κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα παρουσιάζονται στις εικόνες 13 και 14, αντίστοιχα. Συγκρίσεις των τιμών με τεστ Friedman έδειξαν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα ($p < 0.05$). Επίσης, τεστ Wilcoxon έδειξαν ότι η θερμοκρασία του 2^{ου} δακτύλου του δεξιού χεριού κατά το δεύτερο αγώνα ήταν υψηλότερη από εκείνη του πρώτου αγώνα σε όλες τις χρονικές περιόδους ($p < 0.05$) εκτός από την πρώτη βολή του δεύτερου γύρου ($p > 0.05$).

Εικόνα 13. Θερμοκρασία του 2^{ου} δακτύλου του αριστερού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (—■—) και του 2^{ου} (—●—) αγώνα.

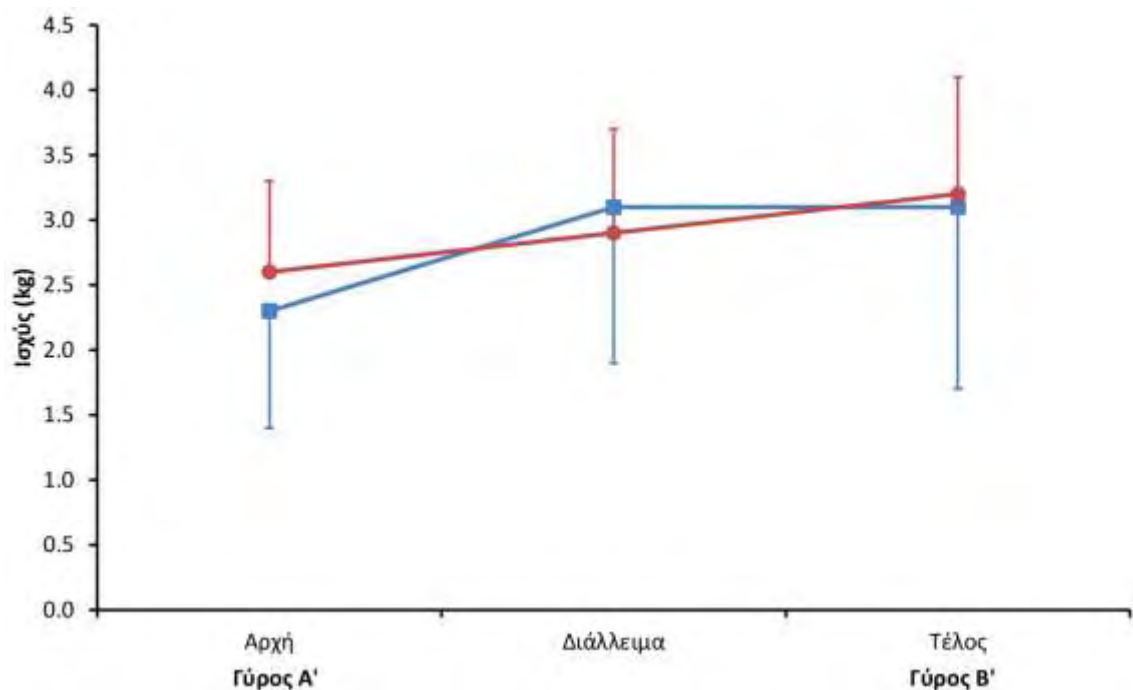


Εικόνα 14. Θερμοκρασία του 3^{ου} δακτύλου του αριστερού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (—■—) και του 2^{ου} (—●—) αγώνα.

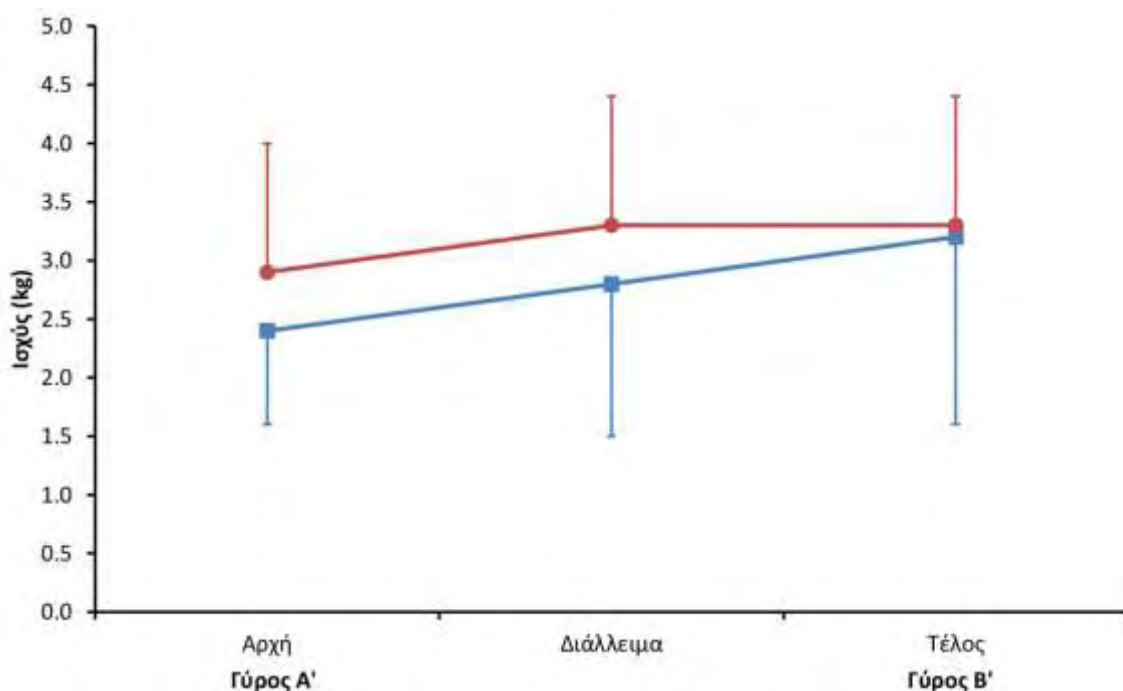


Η ισχύς των καμπτήρων του 2^{ου} και του 3^{ου} δακτύλου του δεξιού χεριού κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα παρουσιάζονται στις εικόνες 15 και 16, αντίστοιχα. Συγκρίσεις των τιμών με τεστ Friedman δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα ($p>0.05$). Επίσης, συγκρίσεις με τεστ Wilcoxon δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αγώνων ($p>0.05$).

Εικόνα 15. Ισχύς των καμπτήρων του 2^{ου} δακτύλου του δεξιού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.

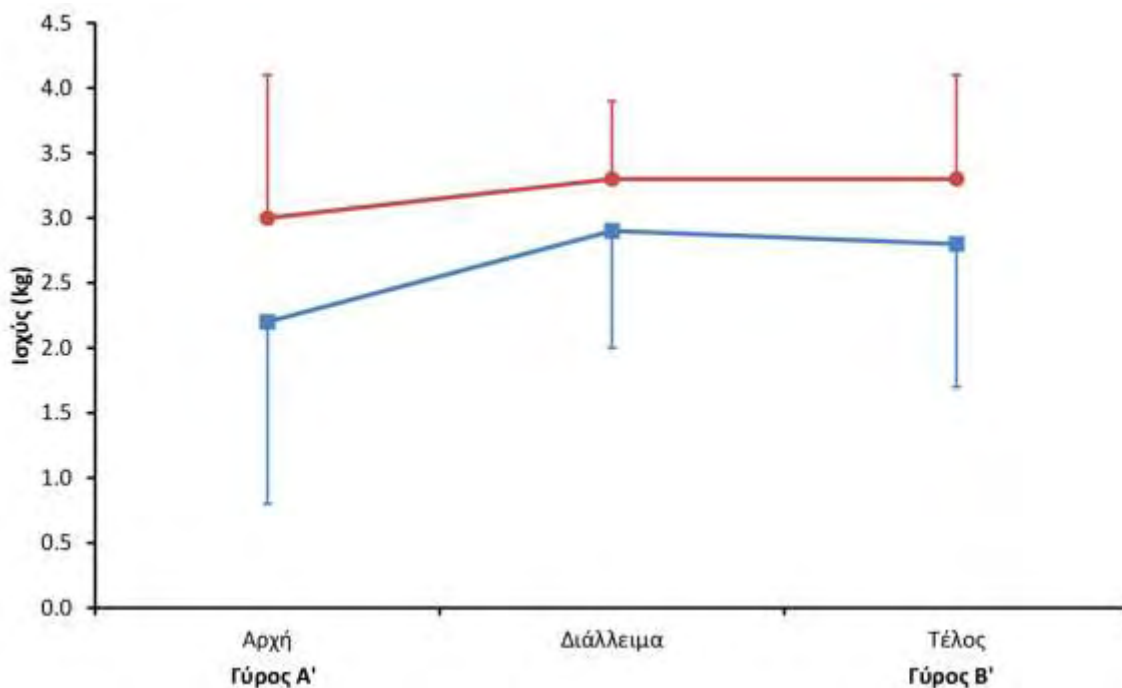


Εικόνα 16. Ισχύς των καμπτήρων του 3^{ου} δακτύλου του δεξιού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.

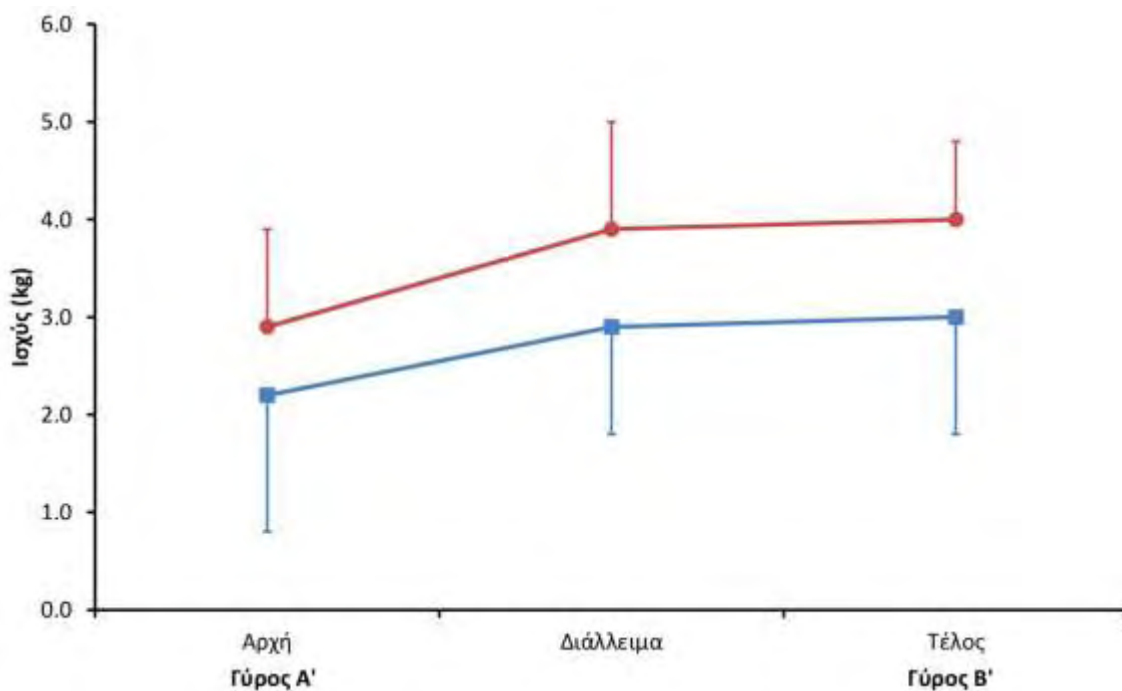


Η ισχύς των καμπτήρων του 2^{ου} και του 3^{ου} δακτύλου του αριστερού χεριού κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα παρουσιάζονται στις εικόνες 17 και 18, αντίστοιχα. Συγκρίσεις των τιμών με τεστ Friedman δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα ($p > 0.05$). Συγκρίσεις με τεστ Wilcoxon δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αγώνων για το 2^ο δάκτυλο ($p > 0.05$), όμως φάνηκε ότι οι καμπτήρες του 3^{ου} δακτύλου παρήγαγαν περισσότερη ισχύ κατά το διάλλειμα και το τέλος του δεύτερου αγώνα ($p < 0.05$).

Εικόνα 17. Ισχύς των καμπτήρων του 2^{ου} δακτύλου του αριστερού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.

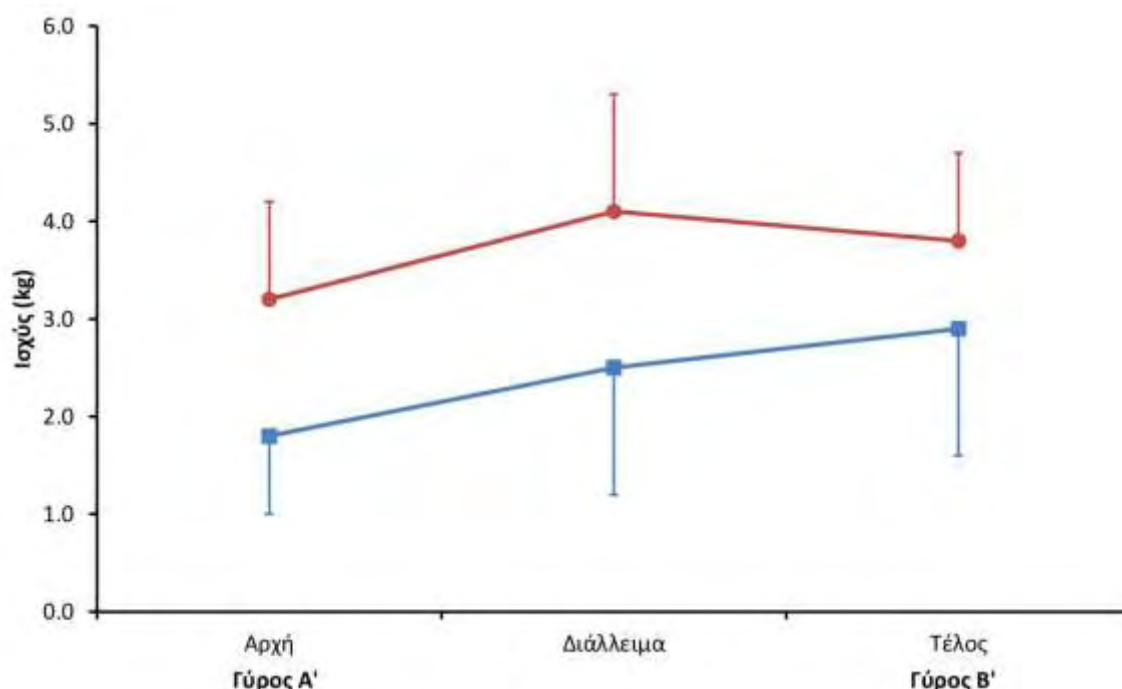


Εικόνα 18. Ισχύς των καμπτήρων του 3^{ου} δακτύλου του αριστερού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.

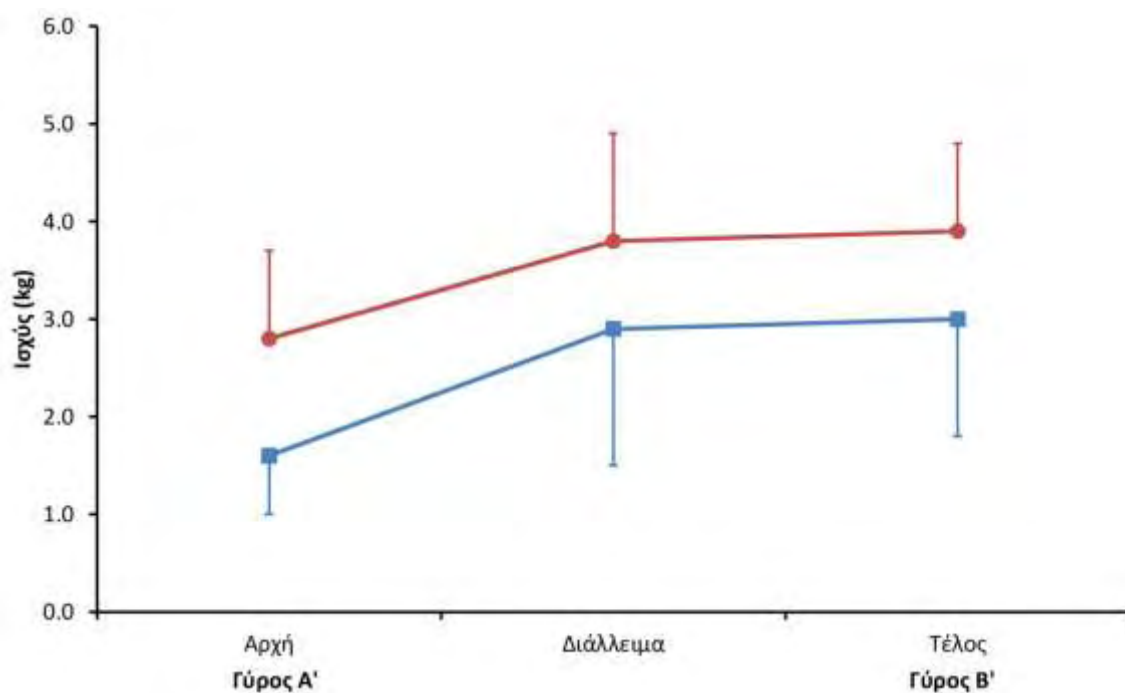


Η ισχύς των εκτεινόντων του 2^{ου} και του 3^{ου} δακτύλου του δεξιού χεριού κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα παρουσιάζονται στις εικόνες 19 και 20, αντίστοιχα. Συγκρίσεις των τιμών με τεστ Friedman έδειξαν στατιστικά σημαντική αύξηση της απόδοσης κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα ($p < 0.05$). Συγκρίσεις με τεστ Wilcoxon έδειξαν ότι οι εκτείνοντες και των δύο δακτύλων παρήγαγαν περισσότερη ισχύ κατά το δεύτερο αγώνα ($p < 0.05$).

Εικόνα 19. Ισχύς των εκτεινόντων του 2^{ου} δακτύλου του δεξιού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.

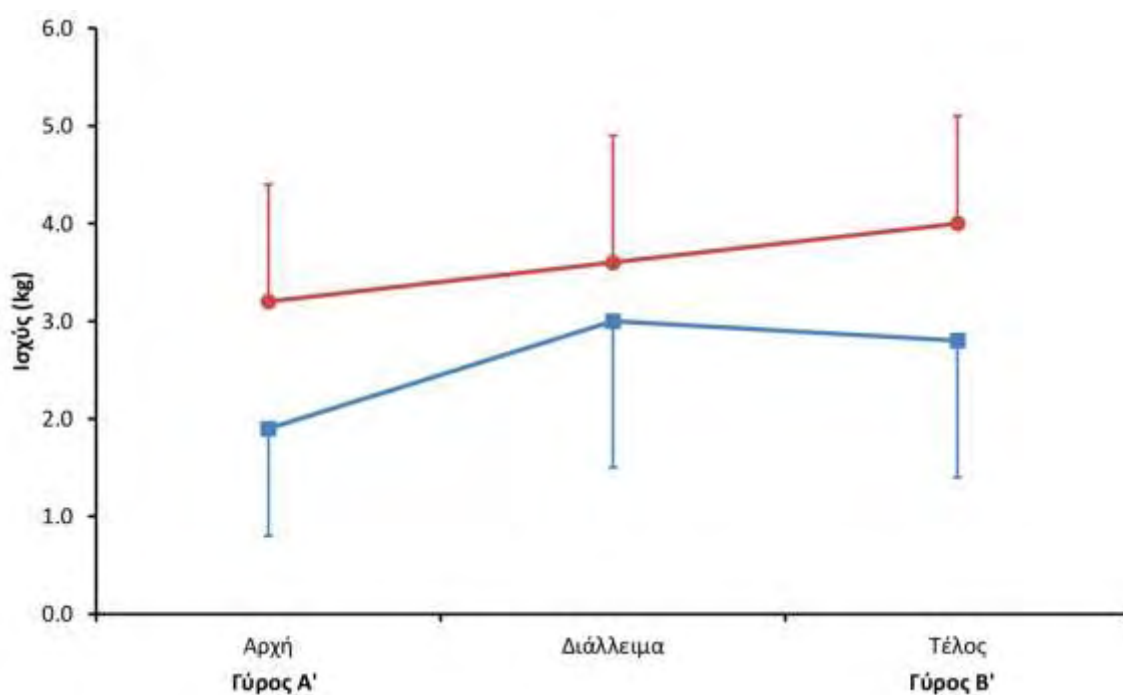


Εικόνα 20. Ισχύς των εκτεινόντων του 3^{ου} δακτύλου του δεξιού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.

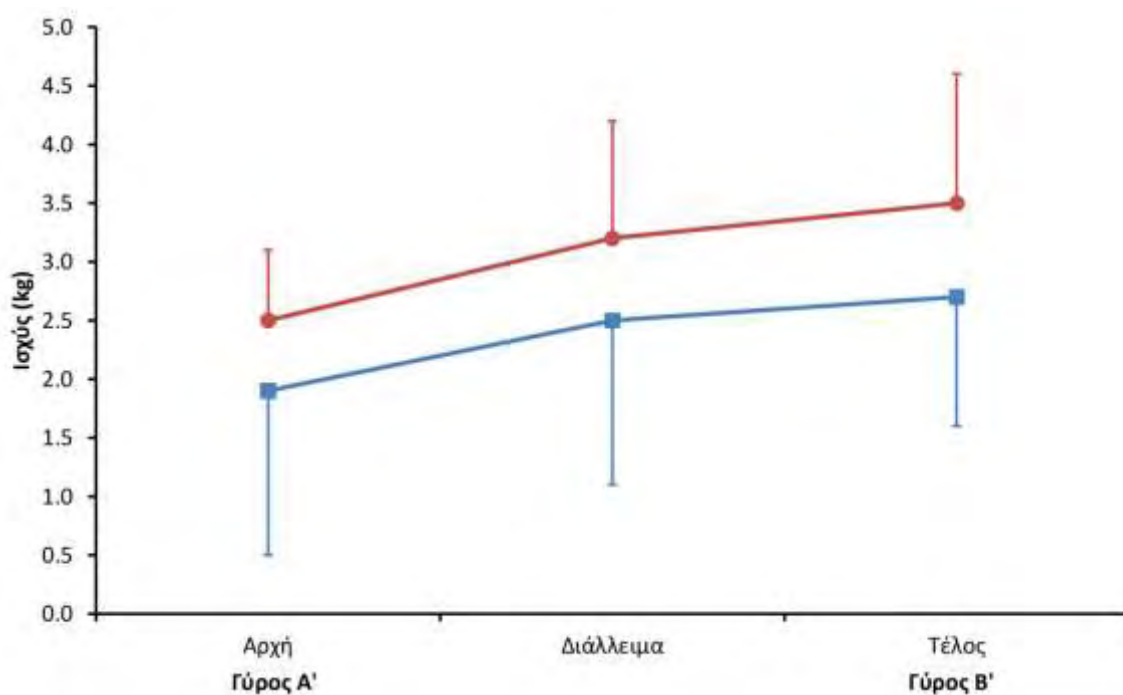


Η ισχύς των εκτεινόντων του 2^{ου} και του 3^{ου} δακτύλου του αριστερού χεριού κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα παρουσιάζονται στις εικόνες 21 και 22, αντίστοιχα. Συγκρίσεις των τιμών με τεστ Friedman έδειξαν στατιστικά σημαντική αύξηση της απόδοσης κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα ($p < 0.05$). Συγκρίσεις με τεστ Wilcoxon έδειξαν ότι οι εκτείνοντες και των δύο δακτύλων παρήγαγαν περισσότερη ισχύ κατά το δεύτερο αγώνα ($p < 0.05$).

Εικόνα 21. Ισχύς των εκτεινόντων του 2^{ου} δακτύλου του αριστερού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.

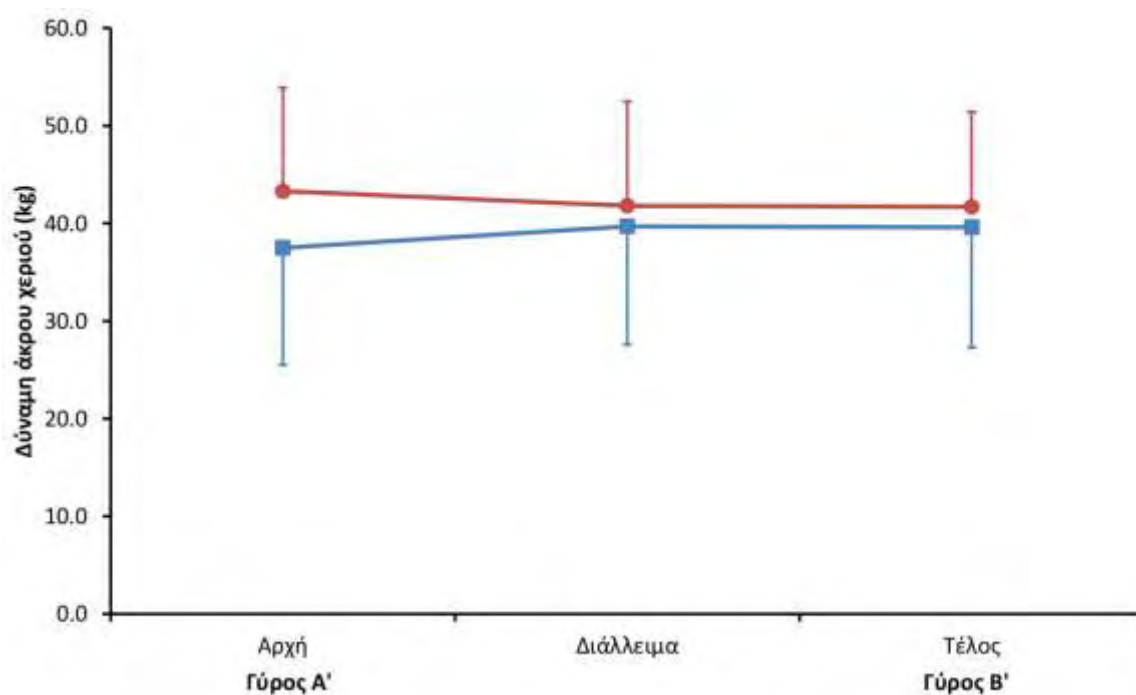


Εικόνα 22. Ισχύς των εκτεινόντων του 3^{ου} δακτύλου του αριστερού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.

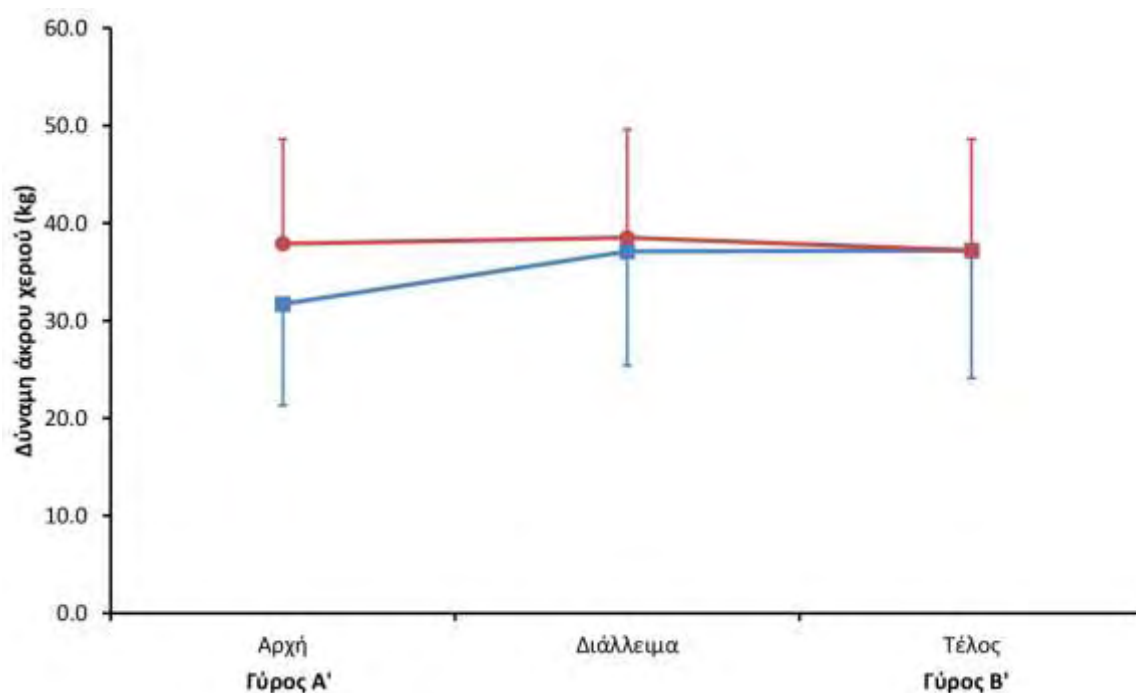


Η δύναμη του άκρου δεξιού και αριστερού χεριού κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα παρουσιάζονται στις εικόνες 23 και 24, αντίστοιχα. Συγκρίσεις των τιμών με τεστ Friedman δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα ($p>0.05$). Επίσης, συγκρίσεις με τεστ Wilcoxon δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αγώνων ($p>0.05$).

Εικόνα 23. Δύναμη άκρου δεξιού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (—■—) και του 2^{ου} (—●—) αγώνα.

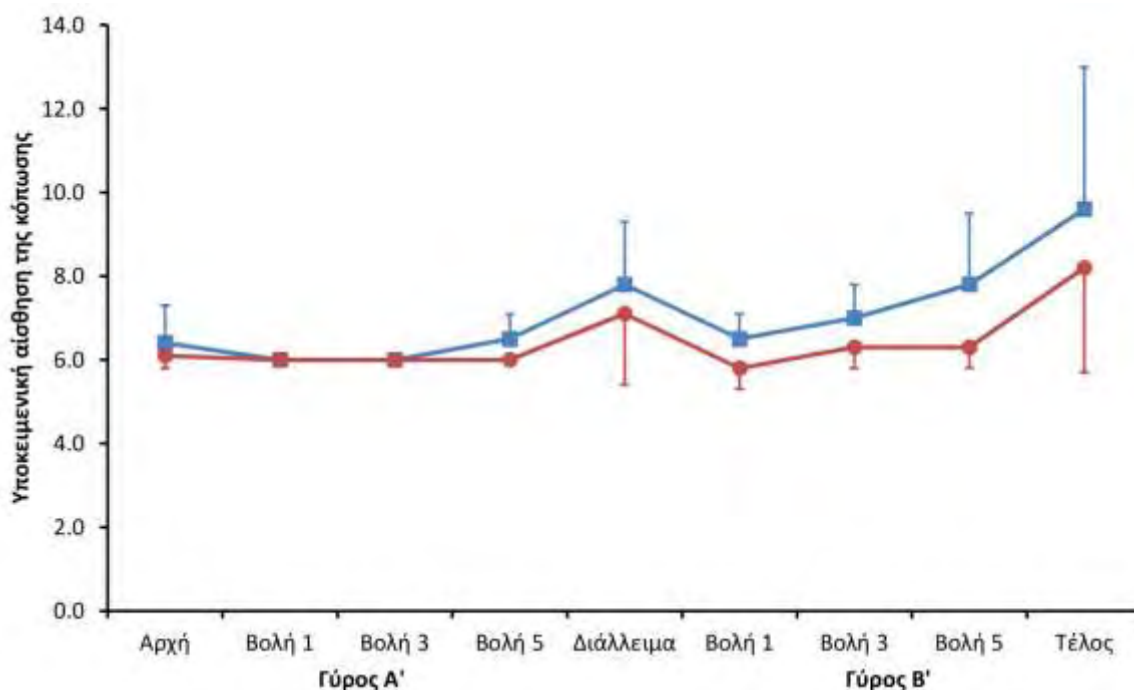


Εικόνα 24. Δύναμη άκρου αριστερού χεριού (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.



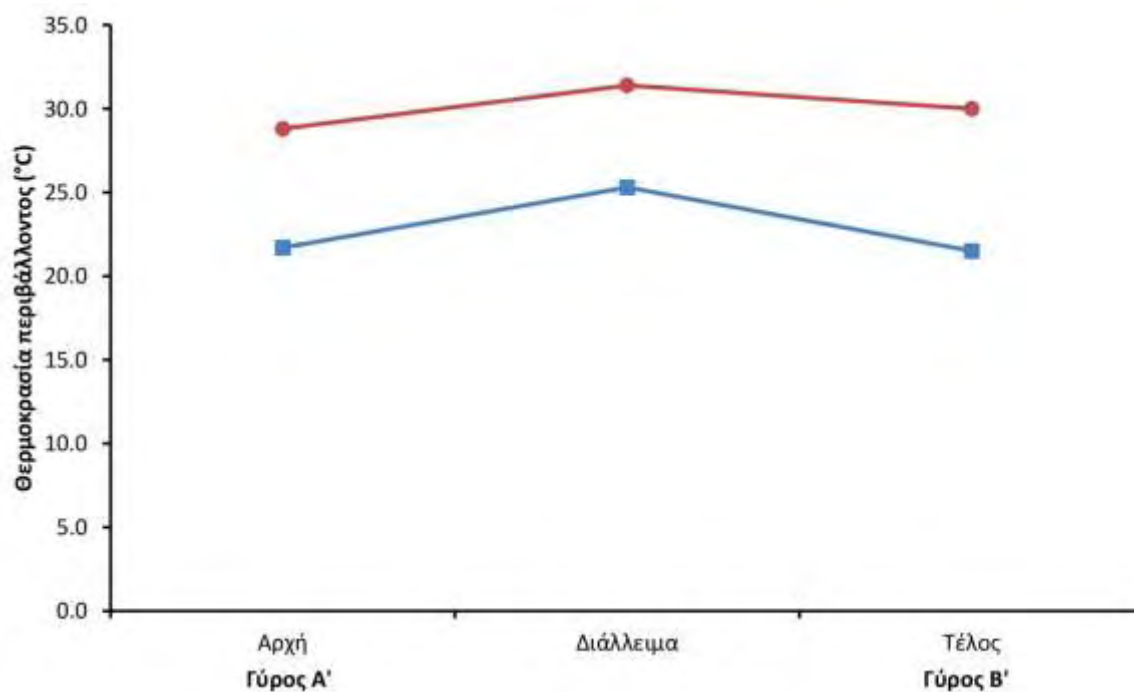
Η υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα παρουσιάζεται στην εικόνα 25. Συγκρίσεις των τιμών με τεστ Friedman έδειξαν στατιστικά σημαντικές αύξηση της κόπωσης κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα ($p < 0.05$). Επίσης, συγκρίσεις με τεστ Wilcoxon έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο αγώνων κατά την 3^η και την 5^η βολή του δεύτερου γύρου ($p < 0.05$).

Εικόνα 25. Η υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (—■—) και του 2^{ου} (—●—) αγώνα.

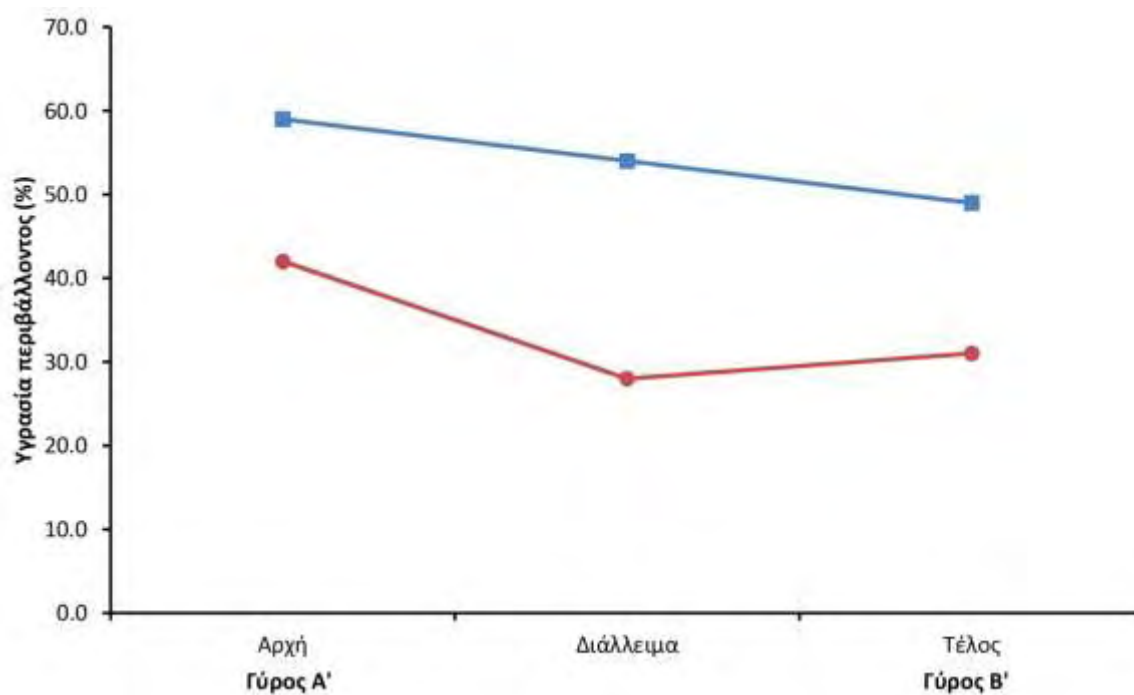


Η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η υγρασία περιβάλλοντος, η ταχύτητα ανέμου και η φωτεινότητα κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα παρουσιάζονται στις εικόνες 26-29.

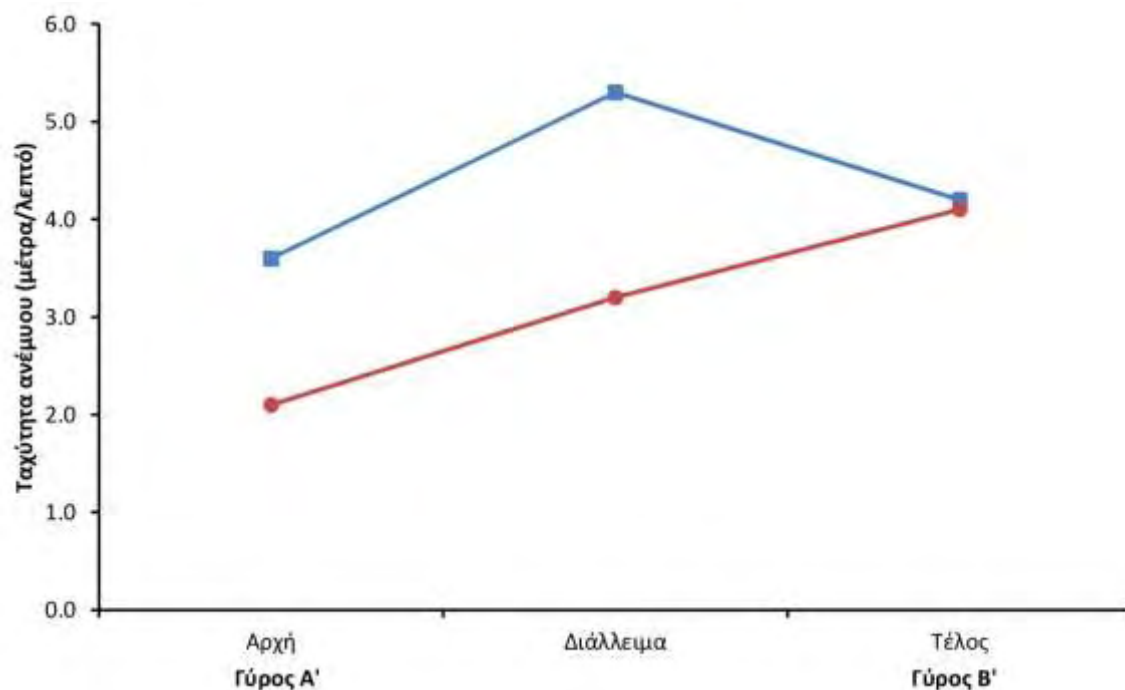
Εικόνα 26. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.



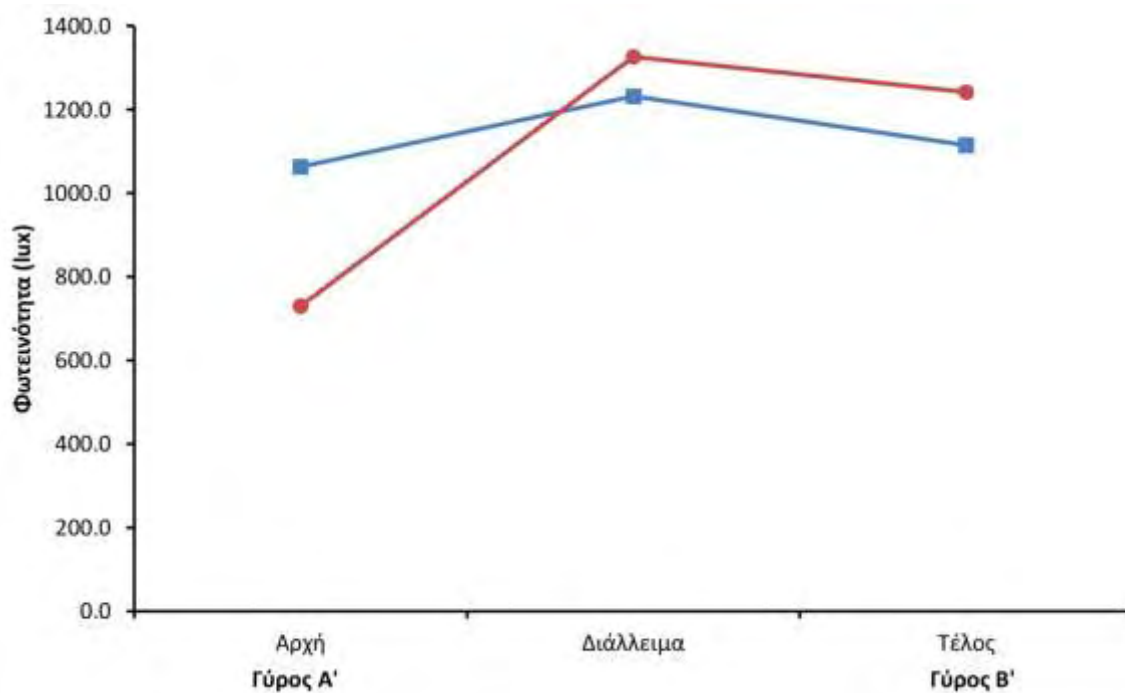
Εικόνα 27. Η υγρασία περιβάλλοντος από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.



Εικόνα 28. Η ταχύτητα ανέμου από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.



Εικόνα 29. Η φωτεινότητα από την αρχή μέχρι το τέλος του 1^{ου} (■) και του 2^{ου} (●) αγώνα.



Για την περαιτέρω διερεύνηση πιθανών σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών που μετρήθηκαν, χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση Kendall's τ . Οι μόνες στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ήταν ή σχέση θερμοκρασίας περιβάλλοντος με τη θερμοκρασία στον ακουστικό πόρο ($\tau=0.35$, $p<0.001$), καθώς και οι αρνητικές σχέσεις των βαθμών της κάθε βολής με την ταχύτητα ανέμου ($\tau=-0.30$, $p=0.07$) και την υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης ($\tau=-0.36$, $p<0.001$).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να ερευνήσει τις επιδράσεις της θερμοκρασίας περιβάλλοντος στην απόδοση στο άθλημα της τοξοβολίας πραγματοποιώντας μετρήσεις σε δύο επίσημους αγώνες τοξοβολίας στους οποίους αναμενόταν σημαντικά διαφορετικές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες. Πράγματι, όπως αναμενόταν με βάση τις πληροφορίες της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας από προηγούμενα έτη, το περιβάλλον κατά το δεύτερο αγώνα ήταν πιο θερμό και ξηρό. Αντίθετα η ταχύτητα του αέρα και η φωτεινότητα ήταν σημαντικά χαμηλότερες στο δεύτερο αγώνα. Επομένως, μπορούμε να πούμε ότι – με εξαίρεση τη θερμοκρασία – οι περιβαλλοντικές συνθήκες ήταν καλύτερες κατά το δεύτερο αγώνα. Παρόλα αυτά, η απόδοση κατά το δεύτερο αγώνα ήταν μειωμένη κατά 21 βαθμούς. Η διαφορά αυτή δεν κρίθηκε στατιστικά σημαντική, όμως ήταν αρκετή για να κρίνει την 1^η από την 4^η θέση και στους δύο αγώνες στις κατηγορίες ανδρών και γυναικών. Επομένως, θεωρούμε ότι, στην πράξη, υπήρχε αξιοσημείωτη μείωση της απόδοσης των αθλητών κατά το δεύτερο αγώνα.

Δεδομένης της δυσκολίας της συλλογής δεδομένων σε μετρήσεις πεδίου κατά τη διεξαγωγή επίσημου αγώνα για το πανελλήνιο πρωτάθλημα, μπορέσαμε να μετρήσουμε θερμοκρασίες στον ακουστικό πόρο καθώς και στο 2^ο και το 3^ο δάκτυλο των δύο χεριών. Όλες οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν ήταν υψηλότερες κατά το δεύτερο αγώνα. Επίσης, κατά το δεύτερο αγώνα ήταν αυξημένη η καρδιακή συχνότητα και ο δείκτης φυσιολογικού στρες. Αντίθετα, κατά το δεύτερο αγώνα οι αθλητές ανέφεραν ότι αισθάνονταν λιγότερη κόπωση και πέτυχαν καλύτερες επιδόσεις στις μετρήσεις της ισχύος και της δύναμης.

Η παρούσα μελέτη δεν μπορεί να αποδείξει ξεκάθαρα τις πιθανές αιτίες της μικρής μείωσης της απόδοσης των αθλητών κατά το δεύτερο αγώνα. Παρόλα αυτά, είναι πολύ πιθανό η αυξημένη θερμοκρασία περιβάλλοντος να οδήγησε σε αυξημένη θερμοκρασία

σώματος – όπως φαίνεται από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν – η οποία, με τη σειρά της, να είχε αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση. Η μειωμένη αυτή απόδοση παρατηρήθηκε κυρίως στο δεύτερο γύρο του δεύτερου αγώνα (εικόνα 9), γεγονός που δηλώνει ότι την πιθανή πρόωρη κόπωση των αθλητών.

Παρά το γεγονός ότι η τοξοβολία δεν φαίνεται να είναι πολύ απαιτητική άσκηση, προσεκτική εξέταση του αθλήματος δείχνει ότι τόσο η προπόνηση όσο και ο αγώνας απαιτούν ένα υψηλό βαθμό πολύωρης συγκέντρωσης καθώς και ικανότητες δύναμης, αντοχής και του ακριβούς ελέγχου της στάσης και των κινήσεων του σώματος. Κατά τη διάρκεια του κάθε αγώνα, οι αθλητές έριξαν πάνω από 80 βέλη με διαλειμματικό τρόπο απέναντι σε αντιπάλους, κάτω από στρεσογόνες καταστάσεις και σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες σε εξωτερικό χώρο.

Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη που μελετά τις επιπτώσεις της υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος στην απόδοση στο άθλημα της τοξοβολίας. Μελέτες που έγιναν σε άλλα αθλήματα έδειξαν τις αρνητικές επιπτώσεις της θερμοκρασίας στην απόδοση των αθλητών. Για παράδειγμα, η απόδοση στη σκοποβολή – η οποία, όπως και η τοξοβολία, εμπεριέχει στοιχεία σωματική απόδοσης και γνωστικής λειτουργίας – μειώνεται με την έκθεση σε θερμό περιβάλλον (Johnson and Kobrick 1997). Είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος επηρεάζει σημαντικά την νευρομυϊκή συναρμογή και την επιδεξιότητα των χεριών (Flouris, Cheung et al. 2006) με αποτέλεσμα τη πιθανώς σημαντική διακύμανση της απόδοσης σε αθλήματα ακριβείας όπως η τοξοβολία. Παρόλο που η τοξοβολία χαρακτηρίζεται ως ένα ήπιο και αερόβιο άθλημα, αυξημένη θερμοκρασία σώματος μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρη κόπωση, με αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση. Όπως έδειξε και πρόσφατη μελέτη της ομάδας μας, η κόπωση κάνει εμφανή την παρουσία της κατά τη διάρκεια ενός αγώνα τοξοβολίας, με την απόδοση να μειώνεται από την αρχή μέχρι το τέλος του αγώνα (Carrillo, Christodoulou et al. 2011). Ένας αθλητής τοξοβολίας πρέπει να διατηρεί

τη γνωστική και διανοητική του οξύτητα σε πολύ υψηλά επίπεδα σε όλη τη διάρκεια του αγώνα. Αυτό όμως είναι δύσκολο να επιτευχθεί όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι πέραν των φυσιολογικών.

Εκτός από τις επιπτώσεις της υψηλής θερμοκρασίας στη νευρομυϊκή λειτουργία, οι Hancock και Βασματζίδης (Hancock and Vasmatazidis 2003) έχουν επισημάνει ότι μια αύξηση κατά 1 °C στην θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος είναι επιζήμια για την ψυχοκινητική λειτουργία του οργανισμού. Η τοξοβολία είναι μια ψυχοκινητική δραστηριότητα που απαιτεί στόχευση και πυροδότηση ενός όπλου. Επομένως, η απόδοση στην τοξοβολία αναμένεται να επιδεινωθεί όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος (Johnson and Kobrick 1997). Οι καταστάσεις ενός αγώνα τοξοβολίας όπως το κοινό αλλά και περιβαλλοντικοί παράγοντες (εφόσον οι αγώνες γίνονται σε ανοιχτό χώρο) όπως η αλλαγή ανέμου και φωτεινότητας αποτελούν γνωστικές προκλήσεις και απαιτούν άμεση λήψη αποφάσεων κατά την εκτέλεση της τεχνικής. Κάποιοι μελετητές υποστηρίζουν ότι η γνωστική απόδοση είναι πιο ευαίσθητη στη θερμική επιβάρυνση από ότι η νευρομυϊκή απόδοση (Enander 1989, Enander and Hygge 1990). Επομένως, η επιδείνωση της απόδοσης κατά το δεύτερο αγώνα της παρούσας μελέτης είναι πιθανό να οφείλεται περισσότερο στη γνωστική ικανότητα και λιγότερο στη νευρομυϊκή.

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, είναι σκόπιμο οι προπονητές τοξοβολίας να λαμβάνουν υπόψη τους τον εγκλιματισμό των αθλητών στις συνθήκες στις οποίες αγωνιστεί (Lugo-Amador, Rothenhaus et al. 2004). Στον εγκλιματισμό, αυτό που επιδιώκουμε είναι ο οργανισμός του αθλητή να προσαρμοστεί στις καινούριες περιβαλλοντικές συνθήκες έτσι ώστε να μειωθεί το του φυσιολογικό στρες. Οι μεταβολές των φυσιολογικών λειτουργιών του σώματος που οφείλονται στον εγκλιματισμό αφορούν κυρίως την αύξηση του όγκου του πλάσματος και των καρδιακών απαιτήσεων, την γρηγορότερη ενεργοποίηση της εφίδρωσης, καθώς και την αυξημένη διαστολή των

αιμοφόρων αγγείων του δέρματος. Για ένα σωστό εγκλιματισμό, ένας αθλητής θα πρέπει να προπονείται για 1-2 ώρες την ημέρα για 10-15 ημέρες σε περιβαλλοντικές συνθήκες όμοιες με εκείνες όπου θα αγωνιστεί (Seto, Way et al. 2005).

5.1 Συμπεράσματα

Οι αθλητές που μελετήθηκαν έδειξαν μειωμένη απόδοση κατά 21 βαθμούς στο δεύτερο αγώνα. Η πτώση αυτή δεν θεωρείται στατιστικά σημαντική, όμως στην πράξη μπορεί να κρίνει την 1^η από την 4^η θέση. Με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν, συμπεραίνουμε ότι η αυξημένη θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά το δεύτερο αγώνα οδήγησε σε αυξημένη θερμοκρασία σώματος η οποία, με τη σειρά της είχε αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Borg, G. (1970). "Perceived exertion as an indicator of somatic stress." Scand J Rehabil Med 2(2): 92-98.
- Carrillo, A. E., V. X. Christodoulou, Y. Koutedakis and A. D. Flouris (2011). "Autonomic nervous system modulation during an archery competition in novice and experienced adolescent archers." J Sports Sci 29(9): 913-917.
- Enander, A. E. (1989). "Effects of thermal stress on human performance." Scand J Work Environ Health 15 Suppl 1: 27-33.
- Enander, A. E. and S. Hygge (1990). "Thermal stress and human performance." Scand J Work Environ Health 16 Suppl 1: 44-50.
- Ertan, H. (2009). "Muscular activation patterns of the bow arm in recurve archery." J Sci Med Sport 12(3): 357-360.
- F.I.T.A. (2008). FITA Coach's manual. Intermediate level., F.I.T.A.
- F.I.T.A. (2013). "FITA Coach development." from <http://www.worldarchery.org/en-us/home/development/beginnersandschools.aspx>.
- Flouris, A. D. (2011). "Functional architecture of behavioural thermoregulation." Eur J Appl Physiol 111(1): 1-8.
- Flouris, A. D. and S. S. Cheung (2006). "Design and control optimization of microclimate liquid cooling systems underneath protective clothing." Ann Biomed Eng 34(3): 359-372.
- Flouris, A. D. and S. S. Cheung (2009). "Influence of thermal balance on cold-induced vasodilation." J Appl Physiol 106(4): 1264-1271.
- Flouris, A. D., S. S. Cheung, J. R. Fowles, L. D. Kruisselbrink, D. A. Westwood, A. E. Carrillo and R. J. Murphy (2006). "Influence of body heat content on hand function during prolonged cold exposures." J Appl Physiol 101(3): 802-808.

- Flouris, A. D., D. A. Westwood and S. S. Cheung (2007). "Thermal balance effects on vigilance during 2-hour exposures to -20 degrees C." Aviat Space Environ Med 78(7): 673-679.
- Flouris, A. D., D. A. Westwood, I. B. Mekjavic and S. S. Cheung (2008). "Effect of body temperature on cold induced vasodilation." Eur J Appl Physiol 104(3): 491-499.
- Gruber M., J. E.-N., Harald Seeling, (2002). "An Analysis of the Holding Area in Olympic Archery."
- Hancock, P. A. and I. Vasmatazidis (2003). "Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge." Int J Hyperthermia 19(3): 355-372.
- Hellenic National Meteorological Service. (2012). "Mean, maximum and minimum temperature in Athens." Retrieved April 10, 2012, from http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams_html?dr_city=Athens_Hellinikon&dr_region=ClimAttiki.
- Heller, M. (2012). "Evaluation of arrow release in highly skilled archers using an acoustic measurement system."
- Irwin, C., M. Leveritt, D. Shum and B. Desbrow (2013). "The effects of dehydration, moderate alcohol consumption, and rehydration on cognitive functions." Alcohol 47(3): 203-213.
- Johnson, R. F. and J. L. Kobrick (1997). "Effects of wearing chemical protective clothing on rifle marksmanship and on sensory and psychomotor tasks." Mil Psych 9: 301-314.
- Keast, D. and B. Elliott (1990). "Fine body movements and the cardiac cycle in archery." J Sports Sci 8(3): 203-213.
- Kolka, M. A., L. Levine, B. S. Cadarette, P. B. Rock, M. N. Sawka and K. B. Pandolf (1984). "Effects of heat acclimation on atropine-impaired thermoregulation." Aviat Space Environ Med 55(12): 1107-1110.

- Kooi, B. W. (1998). "Bow-arrow interaction in archery." J Sports Sci 16(8): 721-731.
- Kuge, N., T. Suzuki and S. Isoyama (2005). "Does handgrip exercise training increase forearm ischemic vasodilator responses in patients receiving hemodialysis?" Tohoku J Exp Med 207(4): 303-312.
- Kuo-bin, L. and H. Chi-kuang (2005). "Analyses of the Relationship Between the Aiming Time and the Shot Points in Archery." Journal of Physical Education in Higher Education 7(4): 161-173.
- Leroyer, P., J. Van Hoecke and J. N. Helal (1993). "Biomechanical study of the final push-pull in archery." J Sports Sci 11(1): 63-69.
- Lindstrom, L., R. Kadefors and I. Petersen (1977). "An electromyographic index for localized muscle fatigue." J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol 43(4): 750-754.
- Lugo-Amador, N. M., T. Rothenhaus and P. Moyer (2004). "Heat-related illness." Emerg Med Clin North Am 22(2): 315-327, viii.
- Margo-Utwente. (2011). "Ten Basic Steps in Archery: Index - Calslaan 3-1." from <http://margo.student.utwente.nl/sagi/artikel/steps/>.
- Martin, P. E., W. L. Siler and D. Hoffman (1990). "Electromyographic analysis of bow string release in highly skilled archers." J Sports Sci 8(3): 215-221.
- Moran, D. S., A. Shitzer and K. B. Pandolf (1998). "A physiological strain index to evaluate heat stress." Am J Physiol 275(1 Pt 2): R129-134.
- Nishizono, H., K. Nakagava, T. Suda and K. Saito (1984). "An electromyographical analysis of pyrposive muscle activity and appearance of muscle silent period in archery shooting." Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine.
- Pekalski, R. (1990). "Experimental and theoretical research in archery." J Sports Sci 8(3): 259-279.

Seto, C. K., D. Way and N. O'Connor (2005). "Environmental illness in athletes." Clin Sports Med 24(3): 695-718, x.

Smith, D. J. (2003). "A framework for understanding the training process leading to elite performance." Sports Med 33(15): 1103-1126.

|

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας

Τρίκαλα: 2/5/2012
Αριθμ. Πρωτ.: 551

Αίτηση Εξέτασης της πρότασης για διεξαγωγή Έρευνας με τίτλο: Επίδραση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στην απόδοση στο άθλημα της τοξοβολίας.

Επιστημονικώς υπεύθυνος – επιβλέπων: Ανδρέας Φλουρίης
Ιδιότητα: Ερευνητής
Τμήμα: ΙΣΑΑ
Ίδρυμα: ΚΕΤΕΑΘ

Επιστημονικώς υπεύθυνος – επιβλέπων: Κουτεντάκης Ιωάννης
Ιδιότητα: Καθηγητής
Τμήμα: Τ.Ε.Φ.Α.Α
Ίδρυμα: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Κύριος φοιτητής: Χριστοδούλου Βασίλειος
Πρόγραμμα Σπουδών: ΜΠΣ «Άσκηση και Υγεία»
Ίδρυμα: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα: Τ.Ε.Φ.Α.Α

Η προτεινόμενη έρευνα θα είναι: (βάλτε το γράμμα X δίπλα από το είδος της έρευνας)
Ερευνητικό πρόγραμμα Διπλωματική εργασία Μεταπτυχιακή έρευνα X Διδακτορική Έρευνα
Ανεξάρτητη έρευνα

Τηλ. επικοινωνίας: 6945569878
Email επικοινωνίας: anasilis79@gmail.com

Η Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τ.Ε.Φ.Α.Α., Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μετά την υπ. Αριθμ. 2-3 /25-4-2012 συνεδρίασή της εγκρίνει τη διεξαγωγή της προτεινόμενης έρευνας.

Ο Πρόεδρος της
Εσωτερικής Επιτροπής
Δεοντολογίας – ΤΕΦΑΑ

Τσούκανος Αθανάσιος
Αναπληρωτής Καθηγητής