



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η επίδραση της ολόσωμης κρυοδιέγερσης σε αθλητές

Μιχαήλ Γκούμας

Καθηγητής Φυσικής Αγωγής

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Σταύρου Βασίλειος, Διδάσκων ΔΜΠΣ «Άσκηση, Εργοσπιρομετρία και Αποκατάσταση»
Κλινικός Εργοφυσιολόγος Εργαστηρίου Εργοσπιρομετρίας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας,
Επιβλέπων

Ζωή Δανιήλ, Καθηγήτρια Πνευμονολογίας, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,
Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Κωνσταντίνος Ι. Γουργουλιάνης, Καθηγητής Πνευμονολογίας, Τμήμα Ιατρικής,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,
Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Λάρισα, 2020



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



The effect of whole body cryostimulation in athletes

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	5
Περίληψη.....	6
Abstract	7
Εισαγωγή.....	8
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	9
Κρυοδιέγερση	9
Κρυοδιέγερση σε αθλητές	9
Κρυοδιέγερση και καρδιαγγειακό σύστημα	10
Κρυοδιέγερση και αναπνευστικό σύστημα	11
Κρυοδιέγερση και μυϊκό σύστημα	11
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	13
Σκοπός.....	13
Ερευνητικές Υποθέσεις	13
Πληθυσμός και Μέθοδος.....	14
Υλικό και Μεθοδολογία	14
Πληθυσμός Μελέτης	14
Σχεδιασμός μελέτης.....	15
Συλλογή δεδομένων.....	15
Σωματομετρικά χαρακτηριστικά	15
Σύσταση σώματος.....	16
Καρδιοαναπνευστική Δοκιμασία Κόπωσης	16
Ολόσωμη κρυοδιέγερση	17
Στατιστική ανάλυση	18
Αποτελέσματα.....	19
Αποτελέσματα καρδιοαναπνευστικών μεταβολών	19

Αποτελέσματα παραμέτρων ελέγχου κατά την ολόσωμη κρυοδιέγερση.....	21
Σχέση μεταξύ δεικτών φυσικής κατάστασης και παραμέτρων ελέγχου κατά την WBC.....	23
Σχέση μεταξύ σωματομετρικών χαρακτηριστικών και παραμέτρων ελέγχου κατά την WBC	23
Συζήτηση.....	24
5. Συμπεράσματα.....	28
6. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	28
7. Βιβλιογραφία.....	29

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Σταύρου Βασίλειο για την ουσιαστική του καθοδήγηση και υποστήριξη από την αρχή αυτής της προσπάθειας. Οι συμβουλές του αποδείχτηκαν καθοριστικές στην πορεία και ολοκλήρωση της εργασίας. Θα ήθελα, επίσης, να ευχαριστήσω τον χώρο πολλαπλών δράσεων υγείας The Medical Project για την ευγενική παραχώρηση των εγκαταστάσεών του με σκοπό την πραγματοποίηση της μελέτης, όπως, επίσης, και καθέναν από τους ιδρυτές του χώρου, για τη βοήθειά τους στη συλλογή του δείγματος της μελέτης. Θα ήθελα, ακόμα, να ευχαριστήσω τους φιλόλογους Μπίσμπα Λάζαρο και Μαχαίρα Ελένη για την επιμέλεια του κειμένου. Τέλος, να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος, όπως επίσης και τη σύντροφό μου.

Η επίδραση της ολόσωμης κρυοδιέγερσης σε αθλητές

Περίληψη

Η ολόσωμη κρυοδιέγερση αποτελεί ιατρική θεραπευτική μέθοδο, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στον αθλητισμό ενώ φαίνεται να επιδρά θετικά στην επιτάχυνση της ανάκαμψης και τον περιορισμό της φλεγμονής μετά από έντονη επιβάρυνση με αποτέλεσμα τη βελτιωμένη αθλητική απόδοση. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της ολόσωμης κρυοδιέγερσης (WBC) στην αρτηριακή πίεση (SBP, DBP), την καρδιακή συχνότητα (HR) και στον κορεσμό του αρτηριακού οξυγόνου στο αίμα (SpO_2) πριν και αμέσως μετά την WBC σε 30 αθλητές ποδοσφαίρου. Οι αθλητές, αρχικά, υπεβλήθησαν σε ΚΑΔΚ για να εκτιμηθεί το επίπεδο φυσικής κατάστασης και 48 ώρες μετά εκτέλεσαν ολόσωμη κρυοδιέγερση. Από τα αποτελέσματα της ολόσωμης κρυοδιέγερσης παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις παραμέτρους της αρτηριακής πίεσης και της HR πριν και αμέσως μετά την WBC. Η SBP εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών πριν και μετά την WBC (123.8 ± 12.4 έναντι 129.3 ± 12.0 mmHg, $t_{(29)} = -2.960$, $p = 0.006$) και αύξηση της ποσοστιαίας μεταβολής κατά $4.9 \pm 8.9\%$. Η DBP εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών πριν και μετά την WBC (73.7 ± 10.3 έναντι 77.9 ± 9.6 mmHg, $t_{(29)} = -2.258$, $p = 0.032$) και αύξηση της ποσοστιαίας μεταβολής κατά $6.8 \pm 14.4\%$. Η μέση αρτηριακή πίεση εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών πριν και μετά την WBC (90.4 ± 8.9 έναντι 95.0 ± 8.7 mmHg, $t_{(29)} = -3.036$, $p = 0.005$) και αύξηση της ποσοστιαίας μεταβολής κατά $7.0 \pm 13.2\%$. Η αύξηση των τιμών της αρτηριακής πίεσης και η μείωση της HR οφείλεται σε αυξημένη παρασυμπαθητική δραστηριότητα ενώ το εύρος μεταβολής της αρτηριακής πίεσης κατά την WBC σχετίζεται με το επίπεδο φυσικής κατάστασης. Ανεξάρτητα από το είδος της κρυοδιέγερσης, οξεία, μερική ή/και χρόνια, ολόσωμη ή/και τμηματική, δεν είναι γνωστή η διάρκεια της επίδρασής της στην αύξηση της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας.

Λέξεις κλειδιά: ολόσωμη κρυοδιέγερση, αρτηριακή πίεση, κορεσμός αρτηριακού οξυγόνου στο αίμα, καρδιακή συχνότητα.

The effect of whole body cryostimulation in athletes

Abstract

Whole body cryostimulation is a medical treatment method that is widely used in sports and seems to have a positive effect on accelerating recovery and reducing inflammation after a heavy burden resulting in improved athletic performance. The aim of this study was to investigate the effect of whole body cryostimulation (WBC) on blood pressure (SBP, DBP), heart rate (HR) and blood oxygen saturation (SpO₂) the before and immediately after WBC in 30 football athletes. The athletes were initially subjected to a CPET to assess their fitness level and 48 hours later underwent WBC. Significant differences in blood pressure and heart rate parameters before and immediately after WBC were observed from the results of whole-body cryostimulation. SBP showed a statistically significant difference between pre and post WBC values (123.8±12.4 versus 129.3±12.0 mmHg, $t_{(29)}= 2.960$, $p=0.006$) and an increase in the percentage change of 4.9±8.9%. DBP showed a statistically significant difference between pre and post WBC values (73.7±10.3 versus 77.9±9.6 mmHg, $t_{(29)}=-2.258$, $p=0.032$) and an increase in percentage change of 6.8±14.4%. The mean blood pressure showed a statistically significant difference between the pre- and post WBC values (90.4±8.9 versus 95.0±8.7 mmHg, $t_{(29)}=-3.036$, $p=0.005$) and an increase in the percentage change of 7.0±13.2%. The increase in blood pressure values and the decrease in HR are due to increased parasympathetic activity while the range of change in blood pressure during WBC is related to the level of physical condition. Regardless of the type of cryostimulation, acute, partial and / or chronic, whole body and / or partial, the duration of its effect on the increase in parasympathetic activity is not known.

Key words: whole body cryostimulation, blood pressure, blood oxygen saturation, heart rate

Εισαγωγή

Η ολόσωμη κρυοδιέγερση αποτελεί μέθοδο εξαιρετικά δημοφιλή και ευρέως διαδεδομένη μεταξύ των αθλητών. Η ολόσωμη κρυοδιέγερση συνεπάγεται έκθεση του σώματος σε εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες και για σύντομο χρονικό διάστημα, -100° έως -140° C για 2-3 λεπτά το ανώτερο, και σε απόλυτα ελεγχόμενο περιβάλλον (Lombardi et al., 2013). Οι συμμετέχοντες στην κρυοθεραπεία φορούν ελάχιστα ρούχα, γάντια, ένα μάλλινο κάλυμμα για τα αυτιά, μάσκα μύτης και στόματος και στεγνά παπούτσια και κάλτσες για να προστατευθούν από ενδεχόμενο τραυματισμό μέρους του σώματος που σχετίζεται με την απότομη έκθεση στο ψύχος. Τα πιθανά οφέλη της WBC συνιστούν μείωση της θερμοκρασίας των ιστών, μείωση της φλεγμονής, αναλγησία και ενισχυμένη ανάκτηση μετά την άσκηση (Bleakly et al., 2014). Η εφαρμογή της ολόσωμης κρυοδιέγερσης ξεκινά συνήθως αμέσως ή μέχρι και 24 ώρες μετά την άσκηση και μπορεί να επαναληφθεί έως και 3 φορές την ίδια ημέρα ή πολλές φορές για αρκετές εβδομάδες. Δεν είναι ακόμα σαφές εάν προσφέρει πρόσθετη κλινική επίδραση στον οργανισμό των αθλητών. Η WBC προκαλεί μεταβολές σημαντικών βιοχημικών και φυσιολογικών παραμέτρων σε αθλητές οι οποίες περιλαμβάνουν μείωση των μυϊκών ενζύμων κινάση κρεατίνης και γαλακτικής αφυδρογονάσης και των προφλεγμονωδών κυτοκινών στο πλάσμα που σχετίζονται με την αύξηση των αντιφλεγμονωδών κυτοκινών (Banfi et al., 2010). Επιπλέον, η WBC αποτελεί, πιθανόν, ασφαλή διαδικασία και φαίνεται να μην επιδρά αρνητικά στην καρδιακή ή ανοσολογική λειτουργία. Φαίνεται, λοιπόν, η ακραία φύση της διαδικασίας να υπερτερεί άλλων μεθόδων ψύξης όπως για παράδειγμα η εμβύθιση σε κρύο νερό (cold water immersion, CWI). Η παρούσα μελέτη στοχεύει στη διερεύνηση της επίδρασης της ολόσωμης κρυοδιέγερσης στην αρτηριακή πίεση, την καρδιακή συχνότητα και στον κορεσμό του αρτηριακού οξυγόνου στο αίμα πριν και αμέσως μετά την ολόσωμη κρυοδιέγερση σε αθλητές ποδοσφαίρου.

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κρυοδιέγερση

Η ολόσωμη κρυοδιέγερση (Whole Body Cryostimulation, WBC) θεωρείται μια σύγχρονη και αποτελεσματική μέθοδος φυσικής παρέμβασης για την αντιμετώπιση σειράς αντικειμενικών επιπτώσεων που προκαλεί στον άνθρωπο ο σύγχρονος τρόπος-ρυθμός ζωής. Η κρυοδιέγερση έχει συσχετιστεί με αντιφλεγμονώδη δράση, ευεργετική επίδραση σε δείκτες υγείας όπως η φυσική κατάσταση και η ψυχική διάθεση (Rymaszewska et al., 2000) ενώ σύμφωνα με τους Szczepanska-Gieracha et al. (2014) η κρυοδιέγερση προτείνεται ως ο ιδανικός τρόπος πρόληψης αλλά και αποθεραπευτικής αντιμετώπισης επιβαρύνσεων που προκαλούνται από χρόνιες παθήσεις. Ακόμα, σύμφωνα με τους Hausswirth et al., (2013), η κρυοδιέγερση προκαλεί μια ταυτόχρονη επίδραση στο κυκλοφορικό και νευρικό σύστημα του οργανισμού, όπου επιτυγχάνεται μέσω της αλλαγής έντασης ροής του αίματος και έκκριση ενδορφινών, με αποτέλεσμα την αποφυγή αλλά και την δραστική αντιμετώπιση συμπτωμάτων που σχετίζονται με φλεγμονές στις αρθρώσεις, την σπονδυλική στήλη (Metzger et al., 2000), το δέρμα (O' Connor et al., 2018) και την ψυχική υγεία (Rymaszewska et al., 2008).

Κρυοδιέγερση σε αθλητές

Η ολόσωμη κρυοδιέγερση έχει χαρακτηριστεί από την επιστήμη του αθλητισμού ως θεραπευτική μέθοδος διότι χρησιμοποιείται στην αντιμετώπιση των προκαλούμενων φλεγμονών από την άσκηση βελτιώνοντας την αποκατάσταση. Η ολόσωμη κρυοδιέγερση εφαρμόζεται μέσα από ένα απόλυτα ελεγχόμενο περιβάλλον και αφορά την σύντομη έκθεση του σώματος (ημίγυμνο) σε πολύ ψυχρό αέρα με την θερμοκρασία να κυμαίνεται από τους -110 μέχρι -140 °C ενώ η έκθεση διαρκεί 2-3 λεπτά (Lombardi et al., 2013). Σε μελέτη τους οι Selfe et al. (2014) μελέτησαν την επίδραση της διάρκειας της έκθεσης του σώματος σε ολόσωμη κρυοδιέγερση και κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η ιδανική έκθεση διαρκεί 2 λεπτά στους -135 °C. Παρά το γεγονός ότι οι ακριβείς μηχανισμοί της ολόσωμης κρυοδιέγερσης παραμένουν ασαφείς σε κυτταρικό επίπεδο, τα οφέλη της WBC συνιστούν μείωση της θερμοκρασίας των ιστών, μείωση της φλεγμονής, αναλγησία και ενισχυμένη

ανάκτηση μετά την άσκηση (Bleakly et al., 2014). Ένας από τους πρωταρχικούς σκοπούς της ολόσωμης κρυοδιέγερσης είναι η επιτάχυνση της ανάκαμψης και ο περιορισμός της φλεγμονής μετά από έντονη επιβάρυνση π.χ. αγώνα, έντονη προπόνηση. Αυτό επιτυγχάνεται με την αύξηση των επιπέδων ιντερλευκίνης και τη μείωση της έκκρισης προφλεγμονωδών σηματοδοτικών μορίων (Pournot et al., 2011; Banfi et al., 2009). Η αποκατάσταση αποτελεί απαραίτητο στοιχείο της προπόνησης των αθλητών και βασικό στόχο της ολόσωμης κρυοδιέγερσης. Σύμφωνα με τους Hausswirth et al. (2011), σε μελέτη τους διερεύνησαν την επίδραση της ολόσωμης κρυοδιέγερσης στη λειτουργική αποκατάσταση αθλητών μετά από έντονη αθλητική δραστηριότητα και παρατήρησαν μείωση του υποκειμενικού πόνου και κόπωσης αμέσως μετά, μετά από 24 και 48 ώρες έντονης άσκησης συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου που δεν ανέφερε κάποια μεταβολή. Οι Ziemann et al. (2012) σε μελέτη τους παρατήρησαν βελτίωση στην αθλητική απόδοση, σε υψηλού επιπέδου αθλητές αντισφαίρισης, που την συσχέτισαν με την ολόσωμη κρυοδιέγερση (WBC -120 °C, 2 φορές την ημέρα) ενώ οι Schaal et al. (2012) παρατήρησαν πως μια μόνο συνεδρία WBC (-110 °C, 3 λεπτά) συμβάλει θετικά στη αποκατάσταση των μεταβολικών υποπροϊόντων της άσκησης. Τέλος, οι Kruger et al., (2015) αναφέρουν βελτίωση της αποκατάστασης με WBC σε αθλητές αντοχής μετά από υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση. Αντίθετα, μελέτη των Costello et al., (2012) δεν παρατήρησε επίδραση της WBC σε αθλητές μετά από έκκεντρη άσκηση.

Κρυοδιέγερση και καρδιαγγειακό σύστημα

Σε μελέτη των Szczepanowska-Wolowiec et al. (2010) εξετάστηκε η επίδραση της ολόσωμης κρυοδιέγερσης σε 50 υγιή άτομα. Στη μελέτη τους διερεύνησαν τον συνδυασμό WBC και άσκησης και από τα ευρήματα της μελέτης παρατήρησαν σημαντική μείωση του καρδιακού ρυθμού (HR) και συστολικής αρτηριακής πίεσης (SBP) μετά την έκθεση στο κρύο. Οι Lubkowska et al, (2010) σε μελέτη τους αξιολόγησαν τις αιμοδυναμικές μεταβολές που προκαλούνται μετά από 15 ημέρες και 1 φορά την ημέρα στην WBC και κατέγραψαν τις παραμέτρους ελέγχου πριν, αμέσως, μετά και 10 λεπτά μετά από την WBC. Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της SBP και μείωση της HR μετά από κάθε WBC και αύξηση της DBP μόνο μετά την πρώτη συνεδρία και κατέληξαν στο συμπέρασμα πως WBC δεν ενδείκνυται για υπερτασικά άτομα. Μελέτη περίπτωσης των Camara-Lemarroy et al, (2017) αναφέρει πως 15 συνεδρίες σε έκθεση σε WBC προκάλεσαν αύξηση διατομής στην κοιλιακή αορτή και κατέληξαν στο συμπέρασμα πως οι ακραίες ψυχρές θερμοκρασίες

εμφανίζουν αιμοδυναμικές μεταβολές όπως αύξηση της αρτηριακή πίεσης και της HR. Αντίθετα, οι Zalewski et al, (2013) σε μελέτη τους αξιολόγησαν τις αιμοδυναμικές επιδράσεις της έκθεσης σε κρύο με WBC (-120 °C) για 3 λεπτά. Οι παράμετροι αξιολόγησης καταγράφηκαν πριν την WBC, αμέσως μετά, 3 και 6 ώρες μετά από κάθε WBC. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν σημαντική μείωση στην HR, την καρδιακή παροχή καθώς και αύξηση του όγκου παλμού. Ακόμα, οι ίδιοι συγγραφείς σε μεταγενέστερη μελέτη τους (Zalewski et al, 2014) συνέκριναν την επίδραση της WBC στις λειτουργικές παραμέτρους του καρδιαγγειακού συστήματος σε νορμοτασικά και υπερτασικά άτομα. Από τα ευρήματα της μελέτης παρατήρησαν πως η WBC ασκεί ρυθμιστική δράση στο καρδιαγγειακό σύστημα σε υπερτασικούς ασθενείς.

Κρυοδιέγερση και αναπνευστικό σύστημα

Η επίδραση της WBC στο αναπνευστικό σύστημα δεν έχει μελετηθεί αρκετά. Οι Smolander et al. (2006) σε μελέτη τους αξιολόγησαν την επίδραση της WBC στη αναπνευστική λειτουργία σε υγιή άτομα ύστερα από σύντομες και επαναλαμβανόμενες εκθέσεις. Στη μελέτη συμμετείχαν 25 υγιή άτομα (μη καπνιστές) που εκτελούσαν WBC για 12 εβδομάδες (3 φορές την εβδομάδα για 2 λεπτά). Καταγράφηκαν αναπνευστικοί παράμετροι (FEV₁ και PEF) πριν και μετά την πρώτη συνεδρία καθώς και στην 4^η, 8^η και 12^η εβδομάδα αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα της μελέτης παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της FEV₁ μετά την ολόσωμη κρυοδιέγερση. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η βρογχοσυστολή δεν εγκυμονεί κινδύνους για την αναπνευστική λειτουργία ωστόσο θα πρέπει να ελέγχονται οι συμμετέχοντες πριν τη WBC για πιθανούς αναπνευστικούς περιορισμούς WBC.

Κρυοδιέγερση και μυϊκό σύστημα

Οι θεραπείες οι οποίες βασίζονται στη μείωση της θερμοκρασίας μέσω της βύθισης σε κρύο νερό ή τοπική εφαρμογή ψυχρών επιθεμάτων έχουν ως σκοπό τη μείωση ροής του αίματος και είναι ευρέως διαδεδομένες τεχνικές για την επιτάχυνση της αποκατάστασης μετά από έντονη άσκηση (Duffield, 2008; Peiffer et al., 2010). Η αγγειοσυστολή που προκαλείται μέσα από την επίδραση του κρύου μπορεί να περιορίσει τη διαπερατότητα των αγγείων και κατ' επέκταση τις φλεγμονώδεις διεργασίες μειώνοντας τον πόνο των μυών (Bailey et al., 2007) ενώ ακόμα με τη χρήση WBC έχει παρατηρηθεί μείωση του υποκείμενου πόνου μετά από

άσκηση και μείωση των συμπτωμάτων φλεγμονής (Banfi et al., 2010). Σε μελέτη τους οι Banfi et al. (2009) παρατήρησαν σε επαγγελματίες αθλητές σημαντική μείωση των μυϊκών ενζύμων κινάση κρεατίνης (CK) και γαλακτικής αφυδρογονάσης και των προφλεγμονωδών κυτοκινών στο πλάσμα που σχετίζονται με την αύξηση των αντιφλεγμονωδών κυτοκινών. Η έκθεση του σώματος στο κρύο οδηγεί σε μία σειρά από φυσιολογικές μεταβολές. Οι Lubkowska et al. (2010), σε μελέτη τους παρατήρησαν μετά από επαναλαμβανόμενες συνεδρίες WBC μείωση της συνολικής οξειδωτικής κατάστασης και της φλεγμονώδους απόκρισης. Σύμφωνα με τους Klimek et al. (2010) παρατήρησαν σε μελέτη τους αύξηση στην αναερόβια ικανότητα μετά από 10 συνεδρίες WBC και το απέδωσαν στις μεταβολικές προσαρμογές (μεταβολισμός γαλακτικού οξέος) και στην αυξημένη ανοχή στον πόνο. Σύμφωνα λοιπόν με τις παραπάνω μελέτες παρατηρείται επίδραση στους αθλητές ακόμα και μετά από την πρώτη συνεδρία WBC. Οι Hausswirth et al. (2011) υπέβαλαν καλά προπονημένους αθλητές σε πρωτόκολλο άσκησης σχεδιασμένο να προκαλέσει μυϊκή βλάβη και αξιολόγησαν τις μέγιστες εκούσιες συστολές, τη δραστηριότητα της CK πλάσματος καθώς και τις αντιληπτές αισθήσεις του πόνου, κόπωσης και ευεξίας και ως τρόποι αποκατάστασης χρησιμοποιήθηκαν η WBC, η υπέρυθη ακτινοβολία και η παθητική αποκατάσταση. Από τα αποτελέσματα της μελέτης παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της μέγιστης εκούσιας συστολής η οποία ανακτήθηκε 1 ώρα μετά την WBC, 24 ώρες μετά την εφαρμογή υπέρυθρης ακτινοβολίας ενώ δεν παρατηρήθηκε μεταβολή μετά από την παθητική αποκατάσταση. Όσον αφορά τη δραστηριότητα της CK πλάσματος δεν παρατηρήθηκε μεταβολή σε καμία μέθοδο αποκατάστασης. Ακόμα, οι Abaidia et al. (2017), διεξήγαγαν μελέτη με σκοπό να διερευνήσουν την επίδραση δυο μεθόδων αποκατάστασης [WBC έναντι εμβύθιση σε κρύο νερό (cold water immersion, CWI), μετά από προκαλούμενη μυϊκή βλάβη λόγω άσκησης. Στη μελέτη συμμετείχαν 10 δραστήρια άτομα οι οποίοι υπεβλήθησαν σε πρωτόκολλο έντονης άσκησης και αμέσως μετά την επιβάρυνση εκτέθηκαν με τυχαία σειρά σε CWI και WBC. Μετρήθηκαν η CK, έκκεντρη κάμψη του γόνατος, ισομετρική δύναμη των κάτω άκρων, κατακόρυφο άλμα (CMJ) με ένα και δύο πόδια, ο μυϊκός πόνος και η αντιληπτή αίσθηση ανάκτησης. Όλες οι μετρήσεις εφαρμόστηκαν πριν, αμέσως, μετά, 24, 48 και 72 ώρες μετά την άσκηση. Από τα αποτελέσματα της μελέτης παρατηρήθηκε μεγαλύτερη επίδραση της CWI στην κινητική ανάκτηση στο CMJ ενώ η αίσθηση του πόνου ήταν μειωμένη 48 ώρες μετά την άσκηση μετά από CWI σε σύγκριση με το WBC.

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί, η επίδραση της ολόσωμης κρυοδιέγερσης στην αρτηριακή πίεση, στην καρδιακή συχνότητα και στον κορεσμό του αρτηριακού οξυγόνου στο αίμα πριν και αμέσως μετά την ολόσωμη κρυοδιέγερση.

Ερευνητικές Υποθέσεις

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των αρχικών και των τελικών τιμών στην ολόσωμη κρυοδιέγερση.

Πληθυσμός και Μέθοδος

Υλικό και Μεθοδολογία

Πληθυσμός Μελέτης

Στην μελέτη μας συμμετείχαν εθελοντικά τριάντα αθλητές ποδοσφαίρου (n=30) από 5 αθλητικά σωματεία του νομού Λάρισας (Πίνακας 1). Κριτήρια εισόδου αποτέλεσαν ο μη πρόσφατος τραυματισμός (>6 μήνες), η προπονητική ηλικία (>5 έτη), η συχνότητα προπονήσεων (>3 προπονήσεις/εβδ.) και η ημερολογιακή ηλικία >18 έως <30 έτη. Αθλητές, γονείς και προπονητές ενημερώθηκαν για το σκοπό της μελέτης και οι κηδεμόνες των αθλητών έδωσαν γραπτή συναίνεση.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά αθλητών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέσες τιμές και τυπική απόκλιση.

	Mean ± Sd
Ηλικία, yrs	25.2±4.0
Μάζα σώματος, kg	80.3±8.8
Ανάστημα, cm	182.2±6.8
Δείκτης μάζας σώματος, kg/m ²	24.1±1.4
Επιφάνεια σώματος, m ²	2.0±0.3
Άλιπη μάζα σώματος, %	62.1±5.2
Σωματικό λίπος, %	9.8±2.6
Ενυδάτωση, %	64.1±2.5
Περίμετρος θώρακος στη μέγιστη εισπνοή, cm	97.5±4.1
Περίμετρος θώρακος στη μέγιστη εκπνοή, cm	91.2±4.0

Σχεδιασμός μελέτης

Σύμφωνα με τον σχεδιασμό της μελέτης σε όλους τους συμμετέχοντες αρχικά καταγράφηκε το ιστορικό των αθλητών και στη συνέχεια συλλέχθηκαν τα σωματομετρικά και μορφολογικά χαρακτηριστικών και δόθηκαν οδηγίες για την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης (ΚΑΔΚ). 24 ώρες μετά οι αθλητές και υποβλήθηκαν σε ΚΑΔΚ για να εκτιμηθεί το επίπεδο φυσικής κατάστασης και 48 ώρες μετά εκτέλεσαν ολόσωμη κρυοδιέγερση.

Συλλογή δεδομένων

Σωματομετρικά χαρακτηριστικά

Σωματική μάζα: Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας χρησιμοποιήθηκε ζυγός ακριβείας (Seca 700, Germany), με ακρίβεια 50 gr (Norton et al., 1996).

Ανάστημα: Το ανάστημα μετρήθηκε σε ειδικό σταθερό αναστημόμετρο (Seca 220, Germany), με ακρίβεια 1 mm (Norton et al., 1996).

Δείκτης Μάζας Σώματος: Για τον υπολογισμό του δείκτη μάζας σώματος χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$\Delta\text{ΜΣ} = [\text{βάρους}_{(\text{kg})} / \text{ύψους}_{(\text{m})}^2].$$

Επιφάνεια Σώματος: Για τον υπολογισμό της επιφάνειας σώματος (Body Surface Area), χρησιμοποιήθηκε ο τύπος του Mosteller (1987):

$$\text{BSA} = [(\text{Υψος}_{(\text{cm})} \times \text{Βάρους}_{(\text{kg})}) / 3600^{1/2}]$$

Σύσταση σώματος

Για την ανάλυση της σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της τμηματικής ανάλυσης με βιοηλεκτρική εμπέδηση και πολυσυχνотικό αναλυτή (Tanita MC-980) και καταγράφηκαν οι παράμετροι όπως ποσοστό σωματικού λίπους και συνολικών υγρών, ενδοκυττάριο υγρό και εξωκυττάριο υγρό και αξιολόγηση μυϊκής μάζας. Η δοκιμασία έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Καρδιοαναπνευστική Δοκιμασία Κόπωσης

Η καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης έγινε σύμφωνα με το πρωτόκολλο του εργαστηρίου εργοσπιρομετρίας της Πνευμονολογικής Κλινικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Σταύρου, 2018) σε ηλεκτρονικό δαπεδοεργόμετρο τύπου quasar® h/p/cosmos® (Germany). Για την καταγραφή των αναπνευστικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε φορητός αναλυτής τύπου FitmateMED COSMED (Italy). Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της συνεχούς σταδιακής αύξησης ταχύτητας (1 km/min) για τον προσδιορισμό της μέγιστης ταχύτητας, του αναερόβιου αναπνευστικού κατωφλιού και της μέγιστης αερόβιας ικανότητας. Οι αθλητές υποβλήθηκαν στη δοκιμασία αυτή μέχρι εξάντλησης. Η καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης, χωρίστηκε σε τέσσερα στάδια. 1^ο στάδιο /ή και ηρεμίας-εξοικείωσης διάρκειας 2-min. Στο 1^ο στάδιο γινόταν καταγραφή των παραμέτρων ελέγχου σε απόλυτη ηρεμία. 2^ο στάδιο /ή και προθέρμανσης, διάρκειας 3-min. Στο 2^ο στάδιο γινόταν καταγραφή των παραμέτρων ελέγχου με τον εξεταζόμενο να εκτελεί δρομικό έργο με σταθερή ταχύτητα 4 km/h. Η ένδειξη της ταχύτητας εμφανίζονταν αυτόματα και σε πραγματικό χρόνο στην οθόνη του δαπεδοεργόμετρου. 3^ο στάδιο /ή και μέγιστης άσκησης, διάρκειας έως 12-min. Στο 3^ο στάδιο γινόταν καταγραφή των παραμέτρων ελέγχου ενώ ο εξεταζόμενος εκτελούσε δρομικό έργο με σταδιακά αυξανόμενη ταχύτητα (1 km/min). Στο 3^ο στάδιο η ελάχιστη αποδεκτή διάρκεια άσκησης ήταν τα 8-min. 4^ο στάδιο /ή και αποκατάστασης διάρκειας 5-min. Στο 4^ο στάδιο γινόταν καταγραφή των παραμέτρων ελέγχου ενώ ο εξεταζόμενος εκτελούσε δρομικό έργο με σταθερή ταχύτητα 4 km/h ώστε να επανέλθει ο οργανισμός στην αρχική του κατάσταση. Η καταγραφή των αναπνευστικών παραμέτρων ελέγχου [κατανάλωση οξυγόνου (VO_2), κατά λεπτό αερισμός (V_E) και αναπνευστική

συχνότητα (f_{β})] έγινε με τη μέθοδο breath-by-breath μέσα από μάσκα προσώπου ανοικτού τύπου που είχε τοποθετημένη στη βάση της μάσκας βαλβίδα με αισθητήρα καταγραφής και μετέφερε τα δεδομένα για ανάλυση στο FitmateMED COSMED (Italy). Η καρδιακή συχνότητα κατά την ΚΑΔΚ καταγράφηκε με τη χρήση Garmin (Kansas, USA) και με ασύρματο δίκτυο στο FitmateMED COSMED (Italy). Κατά τη δοκιμασία θερμοκρασία δωματίου ήταν 22 ± 0.5 °C και με υγρασία 40 ± 1 %.

Ολόσωμη κρυοδιέγερση

Η ολόσωμη κρυοδιέγερση εκτελέστηκε σε κλειστού τύπου καμπίνα με σταθερή θερμοκρασία στους -85 °C για 3 min και με 0 % υγρασία [Whole Body Cryostimulation (WBC), Chamber, Mecotech, Germany]. Πριν και αμέσως μετά την κρυοδιέγερση καταγράφηκαν οι αρτηριακή πίεση [συστολική αρτηριακή πίεση (SBP) και διαστολική αρτηριακή πίεση (DBP)], ο κορεσμός του αρτηριακού αίματος σε οξυγόνο (SpO_2) και η καρδιακή συχνότητα (HR). Οι εξεταζόμενοι κατά την δοκιμασία φορούσαν μαγιό, γάντια, μάσκα στο πρόσωπο, κάλυμμα για τα αυτιά, κάλτσες και λαστιχένιες παντόφλες (Εικόνα1). Η αρτηριακή πίεση καταγράφηκε με τη χρήση αναλογικού πιεσόμετρου με ενσωματωμένο ακουστικό (MAC, Japan), περιστρεφόμενη βαλβίδα (D-Ring) και κλίμακα μέτρησης 0-300 mmHg. Η ακρίβεια καταγραφής ήταν ± 3 mmHg. Ο κορεσμός του αρτηριακού αίματος σε O_2 και της καρδιακής συχνότητας έγινε με παλμική οξυμετρία στον δείκτη του δεξιού άκρου και χρησιμοποιήθηκε οξύμετρο τύπου ChoiceMMed MD300 C15D (Düsseldorf, Germany).



Εικόνα 1. Ολόσωμη κρυοδιέγερση στους $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$, The Medical Project.

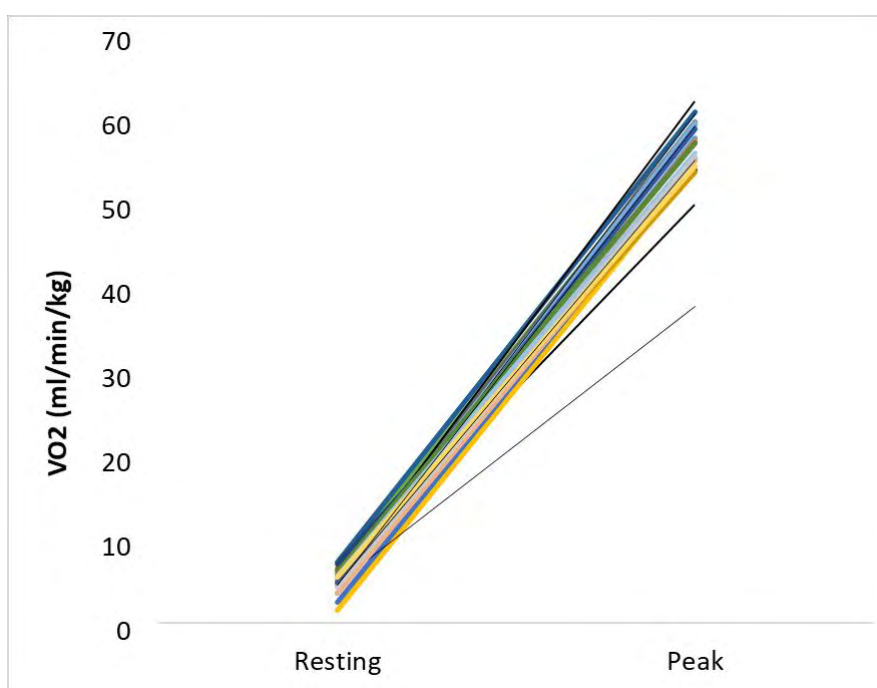
Στατιστική ανάλυση

Χρησιμοποιήθηκε Paired T-Test για να ελεγχθούν διαφορές μεταξύ των επιπέδων κάθε παράγοντα. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε με $p < 0,05$ και τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέση τιμή και τυπική απόκλιση ($\text{Mean} \pm \text{SD}$). Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 21 (SPSSinc., Chicago, Illinois, USA).

Αποτελέσματα

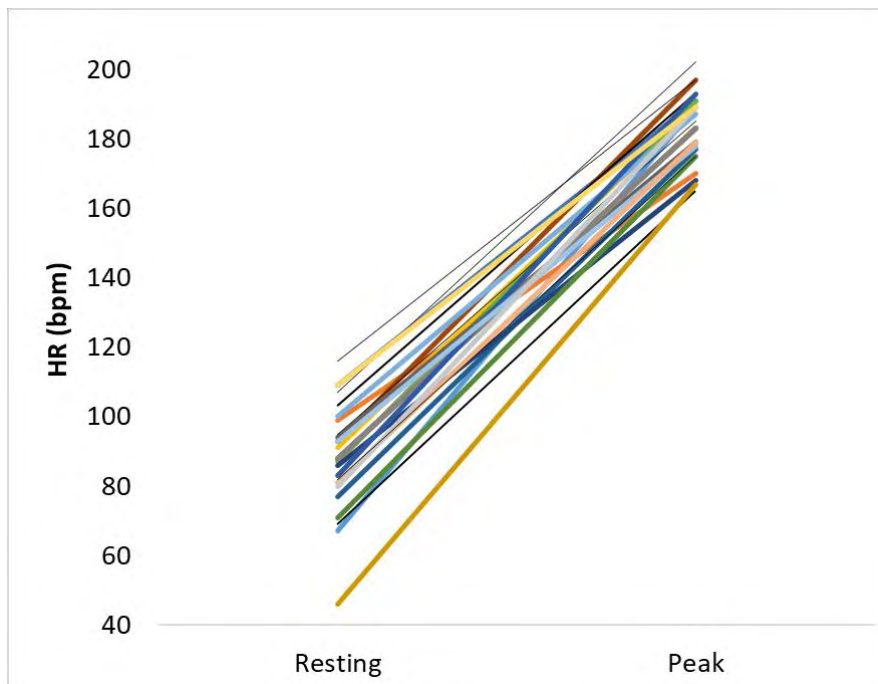
Αποτελέσματα καρδιοαναπνευστικών μεταβολών

Στο σχήμα 1 και 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μεταβολών της πρόσληψης O_2 και της καρδιακής συχνότητας κατά την καρδιοαναπνευστική δοκιμασία κόπωσης των αθλητών από την ηρεμία στη μέγιστη προσπάθεια. Από τα αποτελέσματα της πρόσληψης O_2 παρατηρήθηκε ποσοστιαία μεταβολή στην κατανάλωση O_2 κατά 10.5 ± 2.2 % σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας ($t_{(29)} = -64.118$, $p < 0.001$, Σχήμα 1). Η μέγιστη μέση τιμή των αθλητών ήταν 48.1 ± 6.7 ml/min/kg και καταλάμβανε ποσοστό 114% των προβλεπόμενων τιμών.



Σχήμα 1. Μεταβολές στη πρόσληψη O_2 από την ηρεμία στη μέγιστη προσπάθεια

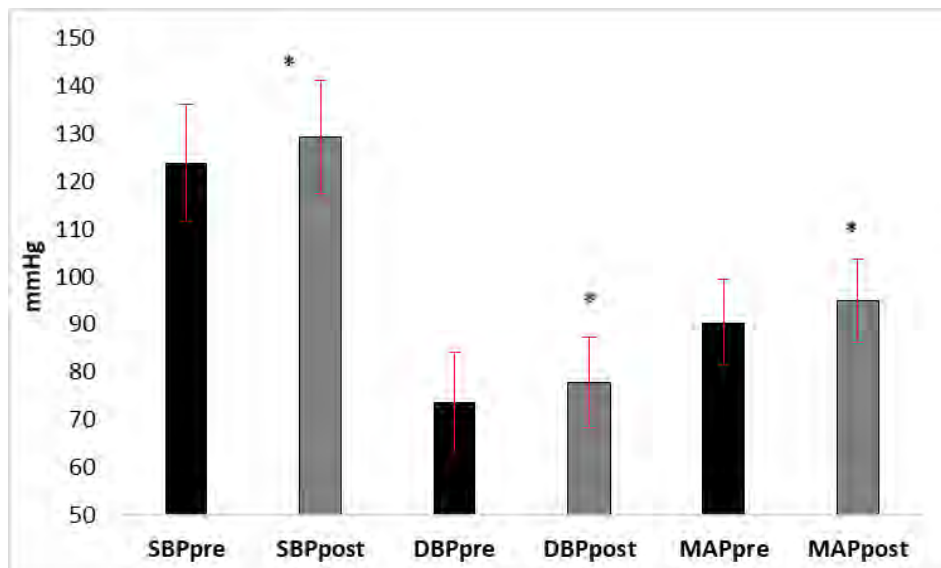
Από τα αποτελέσματα της καρδιακής συχνότητας παρατηρήθηκε ποσοστιαία μεταβολή κατά 51.9 ± 6.7 % σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας ($t_{(29)} = -45.694$, $p < 0.001$). Η μέγιστη μέση τιμή των αθλητών ήταν 183.5 ± 9.2 bpm και καταλάμβανε ποσοστό 96.2 % ως προς τις μέγιστες προβλεπόμενες τιμές. Η καρδιακή συχνότητα από τη μέγιστη προσπάθεια στο πρώτο λεπτό της αποκατάστασης εμφάνισε ποσοστιαία μεταβολή κατά 11.8 ± 6.1 % ($t_{(29)} = 21.177$, $p < 0.001$).



Σχήμα 2. Μεταβολές στην καρδιακή συχνότητα από την ηρεμία στη μέγιστη προσπάθεια

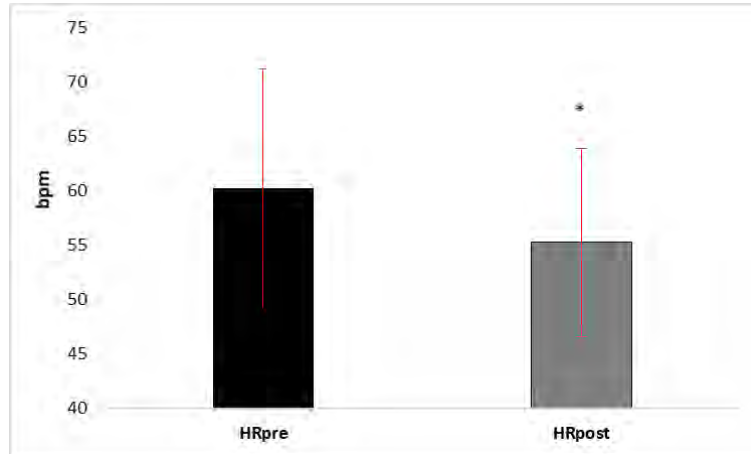
Αποτελέσματα παραμέτρων ελέγχου κατά την ολόσωμη κρυοδιέγερση

Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στις παραμέτρους της αρτηριακής πίεσης και της καρδιακής συχνότητας πριν και αμέσως μετά την WBC. Η συστολική αρτηριακή πίεση εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών πριν και μετά την WBC (SBP: 123.8 ± 12.4 έναντι 129.3 ± 12.0 mmHg, $t_{(29)} = -2.960$, $p = 0.006$, Σχήμα 3) και αύξηση της ποσοστιαίας μεταβολής κατά $4.9 \pm 8.9\%$. Η διαστολική αρτηριακή πίεση εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών πριν και μετά την WBC (DBP: 73.7 ± 10.3 έναντι 77.9 ± 9.6 mmHg, $t_{(29)} = -2.258$, $p = 0.032$, Σχήμα 3) και αύξηση της ποσοστιαίας μεταβολής κατά $6.8 \pm 14.4\%$. Η μέση αρτηριακή πίεση εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών πριν και μετά την WBC (MAP: 90.4 ± 8.9 έναντι 95.0 ± 8.7 mmHg, $t_{(29)} = -3.036$, $p = 0.005$, Σχήμα 3) και αύξηση της ποσοστιαίας μεταβολής κατά $7.0 \pm 13.2\%$.



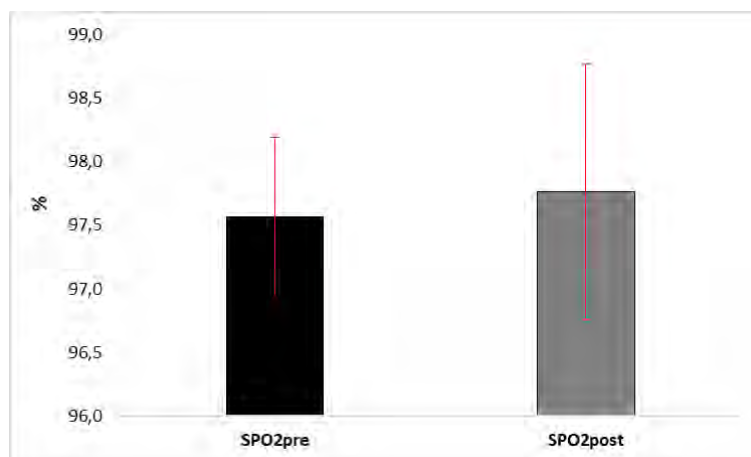
Σχήμα 3. Μεταβολές αρτηριακής πίεσης πριν και αμέσως μετά την WBC (SBP: συστολική αρτηριακή πίεση, DBP: διαστολική αρτηριακή πίεση, MAP: μέση αρτηριακή πίεση), * $p < 0.05$.

Η καρδιακή συχνότητα εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών πριν και μετά την WBC (HR: 60.2 ± 11.0 έναντι 55.2 ± 8.6 bpm, $t_{(29)} = -3.229$, $p = 0.003$, Σχήμα 4) και μείωση της ποσοστιαίας μεταβολής κατά $4.9 \pm 8.9\%$.



Σχήμα 4. Μεταβολές καρδιακής συχνότητας πριν και αμέσως μετά την WBC. * $p < 0.05$

Ο κορεσμός του αρτηριακού οξυγόνου στο αίμα δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών πριν και μετά την WBC (SpO_2 : 97.6 ± 0.6 έναντι 97.8 ± 1.0 %, $t_{(29)} = -0.924$, $p = 0.363$, Σχήμα 5) ενώ η ποσοστιαία μεταβολή ήταν $0.2 \pm 1.2\%$.



Σχήμα 5. Μεταβολές κορεσμού αρτηριακού οξυγόνου στο αίμα πριν και αμέσως μετά την WBC.

Σχέση μεταξύ δεικτών φυσικής κατάστασης και παραμέτρων ελέγχου κατά την WBC

Από τα αποτελέσματα των δεικτών φυσικής κατάστασης και μεταξύ των παραμέτρων ελέγχου πριν και μετά την WBC καθώς και στην ποσοστιαία μεταβολή των παραμέτρων, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταβλητών ($p>0.05$).

Σχέση μεταξύ σωματομετρικών χαρακτηριστικών και παραμέτρων ελέγχου κατά την WBC

Από τα αποτελέσματα σωματομετρικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών και μεταξύ των παραμέτρων ελέγχου πριν και μετά την WBC καθώς και στην ποσοστιαία μεταβολή των παραμέτρων, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μεταβλητών ($p>0.05$).

Συζήτηση

Η μελέτη είχε ως σκοπό να διερευνήσει την επίδραση της WBC στην αρτηριακή πίεση, στην καρδιακή συχνότητα και στον κορεσμό του αρτηριακού οξυγόνου στο αίμα πριν και αμέσως μετά την WBC. Από τα αποτελέσματα της μελέτης μας παρατηρήθηκε αύξηση της αρτηριακής πίεσης και μείωση της καρδιακής συχνότητας μετά τη χρήση WBC.

Αρτηριακή πίεση

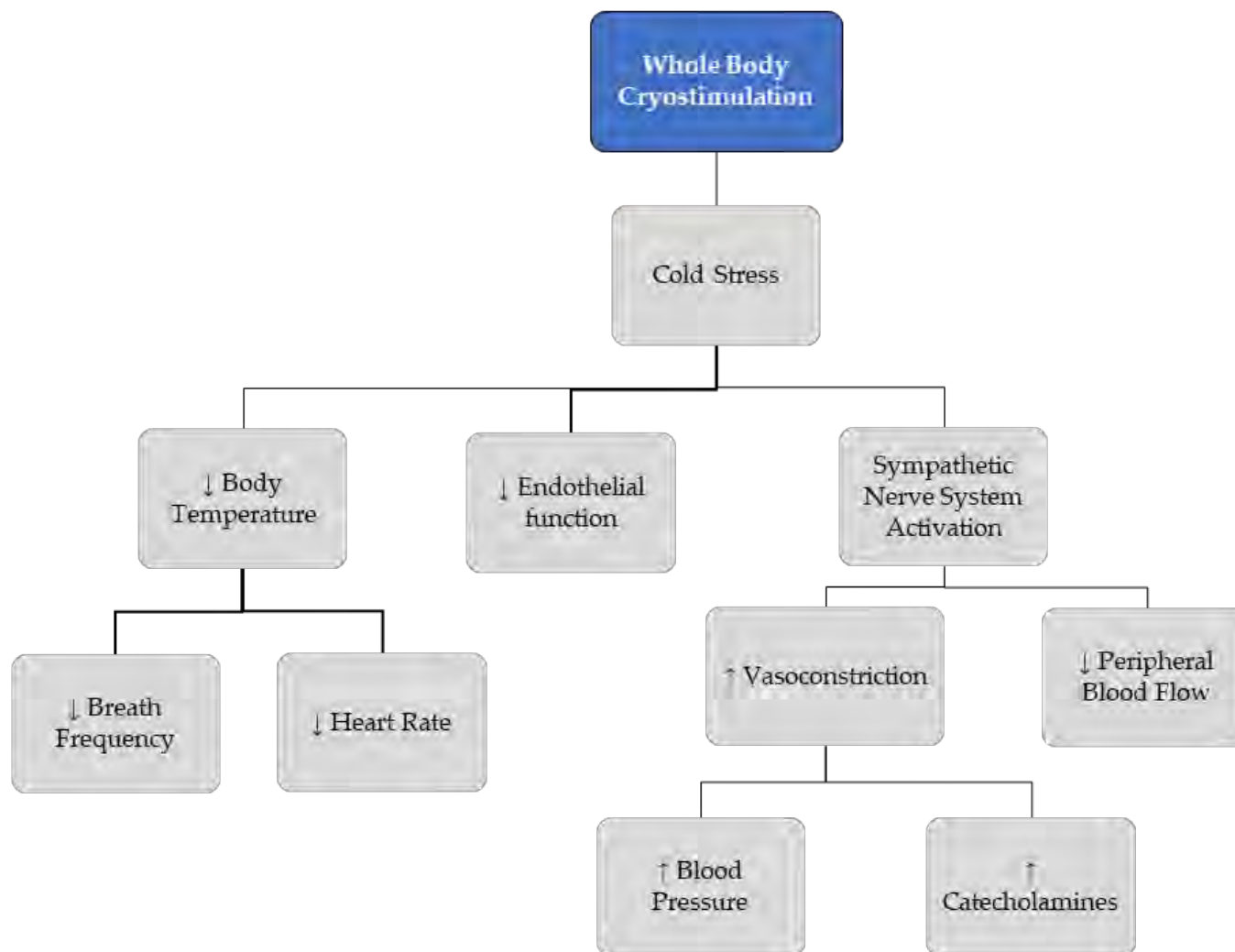
Η χρήση της WBC προκαλεί έντονο stress σε όλο το σώμα (Σχήμα 6) και πιθανόν αυξάνει την παρασυμπαθητική δραστηριότητα σε σύγκριση με άλλες μεθόδους όπως αυτή της εμβύθισης στο νερό (Schaal et al., 2013). Η μέθοδος της WBC εκθέτει και το κεφάλι στο ψύχος με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση παρασυμπαθητικής δραστηριότητας (Hauswirth et al., 2013), η οποία έχει παρατηρηθεί πως βοηθά (μετά την έντονη άσκηση) στην παρασυμπαθητική επανενεργοποίηση (Al Haddad et al., 2010; Kinoshita et al., 2006). Η έκθεση του σώματος στο κρύο περιβάλλον προκαλεί αλλαγές στη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Η WBC προκαλεί περιφερική αγγειοσυστολή και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση του όγκου του αίματος προς τον πυρήνα (Shibahara et al., 1996; Pump et al., 2001), ώστε να διατηρήσει εν ζωή τα ζωτικά όργανα του σώματος. Αυτός ο μηχανισμός προκαλεί αύξηση στη μέση αρτηριακή πίεση και οδηγεί σε ενεργοποίηση του baroreflex, με αποτέλεσμα τη μείωση της δραστηριότητας του συμπαθητικού νεύρου και τον έλεγχο του καρδιακού ρυθμού από το παρασυμπαθητικό. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι η εμβύθιση στο νερό είναι αποτελεσματικός τρόπος για αυξημένη παρασυμπαθητική δραστηριότητα ιδιαίτερα σε αθλητές μετά από έντονη άσκηση (Al Haddad et al., 2010; Stanley et al., 2013) ενώ η έκθεση του σώματος στο κρύο περιβάλλον έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει την αποκατάσταση μειώνοντας την καρδιακή συχνότητα και τη ροή του αίματος (Vaile et al., 2011). Η επίδραση της θερμοκρασίας στην αρτηριακή πίεση είναι μια οξεία ανταπόκριση και επηρεάζεται από παράγοντες όπως η ηλικία, το φύλο, ο δείκτης μάζας σώματος, η κατανάλωση αλκοόλ και η ύπαρξη νοσημάτων (Chen et al., 2013; 2015). Η οξεία έκθεση του σώματος σε ακραίες θερμοκρασίες θα μπορούσε επίσης να οδηγήσει σε

ενεργοποίηση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος και να αυξήσει τη δραστηριότητα της ρενίνης-αγγειοτασίνης (Dandan et al., 2019; Hong et al., 2013), να ενεργοποιήσει τους διαύλους ασβεστίου τύπου L (Saad et al., 2008) και μέσω του οξειδωτικού stress (Briones και Touyz, 2010; Gwathmey et al., 2010; Martarelli et al., 2011) με αποτέλεσμα να αυξηθούν οι τιμές της αρτηριακής πίεσης.

Καρδιακή συχνότητα

Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες η αυξημένη παρασυμπαθητική δραστηριότητα οδηγεί σε αυξημένη προστασία του καρδιαγγειακού συστήματος περιορίζοντας σημαντικά τον κίνδυνο πρόωρης θνησιμότητας (Cole et al., 1999; Jouven et al., 2005). Η μεταβολή στην παρασυμπαθητική δραστηριότητα σε σχέση με τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού έχει αναδειχθεί σε δείκτη αποκατάστασης και αντικατοπτρίζει την άμεση απάντηση του καρδιαγγειακού συστήματος μετά από την άσκηση. Συνεπώς, η αυξημένη παρασυμπαθητική δραστηριότητα επιφέρει ταχύτερη καρδιακή επιβράδυνση άρα και ταχύτερη αποκατάσταση (Stanley et al., 2012; Al Haddad et al., 2010; Stanley et al., 2013). Από τα αποτελέσματα της μελέτης μας οι αθλητές κατά το στάδιο της αποκατάστασης στο πρώτο λεπτό εμφάνισαν μείωση κατά 11.8 ± 6.1 % δηλ. μείωση κατά 28.1 ± 7.3 bpm. Η συχνότητα αναπνοής σύμφωνα με τους Hansen και Koerppen (2002) αυξάνεται ή μειώνεται γραμμικά με τη καρδιακή συχνότητα (Σχήμα 6). Από τα αποτελέσματα της μελέτης μας παρατηρήθηκε χαμηλή καρδιακή συχνότητα μετά τη χρήση WBC που, πιθανόν, οφείλεται στην χαμηλή συχνότητα αναπνοής λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας στον περιβάλλοντα χώρο (-85 °C). Η μείωση της καρδιακής συχνότητας πιθανόν να είναι αποτέλεσμα χαμηλής ανάγκης για πρόσληψη O_2 στους ιστούς και απέκκρισης CO_2 λόγω μετατόπισης του όγκου του αίματος προς τον πυρήνα (Pump et al., 2001). Τα ευρήματα της μελέτης μας συμφωνούν και με προηγούμενες μελέτες των Lubkowska και Suska (2011) και των Lubkowska και Szygula (2010) που παρατήρησαν αύξηση της αρτηριακής πίεσης και μείωση του καρδιακού ρυθμού μετά τη χρήση της WBC. Το cold stress ενεργοποιεί τη συμπαθητική λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος προκαλώντας αύξηση της αρτηριακής πίεσης (Trapp et al., 2014), μείωση του καρδιακού ρυθμού (Ayada et al., 2015) και της καρδιακής παροχής (Von Bayer et al., 2005). Η αγγειακή συμπαθητική απόκριση κατά την έκθεση στο ψυχρό περιβάλλον αυξάνει την περιφερική αντίσταση καθώς και την αρτηριακή πίεση (Cui et al., 2002). Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει πως η μείωση του καρδιακού ρυθμού μπορεί να επιτευχθεί και σε μη αθλητές με

ανάλογη αύξηση της συνολικής περιφερικής αντίστασης και αρτηριακής πίεσης (Ifuku et al., 2007). Η οξεία αντίδραση στο cold stress σε νεαρά άτομα συνήθως δεν προκαλεί επιπτώσεις στην υγεία (Schneiderman et al., 2005) ενώ η απότομη έκθεση στο κρύο διεγείρει τη λειτουργία του συμπαθητικού νευρικού συστήματος και προκαλεί απελευθέρωση νορεπινεφρίνης. Η έκθεση στο κρύο προκαλεί μεταβολές στις συγκεντρώσεις επινεφρίνης και ντοπαμίνης στο πλάσμα (Hauswirth et al., 2013) ενώ οι δερματικοί υποδοχείς διεγείρουν τις α-αδρενεργικές ίνες που σχετίζονται με την περιφερική αγγειοσυστολή (Lubkowska και Szygula, 2010). Η διέγερση αυτή του συμπαθητικού νευρικού συστήματος προκαλεί μεταβολές στο καρδιαγγειακό σύστημα οι οποίες περιλαμβάνουν αρτηριακή συστολή, αυξημένο καρδιακό ρυθμό και αυξημένη συσταλτικότητα και οδηγούν σε αύξηση της αρτηριακής πίεσης παρόμοια αποτελέσματα με τη χρήση της μεθόδου cold pressor test. Το cold pressor test επιδρά στο συμπαθητικό νευρικό σύστημα προκαλώντας αγγειοσυστολή και αύξηση της αρτηριακής πίεσης (Fagius et al., 1989) λόγω απελευθέρωσης κατεχολαμινών. Η ολόσωμη κρυοδιέγερση αποτελεί έντονο ερέθισμα για τον οργανισμό και ασκεί ισχυρή ρυθμιστική δράση στο καρδιαγγειακό σύστημα ωστόσο οι μεταβολές είναι προσωρινές και με την αύξηση της συχνότητας των συνεδριών μειώνεται η μεταβολή της αρτηριακής πίεσης σε σχέση με τις αρχικές μεταβολές λόγω προσαρμογών (Louis et al., 2015). Η αυξημένη παρασυμπαθητική δραστηριότητα στην ηρεμία συνδέεται με δείκτες υγείας και ενισχύεται από την τακτική σωματική άσκηση και ,γενικότερα, από έναν υγιεινό τρόπο ζωής συμπεριλαμβανομένης της ισορροπημένης διατροφής, αποφυγής του καπνίσματος και απομάκρυνσης από τη λήψη αλκοόλ (Udo et al., 2013). Οι συμμετέχοντες στην μελέτη μας ήταν αθλητές ποδοσφαίρου και σε καλό επίπεδο φυσικής κατάστασης (VO_{2max} 48.1 ± 6.7 ml/min/kg) γεγονός που πιθανόν να σχετίζεται με μεγαλύτερη μεταβολή της αρτηριακής πίεσης και καρδιακής συχνότητας λόγω καλύτερης φυσιολογικής ανταπόκρισης.



Σχήμα 6. Διάγραμμα μηχανισμών ενεργοποίησης κατά την οξεία έκθεση σε ολόσωμη κρυοδιέγερση.

5. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα ευρήματα της μελέτης μας συμπεραίνουμε ότι:

α) η ολόσωμη κρυοδιέγερση προκαλεί αύξηση της αρτηριακής πίεσης και μείωση της καρδιακής συχνότητας λόγω της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας.

β) το εύρος μεταβολής της αρτηριακής πίεσης κατά την ολόσωμη κρυοδιέγερση σχετίζεται με το επίπεδο φυσικής κατάστασης.

γ) ανεξάρτητα από το είδος της κρυοδιέγερσης, οξεία, μερική ή/και χρόνια, ολόσωμη ή/και τμηματική, δεν είναι γνωστή η διάρκεια της επίδρασης της στην αύξηση της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας.

6. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να διερευνήσουν πιθανή επίδραση της χρήσης της ολόσωμης κρυοδιέγερσης στη βελτίωση της ποιότητας της ζωής ευπαθών ομάδων πληθυσμού ενώ τα αποτελέσματα των ερευνών θα μπορούσαν να χρησιμεύσουν ως αναφορά για τη χάραξη στρατηγικών υγείας και βελτίωσης της ποιότητας ζωής. Θα μπορούσε, επίσης, να διερευνηθεί πιθανή συνταγογράφηση της κρυοδιέγερσης σε γενικό αλλά και ειδικό πληθυσμό, όπως επίσης και λεπτομερέστερη καταγραφή των επιδράσεων της μεθόδου σε καρδιαγγειακό επίπεδο. Τέλος, μεγάλο κεφάλαιο αποτελεί η πιθανή επίδραση της μεθόδου στην αθλητική απόδοση και κατά πόσο η ολόσωμη κρυοδιέγερση την ενισχύει.

7. Βιβλιογραφία

1. Abaïdia, AE., Lamblin, J., Delecroix, B., Leduc, C., McCall, A., Nédélec, M., Dawson, B., Baquet, G., Dupont, G. (2017). Recovery From Exercise-Induced Muscle Damage: Cold-Water Immersion Versus Whole-Body Cryotherapy. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(3):402-409.
2. Al Haddad, H., Laursen, PB., Ahmaidi, S., Buchheit, M. (2010). Influence of cold water face immersion on post-exercise parasympathetic reactivation. *Eur J Appl Physiol*, 108: 599-606.
3. Ayada, C., Toru, Ü., and Korkut, Y. (2015). The relationship of stress and blood pressure effectors. *Hippokratia*, 19:99–108.
4. Bailey, DM., Erith, SJ., Griffin, PJ., Dowson, A., Brewer, DS., Gant, N., Williams, C. (2007). Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. *J Sports Sci*, 25:1163–1170.
5. Banfi, G., Lombardi, G., Colombini, A., Melegati, G. (2010). Whole-body cryotherapy in athletes. *Sports Med*, 40:509–517.
6. Banfi, G., Melegati, G., Barassi, A., d'Eril, GM. (2009). Effects of the whole-body cryotherapy on NTproBNP, hsCRP and troponin I in athletes. *J Sci Med Sport*, 12:609–610.
7. Banfi, G., Melegati, G., Barassi, A., Dogliotti, G., d'Eril, GM., Dugue, B., Corsi, M. Massimiliano. (2009). Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. *J. Thermal Biology*, 34:55–9.
8. Bleakley, CM., Bieuzen, F., Davison, GW., Costello, JT. (2014). Whole-body cryotherapy: empirical evidence and theoretical perspectives. *Open Access J. Sports Med*, 5:25–36.
9. Briones, A.M., Touyz, RM. (2010). Oxidative stress and hypertension: current concepts. *Curr Hypertens Rep*, 12(2): 135-42.
10. Cámara-Lemarroy, CR., Azpiri-López, JR., Vázquez-Díaz, LA., Galarza-Delgado DA. (2017). Abdominal Aortic Dissection and Cold-Intolerance After Whole-Body Cryotherapy: A Case Report. *Clin J Sport Med*, 27(5):e67-e68.
11. Chen, Q., Wang, J., Tian, J., Tang, X., Yu, C., Marshall, RJ., Chen, D., Cao, W., Zhan, S., Lv, J., Lee, L., Hu, Y. (2013) Association between Ambient Temperature and Blood Pressure and

Blood Pressure Regulators: 1831 Hypertensive Patients Followed Up for Three Years. *Plos ONE* 8(12): e84522

12. Cole, CR., Blackstone, EH., Pashkow, FJ., Snader, CE., Lauer, MS. (1999). Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med*, 341: 1351-1357
13. Costello, JT., Algar, LA., Donnelly, AE. (2012). Effects of whole-body cryotherapy (-110 °C) on proprioception and indices of muscle damage. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 22:190–8.
14. Cui, J., Wilson, T.E., and Crandall, C.G. (2002). Baroreflex modulation of muscle sympathetic nerve activity during cold pressor test in humans. *Am. J. Physiol*, 282:H1717–H1723
15. Dandan, Xu., Yi, Zhang., Bo, Wang., Haibing, Yang., Jie, Ban., Fangchao, Liu., Tiantian, Li. (2019). Acute effects of temperature exposure on blood pressure: An hourly level panel study. *Environmental International*, Volume 124, Pages493-500.
16. Duffield, R. (2008). Cooling interventions for the protection and recovery of exercise performance from exercise-induced heat stress. *Med Sport Sci*, 53:89–103
17. Fagius, J., Karhuvaara, S., Sundlof, G. (1989). The cold pressor test: effects on sympathetic nerve activity in human muscle and skin nerve fascicles. *Acta Physiol Scand*, 137(3): 325-34.
18. Gwathmey, TM., Pendergrass, KD., Reid, SD., Rose, JC., Diz, DL., Chappell, MC. (2010). Angiotensin-(1–7)-angiotensin-converting enzyme 2 attenuates reactive oxygen species formation to angiotensin ii within the cell nucleus. *Hypertension*, 55(1): 166-71.
19. Hansen, T.J., & Koepfen, M.B. (2002). Άτλας βασικών ιατρικών επιστημών, φυσιολογία του ανθρώπου. (Μ. Κουτσιλιέρης επιμέλεια για την Ελληνική έκδοση). Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδη (Δημοσίευση πρωτοτύπου, 2002).
20. Hausswirth, C., Louis, J., Bieuzen, F., Pournot, H., Fournier, J., Filliard, JR., Brisswalter, J. (2011). Effects of whole-body cryotherapy vs. far-infrared vs. passive modalities on recovery from exercise-induced muscle damage in highly-trained runners. *Plos One*, 6:e27749.
21. Hausswirth, C., Schaal, K., Le Meur, Y., Bieuzen, F., Filliard, JR., Volondat, M., Louis, J. (2013). Parasympathetic activity and blood catecholamine responses following a single partial-body cryostimulation and a whole-body cryostimulation. *Plos One*, 8:e72658.
22. Hong, Y.C., Kim, H., Lim, Y.H., Yoon, H.J., Kwon, Y.M., Park, M. (2013). Identification of Ras genotypes that modulate blood pressure change by outdoor temperature. *Hypertens. Res* 36, 540-545.

23. Ifuku, H., Moriyama, K., Arai, K., and Shiraishi Hichiwa, Y. (2007). Regulation of cardiac function during a cold pressor test in athletes and untrained subjects. *Eur. J. Appl. Physiol*, 101:75–79
24. Jouven, X., Empana, JP., Schwartz, PJ., Desnos, M., Courbon, D., Ducimetiere, P. (2005) Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 352: 1951-1958.
25. Kinoshita, T., Nagata, S., Baba, R., Kohmoto, T., Iwagaki, S. (2006). Cold-water face immersion per se elicits cardiac parasympathetic activity. *Circ J*, 70:773–776.
26. Klimek, AT., Lubkowska, A., Szygula, Z., Chudecka, M., Fraczek, B. (2010). Influence of the ten sessions of the whole body cryostimulation on aerobic and anaerobic capacity. *Int J Occup Med Environ Health*, 23:181–189
27. Krüger, M., de Mareés, M., Dittmar, K-H., Sperlich, B., Mester, J. (2015). Whole-body cryotherapy's enhancement of acute recovery of running performance in well-trained athletes. *Int. J. Sports Physiol. Perform*, 10:605–12.
28. Lombardi, G., Lanteri, P., Porcelli, S., Mauri, C., Colombini, A., Grasso, D., Zani, V., Bonomi, FG., Melegati, G., Banfi, G. (2013). Hematological profile and marital status in rugby players during whole body cryostimulation. *Plos One*, 8:e55803.
29. Louis, J., Schaal, K., Bieuzen, F., Le Meur, Y., Filliard, J-R., Volondat, M., Brisswalter, J., Hausswirth, C. (2015) Head Exposure to Cold during Whole-Body Cryostimulation: Influence on Thermal Response and Autonomic Modulation. *Plos ONE*, 10(4): e0124776.
30. Lubkowska, A, Szygula, Z. (2010). Changes in blood pressure with compensatory heart rate decrease and in the level of aerobic capacity in response to repeated whole-body cryostimulation in normotensive, young and physically active men. *Int J Occup Med Environ Health*, 23(4):367-75.
31. Lubkowska, A., Suska, M. (2011). The increase in systolic and diastolic blood pressure after exposure to cryogenic temperatures in normotensive men as a contraindication for whole-body Cryostimulation. *Biology*, 36(5):264-268
32. Lubkowska, A., Szygula, Z., Chlubek, D., Banfi, G. (2011). The effect of prolonged whole-body cryostimulation treatment with different amounts of sessions on chosen pro- and anti-inflammatory cytokines levels in healthy men. *Scand J Clin Lab Invest*, 71:419–425.

33. Lubkowska, A., Szygula, Z., Klimek, AJ., Torii M. (2010). Do sessions of cryostimulation have influence on white blood cell count, level of IL6 and total oxidative and antioxidative status in healthy men? *Eur J Appl Physiol*, 109:67–72.
34. Martarelli, D., Cocchioni, M., Scuri, S., Spataro, A., Pompei, P. (2011). Cold exposure increases exercise-induced oxidative stress. *J Sports Med Phys Fitness*, 51(2): 299-304.
35. Metzger, D., Zwinqmann, C., Protz, W., Jackel, WH. (2000). Whole body cryotherapy in rehabilitation of patients with rheumatoid diseases-pilot study. *Rehabilitation (Stuttg)*, 39(2):93-100.
36. Mosteller, RD. (1987). Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med.*, 317(17):1098
37. Norton, K., Whittingham, N., Carter, L., Kerr, D., Gore, C., & Marfell-Jones, M. (1996). Measurement techniques in anthropometry In: K. Norton& T. Olds (Eds) *Anthropometrica*, pp.25.76
38. O'Connor, M., Wanq, JV., Saedi, N. (2018). Whole-and partial-body cryotherapy in aesthetic dermatology: Evaluating a trendy treatment. *J Cosmet Dermatol*, doi:10.1111/jocd.12821
39. Peiffer, JJ., Abbiss, CR., Watson, G., Nosaka, K., Laursen, PB. (2010). Effect of a 5-min cold-water immersion recovery on exercise performance in the heat. *Br J Sports Med*, 44:461–465.
40. Pournot, H., Bieuzen, F., Louis, J., Mounier, R., Filliard, JR., Barbiche, E., Hausswirth, C. (2011). Time-course of changes in inflammatory response after whole-body cryotherapy multi exposures following severe exercise. *Plos One*, 6:e22748.
41. Pump, B., Shiraishi, M., Gabrielsen, A., Bie, P., Christensen, NJ., Norsk, P. (2001). Cardiovascular effects of static carotid baroreceptor stimulation during water immersion in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 280: H2607- H2615.
42. Rymaszewska, J., Bialy, D., Zagrobelny, Z., Kiejna, A. (2000). The influence of whole body cryotherapy on mental health. *Psychiatr Pol*, 34:649-53.
43. Rymaszewska, J., Ramsey, D., Chladzinska-Kiejna, S. (2008). Whole-body Cryotherapy as adjunct treatment of depressive and anxiety disorders. *Arch Immunol Ther Exp (Warsz)*, 56(1):63-8.

44. Saad, WA., Guarda, IF., Camargo, LA., Santos, TA. (2008). Nitric oxide and l-type calcium channel influences the changes in arterial blood pressure and heart rate induced by central Angiotensin II. *Behav Brain Funct*, 24 4:22.
45. Schaal, K., Le Meur, Y., Bieuzen, F., Petit, O., Hellard, P., Toussaint, JF., Hausswirth, C. (2013) Effect of recovery mode on post-exercise parasympathetic reactivation in elite synchronized swimmers. *Appl Physiol Nutr Metab*, 38: 126-133.
46. Schneiderman, N., Ironson, G., and Siegel, S.D. (2005). Stress and health: psychological, behavioral, and biological determinants. *Annu. Rev. Clin. Psychol*, 1:607–628.
47. Selfe, J., Alexander, J., Costello, JT., May, K., Garratt, N., Atkins, S., Dillon, S., Hurst, H., Davison, M., Przybyla, D., Coley, A., Bitcon, M., Littler, G., Richards, J. (2014). The effect of three different (-135°C) whole body cryotherapy exposure durations on elite rugby league players. *Plos One*, 9(1):e86420.
48. Shibahara, N., Matsuda, H., Umeno, K., Shimada, Y., Itoh, T., Terasawa, K. (1996) The responses of skin blood flow, mean arterial pressure and R-R interval induced by cold stimulation with cold wind and ice water. *J Auton Nerv Syst*, 61: 109-115.
49. Smolander, J., Westerlund, T., Uusitalo, A., Dugué, B., Oksa, J., Mikkelsen, M. (2006). Lung function after acute and repeated exposures to extremely cold air (-110 degrees C) during whole-body Cryotherapy. *Clin Physiol Funct Imaging.*, 26(4):232-4.
50. Stanley, J., Buchheit, M., Peake, JM. (2012) The effect of post-exercise hydrotherapy on subsequent exercise performance and heart rate variability. *Eur J Appl Physiol*, 112: 951-961.
51. Stanley, J., Peake, JM., Buchheit M. (2013) Consecutive days of cold water immersion: effects on cycling performance and heart rate variability. *Eur J Appl Physiol*, 113: 371-384.
52. Szczepanowska-Wołowiec, B., Dudek, J., Wołowiec, P., Kotela, I. (2010). The influence of cryochamber on parameters of blood pressure and pulse. *Przegl Lek*, 67(5):360-4.
53. Szczepanska-Gieracha, J., Borsuk, P., Pawik, M., Rymaszewska, J. (2014). Mental state and quality of life after 10 session whole body cryotherapy. *Psychol Health Med*, 19(1):40-6.
54. Trapp, M., Trapp, E.M., Egger, J.W., Domej, W., Schillaci, G., Avian, A., Pohrer, PM., Horlesberge, N., Magometschnigg, D., Zivkovic, MC., Komericki, P., Velik, R., Baulmann, J. (2014). Impact of mental and physical stress on blood pressure and pulse pressure under normobaric versus hypoxic conditions. *Plos ONE* 9:e89005

55. Udo, T., Mun, EY., Buckman, JF., Vaschillo, EG., Vaschillo, B., Bates ME. (2013). Potential side effects of unhealthy lifestyle choices and health risks on Basal and reactive heart rate variability in college drinkers. *J Stud Alcohol Drugs*, 74: 787–796.
56. Vaile, J., O'Hagan, C., Stefanovic, B., Walker, M., Gill, N., Askew CD. (2011). Effect of cold water immersion on repeated cycling performance and limb blood flow. *Br J Sports Med*, 45: 825–829.
57. Von Baeyer, CL., Piira, T., Chambers, CT., Trapanotto, M., and Zeltzer, L.K. (2005). Guidelines for the cold pressor task as an experimental pain stimulus for use with children. *J. Pain*, 6:218–227
58. Zalewski, P., Buszko, K., Zawadka-Kunikowska, M., Słomko, J., Szrajda, J., Klawe, JJ., Tafil-Klawe, M., Sinski, M., Newton, J. (2014). Cardiovascular and autonomic responses to whole-body cryostimulation in essential hypertension. *Cryobiology*, 69(2):249-55.
59. Zalewski, P., Klawe, JJ., Pawlak, J., Tafil-Klawe, M., Newton, J. (2013). Thermal and hemodynamic response to whole-body cryostimulation in healthy subjects. *Cryobiology*, 66(3):295-302.
60. Ziemann, E., Olek, RA., Kujach, S., Grzywacz, T., Antosiewicz, J., Garsztka, T., Laskowski, R. (2012). Five-day whole-body cryostimulation, blood inflammatory markers, and performance in high-ranking professional tennis players. *J. Athl. Train*, 47:664–72.
61. Σταύρου Β. Συσχέτιση της καρδιοαναπνευστικής δοκιμασίας κόπωσης με τη βαρύτητα του συνδρόμου υπνικής άπνοιας. Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Λάρισα, 2019