



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

**Η ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΜΕΤΑΣΚΗΣΙΑΚΗΣ
ΥΠΟΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΗ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ
ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ**

Μανωλάκη Νίκη

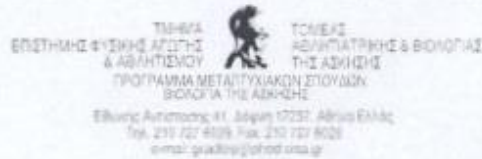
**Μεταπτυχιακή Διατριβή
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ»**

ΑΘΗΝΑ 2016

© Copyright

Μανωλάκη Νίκη του Εμμανουήλ
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



ΠΡΑΚΤΙΚΟ
ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ
Της Νίκης Μανωλάκη

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από τη Γ.Σ.Ε.Σ. του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 26/6/2014 για την κρίση και αξιολόγηση της μεταπτυχιακής διατριβής της **κ. Νίκης Μανωλάκη** με τίτλο: «*Η διερεύνηση του φαινομένου της μετασκησιακής υποτάσης μετά από προσομοιωμένη προπόνηση πετοσφαίρισης*» αποτελούμενη από τους κ.κ., **Μ. Κοσκολού** Αναπληρώτρια Καθηγήτρια της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, **Κ. Καρτερολιώτη** Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών και **κ. Κ. Μπαρζούκα**, Επίκουρη Καθηγήτρια της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών εκλήθησαν σήμερα 7/11/2014 ημέρα Παρασκευή και ώρα 12:30 ύστερα από επίσημη έγγραφη πρόσκληση στο Αμφιθέατρο Ε.Παυλίνη του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να κρίνουν και αξιολογήσουν την παραπάνω διατριβή.

Μετά από διεξοδική συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μελών της εξεταστικής επιτροπής κατέληξαν ότι η κρίνόμενη διατριβή πληροί όλους τους όρους εκπόνησής της, είναι πρωτότυπη και προάγει την επιστημονική γνώση και ως εκ τούτου κρίνεται αποδεκτή και εγκρίνεται.

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

Μ. Κοσκολού, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέπτων)

Κ. Καρτερολιώτης, Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών

Κ. Μπαρζούκα, Επίκουρη Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Αθηνών

ΕΚΦΡΑΣΗ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΩΝ

Όσα ευχαριστώ κι αν πω δεν θα είναι αρκετά για την αγαπημένη μου καθηγήτρια και δεύτερη μαμά μου, Μαρία Κοσκολού. Ευχαριστώ για τη στήριξη, τις συμβουλές, την καθοδήγηση, την αφύπνιση, την κατανόηση και τελικά την απίστευτη αγάπη που εισέπραξα και εξακολουθώ να εισπράττω. Είμαι ευγνώμων για τη γνωριμία και συνεργασία μας και της ζητώ συγγνώμη που την ταλαιπώρησα για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι να ολοκληρώσω την παρούσα διατριβή.

Ευχαριστώ από καρδιάς το Δάσκαλο Νίκο Μπεργελέ, τον πιο γλυκό, αέραιο και γιγάντιο άνθρωπο που έχω γνωρίσει σε σώμα και πνεύμα. Τον ευχαριστώ πολύ γιατί πίστεψε πολύ σε μένα και με ώθησε να ακολουθήσω αυτό που πραγματικά αγαπώ ακόμα κι αν αυτό σήμαινε πως δεν θα ήμουν πια φοιτήτρια του. Τον ευχαριστώ γιατί διεύρυνε το πνεύμα μου και την αγάπη μου για τον τόπο μου με ένα μοναδικό τρόπο που χωράει και την αγάπη για τον τόπο και τις ιδιαιτερότητες κάθε ανθρώπου.

Ακόμη ευχαριστώ βαθιά την Καρολίνα Μπαρζούκα μέλος της τριμελούς επιτροπής μου και καθηγήτριας μου στην ειδικότητα της πετοσφαίρισης. Την ευχαριστώ για τις πλατιές γνώσεις και την ηθική που μου μετέδωσε στο άθλημα της πετοσφαίρισης. Το άθλημα που αγαπώ, υπηρετώ και έχω την τύχη να βιοπορίζομαι από αυτό. Αισθάνομαι απίστευτα τυχερή που υπήρξα φοιτήριά της και μπόρεσα να εντρυφήσω στις μεθόδους διδασκαλίας της και έτσι να εμπνευστώ με τη σειρά μου να δώσω όλο μου τον εαυτό στην εκμάθηση του αθλήματος στα μικρά παιδιά.

Εκφράζω ακόμη τις ευχαριστίες μου στον υπέροχο άνθρωπο Κώστα Καρτερολιώτη, επίσης μέλος της τριμελούς επιτροπής μου. Τον ευχαριστώ για τη στήριξή του που ξεκίνησε από τα προπτυχιακά ακόμη χρόνια μου και συνεχίστηκε καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών. Ήταν χαρά και τιμή μου να συνεργάζομαι μαζί του.

Δεν θα μπορούσα να παραλείψω τον άνθρωπο που υπήρξε, έμπνευση, κίνητρο αλλά και "φόβητρο" σχεδόν για όλους τους μεταπτυχιακούς φοιτητές. Ο Νίκος Γελαδάς και ο μύθος που τον συνοδεύει έκαναν το πρόγραμμα σπουδών του μεταπτυχιακού, κάτι εξόχως συναρπαστικό. Ταυτόχρονα η απλότητα και η ειλικρινής αγάπη του για όλους τους φοιτητές και το πάντα εύστοχο και καυστικό χιούμορ του είναι στοιχεία που θα με συνοδεύουν πάντα.

Φυσικά χωρίς τις δοκιμαζόμενες και κυρίως φίλες και συναθλήτριες που ιδρώσαν, κοπίασαν και στερήθηκαν για τις μετρήσεις τίποτα δεν θα ήταν εφικτό. Τις ευχαριστώ ειλικρινά μία προς μία. Επίσης ευχαριστώ πολύ τη διδακτορική φοιτήτρια Ευγενία Χερουβείμ για τη βοήθειά της επί όλων των πρακτικών ζητημάτων χρήσης των μηχανημάτων του εργαστηρίου Εργοφυσιολογίας και όχι μόνον.

Για τις αγωνίες, ανησυχίες, απελπισίες, απογοητεύσεις και τους εκνευρισμούς που μοιραστήκαμε αλλά πάνω από όλα για τα γέλια, τη χαρά, τις πλάκες, τα αστεία, τη συμπαράσταση, το κουράγιο και τα αμέτρητα χαμόγελα που είναι χαραγμένα στο μυαλό μου, θέλω να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου. Τη Λάουρα, το Χρύσανθο, το Σάκη και τον Πάνο. Άπειρες φορές έχω αναλογιστεί πως θα ήταν να μην σας έχω δίπλα μου και πάντα καταλήγω πως είστε ο λόγος που θα το ξανάκανα όλο απ' την αρχή. Να είστε όλοι καλά και πραγματικά ευτυχισμένοι.

Εδώ είναι το σημείο για μένα που τα μάτια βουρκώνουν. Για τους δυο ανθρώπους που δεν έχω πια κοντά μου. Για τον παππού μου το Νίκο Καλουδιώτη, τον αγωνιστή, που μόλις έχασα και τη λατρεμένη μου γιαγιά Νίκη Δημητρέλη, τη δασκάλα, που έχασα πέρυσι. Στους δυο τους χρωστάω όλες μου τις σπουδές. Χάρη στη βοήθεια τους τα κατάφερα. Χρωστάω τις αξέχαστες αναμνήσεις από μικρό παιδί μέχρι φοιτήτρια μεταπτυχιακού και εργαζόμενη. Γενικώς τους χρωστάω γιατί οι δυο τους ήξεραν μόνο να δίνουν. Ελπίζω να προσέφερα κι εγώ κάτι. Ορίστε λοιπόν το περιβόητο "δεύτερο χαρτί". Συγγνώμη που δεν σας πρόλαβα. Δεν σας ξεχνώ ποτέ.

Όσο αφορά τους γονείς μου θέλω πρώτα να ευχαριστήσω την τύχη που με έκανε δικό τους παιδί. Μακάρι όλοι να έχουν αγαπηθεί και υποστηριχτεί τόσο πολύ από τους γονείς τους όσο εγώ. Ό,τι καλό έχω το χρωστάω σε εκείνους. Ό,τι κακό έχω το πολεμάω μαζί τους. Στη μαμά μου, τον άνθρωπο που με καταλαβαίνει όσο κανένας άλλος και στον πατέρα μου που είναι πάντα το πρότυπό μου ένα τεράστιο ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω το δικό μου άνθρωπο τον Ανδρέα Γεωργακόπουλο. Είναι πάντα δίπλα μου στα καλά αλλά και στα πιο δύσκολα εδώ και χρόνια. Ήταν δίπλα μου και σε όλες μου τις σπουδές και σε εκείνον οφείλω την επιτυχία των πειραμάτων του μεταπτυχιακού. Τον ευχαριστώ για την έμπρακτη βοήθεια, την κατανόηση και τη στήριξη. Εύχομαι όλα του τα όνειρα να πραγματοποιηθούν, ακόμα και τα πιο τρελά που είναι και μπόλικά!

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ως μετασκησιακή υπόταση ορίζεται η πτώση των τιμών αρτηριακής πίεσης (BP), σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας και συνήθως παρατηρείται μετά από συνεχή άσκηση υπομέγιστης έντασης και παρατεταμένης διάρκειας (Kenney & Seals, 1993). Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολύ λίγες άμεσες συγκρίσεις τιμών μετασκησιακής αρτηριακής πίεσης μεταξύ διαλειμματικής και συνεχούς άσκησης. Η διαλειμματική άσκηση θεωρείται ιδιαίτερα ευεργετική για την υγεία και είναι πολύ διαδεδομένη από άποψη μαζικής συμμετοχής, με δημοφιλή ομαδικά αθλήματα, όπως η πετοσφαίριση, να χαρακτηρίζονται από εναλλασσόμενες περιόδους έργου και διαλείμματος (Jones et al., 2009). Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί εάν η πετοσφαίριση, ως μορφή διαλειμματικής άσκησης, μπορεί να προκαλέσει το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης. Για το λόγο αυτό έγινε σύγκριση τιμών αρτηριακής πίεσης που καταγράφηκαν κατά την αποκατάσταση μετά από προσομοιωμένη προπόνηση πετοσφαίρισης (ΠΠ) με εκείνες που παρατηρήθηκαν μετά από ένα πρωτόκολλο συνεχούς άσκησης στο κυκλοεργόμετρο (ΣΠ).

Στην έρευνα συμμετείχαν 10 αθλήτριες πετοσφαίρισης (ηλικίας 17-30 ετών και προπονητικής ηλικίας > 5 ετών), μέλη αγωνιστικών τμημάτων αθλητικών σωματείων πετοσφαίρισης, με φυσιολογική BP ηρεμίας [συστολική (SBP) <120mmHg και διαστολική (DBP) <80mmHg] (Whaley et al., 2006). Οι δοκιμαζόμενες εκτέλεσαν, κατά την ίδια φάση του καταμήνιου κύκλου τους με μια μέρα ανάπαυλα, δύο πρωτόκολλα άσκησης: πρώτα, μια προσομοιωμένη προπόνηση πετοσφαίρισης συνολικής διάρκειας 1 ώρας (καθαρού ενεργού χρόνου 30 λεπτών) κατά την οποία γινόταν συνεχής καταγραφή της

καρδιακής συχνότητας (HR) με τηλεμετρική συσκευή Polar, και τη δεύτερη φορά, συνεχή ποδηλάτηση για 30 λεπτά σε ένταση που αντιστοιχούσε στο μέσο όρο της HR της ΠΠ. Κατά την ηρεμία (επί 30 λεπτά) και την αποκατάσταση (επί 60 λεπτά) γινόταν συνεχής μέτρηση της BP και άλλων καρδιαγγειακών παραμέτρων [HR, καρδιακής παροχής (CO), όγκου παλμού (SV), συνολικής περιφερικής αντίστασης (TPR)] μέσω της φωτοπληθυσμογραφικής συσκευής Finometer.

Κατά τη διάρκεια της ΠΠ η HR αντιστοιχούσε κατά μέσο όρο στο 80% της HR_{max} . Μετά την άσκηση παρουσιάστηκε πτώση στις τιμές (μέσος όρος $\pm$ SE) της SBP σε σχέση με την ηρεμία και στα δύο πρωτόκολλα άσκησης, όμως κατά το πρώτο 5λεπτο της αποκατάστασης, η μείωση ήταν στατιστικά σημαντικότερη μετά την ΠΠ (-16 ± 4 mmHg) σε σύγκριση με την ΣΠ (-8 ± 4 mmHg) ($p<0,01$). Οι τιμές παρέμειναν μειωμένες για ~15 λεπτά παρουσιάζοντας κλινικά (≥ 5 mmHg), αλλά όχι στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την ηρεμία. Η DBP παρέμεινε αμετάβλητη καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης μετά τη ΣΠ, ενώ μετά την ΠΠ, από το 10ο έως το 60ό λεπτό παρουσίασε υψηλότερες τιμές σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας ($p<0,01$) και του πρωτοκόλλου ΣΠ ($p<0,01$). Η CO στα πρώτα 5 λεπτά της αποκατάστασης ήταν υψηλότερη ($p<0,01$) μετά από τη ΣΠ απ' ότι μετά από την ΠΠ, ενώ στη συνέχεια της αποκατάστασης δεν παρουσίασε διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων και παρέμεινε κοντά στις τιμές της ηρεμίας. Η TPR παρουσίασε μια πτώση όμοια και στα δύο πρωτόκολλα μετασκησιακά, της τάξης του 7%, η οποία ωστόσο δεν ήταν στατιστικά σημαντική και στη συνέχεια επέστρεψε στις τιμές ηρεμίας. Οι τιμές

του όγκου παλμού (SV) ήταν μειωμένες και στα δύο πρωτόκολλα μετά την άσκηση, όμως η πτώση ήταν μεγαλύτερη μετά την ΠΠ σε σύγκριση με τη ΣΠ ($p<0,01$) και διήρκησε περισσότερο χρονικά. Μετά την ΠΠ, η HR παρέμεινε σε υψηλότερες τιμές ($p<0,01$) από τις τιμές ηρεμίας και τις αντίστοιχες τιμές της ΣΠ καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δείχνουν πως νεαρές αθλήτριες της πετοσφαίρισης εμφανίζουν μεγαλύτερη σε μέγεθος και διάρκεια πτώση της SBP στα πρώτα λεπτά της αποκατάστασης μετά από μια προσομοιωμένη προπό-

νηση πετοσφαίρισης, σε σύγκριση με ίδιας έντασης και ενεργού χρόνου συνεχή ποδηλάτηση. Η αυξημένη DBP που σημειώθηκε μετέπειτα κατά την αποκατάσταση, καθώς και η σταθερά υψηλότερη καρδιακή συχνότητα, κατάδεικνύουν πως η ΠΠ ως ερέθισμα προκαλεί εντονότερη δραστηριοποίηση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος, καθώς αυτός ο τύπος άσκησης απαιτεί τη συμμετοχή μεγαλύτερης μυϊκής μάζας και περισσότερων κινητικών μονάδων, ενώ εμπλέκει και περισσότερο τις μυϊκές ίνες ταχείας συστολής.

ABSTRACT

Postexercise hypotension (PEH) is defined as a reduction in systolic (SBP) and/or diastolic blood pressure (DBP) below control levels and is usually observed after a single bout of continuous exercise of submaximal intensity and prolonged duration (Kenney & Seals, 1993). There have been very few direct comparisons made between continuous and intermittent exercise protocols in the BP-related literature. Interval exercise is considered to be highly beneficial to health and is more common from a mass participation perspective, with many popular team sports, like volleyball being characterized by alternative periods of exercise and rest (Jones et al., 2009). The aim of the present study is to investigate whether volleyball as a type of interval exercise causes PEH. For this reason, we compared the values of arterial pressure measured during recovery after simulated volleyball training (VT) with those measured after a protocol of continuous exercise on a cycle ergometer (CC).

For the purposes of the research, ten female volleyball players (17-30 years old, training age > 5 years), all active members of sport clubs of the 2nd Greek national volley league participated in the study. All participants were normotensive (SBP < 120mmHg and DBP < 80mmHg) and, in the same phase of their menstrual cycle, they performed two exercise protocols: first, a one-hour simulated volleyball training (30 min of active time) during which heart rate (HR) was continuously monitored with a Polar device and, on a separate day, a protocol of continuous cycling for 30 min at the same intensity as the VT (calculated as the mean HR of the entire VT). Baseline and postexercise values of BP and other cardiovascular parameters [HR, cardiac

output (CO), stroke volume (SV), total peripheral resistance (TPR)] were monitored continuously via the noninvasive device Finometer, for 30 minutes before and for 60 minutes after the exercise protocols, while the participants remained calm in a supine position.

It was found that during VT mean HR reached 80% of HR_{max}. After both exercise protocols SBP was significantly lower (mean±SE) compared to baseline values, but the drop was significantly larger during the 5 first minutes of recovery following VT (-16±4mmHg) than after CC (-8±4mmHg) ($p<0.01$). The values remained lower for another 10 minutes showing clinical (> 5mmHg) but not statistically significant difference compared to baseline values. After CC, DBP remained unchanged for the whole 60-minute recovery period. In the same period, after VT, DBP remained unchanged for 10 minutes and, afterwards, it was significantly elevated compared to rest ($p<0.01$) and CC ($p<0.01$). CO was significantly higher during the first 5 minutes of recovery after the CC compared to VT ($p<0.05$). For the rest of the recovery period CO values didn't differ from baseline values or between protocols. TPR declined about 7% from baseline values at the initial part of recovery after both exercise protocols, but the difference was not statistically significant and then returned to baseline values in a similar way for both protocols. SV values were lower during recovery compared to pre-exercise. The decrease was more profound and prolonged after VT compared to CC ($p<0.01$). For the entire 60-minute period of recovery HR values were significantly higher ($p<0.01$) compared to baseline and CC. The results of the

present study suggest that PEH, as expressed from the drop in SBP, is more profound among young volleyball players after a single bout of volleyball training, compared to equal time and intensity continuous exercise. The steadily elevated values of DBP and HR

throughout the 60-minute recovery period after VT suggest that volleyball triggers further the activation of the sympathetic nervous system, as this type of exercise involves the participation of more muscle mass, motor units and fast twitch fibers.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΕΞΕΤΑΣΗΣ	iii
ΕΚΦΡΑΣΗ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΩΝ	iv
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vi
ABSTRACT.....	viii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xiv
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	xv
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Σημασία της έρευνας	3
1.2. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος	4
1.3. Διατύπωση ερευνητικών υποθέσεων	4
1.4. Μεταβλητές.....	4
1.4.1. Ανεξάρτητες μεταβλητές	4
1.4.2. Εξαρτημένες μεταβλητές	4
1.5. Οριοθετήσεις και περιορισμοί	4
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	6
2.1. Μηχανισμοί μετασκησιακής υπότασης	6
2.1.1. Αναχαίτιση συμπαθητικού συστήματος	6
2.1.2. Μετασκησιακή επαναρρύθμιση των τασεοαντακλαστικών	6
2.1.3. Εξασθενημένη μεταγωγή	8
2.1.4. Μετασκησιακή αγγειοδιαστολή.....	8
2.1.4.1. Μηχανισμοί μετασκησιακής υπεραιμίας	8
2.1.4.2. Μηχανισμοί διατηρούμενης μετασκησιακής αγγειοδιαστολής	8
2.1.4.2.1. Μηχανισμοί ενεργοποίησης ισταμίνης μετασκησιακά.....	10
2.1.5. Αιμοδυναμικές αλλαγές κατά τη μετασκησιακή υπόταση	11
2.1.5.1. Παλαιότερη θεώρηση	11
2.1.5.2. Ολοκληρωμένο μοντέλο	13
2.1.5.3. Πρόσθετα δεδομένα από διαφορετικούς πληθυσμούς.....	14
2.1.5.4. Αγγειακές αποκρίσεις πέραν του εργαζόμενου μυός.....	14
2.1.5.5. Διερεύνηση για πιθανά οφέλη	15
2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη μετασκησιακή υπόταση	15
2.2.1. Ζέστη και κατάσταση υγρών	15
2.2.2. Ημερήσια διακύμανση	16

2.2.3. Θέση σώματος κατά την αποκατάσταση	17
2.2.4. Προπονητική κατάσταση	18
2.2.5. Φύλο και καταμήνιος κύκλος	18
2.2.6. Ένταση άσκησης.....	19
2.2.7. Διάρκεια άσκησης.....	19
2.2.8. Τύπος άσκησης	19
2.2.9. Μέτρηση αρτηριακής πίεσης	21
2.2.9.1. Μέθοδος Modelflow και καρδιακή παροχή.....	22
2.3. Το άθλημα της πετοσφαίρισης.....	23
2.3.1. Ενεργειακές απαιτήσεις, χρονικές παράμετροι και καρδιαγγειακή απόκριση	23
2.3.2. Προπόνηση πετοσφαίρισης.....	26
2.3.3. Ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά του αθλήματος.....	26
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	28
3.1. Δοκιμαζόμενες	28
3.2. Προκαταρκτικές μετρήσεις.....	28
3.2.1. Προσδιορισμός σωματικής σύστασης	28
3.2.2. Προσδιορισμός μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\dot{V}O_{2max}$).....	29
3.3. Πρωτόκολλο	29
3.3.1. Πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης (προπόνηση πετοσφαίρισης)	30
3.3.2. Πρωτόκολλο συνεχούς άσκησης (κυκλοεργόμετρο).....	32
3.4. Όργανα, μετρήσεις και υπολογισμοί.....	32
3.5. Στατιστική ανάλυση.....	34
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	36
4.1. Χαρακτηριστικά δείγματος	36
4.2. Ηρεμία.....	37
4.2.1. Καρδιαγγειακές παράμετροι	37
4.2.1.1. Αρτηριακή πίεση (Μέση (MAP), Συστολική (SBP), Διαστολική (DBP)).....	37
4.2.1.2. Καρδιακή παροχή (CO), καρδιακή συχνότητα (HR), όγκος παλμού (SV).....	37
4.2.1.3. Συνολική περιφερική αντίσταση (TPR).....	38
4.2.2. Αιματολογικές παράμετροι.....	38
4.2.2.1. Αιμοσφαιρίνη (Hb) και αιματοκρίτης (Hct)	38
4.2.2.2. Όγκος αίματος πλάσματος και ερυθρών κυττάρων (BV, PV, CV)	38
4.2.3. Σωματικό βάρος ηρεμίας (BW)	38

4.3. Άσκηση	38
4.3.1. Καρδιακή συχνότητα (HR)	38
4.3.2. Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης	39
4.4. Αποκατάσταση.....	39
4.4.1. Καρδιαγγειακές παράμετροι	39
4.4.1.1. Μέση αρτηριακή πίεση (MAP).....	39
4.4.1.2. Συστολική αρτηριακή πίεση (SBP)	41
4.4.1.3. Διαστολική αρτηριακή πίεση (DBP)	43
4.4.1.4. Καρδιακή παροχή (CO)	44
4.4.1.5. Όγκος παλμού (SV)	45
4.4.1.6. Καρδιακή συχνότητα (HR)	47
4.4.1.7. Συνολική περιφερική αντίσταση (TPR).....	49
4.4.2. Αιματολογικές παράμετροι.....	50
4.4.2.1. Αιμοσφαιρίνη (Hb) και αιματοκρίτης (Hct)	50
4.4.2.2. Όγκος αίματος πλάσματος και ερυθρών κυττάρων (BV, PV, CV)	50
4.4.3. Σωματικό βάρος αποκατάστασης	51
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	52
5.1. Μετασκησιακή απόκριση στη συστολική, διαστολική και μέση αρτηριακή πίεση	52
5.2. Μετασκησιακή απόκριση σε καρδιακή παροχή, καρδιακή συχνότητα και όγκο παλμού	57
5.3. Θερμορυθμιστικές παράμετροι και μετασκησιακή υπόταση	59
5.4. Συμπεράσματα	60
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	61
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	67
7.1. Έντυπα	68
7.1.1. Έντυπο ενημέρωσης και συγκατάθεσης δοκιμαζόμενης	68
7.1.2. Ερωτηματολόγιο κατάστασης υγείας δοκιμαζόμενης	71
7.1.3. Πρωτόκολλα συλλογής δεδομένων	75

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1. Σχηματική επεξήγηση των αλλαγών στο νευρικό έλεγχο της κυκλοφορίας που σχετίζονται με τη μετασκησιακή υπόταση	6
Σχήμα 2.2. Οδοί της επαναρύθμισης των τασεοαντακλαστικών κατά τη μετασκησιακή υπόταση	8
Σχήμα 2.3. Σχηματική επεξήγηση των αιμοδυναμικών αλλαγών κατά τη μετασκησιακή υπόταση σε σύγκριση με την ηρεμία.....	12
Σχήμα 2.4. Ολοκληρωμένο μοντέλο αιμοδυναμικών αποκρίσεων μετά την άσκηση.....	13
Σχήμα 2.5. Λειτουργία κυλινδρικού θαλάμου.....	21
Σχήμα 3.1. Ρουτίνα που εκτέλεσαν οι δοκιμαζόμενες στο κύριο μέρος του πρωτοκόλλου προπόνησης πετοσφαίρισης, στο κλειστό γυμναστήριο.....	31
Σχήμα 4.3.1. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της καρδιακής συχνότητας προθέρμανσης και άσκησης του διαλειμματικού (ΠΠ) και του συνεχούς (ΣΠ) πρωτοκόλλου άσκησης.....	39
Σχήμα 4.4.1. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της μέσης αρτηριακής πίεσης στην ηρεμία (Η) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης	40
Σχήμα 4.4.2. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της διαφοράς της μέσης αρτηριακής πίεσης από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης	40
Σχήμα 4.4.3. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της συστολικής αρτηριακής πίεσης στην ηρεμία (Η) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης	42
Σχήμα 4.4.4. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της διαφοράς της συστολικής αρτηριακής πίεσης από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης.....	42
Σχήμα 4.4.5. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της διαστολικής αρτηριακής πίεσης στην ηρεμία (Η) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης	43
Σχήμα 4.4.6. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της διαφοράς της διαστολικής αρτηριακής πίεσης από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης.....	44
Σχήμα 4.4.7. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της καρδιακής παροχής στην ηρεμία (Η) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης.....	45

Σχήμα 4.4.8. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της διαφοράς της καρδιακής παροχής από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης	45
Σχήμα 4.4.9. Μέση τιμή ($\pm$ SE) του όγκου παλμού στην ηρεμία (Η) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης.....	46
Σχήμα 4.4.10. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της διαφοράς του όγκου παλμού από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης	47
Σχήμα 4.4.11. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της καρδιακής συχνότητας στην ηρεμία (Η) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης	48
Σχήμα 4.4.12. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της μεταβολής της καρδιακής συχνότητας από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης	48
Σχήμα 4.4.13. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της συνολικής περιφερικής αντίστασης στην ηρεμία (Η) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης	49
Σχήμα 4.4.14. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της μεταβολής της συνολικής περιφερικής αντίστασης από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης.....	50

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1.1. Ατομικές τιμές των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των δοκιμαζομένων κατά την πρώτη επίσκεψη στο εργαστήριο καθώς και μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του δείγματος.....	36
Πίνακας 4.1.2. Ατομικές τιμές των δεδομένων της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\dot{V} O_{2max}$) καθώς και μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του δείγματος.....	37

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

A.A.M.I.: Association for the Advancement of Medical Instrumentation

ATP: τριφωσφορική αδενοσίνη

ATP-CP: τριφωσφορική αδενοσίνη-φωσφοκρεατίνη (φωσφορογόνο σύστημα ενέργειας)

BV: όγκος αίματος

CO: καρδιακή παροχή

CO₂: διοξείδιο του άνθρακα

CV: όγκος ερυθρών κυττάρων

DBP: διαστολική αρτηριακή πίεση

H⁺: ιόντα υδρογόνου

Hb: αιμοσφαιρίνη

Hct: αιματοκρίτης

HR: καρδιακή συχνότητα

HR_{max}: μέγιστη καρδιακή συχνότητα

HRreserve: καρδιακό απόθεμα (HR_{max}- HR_{rest})

HRrest: καρδιακή συχνότητα ηρεμίας

K⁺: ιόντα καλίου

LVET: χρόνος εξώθησης αριστερής κοιλίας

MAP: μέση αρτηριακή πίεση

NO: μονοξείδιο του αζώτου

O₂: οξυγόνο

PV: όγκος πλάσματος

SBP: συστολική αρτηριακή πίεση

SE: τυπικό σφάλμα

TPR: συνολική περιφερική αντίσταση

$\dot{V} E$: πνευμονικός αερισμός

$\dot{V} O_{2max}$: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου

ΠΠ: προπόνηση πετοσφαίρισης

ΣΠ: συνεχής ποδηλάτηση

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αποκατάσταση μετά την άσκηση σχετίζεται με σημαντικές καρδιαγγειακές προσαρμογές. Έρευνες έχουν δείξει πως, κάτω από ορισμένες συνθήκες, μία μόνο συνεδρία άσκησης μπορεί να προκαλέσει επίμονη πτώση της αρτηριακής πίεσης που διαρκεί περίπου 2 ώρες σε υγιείς νορμοτασικούς ανθρώπους (μείωση 5 έως 10 mmHg) και πάνω από 12 ώρες σε υπερτασικούς (μείωση έως 20 mmHg) (Halliwill, 2001; Kenney & Seals, 1993; MacDonald, 2002). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται μετασκησιακή υπόταση και ορίζεται ως η πτώση της αρτηριακής πίεσης (συστολικής, διαστολικής και μέσης), σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, μετά την πραγματοποίηση άσκησης υπομέγιστης έντασης και παρατεταμένης διάρκειας (συνήθως 30-60 λεπτών στο 50-70% της $\dot{V} O_{2peak}$) (Kenney & Seals, 1993).

Αρκετοί μηχανισμοί ευθύνονται για τη μετασκησιακή υπόταση, η οποία αποδίδεται κυρίως στη διατηρούμενη περιφερική αγγειοδιαστολή κατά την αποκατάσταση μετά την άσκηση. Η απενεργοποίηση της μυϊκής αντλίας κατά την παθητική αποκατάσταση θεωρείται ότι προωθεί τη λίμναση του φλεβικού αίματος και συνεπώς μειώνει την κεντρική φλεβική πίεση και το καρδιακό προφορτίο, προκαλώντας αποφόρτιση των καρδιοπνευμονικών τασεοαισθητήρων (Halliwill, 2001). Επιπλέον, τα τασεοαντανακλαστικά επαναρυθμίζονται για να υποστηρίξουν μια χαμηλότερη αρτηριακή πίεση μετά την άσκηση και κατά συνέπεια η συμπαθητική εκροή για αγγειοσυστολή μειώνεται (Halliwill et al., 1996). Νεότερες έρευνες δείχνουν πως οι μυϊκές προσαγωγές ίνες πιθανότατα κατέχουν κυρίαρχο ρόλο στη μετασκησιακή επαναρύθμιση των

τασεοαντανακλαστικών μέσω διακριτών τροποποιήσεων των υποδοχέων μέσα στον πυρήνα της μονήρους δεσμίδας του στελέχους του εγκεφάλου (Chen & Bonham, 2010). Επιπλέον, η αγγειακή απόκριση στην συμπαθητική εκροή για αγγειοσυστολή είναι μειωμένη με αποτέλεσμα η αγγειακή αντίσταση να είναι μικρότερη για ένα δοσμένο επίπεδο συμπαθητικού νευρικού ερεθίσματος (Halliwill et al., 1996; Halliwill et al., 2003). Άλλοι μηχανισμοί που συμβάλλουν στη μετασκησιακή υπεραιμία συμπεριλαμβάνουν μια επίμονη αγγειοδιαστολή εξαιτίας της ενεργοποίησης των H_1 και H_2 υποδοχέων της ισταμίνης (Halliwill et al., 2013; Lockwood et al., 2005; McCord et al., 2006; McCord & Halliwill., 2006). Οι μηχανισμοί αυτοί δεν δρουν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον αλλά συνδυαστικά. Η αγγειοδιαστολή που διέπει την μετασκησιακή υπόταση δεν περιορίζεται μόνο στους μυς που εργάστηκαν κατά την άσκηση που προηγήθηκε, αλλά περιλαμβάνει επίσης ανενεργές μυϊκές περιοχές, όπως τα χέρια, όπου και εκεί οι αγγειακές αντιστάσεις μειώνονται παράλληλα με τη συστηματική αγγειακή αντίσταση (Senitko et al., 2002).

Οι Halliwill et al. (2013) αναφέρουν πως η μετασκησιακή υπόταση, μέσω της διατηρούμενης μετασκησιακής αγγειοδιαστολής, ενδέχεται να παίζει ρόλο στη ρύθμιση του μυϊκού μεταβολισμού, στην πρόσληψη γλυκόζης από τον μυ και στην ασκησιογενή αγγειογένεση (ενεργοποίηση των H_1 και H_2 υποδοχέων της ισταμίνης). Αν τα παραπάνω πράγματι επαληθευτούν και σε περεταίρω έρευνες, μπορεί να αποδειχθούν σημαντικά για την κατανόηση της απόκρισης στην άσκηση και την προπόνηση πολλών ατόμων και

ειδικών πληθυσμών, όπως αθλητές, υπέρτασικοί και διαβητικοί.

Η μετασκησιακή υπόταση σε υγιείς νορμοτασικούς ανθρώπους που είναι φυσικά δραστήριοι ή ακολουθούν καθιστικό τρόπο ζωής οφείλεται σε επίμονη διατήρηση αυξημένης περιφερικής αγγειακής αγωγιμότητας, η οποία δεν καταφέρνει να αντισταθμιστεί από αυξημένες (σε σχέση με την ηρεμία) τιμές καρδιακής παροχής (Halliwill, 2001). Εντούτοις, άνδρες που είναι προπονημένοι στην αντοχή φαίνεται πως αποτελούν εξαίρεση καθώς η συστηματική περιφερική τους αγωγιμότητα παραμένει αμετάβλητη ή μειώνεται σε σύγκριση με την ηρεμία και η καρδιακή παροχή μειώνεται κατά την αποκατάσταση μετά από άσκηση (Dujic et al., 2006; Lynn et al., 2009; Senitko et al., 2002). Διαφορές στη συσταλτικότητα του μυοκαρδίου ή/και στην κεντρική φλεβική πίεση που σχετίζονται με απώλειες όγκου πλάσματος λόγω εφίδρωσης, καθώς και θερμικοί παράγοντες, έχουν προταθεί ως πιθανές συνιστώσες που προωθούν αυτή τη μετασκησιακή μείωση στην καρδιακή παροχή (Lynn et al., 2009).

Το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης εμφανίζεται ως απόκριση μετά από αερόβια άσκηση αλλά και άσκηση αντιστάσεων (MacDonald, 2002), ενώ το μέγεθος και η διάρκεια του φαινομένου μεγαλώνουν μετά από άσκηση αυξημένης έντασης (Forjaz et al., 2004) και διάρκειας (MacDonald, 2002). Η αερόβια άσκηση μπορεί να είναι συνεχής ή και διαλειμματική (ορίζεται ως άσκηση που επιτρέπει περιόδους ανάπαυλας). Ωστόσο, δεν υπάρχουν πολλά δεδομένα που να αφορούν σε διαλειμματικού τύπου άσκηση. Συγκεκριμένα, έχουν διεξαχθεί λίγες έρευνες οι οποίες συνέκριναν τη μετασκησιακή υπόταση σε διαλειμματικού και συνεχούς τύπου αερόβια άσκηση, γεγονός που προκαλεί έκπληξη

αν αναλογιστούμε πως η διαλειμματική άσκηση είναι πιο κοινή από άποψη μαζικής συμμετοχής, με πολλά ομαδικά αθλήματα (π.χ. ποδόσφαιρο, βόλεϊ) και συνεδρίες άσκησης αντιστάσεων (γυμναστήριο), να χαρακτηρίζονται από εναλλασσόμενες περιόδους έργου και διαλείμματος (Jones et al., 2009). Από τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα ως προς την επίδραση της διαλειμματικής άσκησης στη μετασκησιακή αρτηριακή πίεση συγκριτικά με ένα πρωτόκολλο συνεχούς άσκησης, καθώς οι μεθοδολογίες και οι τύποι διαλειμματικής άσκησης που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζουν τεράστιες αποκλίσεις μεταξύ τους. Η έρευνα των Jones et al. (2009) περιελάμβανε νορμοτασικούς δοκιμαζόμενους και το διαλειμματικό πρωτόκολλο περιείχε τρία 10λεπτα ποδηλάτησης με μεσοδιαστήματα ανάπαυλας διάρκειας επίσης 10 λεπτών. Το συνεχές πρωτόκολλο περιελάμβανε 30 λεπτά ποδηλάτησης, ενώ η ένταση και για τις δύο συνθήκες ορίστηκε στο 70% της $\dot{V}O_{2peak}$. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η διαλειμματική άσκηση προκαλεί μεγαλύτερη μετασκησιακή υπόταση σε σύγκριση με το πρωτόκολλο συνεχούς άσκησης και ίσου έργου. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Park et al. (2006) όταν συνέκριναν 4 x 10 λεπτά βάρδιας σε διάδρομο στο 50% της $\dot{V}O_{2max}$ με ενδιάμεσα διαλείμματα 50 λεπτών με 40 λεπτά συνεχούς βάρδιας χωρίς διαλείμματα. Εντούτοις, σε άλλες έρευνες με άμεση σύγκριση συνεχούς (21 λεπτά στο 60% της $\dot{V}O_{2max}$) και διαλειμματικής (5 x 2:2 λεπτά στο 85% και στο 40% της $\dot{V}O_{2max}$ με ενεργή αποκατάσταση ενδιάμεσα) άσκησης αναφέρεται όμοια πτώση της αρτηριακής πίεσης μετασκησιακά μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων (Lacombe et al., 2011). Σε όμοιο συμπέρασμα κατέληξαν οι Rossow et al. (2010) όταν

συνέκριναν συνεχή άσκηση (60 λεπτά συνεχούς ποδηλάτησης στο 60% του $HR_{reserve}$) και διαλειμματική (4 x 30 δευτερόλεπτα ποδηλάτησης στη μέγιστη ταχύτητα με ενεργητική ανάπαυλα 4,5 λεπτά ανάμεσα στις προσπάθειες).

Χαρακτηριστικού τύπου διαλειμματική άσκηση αποτελούν όπως αναφέρθηκε νωρίτερα διάφορες αθλοπαιδιές όπως το ποδόσφαιρο, το μπάσκετ και το βόλεϊ (πετοσφαίριση). Η πετοσφαίριση ως ένα από τα πιο αγαπητά αθλήματα και των δύο φύλων, αλλά ιδιαίτερα του γυναικείου, έχει ως κύριο γνώρισμα τις περιόδους έργου υψηλής έντασης για τη διεκδίκηση κάθε πόντου και τις περιόδους ανάπαυλας που δίνουν τη δυνατότητα αποκατάστασης ανάμεσα στους πόντους. Επίσης, τα ιδιαίτερα τεχνικά στοιχεία του αθλήματος και η παρεμβολή του φιλέ ανάμεσα στις αντίπαλες ομάδες αναγκάζουν τους αθλητές να βιώνουν πολλές διαδοχικές αλλαγές στη θέση του σώματος, από μέγιστα άλματα μέχρι πτώσεις με ανατροπή του σώματος και γρήγορες αλλαγές κατεύθυνσης. Οι γυναίκες έχει φανεί ότι είναι λιγότερο ανθεκτικές στις προκλήσεις της ορθόστασης απ' ό,τι οι άντρες (Convertino, 1998) και, επομένως, είναι πιθανό να δοκιμάζεται η ικανότητα διατήρησης της ομοιόστασης της αρτηριακής τους πίεσης κατά τη διεξαγωγή αγώνων ή και προπονήσεων πετοσφαίρισης.

Παρόλο που σχετικά δεδομένα δεν υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία, από τα παραπάνω είναι λογικό να υποθέσουμε πως μια συνεδρία πετοσφαίρισης, υποκαθιστώντας ένα γενικού τύπου διαλειμματικό πρωτόκολλο άσκησης, είναι σε θέση να προκαλέσει ίση ή και μεγαλύτερη μετασκησιακή υπόταση σε αθλήτριες πετοσφαίρισης (μέτρια αερόβια προπονημένος πληθυσμός) σε σύγκριση

με ένα πρωτόκολλο συνεχούς άσκησης ίσου χρόνου και έντασης.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθεί το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης μετά από μια προσομοιωμένη προπόνηση πετοσφαίρισης. Για το λόγο αυτό γίνεται σύγκριση των τιμών της αρτηριακής πίεσης που καταγράφονται κατά την αποκατάσταση μετά από προπόνηση πετοσφαίρισης με εκείνες που παρατηρούνται μετά από ένα ίσου χρόνου και έντασης πρωτόκολλο συνεχούς άσκησης στο κυκλοεργόμετρο.

1.1. Σημασία της έρευνας

Το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης έχει απασχολήσει αρκετά τους ερευνητές τα τελευταία χρόνια. Η εκδήλωση του φαινομένου έχει μελετηθεί σε ειδικούς πληθυσμούς, όπως νορμοτασικούς και υπερτασικούς, καθώς και σε άτομα διαφορετικού φύλου. Επίσης, έχει μελετηθεί μετά από άσκηση αντιστάσεων και αερόβια άσκηση, αλλά κυρίως έπειτα από συνεχή πρωτόκολλα. Η εμφάνιση του φαινομένου έχει ελάχιστα ερευνηθεί μετά από διαλειμματικού τύπου αερόβια άσκηση. Διαδεδομένες μορφές αερόβιας διαλειμματικής άσκησης αποτελούν οι αθλοπαιδιές και ειδικότερα η πετοσφαίριση που είναι εξαιρετικά δημοφιλής τόσο στο αντρικό όσο και στο γυναικείο κοινό.

Επίσης, υπάρχει γενικότερη έλλειψη στη βιβλιογραφία σχετικά με το προφίλ καρδιαγγειακής απόκρισης κατά την αποκατάσταση έπειτα από διαλειμματικού τύπου άσκηση. Πιο συγκεκριμένα, συνήθως δίνονται τιμές που αφορούν μόνο την αρτηριακή πίεση και την καρδιακή συχνότητα μετά από διαλειμματική άσκηση, οι περισσότερες μετρήσεις δε, έχουν πραγματοποιηθεί σε άνδρες και δη αγύμναστους.

Με το σκεπτικό αυτό η παρούσα μελέτη επιχειρεί να καλύψει το υπάρχον βιβλιογραφικό κενό. Τα αποτελέσματα της έρευνας συνεισφέρουν στον εμπλουτισμό των δεδομένων σχετικά με τη μετασκησιακή απόκριση, αλλά και τη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης με αυτή τη μορφή άσκησης.

1.2. Ορισμός και διατύπωση του ερευνητικού προβλήματος

Στην έρευνα αυτή επιχειρείται να μελετηθεί εάν εμφανίζεται και σε ποιο βαθμό το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης μετά από μια μορφή διαλειμματικής άσκησης, η οποία εκτελείται κατά κόρον από αθλητές και αθλήτριες της πετοσφαίρισης, αλλά και από ερασιτέχνες του αθλήματος. Παράλληλα, συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούν τη γενικότερη καρδιαγγειακή απόκριση μετά από μια προσομοιωμένη τυπική προπόνηση πετοσφαίρισης και τα οποία απουσιάζουν από τη βιβλιογραφία.

1.3. Διατύπωση ερευνητικών υποθέσεων

Μετά την προσομοιωμένη προπόνηση πετοσφαίρισης, λόγω του διαλειμματικού της χαρακτήρα, οι δοκιμαζόμενες αναμένεται να παρουσιάσουν σε σύγκριση με το συνεχές πρωτόκολλο άσκησης:

- ίση ή μεγαλύτερη πτώση της αρτηριακής πίεσης (συστολικής, διαστολικής και μέσης)
- χαμηλότερες τιμές καρδιακής συχνότητας και καρδιακής παροχής λόγω εντονότερης παρασυμπαθητικής δράσης

1.4. Μεταβλητές

1.4.1. Ανεξάρτητες μεταβλητές

Ανεξάρτητη μεταβλητή της παρούσας έρευνας αποτελεί το πρωτόκολλο άσκησης, το οποίο είναι δύο τύπων:

α) πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης (1 ώρα προπόνησης πετοσφαίρισης-ενεργός χρόνος 30 λεπτά)

β) πρωτόκολλο συνεχούς άσκησης (ποδηλάτηση για 30 λεπτά στην ίδια ένταση με την προπόνηση πετοσφαίρισης).

1.4.2. Εξαρτημένες μεταβλητές

Οι κύριες εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας είναι οι παράμετροι που περιγράφουν την απόκριση του καρδιαγγειακού συστήματος στη φάση της αποκατάστασης:

- αρτηριακή πίεση (συστολική, διαστολική και μέση)
- συνολική περιφερική αντίσταση
- καρδιακή παροχή
- όγκος παλμού
- καρδιακή συχνότητα

Δευτερεύουσες εξαρτημένες μεταβλητές αποτελούν:

- η συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης
- η συγκέντρωση αιματοκρίτη
- οι αλλαγές στον όγκο αίματος
- οι αλλαγές στον όγκο πλάσματος

1.5. Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Στις οριοθετήσεις περιλαμβάνεται η επιλογή του δείγματος, αφού η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιείται σε πληθυσμό αθλητριών πετοσφαίρισης νεαρής ηλικίας. Επίσης, η χρήση προσομοιωμένης μορφής προπόνησης πετοσφαίρισης και όχι κανονική προπόνηση ή αγώνας. Περιορισμό της έρευνας αποτελεί η απώλεια δεδομένων στα πρώτα λεπτά της αποκατάστασης, μετά τη λήξη των πρωτοκόλλων άσκησης και μέχρις ότου η φωτοπληθυσμογραφική συσκευή Finometer να πραγματοποιήσει την εξατομικευμένη βαθμονόμηση για κάθε δοκιμαζόμενη (διάρκειας περίπου 3 λεπτών) και να αρχίσει η καταγραφή

αξιόπιστων τιμών. Επιπλέον, η διεξαγωγή των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε μεν εντός των εγκαταστάσεων της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (Σ.Ε.Φ.Α.Α.), αλλά σε διαφορετικούς

χώρους ανάμεσα στις δύο συνθήκες (πρωτόκολλα άσκησης): η συνεχής ποδηλάτηση έλαβε χώρα στο εργαστήριο εργοφυσιολογίας, ενώ η προπόνηση πετοσφαίρισης στο κλειστό γυμναστήριο.

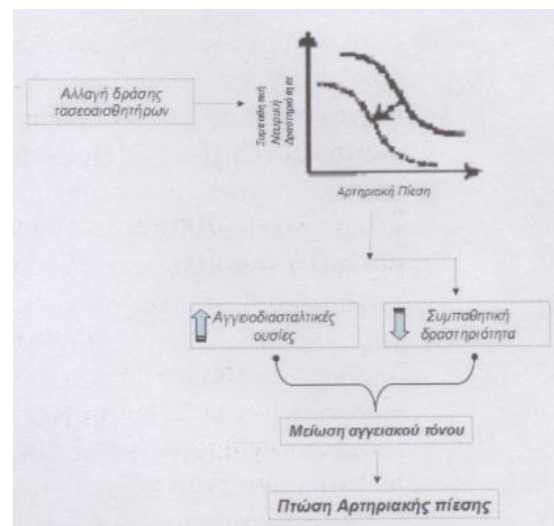
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Μηχανισμοί της μετασκησιακής υπότασης

2.1.1. Αναχαίτιση συμπαθητικού συστήματος

Αρκετές έρευνες αναφέρουν πως το μέγεθος της δραστηριότητας των συμπαθητικών νευρικών ινών που ελέγχουν την αγγειοσυστολή στα πόδια αναχαιτίζεται κατά την μετασκησιακή υπόταση στους ανθρώπους (Halliwill, 2001; Halliwill et al., 1996; Hara & Floras, 1992; Kenney & Seals, 1993). Σε συνθήκες ηρεμίας, η μυϊκή συμπαθητική νευρική δραστηριότητα βρίσκεται υπό τον ισχυρό έλεγχο των αντανακλαστικών των αρτηριακών και καρδιοπνευμονικών τασεοαισθητήρων. Κατά την άσκηση, το τασεοαντανακλαστικό επαναρυθμίζεται σε υψηλότερο σημείο λειτουργίας, με αποτέλεσμα η συμπαθητική δραστηριότητα να αυξάνεται. Μετά το πέρας της άσκησης, αυτά τα αντανακλαστικά επαναρυθμίζονται σε χαμηλότερο σημείο λειτουργίας, τέτοιο ώστε η εκροή της συμπαθητικής δραστηριότητας που προκύπτει από το κεντρικό νευρικό σύστημα να παρουσιάζεται χαμηλότερη σε σύγκριση με τα επίπεδα ηρεμίας (Σχήμα 2.1) (DiCarlo et al., 1994; Halliwill, 2001; Halliwill et al., 1996). Στη βιβλιογραφία μελετήθηκε η περίπτωση η προαναφερθείσα αναχαίτιση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος να οφείλεται σε ενεργοποίηση ενδογενών οπιοειδών από το κεντρικό νευρικό σύστημα. Η συγκεκριμένη αντίληψη υπήρξε αρκετά δημοφιλής, εντούτοις πειραματικά δεν φάνηκε να επαληθεύεται, καθώς ο αποκλεισμός των αισθητήρων οπιοειδών με τη χορήγηση ναλοξόνης δεν άλλαξε τη συμπαθητική νευρική δραστηριότητα και δεν εμπόδισε την εμφάνιση μετασκησιακής υπότασης (Hara & Floras, 1992). Ενδείξεις περί της χημικής σύνδεσης μεταξύ ενδορφι-

νών (οπιοειδή) και σεροτονεργικού συστήματος οδήγησαν σε μελέτες σχετικά με τη συνδυαστική τους δράση στην εκροή του συμπαθητικού συστήματος. Μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ανθρώπους αύξησε τα κεντρικά επίπεδα σεροτονίνης προχωρώντας σε αναχαίτιση της επαναπρόσληψης σεροτονίνης μέσω ειδικού παράγοντα και κατέληξε πως δεν υπάρχουν διαφορές στο μέγεθος της υπότασης που ακολούθησε μετά την άσκηση σε σύγκριση με τη συνθήκη ελέγχου (MacDonald, 2002).



Σχήμα 2.1. Σχηματική επεξήγηση των αλλαγών στον νευρικό έλεγχο της κυκλοφορίας που σχετίζονται με τη μετασκησιακή υπόταση (Από Halliwill, 2001).

2.1.2. Μετασκησιακή επαναρύθμιση των τασεοαντανακλαστικών

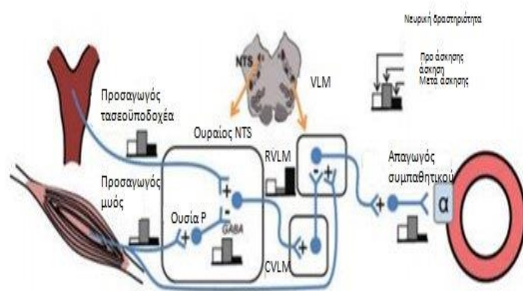
Τα τελευταία χρόνια, μελέτες μπόρεσαν να ρίξουν φως στους κεντρικούς μηχανισμούς με τους οποίους γίνεται η επαναρύθμιση των τασεοαντανακλαστικών κατά την άσκηση αλλά και την παθητική αποκατάσταση, οι οποίοι παρέμεναν επί μακρόν άγνωστοι (Kenney & Seals, 1993). Ο Chen και οι συνεργάτες του (2009) καθώς και ο Potts (2006)

μπόρεσαν να εντοπίσουν τις συγκεκριμένες εγκεφαλικές περιοχές, τις οδούς, τους νευροδιαβιβαστές και τους υποδοχείς που εμπλέκονται στην μετασκησιακή επαναρύθμιση των τασεοαντακλαστικών και της συνεπαγόμενης αναχαίτισης του συμπαθητικού. Το μοντέλο τους εστιάζει στο σήμα από τις μυϊκές προσαγωγές ίνες προς τον εγκέφαλο, το οποίο είχε προταθεί και παλαιότερα, χωρίς όμως να είναι γνωστός ο μηχανισμός με τον οποίο συμβάλλει στην εμφάνιση της μετασκησιακής υπότασης (Kenney & Seals, 1993; MacDonald, 2002). Κατά τη διάρκεια της άσκησης, οι ελαφρώς εμμύελες και αμύελες (ομάδες III και IV) μυϊκές προσαγωγές ίνες ενεργοποιούνται αποκρινόμενες στη μυϊκή συστολή ή διάταση καθώς και στην οξέωση στο περιβάλλον του μυός. Οι εισροές των προσαγωγών αυτών ινών προκαλούν την απελευθέρωση της νευροδιαβιβαστικής ουσίας P (substance P-πολυπεπτίδιο-αλγαισθητικός νευροδιαβιβαστής) στους υποδοχείς νευροκινίνης-1 (neurokinin-1) που βρίσκονται πάνω στους GABAεργικούς διάμεσους νευρώνες στο ουραίο (caudal) τμήμα του πυρήνα της μονήρους δεσμίδας (nucleus tractus solitarius – NTS) του στελέχους του εγκεφάλου (συγκεκριμένα στον προμήκη μυελό). Οι GABAεργικοί διάμεσοι νευρώνες, οι οποίοι φαίνεται να έχουν πρόσθετες τονικές εισροές, απελευθερώνουν GABA (γ-αμινο-βουτυρικό οξύ – νευροδιαβιβαστής) στους GABA_A υποδοχείς της δεύτερης σειράς τασεοευαίσθητων νευρώνων μέσα στον πυρήνα της μονήρους δεσμίδας (NTS). Αυτοί οι δεύτερης σειράς τασεοευαίσθητοι νευρώνες μεταβιβάζουν πληροφορίες από τους προσαγωγούς τασεοαισθητήρες στην ουραία κοιλιοπλάγια μοίρα του προμήκους μυελού (caudal ventrolateral medulla - CVLM). Το GABA μειώνει την ερεθιστικότητα

τους και ως συνέπεια οι συμπαθητικοί νευρώνες στην κεφαλική κοιλιοπλάγια μοίρα του προμήκους μυελού (rostral ventrolateral medulla - RVLM) αναχαιτίζονται λιγότερο (αναστολή στην αναστολή), η πυροδότηση των συμπαθητικών νευρώνων που ελέγχουν την αγγειοσυστολή μεγαλώνει και έτσι παρατηρείται η επαναρύθμιση των τασεοαντακλαστικών σε υψηλότερη πίεση κατά την άσκηση (Chen & Bonham, 2010). Το σχήμα 2.2 δείχνει ένα διάγραμμα αυτών των οδών.

Καθώς η άσκηση συνεχίζεται, οι υποδοχείς νευροκινίνης-1 εσωτερικεύονται στους διανευρώνες GABA (αποτέλεσμα της απελευθέρωσης ουσίας P εξαιτίας της διέγερσης μυϊκών προσαγωγών ινών κατά τη διάρκεια της άσκησης) και έτσι μετά το πέρας της άσκησης οι υποδοχείς αυτοί είναι λιγότερο διαθέσιμοι για δημιουργία δεσμών (Chen et al., 2009). Ως αποτέλεσμα, οι GABAεργικοί διάμεσοι νευρώνες παρουσιάζουν μειωμένη απόκριση σε τονωτικές εισροές και συνεπώς ασκούν μειωμένη αναχαιτιστική επίδραση στους τασεοευαίσθητους νευρώνες δεύτερης σειράς (Chen & Bonham, 2010; Potts, 2006). Όλος ο παραπάνω μηχανισμός έχει ως τελικό αποτέλεσμα τη συνολική μείωση της συμπαθητικής εκροής από την κεφαλική κοιλιοπλάγια μοίρα του προμήκους μυελού (RVLM) μετά την άσκηση. Όταν οι υποδοχείς νευροκινίνης-1 μπλοκάρονται πριν την άσκηση, η μετασκησιακή υπόταση μειώνεται κατά 37% (Chen & Bonham, 2010). Σε συμφωνία με το παραπάνω μοντέλο, ο ανταγωνισμός στους GABA_A υποδοχείς στην κεφαλική κοιλιοπλάγια μοίρα του προμήκους μυελού (RVLM) αποτρέπει τη μετασκησιακή υπόταση (Kajekar et al, 2002). Οι καρδιακές προσαγωγές ίνες ενδέχεται να παίζουν κάποιο ρόλο στην επαναρύθμιση των τασεοαντακλαστικών μετά την άσκηση, πιθανόν με

μηχανισμούς όμοιους με εκείνους των μυϊκών προσαγωγών ή μέσω της διέγερσης των υποδοχέων των οπιοειδών στον πυρήνα της μονήρους δεσμίδας του στελέχους του εγκεφάλου (DiCarlo et al, 1994).



Σχήμα 2.2. Οδοί της επαναρύθμισης των τασεοαντανακλαστικών κατά τη μετασκησιακή υπόταση. NTS: πυρήνας μονήρους δεσμίδας, VLM: κοιλιοπλάγια μοίρα προμήκους μυελού, RVLM: κεφαλική κοιλιοπλάγια μοίρα προμήκους μυελού, CVLM: οπίσθια κοιλιοπλάγια μοίρα προμήκους μυελού, GABA: γ-αμινοβουτυρικό οξύ (νευροδιαβιβαστής) (τροποποιημένο από Halliwill et al, 2013).

2.1.3. Εξασθενημένη μεταγωγή

Παράλληλα με την αναχαίτιση του συμπαθητικού που προκύπτει από την επαναρύθμιση των τασεοαντανακλαστικών, η μετασκησιακή υπόταση σχετίζεται με μια εξασθενημένη μεταγωγή της συμπαθητικής εκροής σε αγγειοσυστολή. Για συγκρίσιμα επίπεδα μυϊκής συμπαθητικής δραστηριότητας, υπάρχει μειωμένη αγγειακή αντίσταση (μειωμένη αγγειοσυστολή) στους προηγούμενως ενεργούς σκελετικούς μύες (Σχήμα 2.1) (Halliwill et al., 1996). Η φύση αυτής της αγγειακής συνιστώσας της μετασκησιακής υπότασης αρχικά παρέμενε άγνωστη και είχε προταθεί πως μπορεί να οφείλεται σε ανταγωνιστικές επιδράσεις στο επίπεδο των λείων αρτηριακών μυϊκών ινών, όπως είναι η απελευθέρωση τοπικών αγγειοδιασταλτικών ουσιών ή η διαφοροποίηση της α-αδρενεργικής οδού (προσυναπτική ή μετασυναπτική αναχαί-

τιση) (Halliwill, 2001). Με νεότερες όμως έρευνες δεν θεωρείται πιθανή η εμπλοκή κάποιου μετασυναπτικού μηχανισμού σ' αυτήν τη μειωμένη ευαισθησία στη συμπαθητική εκροή, καθώς η απόκριση των α_1 και α_2 αδρενεργικών υποδοχέων παρέμεινε αμετάβλητη μετά από άσκηση (Halliwill et al., 2003). Πιθανές εξηγήσεις για την εξασθενημένη μεταγωγή, αποτελούν η προσυναπτική αναχαίτιση της απελευθέρωσης νοραδρεναλίνης ή η αυξημένη επαναπρόσληψη της νοραδρεναλίνης καθώς και η δράση αγγειοδιασταλτικών ουσιών τοπικά (Halliwill et al., 2003; Halliwill et al, 2013).

2.1.4. Μετασκησιακή αγγειοδιαστολή

Κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης μετά από άσκηση δύο αγγειοδιασταλτικά φαινόμενα λαμβάνουν χώρα: α) Άμεση μετασκησιακή υπεραιμία και β) Διατηρούμενη μετασκησιακή αγγειοδιαστολή (Laughlin et al., 2012).

2.1.4.1. Μηχανισμοί μετασκησιακής υπεραιμίας

Η άμεση μετασκησιακή υπεραιμία μπορεί να διαρκέσει από μερικά δευτερόλεπτα ως και 20 λεπτά. Το μέγεθος και η διάρκεια της υπεραιμίας εξαρτώνται από το χρόνο, τον τύπο και την ένταση της άσκησης που προηγήθηκε. Όποια κι αν είναι η αιτία, το μέγεθος και η διάρκεια του φαινομένου δεν εξηγούνται πλήρως από μηχανισμούς που σχετίζονται με την κατανάλωση οξυγόνου μέσα στους προηγούμενως ασκούμενους σκελετικούς μύες. Γύρω από τις αιτίες δεν υπάρχει ομοφωνία μεταξύ των ερευνητών και πιθανολογείται πως είναι πολυπαραγοντικό φαινόμενο (Halliwill et al., 2013).

2.1.4.2. Μηχανισμοί διατηρούμενης μετασκησιακής αγγειοδιαστολής

Σε αντίθεση με τη σύντομη διάρκεια, άμεση μετασκησιακή υπεραιμία, η διατηρούμενη μετασκησιακή αγγειοδιαστολή τυπικά διαρκεί παραπάνω από 2 ώρες ύστερα από μέτριας έντασης αεροβική άσκηση. Κατά το παρελθόν πολλές από τις αγγειοδιασταλτικές ουσίες ή παράγοντες (μονοξειδίο του αζώτου (NO), προσταγλανδίνες, αδενosίνη, ATP, K⁺, H⁺, ωσμωμοριακότητα, $\uparrow$ CO₂, $\downarrow$ O₂, κολπικό νατριουρητικό πεπτίδιο (ANP) και κάποιος άγνωστος αγγειοδιαστολέας) που συμβάλλουν στην αγγειοδιαστολή κατά την άσκηση προτάθηκαν ως ενδεχόμενοι αγγειοδιαστολείς μετά την άσκηση (Halliwill, 2001; Kenney & Seals, 1993; MacDonald, 2002). Οι αγγειοδιαστολείς αυτοί δρουν προσυναπτικά, μετασυναπτικά μέσω τροποποίησης της δράσης των α-αδρενεργικών υποδοχέων ή με άμεση επίδραση στους λείους μύες του ενδοθηλίου των αγγείων (βλέπε και 2.1.3) (Halliwill, 2001). Εκτός από τις αγγειοδιασταλτικές ουσίες, διεξήχθησαν μελέτες που εξέτασαν και την πιθανή μειωμένη συμβολή αγγειοσυσταλτικών παραγόντων (σύστημα ρενίνης – αγγειοτενσίνης, αντιδιουρητική ορμόνη). Οι συγκεντρώσεις δυνητικών αγγειοδιασταλτικών ουσιών όπως η αδενosίνη, το κάλιο και το ANP έχει αναφερθεί πως παρουσιάζονται αυξημένες ή αμετάβλητες κατά τη διάρκεια της εμφάνισης μετασκησιακής υπότασης. Αγγειοσυσταλτικοί παράγοντες, όπως η ρενίνη, η αγγειοτενσίνη II και η αντιδιουρητική ορμόνη, έχουν βρεθεί να είναι αυξημένοι, αμετάβλητοι ή και μειωμένοι (MacDonald, 2002).

Αναλυτικότερα, το μονοξειδίο του αζώτου που είναι γνωστό και ως παράγοντας χαλάρωσης προερχόμενος από το ενδοθήλιο των αιμοφόρων αγγείων στέλνει μήνυμα στους περιβάλλοντες λείους μυς να χαλαρώσουν, οδηγώντας σε αγγειοδιαστολή

και αυξημένη αιματική ροή. Επομένως, ήταν λογικό να πραγματοποιηθεί μελέτη για να προσδιοριστεί η πιθανή συμμετοχή του ως αγγειοδιασταλτική ουσία στη μετασκησιακή υπόταση. Ο ρόλος του ερευνήθηκε από τους Halliwill et al., (2000) μέσω της αναχαίτισης της σύνθεσης συστημικού μονοξειδίου του αζώτου με L-NMMA και προέκυψε πως η αρτηριακή πίεση παραμένει μειωμένη μετασκησιακά σε σύγκριση με την ημέρα ελέγχου (χωρίς αναχαίτιση) ακόμη και μετά την παρεμπόδιση της παραγωγής μονοξειδίου του αζώτου. Βρέθηκε πως το μονοξειδίο του αζώτου συνεισφέρει ελάχιστα στον έλεγχο του αγγειακού τόνου κατά την αποκατάσταση. Επομένως, δεν φαίνεται η μετασκησιακή υπόταση να εξαρτάται από την αυξημένη παραγωγή μονοξειδίου του αζώτου στους ανθρώπους (Halliwill et al., 2000), αν και δεν αποκλείεται να παίζει ρόλο στην τροποποίηση της α-αδρενεργικής απόκρισης μετά την άσκηση καθώς κάτι τέτοιο δεν μελετήθηκε (Halliwill, 2001). Οι προσταγλανδίνες που επίσης απελευθερώνονται κατά την άσκηση με αγγειοδιασταλτικές ιδιότητες είχαν προταθεί ως πιθανές συνιστώσες της μετασκησιακής αγγειοδιαστολής (MacDonald, 2002). Εντούτοις, στην έρευνα των Lockwood et al. (2005a) όπου μελετήθηκε αυτή η πιθανότητα, οι ερευνητές συμπέραναν πως η μετασκησιακή υπόταση δεν εξηγείται από την περιφερική αγγειοδιαστολή που εξαρτάται από τις προσταγλανδίνες. Γίνεται, λοιπόν, φανερό πως κάποιοι από τους προαναφερθέντες παράγοντες που αρχικά προτάθηκαν και μελετήθηκαν στη βιβλιογραφία, ίσως συνεισφέρουν ελάχιστα στην αγγειοδιαστολή μετά την άσκηση, όμως θεωρήθηκε απίθανο μετά τα αποτελέσματα των ερευνών, να ευθύνονται

αυτοί καθ' εαυτοί για την μετασκησιακή υπόταση (MacDonald, 2002).

Πρόσφατες έρευνες από τον Halliwill και τους συνεργάτες του δείχνουν πως η διατηρούμενη αγγειοδιαστολή μετά την άσκηση εξαρτάται από την ενεργοποίηση των H_1 και H_2 υποδοχέων της ισταμίνης. Ο συνδυαστικός ανταγωνισμός των υποδοχέων H_1 και H_2 μειώνει τη μετασκησιακή αγγειοδιαστολή κατά περίπου 80% και τη μετασκησιακή υπόταση κατά περίπου 65% έπειτα από 60 λεπτά ποδηλάτησης μέτριας έντασης τόσο σε αγύμναστους δοκιμαζόμενους όσο και σε προπονημένους αθλητές αντοχής (Lockwood et al., 2005b; McCord & Halliwill, 2006; McCord et al., 2006). Επίσης, μετά από 60 λεπτά μέτριας έντασης δυναμικής μονοποδικής έκτασης γόνατος, τόσο η διατηρούμενη μετασκησιακή αγγειοδιαστολή όσο και η μετασκησιακή υπόταση καταργούνται με τη χορήγηση ανασταλτικών ουσιών (φεξοφενανιδίνη και ρανιτιδίνη) που μπλοκάρουν τους H_1 και H_2 υποδοχείς ισταμίνης (Barrett-O' Keefe et al., 2013). Είναι πολύ πιθανό, επομένως, σύμφωνα με τους ερευνητές, η υπόλοιπη αγγειοδιαστολή μετά την ποδηλάτηση (το μερίδιο που είναι ανεξάρτητο από την ισταμίνη και το οποίο κατά την έκταση γόνατος απουσίαζε) να σχετίζεται με ισχυρότερη επαναρύθμιση των τασεοαντανακλαστικών και αναχαίτιση συμπαθητικού. Προκύπτει ως υπόθεση πως η επαναρύθμιση των τασεοαντανακλαστικών είναι ανάλογη της μυϊκής μάζας που εμπλέκεται στην άσκηση και επομένως ισχυρότερη μετά την ποδηλάτηση σε σύγκριση με την έκταση γόνατος (Barrett-O' Keefe et al., 2013). Στην ίδια όμως έρευνα και αντίθετα με τα παραπάνω αποτελέσματα, άσκηση αντιστάσεων με εμπλοκή παρόμοιας μυϊκής μάζας (μονοποδική έκταση γόνατος) δεν κατάφερε να δημιουργήσει διατηρούμενη μετασκησιακή αγγειο-

διαστολή. Τα δεδομένα αυτά δηλώνουν πως οι υποδοχείς ισταμίνης ενεργοποιούνται έπειτα από δυναμική άσκηση αλλά όχι άσκηση αντιστάσεων (Barrett-O' Keefe et al., 2013).

2.1.4.2.1. Μηχανισμοί ενεργοποίησης ισταμίνης μετασκησιακά

Η ισταμίνη είναι αναγνωρισμένη για την ισχυρή αγγειοδιασταλτική επίδραση, αλλά είναι εξαιρετικά δύσκολο να μετρηθεί όταν απελευθερώνεται ή παράγεται τοπικά, καθώς μεταβολίζεται γρήγορα ή αφομοιώνεται από τα βασεόφιλα της αιματικής κυκλοφορίας (Halliwill et al., 2013). Έρευνες που έδειξαν άμεση παρεμπόδιση αγγειοδιαστολής από ανταγωνιστές των υποδοχέων ισταμίνης δεν έδειξαν αλλαγές στην ισταμίνη ούτε πλάσματος ούτε και πλήρους αίματος κατά την αποκατάσταση (Lockwood et al., 2005b; McCord & Halliwill, 2006; McCord et al., 2006). Αυτό υποδηλώνει πως η ισταμίνη απελευθερώνεται τοπικά πριν επιτευχθεί σημαντική διάχυση στην κυκλοφορία. Η παρατήρηση αυτή ενισχύεται από πρόσφατη έρευνα που αποδεικνύει πως η ισταμινεργική αγγειοδιαστολή μετά την άσκηση περιορίζεται στο πρώην εργαζόμενο πόδι, όταν η άσκηση πραγματοποιείται μονοποδικά (Barrett-O' Keefe et al., 2013).

Αρκετοί πιθανοί μηχανισμοί ενδέχεται να αυξάνουν την ισταμίνη ενδομυϊκά κατά την αποκατάσταση μετά από άσκηση. Μαστοκύτταρα (mast cells) που βρίσκονται εσωτερικά του στρώματος συνδετικού ιστού που περιβάλλει τα μυϊκά δεμάτια καθώς και εκείνα που βρίσκονται κοντά σε αιμοφόρα αγγεία μπορεί να αποκοκκιοποιούνται, απελευθερώνοντας τοπικά ισταμίνη. Την αποκοκκιοποίηση των μαστοκυττάρων μπορεί να προωθήσουν παράγοντες τόσο εξαρτημένοι όσο και ανεξάρτητοι από την παρουσία αντι-

γόνου. Εντούτοις, η αποκοκκιοποίηση των μαστοκυττάρων ως απόκριση στην άσκηση είναι πιθανότερο να οφείλεται σε μηχανισμούς που είναι ανεξάρτητοι από την παρουσία αντιγόνου. Παράγοντες που έχουν συνδεθεί με την άσκηση και έχουν συσχετιστεί με την αποκοκκιοποίηση των μαστοκυττάρων σε άλλες συνθήκες είναι οι κυτταροκίνες (και πιθανά και οι μυοκίνες), οι αυξήσεις στη θερμοκρασία και οι δονήσεις. Εναλλακτικά, η ισταμίνη μπορεί να δημιουργηθεί απ' αρχής, χωρίς επακόλουθη αποθήκευση στα μαστοκύτταρα, μέσω της αποκαρβοξυλίωσης της ιστιδίνης. Επίσης, το αυξημένο στρες διάτμησης (shear stress) προωθεί το σχηματισμό της ισταμίνης σε μεγάλα αγγεία όπως η αορτή. Μελλοντικές έρευνες χρειάζονται για να καθορίσουν τη διαδοχή των γεγονότων που οδηγούν στην ενεργοποίηση των υποδοχέων ισταμίνης μετασκησιακά (Halliwill et al., 2013).

2.1.5. Αιμοδυναμικές αλλαγές κατά τη μετασκησιακή υπόταση

Η πλειοψηφία των ερευνών αναφέρουν αυξημένη καρδιακή παροχή παράλληλα με την μετασκησιακή υπόταση. Το 2001 ο Halliwill απεικόνισε σχηματικά τις αιμοδυναμικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα κατά τη μετασκησιακή υπόταση σε σύγκριση με την ηρεμία συμπεριλαμβάνοντας τα μέχρι τότε ερευνητικά δεδομένα (Εικόνα 2.3).

2.1.5.1. Παλαιότερη θεώρηση

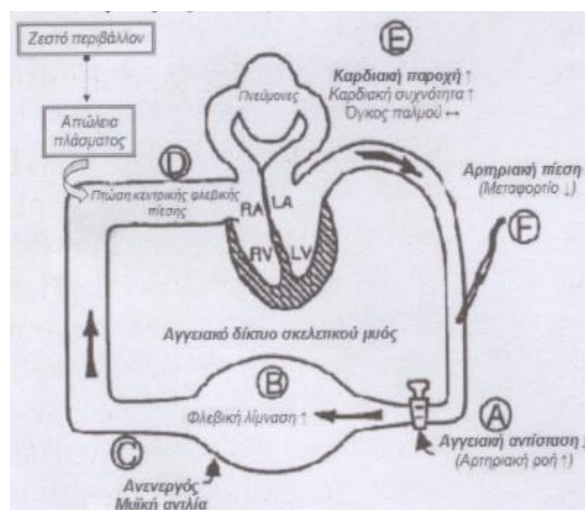
Η αρτηριακή πίεση (ΑΠ) είναι συνάρτηση του γινομένου της καρδιακής παροχής (ΚΠ) και της συνολικής περιφερικής αντίστασης (ΣΠΑ) των αγγείων ($ΑΠ = ΚΠ * ΣΠΑ$). Μειώσεις στην αρτηριακή πίεση που παρατηρούνται μετά την άσκηση μπορούν να προκύψουν ως αποτέλεσμα της μείωσης της ΚΠ, της ΣΠΑ ή και των δύο

(Kenney & Seals, 1993). Με τη λήξη της άσκησης, η καρδιακή παροχή μειώνεται, σε σχέση με τις υψηλές τιμές που είχαν επιτευχθεί κατά την άσκηση, ταχύτερα απ' ό,τι ανακάμπτει η συστηματική αγγειακή αντίσταση. Αυτή η ανισορροπία ανάμεσα στις δύο συνιστώσες της αρτηριακής πίεσης έχει ως αποτέλεσμα μια υπόταση που διατηρείται για ώρες τόσο σε υγιή άτομα όσο και σε υπερτασικούς ασθενείς (Halliwill, 2001). Σε νεαρούς υγιείς και νορμοτασικούς δοκιμαζόμενους, δυναμική άσκηση μέτριας έντασης για 30- 60 λεπτά προκαλεί μετασκησιακή πτώση της αρτηριακής πίεσης της τάξης των 5-10 mm Hg σε ύπτια θέση που διαρκεί περίπου 2 ώρες. Σε υπερτασικούς ασθενείς το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης είναι εντονότερο αγγίζοντας μειώσεις της αρτηριακής πίεσης της τάξης των 20 mm Hg που διαρκούν ακόμα και πάνω από 12 ώρες (Kenney & Seals 1993; Halliwill, 2001; MacDonald, 2002).

Σύμφωνα με τον Halliwill (2001), είναι συνολικά αποδεκτό πως στο γενικό πληθυσμό, η μετασκησιακή υπόταση χαρακτηρίζεται από μια επίμονη διατήρηση αυξημένης συστηματικής αγγειακής αγωγιμότητας (μείωση συνολικής περιφερικής αντίστασης) η οποία δεν αντισταθμίζεται πλήρως από την αυξημένη καρδιακή παροχή. Σε απλουστευμένο επίπεδο, η αιμοδυναμική κατάσταση της μετασκησιακής υπότασης μπορεί να χαρακτηριστεί ως η μετάβαση ανάμεσα στη δυναμική άσκηση και την ηρεμία. Με το σταμάτημα της άσκησης, η μείωση της καρδιακής παροχής είναι πιο γρήγορη από την αποκατάσταση των τιμών της συστηματικής αγγειακής αντίστασης και αυτή η ανισορροπία μεταξύ των δύο συνιστωσών της αρτηριακής πίεσης οδηγεί σε υπόταση που διατηρείται για ώρες.

Αξίζει να σημειωθεί πως η αγγειοδιαστολή δεν περιορίζεται μόνο στις περιοχές των προηγούμενων ενεργών σκελετικών μυών (π.χ. πόδια), αλλά, αντιθέτως, περιλαμβάνει και ανενεργές περιοχές (π.χ. χέρια (Halliwill, 2001; Kenney & Seals 1993). Η αυξημένη αιματική ροή στις περιοχές με αγγειοδιαστολή συμβάλλει στην άνοδο της φλεβικής λίμνασης του αίματος. Κατά τη διάρκεια της άσκησης, οι σκελετικοί μύες συστέλλονται ρυθμικά στο πόδι, μειώνοντας το μέγεθος της φλεβικής λίμνασης μέσω της πίεσης που ασκούν στις φλέβες, με αποτέλεσμα να αντλούν αίμα πίσω στην καρδιά. Κατά τη διάρκεια της παθητικής

αποκατάστασης, όμως, η μυϊκή αντλία είναι απύσχα με αποτέλεσμα περισσότερο αίμα να λιμνάζει στις φλέβες. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την απώλεια όγκου πλάσματος λόγω της εφίδρωσης κατά την άσκηση, οδηγεί σε μείωση της κεντρικής φλεβικής πίεσης (κατά ~ 2 mm Hg ύπτια) και της πίεσης πλήρωσης του μυοκαρδίου (προφορτίο) (Halliwill et al., 2000). Παρ' όλη την μείωση του προφορτίου όμως, ο όγκος παλμού διατηρείται εξ αιτίας της μείωσης του μεταφορτίου και της αυξημένης συσταλτικότητας του μυοκαρδίου (Σχήμα 2.3) (Halliwill et al., 1996; Halliwill et al., 2000).



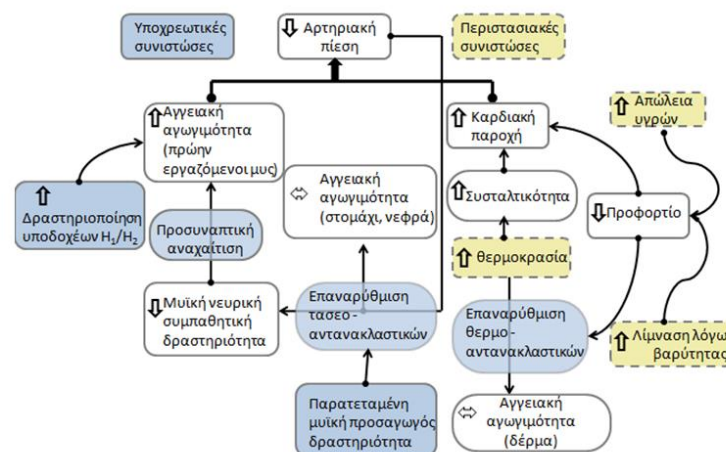
Σχήμα 2.3. Σχηματική επεξήγηση των αιμοδυναμικών αλλαγών κατά τη μετασκησιακή υπόταση σε σύγκριση με την ηρεμία, σύμφωνα με την παλαιότερη θεώρηση (LA: αριστερός κόλπος, LV: αριστερή κοιλία, RA: δεξιός κόλπος, RV: δεξιά κοιλία) (Τροποποιημένο από Halliwill, 2001).

2.1.5.2. Ολοκληρωμένο μοντέλο

Το αιμοδυναμικό μοτίβο που εύκολα παρατηρείται μετά την άσκηση (π.χ. μειωμένη αρτηριακή πίεση, αυξημένη καρδιακή συχνότητα) είναι μέρος ενός μεγαλύτερου προτύπου αιμοδυναμικών αποκρίσεων και υποκείμενων μηχανισμών. Για την κατανόηση και ενοποίηση όλων των παραμέτρων που εμπλέκονται στην εμφάνιση της μετασκησιακής υπότασης προτάθηκε πρόσφατα ένα νέο μοντέλο από τους Halliwill et al., (2013). Η ερευνητική αυτή ομάδα ξεχώρισε μέσα από τη βιβλιογραφία μηχανισμούς που είναι υποχρεωτικοί (και επομένως πάντα τμήμα του μοντέλου) και μηχανισμούς που είναι περιστασιακοί και διαφοροποιούνται από μελέτη σε μελέτη. Πιο συγκεκριμένα, η παρατεταμένη δραστηριοποίηση των μυϊκών προσαγωγών ινών και η επακόλουθη επαναρύθμιση των τασεο-αντανακλαστικών, η επαναρύθμιση των θερμοαντανακλαστικών, η προσυναπτική αναχαίτιση

ή αναχαίτιση των συμπαθητικών αγγειοσυσταλτικών νευρών και η ενεργοποίηση των H_1 και H_2 υποδοχέων της ισταμίνης στον προηγούμενος ασκούμενο μυ, φαίνονται να είναι όλες υποχρεωτικές συνιστώσες του ενοποιημένου μοντέλου. Από αυτούς τους παράγοντες, η ισταμινεργική αγγειοδιαστολή μπορεί να είναι ο σημαντικότερος συντελεστής της πτώσης της αρτηριακής πίεσης σε νορμοτασικό, φυσικά δραστήριο πληθυσμό, καθώς η παρεμπόδιση των υποδοχέων ισταμίνης και όχι η αφαίρεση της συμπαθητικής συνιστώσας, μειώνει τη μετασκησιακή υπόταση.

Στις περιστασιακές συνιστώσες του ολοκληρωμένου μοντέλου που προτείνεται, περιλαμβάνεται η κατάσταση των υγρών του ατόμου, η θερμική ισορροπία με το περιβάλλον και η παρουσία ή απουσία στρες λόγω βαρύτητας (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4. Ολοκληρωμένο μοντέλο αιμοδυναμικών αποκρίσεων μετά την άσκηση, σύμφωνα με νεότερη θεώρηση. Το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης προκύπτει από την ενσωμάτωση μιας ποικιλίας υποχρεωτικών και περιστασιακών συνιστωσών. Στις υποχρεωτικές συνιστώσες περιλαμβάνονται οι ακόλουθες: 1) διατηρούμενη ισταμινεργική αγγειοδιαστολή στα αγγεία των πρώην εργαζόμενων μυών, 2) επαναρύθμιση των τασεοαντανακλαστικών (γενικά προκαλεί αναχαίτιση των συμπαθητικών νευρών των μυϊκών αγγείων), 3) προσυναπτική αναχαίτιση της απελευθέρωσης νοραδρεναλίνης από τα συμπαθητικά νεύρα στους μύς, 4) επαναρύθμιση των θερμοαντανακλαστικών. Αυτές οι αλλαγές εκδηλώνονται ως αύξηση στην αγγειακή αγωγιμότητα του πρώην εργαζόμενου μυός, αναχαίτιση της συμπαθητικής αγγειοσυσταλτικής νευρικής δραστηριότητας στα μυϊκά αγγεία και ως μικρή ή καθόλου αλλαγή στη δερματική αγγειακή αγωγιμότητα παρά τις υψηλότερες θερμοκρασίες πυρήνα. Στις περιστασιακές συνιστώσες περιλαμβάνονται η επίδραση της σημαντικής ή όχι απώλειας υγρών, η λίμναση αίματος λόγω βαρύτητας και η υπερθερμία. Αυτές οι συνιστώσες μπορούν να επιδράσουν σημαντικά στο βαθμό αύξησης της καρδιακής παροχής (τροποποιημένο από Halliwill, 2013).

2.1.5.3. Πρόσθετα δεδομένα από διαφορετικούς πληθυσμούς

Αρχικά παρουσιάστηκε μια εξαίρεση στη γενική αντίληψη πως η μετασκησιακή υπόταση προκύπτει από τη μείωση της συστηματικής περιφεριακής αντίστασης και όχι από τη μείωση στην καρδιακή παροχή. Ο Halliwill (2001) αναφέρει πως σε ηλικιωμένους (> 60 ετών) υπερτασικούς δοκιμαζόμενους τα αιμοδυναμικά χαρακτηριστικά αποκλίνουν από αυτά των υπόλοιπων πληθυσμιακών ομάδων. Σε αυτούς τους δοκιμαζόμενους η μετασκησιακή υπόταση προήλθε από μειωμένη καρδιακή παροχή, ενώ η συστηματική αγγειακή αντίσταση ήταν αυξημένη. Η διαφορετική αυτή συμπεριφορά των καρδιαγγειακών παραμέτρων αποδόθηκε στο μειωμένο όγκο παλμού εξαιτίας, είτε της μειωμένης φλεβικής επαναφοράς, είτε της μειωμένης συσταλτικότητας του μυοκαρδίου λόγω ηλικίας.

Ωστόσο, κάτι αντίστοιχο παρατηρήθηκε αργότερα και σε άλλους πληθυσμούς. Πρώτα οι Senitko et al., (2002) βρήκαν πως η καρδιακή παροχή μετά την άσκηση ήταν μειωμένη, ενώ η συστηματική αγγειακή αγωγιμότητα παρέμεινε αμετάβλητη, σε αερόβια προπονημένους άνδρες μετά από ποδηλάτηση στο 60% της $\dot{V} O_{2peak}$. Στην ίδια έρευνα εξετάστηκαν και γυναίκες αερόβια προπονημένες καθώς και αγύμναστοι δοκιμαζόμενοι και των δύο φύλων. Στις υπόλοιπες τρεις ομάδες δοκιμαζομένων οι αιμοδυναμικές αποκρίσεις μετά την άσκηση ακολούθησαν το μοντέλο του Halliwill όπως το είχε προτείνει το 2001. Τα αποτελέσματα της έρευνας των Senitko et al., (2002) όσο αφορά άνδρες αερόβια προπονημένους, επιβεβαίωσαν κατόπιν και άλλες δύο έρευνες (Dujic et al., 2006; Lynn et al. 2009). Παρόλο που σε αυτές τις έρευνες η καρδιακή παροχή παρουσιάστηκε

μειωμένη, η καρδιακή συχνότητα παρουσιάζεται συστηματικά αυξημένη, και οι Halliwill et al. (2013) αποδίδουν αυτήν την απόκριση στις πιθανά υψηλότερες θερμοκρασίες πυρήνα σώματος που επηρεάζουν το βηματοδότη του φλεβόκομβου.

Ο όγκος παλμού γενικά διατηρείται επαρκώς παρά τις μειώσεις στην κεντρική φλεβική πίεση (Halliwill et al., 2000). Ο όγκος παλμού φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος τόσο στη θερμοκρασία πυρήνα όσο και στην κατάσταση των υγρών, αλλά φαίνεται να ενισχύεται από αυξημένη συσταλτικότητα μυοκαρδίου άγνωστης προέλευσης (Halliwill et al., 2013). Και σ' αυτήν την παράμετρο οι προπονημένοι στην αντοχή άνδρες έχουν διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με το γενικό πληθυσμό παρουσιάζοντας μειωμένο όγκο παλμού μετά την άσκηση (Senitko et al., 2002; Dujic et al., 2006; Lynn et al., 2009). Φαίνεται πως η μεγαλύτερη συσσώρευση θερμότητας που παρατηρείται σε λιγότερο γυμνασμένους άνδρες οδηγεί σε αυξημένη συσταλτικότητα του μυοκαρδίου, η οποία απουσιάζει σε καλά προπονημένους άνδρες και η απουσία αυτής της επίδρασης οδηγεί στην αξιοσημείωτη πτώση του όγκου παλμού των προπονημένων στην αντοχή ανδρών μετά από άσκηση (Lynn et al., 2009).

2.1.5.4. Αγγειακές αποκρίσεις πέραν του εργαζόμενου μυός

Νέοι και υγιείς άνθρωποι που ασκήθηκαν σε θερμοουδέτερες συνθήκες δεν παρουσίασαν κατά την αποκατάσταση αλλαγές στην αγωγιμότητα της σπλαχνικής και νεφρικής αγγείωσης σε σύγκριση με τα επίπεδα ηρεμίας πριν την άσκηση. Το εύρημα αυτό έρχεται σε αντίθεση με τη γνωστή αγγειοσυστολή που λαμβάνει χώρα στα συγκεκριμένα αγγειακά υποστρώματα ως απόκριση στην υπόταση γενικά και ερμηνεύεται

ως μια απεικόνιση της κεντρικής εντολής για επαναρύθμιση των αρτηριακών τασεοαντανακλαστικών. Επομένως, τα συγκεκριμένα αγγειακά υποστρώματα δεν συμβάλλουν άμεσα στη μετασκησιακή υπόταση αλλά λόγω της απουσίας αγγειοσυστολής δεν είναι και σε θέση να την εξασθενήσουν (Pricher et al., 2004). Παρομοίως, σε θερμοουδέτερες συνθήκες, η δερματική αγγειακή αγωγιμότητα επιστρέφει γρήγορα στα επίπεδα που βρισκόταν πριν την άσκηση, παρά την άνοδο της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος (Wilkins et al., 2004). Η συγκεκριμένη απόκριση φαίνεται να είναι έκφραση της επαναρύθμισης των θερμοαντανακλαστικών, η οποία επιτρέπει στη θερμοκρασία πυρήνα να παραμένει υψηλή κατά την αποκατάσταση από την άσκηση με επιδράσεις στην καρδιακή συχνότητα, συσταλτικότητα και παροχή (Halliwill et al., 2013).

Η αιματική ροή σε ορισμένες εγκεφαλικές περιοχές (νήσος του Reil) μειώνεται μετά την άσκηση. Κατά συνέπεια, η εγκεφαλική αιματική ροή δεν παίζει ρόλο στην αύξηση της συστημικής αγωγιμότητας που ευθύνεται για τη μετασκησιακή υπόταση. Τελικά, φαίνεται πως η μετασκησιακή υπόταση οφείλεται κυρίως στην αγγειοδιαστολή των πρώην εργαζόμενων σκελετικών μυών (Wilkins et al., 2004), καθώς ούτε η στεφανιαία κυκλοφορία φαίνεται να συνεισφέρει στην αυξημένη αγγειακή αγωγιμότητα που λαμβάνει χώρα κατά την μετασκησιακή υπόταση (Pricher et al., 2004).

2.1.5.5. Διερεύνηση για πιθανά οφέλη

Αν θεωρήσουμε δεδομένη την άποψη πως η αποκατάσταση αντιπροσωπεύει μια ευάλωτη περίοδο λόγω της πιθανής διακύβευσης της ορθοστατικής ανοχής, θα πρέπει να αναλογιστούμε επίσης και τα πιθανά

οφέλη που ενδέχεται να προκύψουν από τις ίδιες φυσιολογικές προσαρμογές. Οι παρακάτω πληροφορίες προκύπτουν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των Halliwill et al. (2013). Έχει φανεί πως η αιματική ροή κατά την αποκατάσταση από άσκηση υπερβαίνει τις μεταβολικές απαιτήσεις των προηγουμένως εργαζόμενων μυών και δεν εξυπηρετεί απλά τη μεταφορά οξυγόνου. Επίσης, η κατάνάλωση οξυγόνου στο πόδι είναι μειωμένη μετά από αποκλεισμό των υποδοχέων της ισταμίνης το οποίο υποδηλώνει ένα δυνητικό ρόλο της ισταμίνης στη διαμόρφωση του μυϊκού μεταβολισμού μετά την άσκηση. Επιπροσθέτως, έχει προταθεί πως η διατηρούμενη μετασκησιακή αγγειοδιαστολή (που κατά κύριο λόγο αποδίδεται στην ενεργοποίηση των υποδοχέων ισταμίνης) προωθεί την υψηλή διαθεσιμότητα της γλυκόζης στον σκελετικό μυ και επομένως και την πρόσληψή της, το οποίο θα μπορούσε να είναι εξαιρετικά ευεργετικό για υψηλού επιπέδου αθλητές αντοχής ή και ασθενείς με διαβήτη. Ο ρόλος της ενεργοποίησης των υποδοχέων ισταμίνης στην αγγειογένεση σε φλεγμονώδεις και παθολογικές καταστάσεις είναι τεκμηριωμένος στην βιβλιογραφία όμως ο ρόλος της στην ασκησιογενή αγγειογένεση δεν έχει ακόμη καθοριστεί. Φαίνεται λογική επέκταση εξαιτίας της συμβολής της σε άλλα πλαίσια όμως περεταίρω έρευνα είναι απαραίτητο να διεξαχθεί προς αυτή την κατεύθυνση.

2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη μετασκησιακή υπόταση

2.2.1. Ζέστη και κατάσταση υγρών

Άσκηση που πραγματοποιείται σε ζέστη προσθέτει ακόμη ένα επίπεδο πολυπλοκότητας στις φυσιολογικές αποκρίσεις μετά την άσκηση. Μεγαλύτερη θερμική καταπόνηση

οδηγεί και σε μεγαλύτερη απώλεια υγρών και μείωση του καρδιακού προφορτίου (Halliwill et al., 2013). Η αφυδάτωση γενικά στους ανθρώπους έχει αρκετές δυσμενείς επιπτώσεις στην καρδιαγγειακή λειτουργία, συμπεριλαμβανομένης της μειωμένης ορθοστατικής ανοχής και της σχετικής ταχυκαρδίας σε ηρεμία και άσκηση. Αντίστοιχα, βρέθηκε πως ήπια αφυδάτωση που προκαλείται από άσκηση είναι ικανή να προκαλέσει αύξηση στην καρδιακή συχνότητα ηρεμίας και μείωση στην ευαισθησία του τασεοαντανακλαστικού ελέγχου της καρδιακής συχνότητας (Charkoudian et al., 2003). Ωστόσο, οι Lynn et al. (2009) έδειξαν πως η ανεβασμένη καρδιακή συχνότητα μετά από άσκηση στη ζέστη είναι σε θέση να ανεβάσει τη γενικά μειωμένη καρδιακή παροχή προπονημένων στην αντοχή ανδρών τόσο όσο και η αναπλήρωση υγρών στους ίδιους δοκιμαζομένους. Με την αναπλήρωση υγρών η καρδιακή παροχή μετασκησιακά ήταν μεγαλύτερη σε σύγκριση με την συνθήκη όπου δεν έγινε αναπλήρωσή τους. Συνολικά, οι αποκρίσεις που παρατηρήθηκαν είχαν ως αποτέλεσμα η πτώση της αρτηριακής πίεσης μετά την άσκηση να είναι όμοια μεταξύ των τριών συνθηκών που χρησιμοποίησαν οι ερευνητές (α) συνθήκη ελέγχου - άσκηση χωρίς κατανάλωση υγρών, β) συνθήκη υγρών - αναπλήρωση κατά την άσκηση που ισοφαρίζει την απώλεια μέσω ιδρώτα σε θερμοουδέτερο περιβάλλον και γ) άσκηση σε ζέστη χωρίς κατανάλωση υγρών). Τα παραπάνω δεδομένα έρχονται ως διάψευση της υπόθεσης των ίδιων των ερευνητών αλλά και του Halliwill, (2001) κάποια χρόνια πριν, που θεωρούσαν πως η μετασκησιακή

υπόταση θα είναι πιο έκδηλη μετά την άσκηση σε ζεστό περιβάλλον.

Ωστόσο, δεν είναι πλήρως κατανοητό πώς η θερμική καταπόνηση αλληλεπιδρά με τις υποχρεωτικές συνιστώσες της μετασκησιακής υπότασης και με την αγγειοδιαστολή. Φαίνεται όμως πως η αγγειοδιαστολή των σκελετικών μυών μένει σε μεγάλο βαθμό ανεπηρέαστη και πως άλλα αγγειακά υποστρώματα πιθανότατα αγγειοσυστέλλονται για να διατηρήσουν την πίεση όπως εντοπίζεται από τα επανατοποθετημένα τασεοαντανακλαστικά. Στα άτομα που η καρδιακή παροχή δεν είναι ανεβασμένη μετασκησιακά (προπονημένοι στην αντοχή άνδρες) πιθανολογείται πως λαμβάνει χώρα περιφερική αγγειοσυστολή προκειμένου να αποτραπεί πτώση της αρτηριακής πίεσης κάτω από το νέο σημείο ελέγχου (Lynn et al., 2009). Η φλεβική πίεση έχει βρεθεί ότι επηρεάζει τον αρτηριακό τασεοαντανακλαστικό έλεγχο της καρδιάς μέσω της μειωμένης δραστηριοποίησης των καρδιοαναπνευστικών τασεοαισθητήρων. Αξίζει να αναφερθεί πως η ευαισθησία του τασεοαντανακλαστικού ελέγχου της συμπαθητικής εκροής αυξάνεται μετά από άσκηση στη ζέστη, πιθανά λόγω των μεγαλύτερων μειώσεων στην κεντρική φλεβική πίεση (Charkoudian et al., 2003).

2.2.2. Ημερήσια διακύμανση

Στους περισσότερους ανθρώπους η αρτηριακή πίεση ηρεμίας παρουσιάζει κιρκάδια διακύμανση που χαρακτηρίζεται από νυχτερινή πτώση και μια άνοδο κατά τις ώρες μετά το ξύπνημα γνωστή και ως πρωινή ξαφνική υπέρταση. Αυτή η πρωινή υπέρταση έχει εμπλακεί στη διαταραχή των ευαίσθητων πλακών που με τη σειρά τους μπορεί να προκαλέσουν οξύ καρδιακό επεισόδιο. Ο μηχανισμός της πρωινής υπέρτασης μπορεί να οφείλεται σε έναν ενδογενή κιρκάδιο ρυθμό, στα διεγερτικά αποτελέσματα της αφύπνισης ή στην ενεργοποίηση του νευρικού συμπαθητικού

συστήματος και άλλων αιμοδυναμικών προσαρμογών όταν κάποιος σηκώνεται από το κρεβάτι (Jones et al., 2008b).

Πρόσφατα, η κirkάδια διακύμανση στην απόκριση της αρτηριακής πίεσης μετά από συνεχή άσκηση περιγράφηκε σε μια σειρά συναφών ερευνών συμπεριλαμβάνοντας υπερτασικούς και νορμοτασικούς συμμετέχοντες. Το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης απουσιάζει ή ακόμα και αντιστρέφεται όταν η άσκηση πραγματοποιείται τις πρώτες πρωινές ώρες (4:00 – 8:00 π.μ.) (Jones et al., 2006; Jones et al., 2008a). Αυτή η ασυνήθιστη απόκριση της αρτηριακής πίεσης τις συγκεκριμένες ώρες της ημέρας είναι σθεναρή ακόμα και όταν η θέση σώματος και η ποσότητα του ύπνου πριν την άσκηση τέθηκαν υπό τον αυστηρό έλεγχο των ερευνητών (Jones et al., 2008a). Σε συνέχεια των παραπάνω ερευνών, δύο νέες εργασίες της Jones και των συνεργατών της (Jones et al., 2008b; Jones et al., 2009) έδειξαν πως το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης είναι εντονότερο το απόγευμα. Στις έρευνες χρησιμοποιήθηκαν νορμοτασικοί άνδρες οι οποίοι πραγματοποίησαν πρωτόκολλα συνεχούς (Jones et al., 2008b; Jones et al., 2009) και διαλειμματικής άσκησης (2009), στο 70% της $\dot{V} O_{2peak}$ τους σε διαφορετικές ώρες της ημέρας (8:00π.μ. και 16:00μ.μ.). Και στις δύο έρευνες η πτώση της αρτηριακής πίεσης ήταν μεγαλύτερη στις 16:00 μ.μ. Οι ερευνητές προτείνουν άσκηση κατά τις απογευματινές ώρες σε υπερτασικούς για μεγαλύτερη μείωση της αρτηριακής τους πίεσης. Επίσης, για την αποφυγή καρδιαγγειακών επεισοδίων που συμβαίνουν συχνότερα τις πρωινές ώρες συνίσταται και

πάλι άσκηση κατά τις απογευματινές ώρες (Jones et al., 2009).

2.2.3. Θέση σώματος κατά την από-κατάσταση

Οι Raine et al., (2001) συνέκριναν την αρτηριακή πίεση και τις περιφερικές και κεντρικές αιμοδυναμικές μεταβλητές πριν και μετά από άσκηση μέχρι εξάντλησης σε ποδήλατο κάτω από πειραματικές συνθήκες ύπτιας και καθιστής αποκατάστασης σε νορμοτασικούς άνδρες. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν την παρουσία μιας χαρακτηριστικής αλλά παροδικής μείωσης της μέσης αρτηριακής πίεσης μετά την άσκηση, η οποία επέστρεψε στις τιμές ηρεμίας μετά από 60 λεπτά αποκατάστασης. Παρά την αρχική υπόθεση της έρευνας, οι αλλαγές στη μέση αρτηριακή πίεση ήταν όμοιες, είτε όταν η αποκατάσταση πραγματοποιήθηκε σε καθιστή, είτε σε ύπτια θέση. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει πως η ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης στην μετασκησιακή κατάσταση δεν διακυβεύεται περαιτέρω από επιπλέον επιβάρυνση λόγω επίδρασης της βαρύτητας.

Οι αλλαγές στο αιμοδυναμικό προφίλ μετά την άσκηση ήταν όμοιες μεταξύ των δύο πειραματικών συνθηκών (ύπτια ή καθιστή αποκατάσταση) και χαρακτηρίστηκαν από μια πτώση στην υπολογιζόμενη συνολική περιφερική αντίσταση και μια άνοδο στην καρδιακή παροχή. Εντούτοις, και παρ' όλη την επίμονη μετασκησιακή ταχυκαρδία, η αύξηση στην καρδιακή παροχή στην καθιστή θέση, περιορίστηκε από την διαρκή ύφεση του όγκου παλμού. Η συγκεκριμένη παρατήρηση αντικατοπτρίστηκε στη μείωση της αρτηριακής πίεσης παλμού. Αντίθετα με την καθιστή θέση, κατά την αποκατάσταση σε ύπτια θέση, αντίστοιχες μεταβολές στον όγκο παλμού και στην αρτηριακή πίεση παλμού δεν παρατηρήθηκαν, υποδεικνύοντας πως η φλεβική επαναφορά αίματος στην καρδιά δεν διακυβεύτηκε σε αυτή τη θέση μετά την

άσκηση, όμως παρατηρήθηκε πτώση στη διαστολική πίεση. Οι ερευνητές κατέληξαν πως η χαμηλότερη περιφερική αντίσταση στην ύπτια θέση σε σύγκριση με την καθιστή υποδηλώνει την πιθανότητα για μεγαλύτερη αγγειοσυστολή παρόλο που δεν προκλήθηκε αύξηση στην αρτηριακή πίεση.

2.2.4. Προπονητική κατάσταση

Για την επίδραση της προπονητικής κατάστασης στη μετασκησιακή υπόταση βλέπε 2.1.6.1.2 Πρόσθετα δεδομένα σε διαφορετικούς πληθυσμούς.

2.2.5. Φύλο και καταμήνιος κύκλος

Σε έρευνα που διεξήχθη από τους Lynn et al. (2007) μελετήθηκαν οι επιδράσεις του καταμήνιου κύκλου των γυναικών (επίδραση ενδογενών ορμονών όπως τα οιστρογόνα και η προγεστερόνη), αλλά και του φύλου στις αιμοδυναμικές παραμέτρους μετασκησιακά. Μελετήθηκαν υγιείς και νορμοτασικοί δοκιμαζόμενοι, άνδρες και γυναίκες (με καθιστικό τρόπο ζωής), πριν και για 90 λεπτά μετά από άσκηση διάρκειας 60 λεπτών στο 60% της $\dot{V}O_{2peak}$. Οι γυναίκες μελετήθηκαν κατά: α) την πρώιμη ωοθυλακική φάση (1η-3η μέρα του κύκλου όπου τα οιστρογόνα και η προγεστερόνη παραμένουν χαμηλά), β) την ωορρηξία (μέσα σε 48 ώρες από τη μέγιστη αύξηση της ωχρινοποιητικής ορμόνης όπου τα οιστρογόνα είναι ανεβασμένα αλλά η προγεστερόνη χαμηλή - διάγνωση μέσω ατομικού πακέτου πρόβλεψης της ωορρηξίας) και γ) τη μεσοωχρινική φάση (8 με 10 μέρες μετά τον εντοπισμό της απότομης αύξησης της ωχρινοποιητικής ορμόνης όπου τα οιστρογόνα αλλά και η προγεστερόνη είναι αυξημένα). Κύριο εύρημα της έρευνας ήταν πως

παρά τις διαφορές στις συγκεντρώσεις των ενδογενών ορμονών της προγεστερόνης και των οιστρογόνων και τις διακυμάνσεις του όγκου πλάσματος και της θερμοκρασίας σώματος κατά τη διάρκεια των διαφορετικών φάσεων του έμμηνου κύκλου, δεν παρατηρήθηκε διαφορά στο μοτίβο της μετασκησιακής υπότασης και των αιμοδυναμικών παραμέτρων. Επίσης, βρέθηκε πως οι άνδρες έχουν παρόμοιο μοτίβο εξέλιξης μετασκησιακής υπότασης με τις γυναίκες. Το ίδιο μοτίβο μετασκησιακής υπότασης είχε δείξει και η έρευνα των Senitko et al. (2002) μεταξύ ανδρών και γυναικών που ακολουθούσαν καθιστικό τρόπο ζωής (όλες οι δοκιμαζόμενες είχαν εξεταστεί κατά την πρώιμη ωοθυλακική φάση 1η-4η ημέρα του κύκλου).

Οι Birch et al. (2002) επίσης δεν βρήκαν διαφορές στις αιμοδυναμικές παραμέτρους και την πτώση της αρτηριακής πίεσης μετασκησιακά μεταξύ των δύο φάσεων του κύκλου εξαιτίας της λήψης αντισυλληπτικών χαπιών (21 ημέρες λήψη και 7 ημέρες διακοπή). Επίσης οι Esformes et al. (2006) έδειξαν παρόμοιο μοτίβο εξέλιξης και μέγεθος υπότασης μετά την άσκηση μεταξύ τριών φάσεων του κύκλου (αρχή και τέλος ωοθυλακικής φάσης και ωχρινική φάση) των γυναικών. Όμως, οι παραπάνω ερευνητές αναφέρουν πως οι πιέσεις ήταν χαμηλότερες κατά την αποκατάσταση στη διάρκεια της πρώιμης ωοθυλακικής φάσης. Σημαντικός περιορισμός της έρευνάς τους όμως ήταν πως δεν επιβεβαίωσαν τις ορμονικές αλλαγές των οιστρογόνων και της προγεστερόνης, αλλά πραγματοποίησαν τις μετρήσεις στηριζόμενοι απλά στον μέσο όρο των ημερών στον οποίο εμφανίζεται κάθε φάση σε γυναίκες με φυσιολογικό εμμηνορροϊκό κύκλο. Οι Carter et al. (2001) αναφέρουν πως οι γυναίκες έδειξαν μεγαλύτερη πτώση στη μέση αρτηριακή τους πίεση μετά από 3 λεπτά άσκησης σε ποδήλατο στο 60% της $\dot{V}O_{2max}$ σε σύγκριση με τους άνδρες δοκιμαζόμενους. Οι ερευνητές βέβαια

μελέτησαν για 5 λεπτά την αποκατάσταση (η οποία ήταν είτε ενεργητική είτε παθητική) μετά την άσκηση, σε καθιστή θέση πάνω στο ποδήλατο. Όμως, παρέλειψαν να εξετάσουν τη φάση του καταμήνιου κύκλου των γυναικών που έλαβαν μέρος στην έρευνα. Είναι πιθανό τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας να είναι περισσότερο συναφή με τη γενική τάση των γυναικών να είναι λιγότερο ανθεκτικές στην ορθόσταση σε σύγκριση με τους άνδρες (Convertino, 1998) και λιγότερο με την μετασκησιακή απόκρισή τους.

2.2.6. Ένταση άσκησης

Η πλειονότητα των ερευνών που έχει εξετάσει την επίδραση της έντασης της άσκησης στη μετασκησιακή υπόταση έχει χρησιμοποιήσει πρωτόκολλα υπομέγιστης ποδηλάτησης σε εντάσεις που κυμαίνονται από 40 έως 100% της μέγιστης ικανότητας για άσκηση, όπως υποδεικνύεται από μετρήσεις σε $\dot{V}O_{2max}$, καρδιακή εφεδρεία ή προβλεπόμενη μέγιστη καρδιακή συχνότητα. Επίσης, έχει χρησιμοποιηθεί και δαπεδοεργόμετρο στο ίδιο εύρος έντασης της άσκησης, όπου επίσης παρατηρήθηκε πτώση της αρτηριακής πίεσης μετά την άσκηση. Άμεσες συγκρίσεις της επίδρασης της έντασης άσκησης έχουν κατά κύριο λόγο δείξει πως μετασκησιακή υπόταση μπορεί να εμφανιστεί ανεξάρτητα από την ένταση της άσκησης. Ακόμα και όταν εξετάστηκε σε έρευνες η επίδραση της έντασης άσκησης αντιστάσεων ως διαφορετικό ποσοστό της 1 μέγιστης επανάληψης, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην επακόλουθη πτώση της αρτηριακής πίεσης (MacDonald, 2002).

Οι Forjaz et al. (2004) μελέτησαν υγιείς νορμοτασικούς

δοκιμαζόμενους σε συνθήκες ελέγχου και άσκησης (45 λεπτά ποδηλάτησης στο 30%, 50% και 75% της $\dot{V}O_{2peak}$). Η μετασκησιακή υπόταση ήταν μεγαλύτερη και διήρκησε περισσότερο μετά από την εντονότερη άσκηση (στο 75%). Υπόταση όμως σημειώθηκε και μετά την άσκηση στο 50% της $\dot{V}O_{2peak}$, ενώ δεν παρατηρήθηκε πτώση της αρτηριακής πίεσης μετά την άσκηση στο 30% της $\dot{V}O_{2peak}$.

2.2.7. Διάρκεια άσκησης

Μετασκησιακή υπόταση έχει παρατηρηθεί ακόμα και μετά από διάρκεια άσκησης 10 λεπτών ως και μετά από άσκηση 170 λεπτών, αν και η πλειονότητα των ερευνών έχει χρησιμοποιήσει πρωτόκολλα διάρκειας 20-60 λεπτών. Συνολικά τα αποτελέσματα των ερευνών δείχνουν πως η διάρκεια της άσκησης δεν επηρεάζει την εμφάνιση του φαινομένου της μετασκησιακής υπότασης αλλά είναι πιθανό να επηρεάζει τη διάρκεια αυτής της απόκρισης (MacDonald, 2002).

2.2.8. Τύπος άσκησης

Μετασκησιακή υπόταση έχει σημειωθεί μετά από ποικιλία τύπων αερόβιας άσκησης όπως βόδιση, τρέξιμο, ποδηλασία και άσκηση σε χειροεργόμετρο. Σ' αυτές τις κατηγορίες ασκήσεων η μυϊκή μάζα που συμμετέχει είναι διαφορετική, εντούτοις δεν έχει φανεί το μέγεθος της εμπλεκόμενης στην άσκηση μυϊκής μάζας να εμποδίζει την εμφάνιση του μετασκησιακού φαινομένου. Τα δεδομένα που αφορούν άσκηση αντιστάσεων είναι λιγότερα και πάλι όμως όταν συγκρίνονται με την αερόβια άσκηση δεν παρατηρείται διαφορά στο μέγεθος και τη διάρκεια της μετασκησιακής υπότασης μεταξύ των διαφορετικών τύπων άσκησης (MacDonald, 2002).

Σ' αυτό το σημείο παρατηρείται ένα αρκετά μεγάλο κενό στη βιβλιογραφία καθώς δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα που να αφορούν σε διαλειμματικού τύπου άσκηση. Παρόλο που μετά από την

εκτέλεση διαλειμματικού πρωτοκόλλου άσκησης έχει παρατηρηθεί μετασκησιακή υπόταση (Padilla et al., 2005; Park et al., 2008), λίγες άμεσες συγκρίσεις μεταξύ διαλειμματικού και συνεχούς τύπου αερόβιας άσκησης έχουν γίνει. Η έλλειψη δεδομένων στην σχετική βιβλιογραφία προκαλεί έκπληξη αν σκεφτεί κανείς πως η διαλειμματική άσκηση έχει βρεθεί ότι προκαλεί μεγαλύτερες αλλαγές σε άλλες φυσιολογικές παραμέτρους και είναι πιο ευεργετική για την υγεία σε σύγκριση με την συνεχή. Επίσης, η διαλειμματική άσκηση είναι πιο κοινή από άποψη μαζικής συμμετοχής, με πολλά ομαδικά αθλήματα (π.χ. ποδόσφαιρο, βόλεϊ) και συνεδρίες άσκησης (γυμναστήριο) να χαρακτηρίζονται από εναλλασσόμενες περιόδους άσκησης και διαλείμματος (Jones et al., 2009). Ακόμα και στις λιγοστές μελέτες που έχουν συγκρίνει διαλειμματική με συνεχή άσκηση υπάρχει ποικιλία στον τύπο διαλειμματικής άσκησης που εξετάστηκε δυσχεραίνοντας ακόμα περισσότερο την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Παρουσιάζονται τρεις κατηγορίες διαλειμματικής άσκησης στη σχετική βιβλιογραφία: α) Κατατετμημένη άσκηση, που πραγματοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας π.χ. χωρισμένη σε 3 10λεπτα άσκησης μέσα στο 24ωρο (Bhammar et al., 2012; Park et al., 2006), β) Διακεκομμένη άσκηση π.χ. 3x10 λεπτά άσκησης με 10λεπτα διαλείμματα (Jones et al., 2009) γ) διαλειμματική άσκηση υψηλής έντασης (μέγιστη ή και υπερμέγιστη άσκηση π.χ. επαναλαμβανόμενα Wingate tests) (Rossow et al., 2010).

Οι Lacombe et al. (2011) συνέκριναν δύο πρωτόκολλα άσκησης τα οποία ήταν ισοσταθμισμένα ως προς τη θερμιδική

κατανάλωση (διαλειμματική άσκηση στο ποδήλατο 5 x 2:2 λεπτά στο 85% και ενεργητικό διάλειμμα στο 40% της $\dot{V}O_{2max}$ και συνεχής άσκηση 21 λεπτά στο 60% της $\dot{V}O_{2max}$, με δοκιμαζόμενους άνδρες μεγαλύτερης ηλικίας με προϋπέρταση. Οι ερευνητές βρήκαν όμοια πτώση στη συστολική αρτηριακή πίεση μετά από τα δύο πρωτόκολλα άσκησης. Οι Park et al. (2006) συνέκριναν τη συσσώρευση διαλειμματικής άσκησης με ένα πρωτόκολλο συνεχούς αερόβιας άσκησης σε ενήλικες με προϋπέρταση. Η αρτηριακή πίεση παρουσιάστηκε χαμηλότερη για μεγαλύτερη διάρκεια σε σύγκριση με τη συνθήκη ελέγχου (δεν περιλάμβανε περιόδους ανάπαυλας) μετά από το πρωτόκολλο άσκησης που περιλάμβανε περιόδους ανάπαυλας. Το διαλειμματικό πρωτόκολλο αποτελούνταν από τέσσερα 10λεπτα άσκησης βάρδιας στο 50% της $\dot{V}O_{2peak}$ με μεσοδιαστήματα ανάπαυλας διάρκειας 50 λεπτών, συνολικής διάρκειας 4 ωρών. Η έρευνα των Jones et al. (2009) περιελάμβανε νορμοτασικούς δοκιμαζόμενους και το διαλειμματικό πρωτόκολλο περιελάμβανε τρία 10λεπτα ποδηλάτησης με μεσοδιαστήματα ανάπαυλας διάρκειας 10 λεπτών. Το συνεχές πρωτόκολλο περιελάμβανε 30 λεπτά ποδηλάτηση ενώ η ένταση και για τις δύο συνθήκες ορίστηκε στο 70% της $\dot{V}O_{2peak}$. Οι ερευνητές συμπέραναν πως η διαλειμματική άσκηση προκαλεί μεγαλύτερη μετασκησιακή υπόταση απ' ό,τι μια συνεδρία συνεχούς άσκησης και ίσου έργου. Στη μελέτη των Rossow et al. (2010) που χρησιμοποιήθηκαν επαναλαμβανόμενα σπριντ ως διαλειμματική άσκηση, οι συγγραφείς αναφέρουν όμοια μετασκησιακή υπόταση μετά τα δυο πρωτόκολλα άσκησης σε δείγμα αερόβια προπονημένων ανδρών και γυναικών. Επίσης αναφέρουν πως ο μηχανισμός που προκάλεσε τη μετασκησιακή υπόταση διέφερε μεταξύ συνεχούς και διαλειμματικής άσκησης και επίσης υπάρχει πιθανή διαφορά μεταξύ ανδρών και γυναικών όσον αφορά το

μηχανισμό μετασκησιακής υπότασης μετά από τη συνεχή αλλά όχι τη διαλειμματική άσκηση.

2.2.9. Μέτρηση αρτηριακής πίεσης

Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980 για τη συνεχή μέτρηση της αρτηριακής πίεσης ήταν απαραίτητος ο καθετηριασμός μιας αρτηρίας. Κατόπιν προέκυψε μια ενδιαφέρουσα μη επεμβατική τεχνική, η οποία στηρίζεται στη μέθοδο όγκου - σύσφιξης, που εισήχθη το 1973 από τον Τσέχο φυσιολόγο Jan Peñaz. Οι Wesseling et al. (1995) ανέπτυξαν τις συσκευές Portapres και Finapres στηριζόμενοι στην παραπάνω μέθοδο και πιο πρόσφατα τη συσκευή Finometer, που χρησιμοποιούνται σήμερα ευρέως για κλινικούς και ερευνητικούς σκοπούς. Η μέθοδος όγκου - σύσφιξης χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της αρτηριακής πίεσης στο δάκτυλο (Peñaz, 1973). Με τη μέθοδο αυτή η διάμετρος των αγγείων κάτω από τον κυλινδρικό θάλαμο, που τοποθετείται γύρω από το δάκτυλο, κρατείται σταθερή παρά τις αλλαγές της αρτηριακής πίεσης σε κάθε καρδιακό παλμό. Ένας πληθυσμογράφος που βρίσκεται μέσα στον αεροθάλαμο είναι υπεύθυνος για την ανίχνευση των αλλαγών της διαμέτρου των αγγείων (Σχήμα 2.5). Αν κατά τη διάρκεια της συστολής ο πληθυσμογράφος ανιχνεύσει αύξηση στη διάμετρο του αγγείου, αυξάνεται η πίεση στον αεροθάλαμο για να εμποδιστεί η αλλαγή της διαμέτρου μέσω της ακαριαίας ενεργοποίησης του ηλεκτρονικού συστήματος ανατροφοδότησης. Η ενδοτικότητα του αγγείου εξαρτάται από τη διατοχωματική πίεση, τη διαφορά δηλαδή της πίεσης μεταξύ του εσωτερικού του αγγείου και της πίεσης που επικρατεί στους περιβάλλοντες ιστούς. Σύγκλιση του

αγγείου προκαλείται όταν η πίεση στον αεροθάλαμο είναι μεγαλύτερη από την ενδοαγγειακή και διάταση όταν η ενδοαγγειακή πίεση είναι μεγαλύτερη από την πίεση στον αεροθάλαμο (εμποδίζονται οι μεγάλες αλλαγές της διαμέτρου του αγγείου). Όταν η διατοχωματική πίεση είναι μηδέν, το αγγείο βρίσκεται σε αποφορτισμένη κατάσταση και η διάμετρός του μπορεί να υποστεί τις μεγαλύτερες αλλαγές (Imholz et al., 1998; Wesseling et al., 1995). Οι αλλαγές στον τόνο του αγγειακού τοιχώματος και στον αιματοκρίτη είναι δυνατό να επηρεάσουν τη διάμετρο του αγγείου σε αποφορτισμένη κατάσταση. Ως εκ τούτου, η αποφορτισμένη διάμετρος δεν παραμένει πάντα σταθερή κατά τη διάρκεια μιας μέτρησης και αυτός είναι και ο λόγος που πρέπει να επαληθεύεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα (Bogert & VanLieshout, 2005). Ένα ειδικό ηλεκτρονικό σύστημα ανατροφοδότησης (Physiocal) χρησιμοποιείται για να προσδιορίζει και να διατηρεί τη διάμετρο του αγγείου σε αποφορτισμένη κατάσταση (Wesseling et al., 1995).



Σχήμα 2.5. Ο κυλινδρικός αεροθάλαμος λειτουργεί ως πληθυσμογράφος με έναν πομπό και ένα δέκτη υπέρυθρου φωτός και είναι συνδεδεμένος με παροχή αέρα.

Η αποφορτισμένη διάμετρος του αγγείου καθορίζεται ακόμα και σε περιπτώσεις που αλλάζει ο τόνος των λείων μυών (Bogert & VanLieshout, 2005). Έτσι, στη βαθμονόμηση του πληθυσμογράφου περιλαμβάνεται ένας αριθμός διαφορετικών

τιμών πίεσης, με σκοπό κάθε φορά τον καθορισμό της πίεσης του αεροθαλάμου, έτσι ώστε η διατοίχωματική πίεση των αγγείων του δακτύλου να παραμένει σταθερή.

Από την FMS (Finapres Medical Systems BV) αναπτύχθηκε το λογισμικό πακέτο της Beatscope, το οποίο χρησιμοποιείται από τη φωτοπληθυσμογραφική μέθοδο και δίνει τη δυνατότητα ανάλυσης της αρτηριακής πίεσης ανά παλμό στο δάκτυλο καθώς και υπολογισμού της αρτηριακής πίεσης στη βραχιόνιο αρτηρία μέσω ειδικών μαθηματικών τεχνικών, όπως η ανάλυση του φάσματος συχνοτήτων (ανάλυση Fourier). Ειδικές εξισώσεις χρησιμοποιούνται επίσης για να γίνει διόρθωση του επιπέδου των τιμών (η αρτηριακή πίεση φθίνει από κεντρικά προς περιφερικά σημεία του σώματος). Επιπλέον, υπολογίζεται για κάθε καρδιακό παλμό η καρδιακή συχνότητα (HR), ο όγκος παλμού (SV), η καρδιακή παροχή (CO), ο χρόνος μεταξύ παλμών (inter-beat interval, IBI), ο χρόνος εξώθησης (left ventricular ejection time LVET), η συνολική περιφερική αντίσταση (TPR), η χαρακτηριστική αντίσταση αορτής (aortic characteristic impedance - ZAO) και η αορτική ενδοτικότητα.

Σε μελέτη που πραγματοποίησαν οι Parati et al. (1989) έγινε σύγκριση της μετρούμενης αρτηριακής πίεσης μέσω της φωτοπληθυσμογραφικής μεθόδου με τη συσκευή Finapres (πρόδρομος του Finometer), με την άμεση ενδοαρτηριακή μέθοδο τόσο κατά την ηρεμία όσο και κατά τη διάρκεια δοκιμασιών που προκαλούν απότομες και σημαντικές αλλαγές στην αρτηριακή πίεση. Βρέθηκε διαφορά στην αρτηριακή πίεση μεταξύ της

φωτοπληθυσμογραφικής και της ενδοαρτηριακής μεθόδου στην ηρεμία. Για τη συστολική πίεση η διαφορά ήταν $6,5 \pm 2,6$ mmHg ενώ για τη διαστολική ήταν $5,4 \pm 2,9$ mmHg. Ο συντελεστής συσχέτισης, ωστόσο, ήταν υψηλός τόσο για τη συστολική ($r=0,98$) όσο και για τη διαστολική πίεση ($r=0,93$). Η παραπάνω διαφορά στην τιμή της αρτηριακής πίεσης μεταξύ των δύο μεθόδων μέτρησης πληροί τα κριτήρια της A.A.M.I. (Association for the Advancement of Medical Instrumentation). Με τους παραπάνω ερευνητές συμφώνησαν και οι Schutte et al. (2004) όταν συνέκριναν πλέον τη συσκευή Finometer με την κλασσική μέθοδο ακρόασης των ήχων του Korotkoff, χρησιμοποιώντας σφυγμομανόμετρο υδραργύρου. Στη μελέτη έλαβαν μέρος και μετρήθηκαν 102 έγχρωμες γυναίκες χωρισμένες σε ομάδες υπερτασικών, νορμοτασικών και παχύσαρκων νορμοτασικών. Οι Bos et al. (1996) εκτός από τη μελέτη της εγκυρότητας του Finometer προχώρησαν ένα βήμα παρακάτω κάνοντας χρήση της εξατομικευμένης βαθμονόμησης «επιστροφής στη ροή» (return to flow). Με τη μέθοδο αυτή ικανοποιήθηκαν τα κριτήρια A.A.M.I. καθώς οι τιμές της αρτηριακής πίεσης ήρθαν πιο κοντά σε αυτές που μετρήθηκαν ταυτόχρονα με την ενδοαρτηριακή μέθοδο στη βραχιόνιο αρτηρία.

2.2.9.1. Μέθοδος Modeflow και καρδιακή παροχή

Με τη συνεχή καταγραφή της καρδιακής παροχής καθίσταται δυνατή η ανίχνευση απότομων αλλαγών της συστημικής ροής και αγωγιμότητας, οι οποίες δεν θα μπορούσαν να γίνουν αισθητές απλά και μόνο με την καταγραφή της αρτηριακής πίεσης και της καρδιακής συχνότητας (Leonetti et al., 2004).

Χρησιμοποιώντας ένα μη γραμμικό μοντέλο και βασιζόμενη στη χαρακτηριστική αντίσταση της αορτής, η μέθοδος Modeflow υπολογίζει την

κυματομορφή της ροής στην αορτή μέσω της αρτηριακής πίεσης στο δάκτυλο. Το μοντέλο χρησιμοποιεί την ηλικία, το ύψος και το βάρος για να υπολογίσει τις καρδιαγγειακές παραμέτρους και οι υπολογισμοί γίνονται μέσω εξίσωσης που λαμβάνει υπόψη την ηλικία και το φύλο και στηρίζεται σε δεδομένα που προέρχονται από δείγμα ανθρώπινων αορών (Langewouters et al., 1984). Προϋποθέσεις για τη σωστή μέτρηση της καρδιακής παροχής με την παραπάνω μέθοδο αποτελούν η ύπαρξη φυσιολογικής αορτής και η σωστή λειτουργία της αορτικής βαλβίδας (VanLieshout et al., 2003).

Όταν οι Remmen et al. (2002) μέτρησαν την καρδιακή παροχή ταυτόχρονα με δυο διαφορετικές μεθόδους σε 28 υγιείς δοκιμαζόμενους ηλικίας 70 ± 4 ετών συνέκριναν τη μη επεμβατική μέθοδο (χρήση του Finapres) με την επεμβατική μέθοδο της θερμοαραίωσης. Καθώς ο συντελεστής συσχέτισης των τιμών της καρδιακής παροχής με τις δύο παραπάνω μεθόδους ήταν πολύ χαμηλός ($r=0,28$), οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι για την μέτρηση της καρδιακής παροχής σε απόλυτες τιμές με την μέθοδο Modflow (Q_{MF}) απαιτείται βαθμονόμηση με μια επεμβατική μέθοδο.

2.3. Το άθλημα της πετοσφαίρισης

2.3.1. Ενεργειακές απαιτήσεις, χρονικές παράμετροι και καρδιαγγειακή απόκριση

Από τη σκοπιά της φυσιολογίας, η πετοσφαίριση έχει παραδοσιακά περιγραφεί ως άθλημα υψηλής ισχύος που βασίζεται κυρίως στον αναερόβιο μεταβολισμό. Εξαιτίας των κανόνων του αθλήματος και της δομής των αγώνων, οι

αθλητές της πετοσφαίρισης βιώνουν επαναλαμβανόμενες περιόδους πολύ υψηλής έντασης, έχοντας επίσης τη δυνατότητα ανάκαμψης ανάμεσα στις περιόδους αυτές. Η περίοδος «έργου» σ' έναν αγώνα πετοσφαίρισης ορίζεται ως ο συνολικός χρόνος του αγώνα στον οποίο η μπάλα είναι στον αέρα και παίζεται. Η περίοδος αυτή είναι τυπικά μικρότερη σε διάρκεια από την περίοδο «ανάπαυλας» που μπορεί να οριστεί ως ο συνολικός χρόνος στη διάρκεια ενός αγώνα που η μπάλα δεν παίζεται. Πρακτικά, η περίοδος έργου αντιπροσωπεύει το χρόνο που δαπανάται στη διεκδίκηση κάθε πόντου (αγωνιστικό επεισόδιο), ενώ η περίοδος ανάπαυλας αντιπροσωπεύει κυρίως το χρόνο μεταξύ των πόντων (και κατ' επέκταση μεταξύ των σετ, των αλλαγών παικτών και των time out). Επομένως, οι αθλητές της πετοσφαίρισης πρέπει να είναι σε θέση να παράξουν ενέργεια ταχύτατα και επίσης να είναι ικανοί να ανακάμψουν γρήγορα κατά την προσμονή του επόμενου πόντου. Ως συνέπεια, το αερόβιο και τα αναερόβια συστήματα ενέργειας πρέπει να αναπτυχθούν ικανοποιητικά για να καταστήσουν τον αθλητή πετοσφαίρισης ικανό να αποδώσει μέγιστα (Reilly et al., 1990).

Όπως είναι γνωστό, τα τρία συστήματα παραγωγής ενέργειας του οργανισμού, το σύστημα ATP-CP, η αναερόβια γλυκόλυση και ο οξειδωτικός μεταβολισμός, δεν λειτουργούν στον οργανισμό ξεχωριστά το καθένα, αλλά συνδυαστικά. Παρόλο που τα τρία συστήματα έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά όσο αφορά την ικανότητα παραγωγής ενέργειας αλλά και το ρυθμό παραγωγής της, οι μεταβολικές οδοί δρουν σε συνεργασία για να ανταποκριθούν στις ποικίλες ενεργειακές ανάγκες των αθλητών χρησιμοποιώντας όλο το φάσμα των διαθέσιμων πηγών καυσίμων. Ένας αθλητής πετοσφαίρισης θα χρησιμοποιήσει το υψηλής ενέργειας φωσφορογόνο σύστημα (ATP-CP) και τη γλυκογονόλυση /

αναερόβια γλυκόλυση για να τροφοδοτήσει τη μυϊκή λειτουργία κατά τις περιόδους έργου και κατά τις περιόδους ανάπαυλας θα χρησιμοποιήσει την αερόβια οδό για να αναπληρώσει τα ενδοκυττάρια αποθέματα ATP-CP και της οξυγονωμένης μυοσφαιρίνης. Όσο περισσότερο διαρκεί η διεκδίκηση ενός πόντου, τόσο πιθανότερο είναι ο αθλητής να βασιστεί στον αναερόβιο μεταβολισμό για την παραγωγή ATP, δημιουργώντας και συσσωρεύοντας γαλακτικό οξύ. Κατά τις περιόδους ανάπαυλας το γαλακτικό οξύ απομακρύνεται από τους ιστούς και γίνεται αναπλήρωση των ενδοκυτταρικών αποθηκών ATP και φωσφοκρεατίνης μέσω του αερόβιου μεταβολισμού. Λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις για ισχύ και ένταση του ίδιου του αθλήματος κατά τη διάρκεια των αγωνιστικών επεισοδίων, ο αθλητής πετοσφαίρισης υψηλού επιπέδου εκτιμάται ότι αξιοποιεί κατά 90% το φωσφορογόνο σύστημα υψηλής ενέργειας (ATP-CP) και κατά 10% μόνο το σύστημα της αναερόβιας γλυκόλυσης στην προσπάθειά του να καλύψει τις ανάγκες απόδοσης έργου υψηλής έντασης (Reeser & Bahr, 2003). Η γνώση των μεταβολικών απαιτήσεων του αθλήματος και της σχετικής συνεισφοράς του κάθε συστήματος παραγωγής ενέργειας επιτρέπει στον εργοφυσιολόγο να αναπτύξει προγράμματα στοχευμένα στο άθλημα που προπονούν και αναπτύσσουν τα ενεργειακά συστήματα με τον κατάλληλο τρόπο (Viitasalo et al., 1987).

Οι αλλαγές των κανονισμών το 1998 (και διεθνώς το 1999) με την εφαρμογή της άμεσης καταγραφής πόντου (rally scoring system) μείωσαν τη διάρκεια των σετ και των αγώνων και συνεπώς ενδέχεται να

έχουν αλλάξει οι μεταβολικές απαιτήσεις του αθλήματος. Για παράδειγμα το 1999, ένα τυπικό σετ πετοσφαίρισης γυναικών του κολλεγιακού αμερικανικού πρωταθλήματος που παιζόταν με το σύστημα των αλλαγών διαρκούσε περίπου 23 λεπτά και η συνολική διάρκεια του αγώνα ήταν περίπου 1 ώρα και 46 λεπτά (3-5 σετ των 15 πόντων). Συγκριτικά, μετά την εφαρμογή του συστήματος άμεσης καταγραφής του πόντου, στο ίδιο πρωτάθλημα, η μέση διάρκεια του σετ είναι 20 λεπτά και του αγώνα 1 ώρα και 38 λεπτά (3 ή 4 σετ των 25 πόντων ή/και 1 σετ των 15 πόντων). Στο αντίστοιχο ανδρικό πρωτάθλημα μετά την εφαρμογή των νέων κανονισμών η μέση διάρκεια του σετ είναι 24 λεπτά και του αγώνα 1 ώρα και 29 λεπτά (Reeser & Bahr, 2003). Έρευνες έχουν δείξει πως οι περίοδοι έργου στην πετοσφαίριση διαρκούν από 4 μέχρι 30 δευτερόλεπτα (με το μέσο όρο να διαρκεί περίπου 9 δευτερόλεπτα) και οι περίοδοι ανάπαυλας διαρκούν από 10 έως 20 δευτερόλεπτα (με το μέσο όρο να κυμαίνεται κοντά στα 12 δευτερόλεπτα). (Lecompte & Rivet, 1979). Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει ένας λόγος έργου - διαλείμματος περίπου 1:1,3. Από έρευνα που διεξήχθη μετά την αλλαγή των κανονισμών και με δείγμα 19 αγώνες ανδρών της ημιτελικής και τελικής φάσης των ολυμπιακών αγώνων της Αθήνας του 2004, ο μέσος όρος αγωνιστικού επεισοδίου ήταν 5,89 δευτερόλεπτα και ο μέσος όρος της περιόδου ανάπαυλας μεταξύ των πόντων ήταν 29,8 δευτερόλεπτα (Manolaki et al., 2009). Ο συνολικός χρόνος των αγωνιστικών επεισοδίων κατέλαβε το 14% της συνολικής διάρκειας του αγώνα. Το υπόλοιπο 86% της συνολικής διάρκειας του αγώνα αποτέλεσε ο μη αγωνιστικός χρόνος (66% ανάπαυλες μεταξύ των πόντων, 4% αλλαγές παικτών και 16% time out). Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει πως ο αγωνιστικός χρόνος είναι περίπου το 1/7 του συνολικού χρόνου ενός αγώνα πετοσφαίρισης.

Η καρδιακή συχνότητα χρησιμοποιείται συχνά ως ένας λογικός και αξιόπιστος δείκτης της έντασης της άσκησης σε αθλήματα που περιλαμβάνουν διαλειμματική προσπάθεια (González et al., 2005). Στην περίπτωση της πετοσφαίρισης η μεταβλητή φύση του αθλήματος προκαλεί διακυμάνσεις στην καρδιακή συχνότητα. Οι τιμές κατά τη διάρκεια αγώνα μπορεί να κυμαίνονται από 130 έως 190 παλμούς/λεπτό (González et al., 2005). Οι έρευνες που παρέχουν στοιχεία σχετικά με τη συμπεριφορά της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια αγώνων είναι γενικά ελάχιστες. Στην πλειοψηφία τους έχουν διεξαχθεί πριν τις αλλαγές των κανονισμών και αναφέρονται σε αγώνες ανδρών (Dyba, 1982; Viitasalo et al., 1987). Οι Viitasalo et al. (1987) αναφέρουν μέσο όρο καρδιακής συχνότητας μετά από αγώνα 127 παλμούς/λεπτό και μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου 56,6 ml/kg/min για την Φινλανδική εθνική ομάδα ανδρών και 56,8 ml/kg/min για ομάδα ανδρών της πρώτης Φινλανδικής κατηγορίας (εύρος από 48 έως 63 ml/kg/min). Ο Dyba (1982) αναφέρει καρδιακή συχνότητα 144 παλμούς / λεπτό κατά μέσο όρο κατά τη διάρκεια αγώνα και μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου των αθλητών $51,6 \pm 2,3$ ml/kg/min. Σε πρόσφατη έρευνα μετά την αλλαγή των κανονισμών μελετήθηκαν παίκτες που αγωνίζονταν ως λίμπερο και κεντρικοί μπλοκέρ σε αγώνες πρωταθλήματος της Ισπανίας (González et al., 2005). Οι δύο αυτές ειδικότητες παικτών έχουν κυρίως επηρεαστεί από τους νέους κανονισμούς, καθώς έχει μειωθεί ο αγωνιστικός χρόνος των κεντρικών και έχει αντικατασταθεί στην αμυντική ζώνη από τον λίμπερο. Οι

ερευνητές αναφέρουν στη μελέτη αυτή μέσο όρο καρδιακής συχνότητας 150 παλμούς/λεπτό για τους κεντρικούς και 137 παλμούς/λεπτό για τους λίμπερο, για το διάστημα που οι παίκτες βρίσκονται εντός γηπέδου και σε αγωνιστική δράση. Αυτή η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική.

Αναφορικά με γυναίκες αθλήτριες της πετοσφαίρισης, μία μόνο έρευνα αναφέρει τη διακύμανση της καρδιακής συχνότητας σε 6 μη υψηλού επιπέδου αθλήτριες (κολεγιακού πρωταθλήματος), κατά τη διάρκεια προπονήσεων και αγώνων (Fardy et al., 1976). Η καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια των προπονήσεων ήταν κατά μέσο όρο 134 παλμοί/λεπτό (εύρος από 120 έως 161 παλμοί/λεπτό). Κατά τη διάρκεια των αγώνων ο μέσος όρος της καρδιακής συχνότητας ήταν 139 παλμοί/λεπτό (εύρος από 116 έως 172 παλμοί/λεπτό). Στην ίδια έρευνα μελετήθηκε και η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου σε κυκλοεργόμετρο πριν την έναρξη του πρωταθλήματος ($28,2 \pm 1,5$ ml $\dot{V} O_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) και μετά τη λήξη του ($33,0 \pm 2,6$ ml $\dot{V} O_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) και η διαφορά που βρέθηκε ήταν στατιστικά σημαντική. Επομένως, από τη συγκεκριμένη έρευνα προέκυψε πως η πετοσφαίριση είναι άθλημα μέτριας έντασης με την καρδιακή συχνότητα να αντιστοιχεί στο 55-60% της $\dot{V} O_{2max}$. Εντούτοις, το δείγμα της έρευνας ήταν μικρό και τα συμπεράσματα της μελέτης περιορίζονται μόνο σε αθλήτριες αυτού του επιπέδου και δεν μπορούν να γενικευθούν για αθλήτριες υψηλού επιπέδου. Νεότερη έρευνα (Häkkinen, 1993) μελέτησε δύο ομάδες γυναικείου βόλεϊ του πρωταθλήματος της Φινλανδίας και πραγματοποίησε προπονητική παρέμβαση για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης. Έγινε μέτρηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου πριν και μετά τη λήξη της αγωνιστικής περιόδου τόσο στην ομάδα ελέγχου (πριν: $48,2 \pm 2,7$, μετά: $45,0 \pm 5,9$ ml $\dot{V} O_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) όσο και στην

πειραματική ομάδα (πριν: $47,3 \pm 1,7$, μετά: $48,1 \pm 3,4 \text{ ml } \dot{V} \text{ O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Ο ερευνητής συμπέρανε πως οι εβδομαδιαίες προπονήσεις και οι αγώνες που διεξάγονται κατά την αγωνιστική περίοδο επαρκούν για να διατηρήσουν την αρχική αερόβια ικανότητα των αθλητριών, καθώς οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των ομάδων δεν ήταν στατιστικά σημαντικές (Häkkinen, 1993). Όπως γίνεται αντιληπτό, τα ερευνητικά δεδομένα γύρω από την πετοσφαίριση και ειδικά τη γυναικεία, σχετικά με τις φυσιολογικές παραμέτρους του αθλήματος, είναι ελάχιστα και αυτό προκαλεί έκπληξη αν αναλογιστεί κανείς τη δημοτικότητα του αθλήματος στο γυναικείο αθλητικό κοινό.

2.3.2. Προπόνηση πετοσφαίρισης

Στον αθλητισμό, το προπονητικό ερέθισμα διαφέρει πολλές φορές από το αγωνιστικό. Η προετοιμασία του αθλητή για τη μέγιστη απόδοση στον αγώνα περιλαμβάνει πολλές φυσιολογικές και ψυχολογικές παραμέτρους τις οποίες ο προπονητής πρέπει να λάβει υπόψη προκειμένου να δημιουργήσει το κατάλληλο προπονητικό πλάνο. Έτσι και στην πετοσφαίριση, η δομή μιας προπονητικής συνεδρίας δεν ακολουθεί πάντα κατά γράμμα τη δομή ενός αγώνα. Άλλωστε, εξαιτίας της φύσης του αγωνίσματος μπορεί να παρατηρηθεί πολύ μεγάλη διακύμανση στην ένταση της άσκησης (ήπιας, μέτριας ή και πολύ υψηλής έντασης και παρατεταμένης διάρκειας αγωνιστική προσπάθεια). Καθήκον του προπονητή είναι να προετοιμάσει τον αθλητή, αλλά και συνολικά την ομάδα, κατά τη διάρκεια της εβδομάδας που προηγείται εκάστου αγώνα με τον βέλτιστο τρόπο για την αντιμετώπιση του αντιπάλου. Βε-

βαίως, προϋπόθεση για την επιτυχία της ομάδας και του αθλητή, αποτελεί η ύπαρξη κατάλληλων προπονητικών ερεθισμάτων και κατά την περίοδο προετοιμασίας πριν την αγωνιστική δράση, αλλά και η συνέχεια του προπονητικού κύκλου μετά τη λήξη αυτής. Στην προπονητική πραγματικότητα, ο ενεργός χρόνος των ασκήσεων είναι μεγαλύτερος σε σύγκριση με τη διάρκεια ενός αγωνιστικού επεισοδίου και το διάλειμμα είναι μικρότερο σε σύγκριση με το διάλειμμα στον πραγματικό αγώνα. Την πρακτική αυτή επιβάλλουν τόσο οι προπονητικές τακτικές (που θεωρούν ότι μεγαλύτερος αριθμός ερεθισμάτων συνεπάγεται και μεγαλύτερη βελτίωση), όσο και ο παρεχόμενος χρόνος προπόνησης από τα κλειστά γυμναστήρια και τους διαθέσιμους χώρους γενικότερα.

Η ομάδα μπορεί να προπονείται με το σύνολο του δυναμικού της ή και σε μικρότερους αριθμούς αθλητών (ατομικές προπονήσεις πετοσφαίρισης), ανάλογα με την περίοδο του πρωταθλήματος (προετοιμασία, αγωνιστική περίοδος, μεταβατική περίοδος), τη φάση του προπονητικού κύκλου (ημέρα της εβδομάδας πριν τον αγώνα) και το επίπεδο της ομάδας (υψηλού επιπέδου ομάδες κάνουν ημερησίως διπλές προπονήσεις τεχνικοτακτικής και βάρη).

Σύμφωνα και με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, ο προπονητής έχει αναλάβει το δύσκολο έργο της προετοιμασίας των αθλητών, τόσο σε ατομικό επίπεδο (βελτίωση στα φυσικά τους χαρακτηριστικά για τη μέγιστη απόδοσή τους σύμφωνα με τη φυσιολογία του αθλήματος) όσο και σε ομαδικό (σύνθεση όλων παικτών στη βάση της τακτικής αλλά και της ψυχολογίας) για την απόδοση και επίδοση σε πραγματικές συνθήκες αγώνα (Μπεργέλές, 1993).

2.3.3. Ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά αθλήματος

Εκτός από τον έντονα διαλειμματικό της χαρακτήρα, η πετοσφαίριση

ξεχωρίζει και για την ιδιαιτερότητα των τεχνικών της κινήσεων. Κατά τη διάρκεια ενός και μόνο αγωνιστικού επεισοδίου είναι πολύ πιθανό ο αθλητής να χρειαστεί να πραγματοποιήσει μια πληθώρα κινήσεων εντός του γηπέδου, με ή χωρίς επαφή με την μπάλα. Μέγιστα άλματα για την εκδήλωση επίθεσης, το σχηματισμό του μπλοκ και την πραγματοποίηση εναρκτήριου σέρβις, γρήγορες μετακινήσεις προς διάφορες κατευθύνσεις και πτώσεις για την απόκρουση μπάλας πριν την επαφή της με το δάπεδο εναλλάσσονται ταχύτατα κατά τη διάρκεια των περιόδων έργου, ανεβάζοντας την ένταση της προσπάθειας και δοκιμάζοντας το σώμα του αθλητή υπό την πίεση της βαρύτητας. Για παράδειγμα, έχει φανεί πως οι ελίτ άνδρες αθλητές υποχρεούνται να αγωνίζονται περίπου 3,3 μέτρα πάνω από το επίπεδο του εδάφους (περίπου 87 εκατοστά πάνω από το ύψος του φιλέ) και οι γυναίκες περίπου 3 μέτρα πάνω από το επίπεδο του εδάφους (περίπου 76 εκατοστά πάνω από το ύψος του φιλέ) (Reilly et al., 1990).

Στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του αθλήματος μπορούμε να συμπεριλάβουμε και τη μοναδική φύση του πανηγυρισμού της κατάκτησης κάθε πόντου από τις ομάδες. Μετά τη λήξη

κάθε αγωνιστικού επεισοδίου έχει επικρατήσει στην παγκόσμια κοινότητα του βόλεϊ και σε όλα τα επίπεδα, η νικήτρια ομάδα να συγκεντρώνεται στη μέση του αγωνιστικού χώρου και να ζητωκραυγάζει τη «μικρή» επιτυχία της. Αυτή η τακτική, εντούτοις, δεν είναι αθώα από πλευράς φυσιολογίας καθώς είναι πιθανόν να ενεργοποιείται ο χειρισμός Valsalva, όπως και σε άλλες κινήσεις της πετοσφαίρισης (π.χ. τη στιγμή του καρφίου). Κατά τον χειρισμό αυτό, το άτομο κλείνει τη γλωττίδα (το άνοιγμα μεταξύ των φωνητικών χορδών), αυξάνει την ενδοκοιλιακή πίεση με βίαιη συστολή του διαφράγματος και των κοιλιακών μυών και αυξάνει την ενδοθωρακική πίεση με βίαιη συστολή των αναπνευστικών μυών. Γίνεται επομένως δυναμική προσπάθεια για εκπνοή ενώ η γλωττίδα είναι κλειστή. Ως αποτέλεσμα αυτών των ενεργειών, ο αέρας παγιδεύεται και πιέζεται στους πνεύμονες. Οι υψηλές ενδοκοιλιακές και ενδοθωρακικές πιέσεις περιορίζουν τη φλεβική επιστροφή και αν διατηρηθεί ο χειρισμός αυτός για εκτεταμένη χρονική περίοδο, μπορεί να μειώσει πολύ τον όγκο του αίματος που επιστρέφει στην καρδιά, μειώνοντας την καρδιακή παροχή. Ο μηχανισμός αυτός, παρόλο που χρησιμεύει για παράδειγμα στην προσπάθεια σταθεροποίησης του θωρακικού τοιχώματος κατά την ανύψωση βαρών, μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα επικίνδυνος (Wilmore & Costill, 1999).

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. Δοκιμαζόμενες

Δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 10 αθλήτριες πετοσφαίρισης (ηλικίας > 17 ετών) οι οποίες έλαβαν μέρος στη μελέτη εθελοντικά. Όλες οι δοκιμαζόμενες είχαν τουλάχιστον 5ετή πρότερη ενασχόληση με το άθλημα της πετοσφαίρισης και ήταν μέλη αγωνιστικών τμημάτων σωματείων πετοσφαίρισης. Επίσης είχαν φυσιολογική αρτηριακή πίεση ηρεμίας (ΣΑΠ < 120mmHg και ΔΑΠ < 80mmHg) (Whaley et al., 2006), ήταν υγιείς, μη καπνίστριες και δεν λάμβαναν φαρμακευτική αγωγή (εκτός από πιθανή λήψη αντισυλληπτικών χαπιών η οποία καταγράφηκε). Οι πειραματικές διαδικασίες έλαβαν μέρος κατά την ίδια φάση του καταμήνιου κύκλου τους, ώστε να αποφευχθεί πιθανή ορμονολογική επίδραση πάνω στις μετρούμενες παραμέτρους. Πριν την έναρξη των πειραματικών διαδικασιών προηγήθηκε λεπτομερής γραπτή και προφορική ενημέρωση των δοκιμαζομένων. Επιπλέον ζητήθηκε ιατρικό ιστορικό και γραπτή συγκατάθεση των ιδίων προτού καταστεί δυνατή η συμμετοχή τους στη μελέτη.

3.2. Προκαταρκτικές μετρήσεις

Στην πρώτη φάση των πειραματικών διαδικασιών οι δοκιμαζόμενες προσήλθαν στο εργαστήριο εργοφυσιολογίας όπου ενημερώθηκαν για τον σκοπό της μελέτης. Την ίδια ημέρα πραγματοποιήθηκε μέτρηση της αρτηριακής πίεσης ηρεμίας (ΑΠΗ) ενώ οι αθλήτριες βρίσκονταν σε ύπτια θέση για τουλάχιστον 10 λεπτά. Ελήφθησαν 2 τιμές με απόσταση τουλάχιστον 4 λεπτών η πρώτη από τη δεύτερη. Κατόπιν, εφόσον η ΑΠΗ ήταν φυσιολογική, ελήφθη το ιατρικό ιστορικό και υπεγράφη το έντυπο συγκατάθεσης. Επίσης, προσδιορί-

στηκαν τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά (ύψος, βάρος, ποσοστό λίπους μέσω δερματοπτυχών) καθώς και η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\dot{V}O_{2max}$) ακολουθώντας πρωτόκολλο προοδευτικής επιβάρυνσης σε ηλεκτρονικό κυκλοεργόμετρο, με ανοιχτό σύστημα σπироμετρίας (CPX – D, Max Series, Medgraphics, USA). Οι δοκιμαζόμενες προσήλθαν για την πραγματοποίηση των μετρήσεων έχοντας καταναλώσει φαγητό ή ποτό τουλάχιστον 4 ώρες πριν την άφιξή τους στο εργαστήριο, και εφόσον την προηγούμενη μέρα της μέτρησης απείχαν από κοπιαστική φυσική δραστηριότητα.

3.2.1. Προσδιορισμός σωματικής σύστασης

Έγιναν μετρήσεις σε τέσσερις δερματικές πτυχές (δικεφάλου, τρικεφάλου, υποπλάτια, υπερλαγόνια) (Durnin & Womersley, 1974; Malousaris et al., 2008). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στη δεξιά πλευρά του σώματος της δοκιμαζόμενης. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Προσδιορισμός με ακρίβεια του σημείου λήψης της μέτρησης και σημάδεμα της περιοχής με στυλό. Έπειτα, κράτημα της δερματικής πτυχής με τον δείκτη και τον αντίχειρα του ερευνητή, περίπου ένα εκατοστό πάνω από το σηματοδεδειγμένο σημείο μέτρησης. Ακολούθως, τράβηγμα του δέρματος προς τα έξω με ιδιαίτερη προσοχή προκειμένου να μην πιαστεί και μυς μαζί με το δέρμα και εφαρμογή των σκελών του πτυχομέτρου στο σημείο μέτρησης. Χωρίς να αποδεσμευτεί η δερματική πτυχή από τα δάχτυλα του ερευνητή, μέσα σε 2-3 δευτερόλεπτα καταγράφεται η ένδειξη της βελόνας του πτυχομέτρου στο πλησιέστερο 0,1mm. Όλα τα σημεία μετρήθηκαν δυο φορές σε κυκλική φορά και ως τελικό αποτέλεσμα για την ανάλυση πάρθηκε ο

μέσος όρος τους. Στις περιπτώσεις όπου η απόκλιση των δύο διαδοχικών μετρήσεων του ερευνητή ήταν άνω του 5%, ακολούθησε άλλη μια μέτρηση (για την ανάλυση μέσος όρος των τριών μετρήσεων).

3.2.2. Προσδιορισμός της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\dot{V}O_{2max}$)

Ο προσδιορισμός της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\dot{V}O_{2max}$) πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ανοικτού συστήματος σπυρομετρίας (CPX – D, Max Series, Medgraphics, USA). Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε για την επίτευξη της $\dot{V}O_{2max}$ ήταν άσκηση προοδευτικά αυξανόμενης έντασης (15 Watt/min) σε ηλεκτρονικό κυκλοεργόμετρο (Lode, Groningen, Holland) και η οποία αναμενόταν να εξαντλήσει τις δοκιμαζόμενες σε χρόνο 8-12min. Ως μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ορίστηκε η μέγιστη μέση τιμή 30 δευτερολέπτων κατά το τελευταίο στάδιο της εργομέτρησης, εφόσον πληρούνταν 3 από τα κάτωθι κριτήρια: α) σταθεροποίηση ή αύξηση μικρότερη από 150 ml/min στην πρόσληψη του οξυγόνου παρά την αύξηση στην επιβάρυνση, β) αναπνευστικό πηλίκο (RER) τουλάχιστον 1,15, γ) καρδιακή συχνότητα όχι μικρότερη από 10 παλμούς/ λεπτό σε σχέση με τη μέγιστη προβλεπόμενη από την ηλικία (220-ηλικία), δ) δείκτης κόπωσης τουλάχιστον 19, όπως ορίζεται από τη διαβαθμισμένη κλίμακα του Borg (Howley et al., 1995). Ο υπολογισμός του μέγιστου παραγόμενου έργου προέκυψε από τον υπολογισμό της εξίσωσης $PPO = LWR + (Tf * W)$, όπου PPO το μέγιστο παραγόμενο έργο, LWR το έργο στο τελευταίο στάδιο της κυκλοεργομέτρησης, Tf ο χρόνος στο τελευταίο στάδιο της κυκλοεργομέτρησης και W η αύξηση της επιβάρυνσης του φορτίου ανά λεπτό (Kuipers et al., 1985).

3.3 Πρωτόκολλο

Για τις κύριες μετρήσεις έκαστη δοκιμαζόμενη προσήλθε στις εγκαταστάσεις της Σ.Ε.Φ.Α.Α. του Πανεπιστημίου Αθηνών δύο φορές. Είχε ζητηθεί να είναι ενυδατωμένη πριν από κάθε κύρια μέτρηση πίνοντας 3-4 ώρες πριν την άφιξη της νερό τουλάχιστον 7 ml/kg σωματικού βάρους (ολόκληρο το πρωτόκολλο ενυδάτωσης είναι σε συμφωνία με τους Lynn et al., 2007 & Sawka et al., 2007). Κατά την άφιξή της οδηγούνταν στο εργαστήριο εργοφυσιολογίας όπου πρώτα ουρούσε και κατόπιν γινόταν ο προσδιορισμός του σωματικού της βάρους με ελάχιστο ρουχισμό (κοντό αθλητικό παντελόνι, μπλούζα με κοντά μανίκια και αθλητικά παπούτσια) σε ζυγαριά ακριβείας (Bilance SALUS, Italy). Στη συνέχεια η δοκιμαζόμενη ενυδατωνόταν ξανά πίνοντας πάλι νερό 7 ml/kg σωματικού βάρους πριν από οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα. Κατόπιν, ανάλογα με το πρωτόκολλο άσκησης που επρόκειτο να πραγματοποιήσει η δοκιμαζόμενη, διαφοροποιούνταν και ο χώρος διεξαγωγής των μετρήσεων. Η σειρά διεξαγωγής των δύο πειραματικών πρωτοκόλλων ήταν προκαθορισμένη. Οι δοκιμαζόμενες αρχικά πραγματοποιούσαν το πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης (προπόνηση πετοσφαίρισης - ΠΠ). Ο μέσος όρος της καρδιακής συχνότητας που καταγραφόταν για κάθε δοκιμαζόμενη κατά τη διάρκεια της προπόνησης πετοσφαίρισης χρησιμοποιούνταν έπειτα για τον καθορισμό της έντασης άσκησης στο πρωτόκολλο συνεχούς άσκησης (κυκλοεργόμετρο). Τα δύο πρωτόκολλα άσκησης απείχαν τουλάχιστον 2 ημέρες μεταξύ τους, αλλά και από τις προκαταρκτικές μετρήσεις. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων καταγράφηκε η θερμοκρασία και υγρασία των δύο διαφορετικών χώρων διεξαγωγής των πειραμάτων, του εργαστηρίου εργοφυσιολογίας και του

κλειστού γυμναστηρίου της Σ.Ε.Φ.Α.Α. Η σχετική υγρασία δεν διέφερε μεταξύ των δύο χώρων ($p>0,05$). Συγκεκριμένα, στο κλειστό γυμναστήριο κατά μέσο όρο η υγρασία κυμάνθηκε στο $35,4 \pm 4,8$ % και στο εργαστήριο εργοφυσιολογίας $32,6 \pm 1,6$ %. Η καταγεγραμμένη θερμοκρασία μεταξύ των δύο χώρων διέφερε σημαντικά ($p<0,05$). Συγκεκριμένα στο κλειστό γυμναστήριο η θερμοκρασία κατά μέσο όρο ήταν $23,8 \pm 1,0$ °C ενώ στο εργαστήριο εργοφυσιολογίας ήταν $25,1 \pm 0,4$ °C. Παρότι στατιστικά σημαντική, αυτή η διαφορά δεν θεωρείται ότι επηρέασε τα αποτελέσματα των μετρούμενων παραμέτρων καθότι η θερμοκρασία του χώρου και στις δύο περιπτώσεις ανήκε στο εύρος (20-25 °C) των θερμοουδέτερων συνθηκών (Lee & Haymes, 1995).

3.3.1. Πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης (προπόνηση πετοσφαίρισης)

Το διαλειμματικό πειραματικό πρωτόκολλο άσκησης πραγματοποιούνταν στο κλειστό γυμναστήριο της Σ.Ε.Φ.Α.Α Αθηνών. Το προφίλ της ενυδάτωσης πριν το πρωτόκολλο άσκησης ήταν όπως περιγράφηκε παραπάνω. Η δοκιμαζόμενη εισερχόταν στο γυμναστήριο και της δινόταν ο απαραίτητος χρόνος προετοιμασίας προκειμένου να φορέσει τον κατάλληλο αθλητικό εξοπλισμό. Με το πέρας των διαδικασιών προετοιμασίας (ούρηση, ζύγισμα και εκ νέου ενυδάτωση) η δοκιμαζόμενη περνούσε σε ύπτια θέση, όπου γινόταν η τοποθέτηση των εξαρτημάτων της φωτοπληθυσμογραφικής συσκευής Finometer για τη μέτρηση της αρτηριακής πίεσης. Η αρτηριακή πίεση καταγραφόταν συνεχώς μη επεμβατικά από τον δείκτη του αριστερού χεριού. Η συσκευή επικοινωνούσε με φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή, εφοδιασμένο με το λογισμικό πρόγραμμα (Beatscope) ώστε

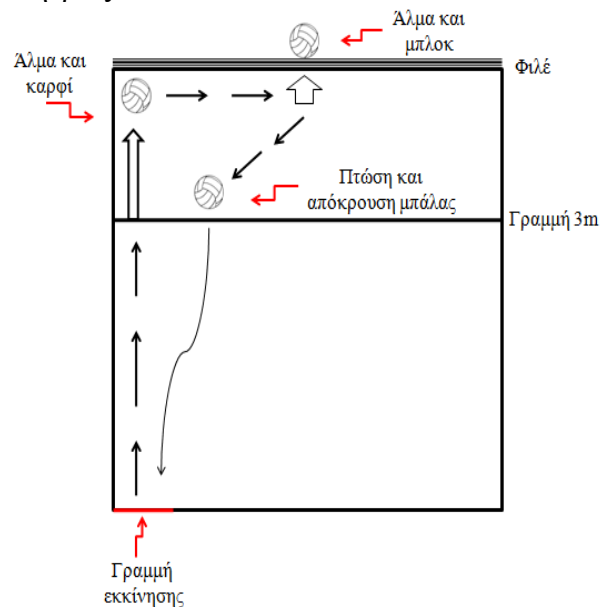
να εξασφαλιστεί η συνεχής καταγραφή του συνόλου των τιμών των υπολογιζόμενων παραμέτρων (συστολική, διαστολική, μέση αρτηριακή πίεση, όγκος παλμού, καρδιακή παροχή και συνολική περιφερική αντίσταση) καθώς και η αποθήκευσή τους. Για όλες τις προαναφερθείσες παραμέτρους κατάγράφονταν τιμές ηρεμίας για 30 λεπτά. Για τη στατιστική ανάλυση των καρδιαγγειακών παραμέτρων ως τιμή ηρεμίας και για τα δύο πρωτόκολλα ορίστηκε ο μέσος όρος των τιμών από το δέκατο έως το δέκατο πέμπτο λεπτό, εφόσον είχε πραγματοποιηθεί η σταθεροποίηση των τιμών της αρτηριακής πίεσης.

Αμέσως μετά την 30λεπτη ηρεμία, γινόταν λήψη διπλών δειγμάτων αίματος (10μL) από το άκρο του παράμεσου δακτύλου του δεξιού χεριού για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης αιμοσφαιρίνης καθώς και για τον προσδιορισμό του αιματοκρίτη (75μL) πριν την άσκηση. Με την ολοκλήρωση της καταγραφής των τιμών ηρεμίας, η δοκιμαζόμενη αποσυνδεόταν από τον εξοπλισμό και ουρούσε ξανά πριν την έναρξη της άσκησης. Για την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας κατά την διάρκεια της άσκησης, τοποθετούνταν ζώνη - ηλεκτρόδιο στο στήθος της δοκιμαζομένης και οι τιμές λαμβάνονταν από ρολόι χειρός-δέκτη (Polar RS400). Στη συνέχεια, η αθλήτρια έπαιρνε θέση στο γήπεδο για την προπόνηση πετοσφαίρισης συνολικής διάρκειας ~1 ώρας (ενεργός χρόνος 30 λεπτά) (τροποποιημένο από Eliakim et al., 2009).

Η προπόνηση αποτελούνταν από προκαταρκτικό μέρος: 15 λεπτά (συνολικός ενεργός χρόνος 13 λεπτά και συνολικός χρόνος διαλείμματος 2 λεπτά) δυναμικής προθέρμανσης (δυναμικές διατάσεις, δρομικό τρέξιμο και δρομικές μετακινήσεις εντός γηπέδου με ταχύτητα

έως 80% της μέγιστης, χωρίς μπάλα) και κύριο μέρος: 1) 20 λεπτά (συνολικός ενεργός χρόνος 16 λεπτά και συνολικός χρόνος διαλείμματος 4 λεπτά) ασκήσεις με μπάλα (πετάγματα, «άμυνα - επίθεση», απόκρουση μπάλας και επιθέσεις από τις ζώνες 4 του γηπέδου με ροή). 2) 7 σετ των 6 διαδοχικών επαναλήψεων κατά τις οποίες εκτελούνταν οι ακόλουθες κινήσεις: εκκίνηση από την τελική γραμμή του γηπέδου και χαλαρό τρέξιμο έως τη γραμμή των τριών μέτρων, μέγιστο άλμα και χτύπημα της μπάλας με καρφί προς αντίπαλο τερέν, κατόπιν πλάγια μετακίνηση μέχρι τη θέση 3 του γηπέδου, μέγιστο άλμα για μπλοκ, προσγείωση, πλάγια βήματα ως τη γραμμή των τριών μέτρων και πτώση για απόκρουση μπάλας (Σχήμα 3.1.). Κάθε επανάληψη διαρκούσε 20 δευτερόλεπτα και, επομένως, κάθε σετ 2 λεπτά. Ανάμεσα στα σετ μεσολαβούσε 1 λεπτό ανάπαυλα για τις αθλήτριες και ταυτό-

χρονα γινόταν η συλλογή των διασκορπισμένων μπαλών από το βοηθητικό ερευνητικό προσωπικό. Η συνολική διάρκεια αυτής της ρουτίνας ήταν 20 λεπτά (συνολικός ενεργός χρόνος 14 λεπτά και συνολικός χρόνος διαλείμματος 6 λεπτά). Η καταγραφή της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια της προπόνησης (1 ώρα) ήταν συνεχής και η δοκιμαζόμενη καταλάωνε και πάλι ποσότητα νερού ίση με 7 ml/kg σωματικού βάρους. Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής εξάσκησης πετοσφαίρισης γινόταν δειγματοληψία αίματος σε ύπτια θέση, ενώ γινόταν εκ νέου σύνδεση της δοκιμαζόμενης με την φωτοπληθυσμογραφική συσκευή και καταγραφή των μετρούμενων παραμέτρων για 60 λεπτά. Κατά το 60ό λεπτό της αποκατάστασης γινόταν λήψη και του τελευταίου δείγματος αίματος.



Σχήμα 3.1. Ρουτίνα που εκτέλεσαν οι δοκιμαζόμενες στο κύριο μέρος του πρωτοκόλλου προπόνησης πετοσφαίρισης, στο κλειστό γυμναστήριο. Η δοκιμαζόμενη ξεκινούσε από την τελική γραμμή του γηπέδου πετοσφαίρισης και κατευθυνόταν με τρέξιμο προς το φιλέ (θέση 4), όπου πραγματοποιούσε άλμα για καρφί με μπάλα προς αντίπαλο τερέν. Στη συνέχεια έκανε πλάγια μετακίνηση προς το κέντρο του φιλέ (θέση 3) όπου πραγματοποιούσε μέγιστο άλμα για μπλοκ. Κατόπιν έκανε διαγώνια μετακίνηση πίσω και προς την γραμμή των 3m όπου ακολουθούσε αμυντική πτώση για απόκρουση μπάλας. Τέλος επέστρεφε με περπάτημα στο σημείο εκκίνησης. Η ρουτίνα που μόλις περιγράφηκε αποτελούσε μία επανάληψη. Κάθε δοκιμαζόμενη εκτελούσε 7 σετ των 6 διαδοχικών επαναλήψεων με ανάπαυλα 1 λεπτού ανάμεσα στα σετ προκειμένου να ολοκληρώσει το κύριο μέρος της προπόνησης πετοσφαίρισης (συνολικής διάρκειας 20 λεπτών).

3.3.2. Πρωτόκολλο συνεχούς άσκησης (κυκλοεργόμετρο)

Η δοκιμαζόμενη προσερχόταν στο εργαστήριο και αφού φορούσε τον κατάλληλο αθλητικό εξοπλισμό ακολουθούσε όμοια διαδικασία όπως και στο πρωτόκολλο της διαλειμματικής άσκησης, προκειμένου να καταγραφούν οι τιμές ηρεμίας της (καρδιαγγειακές παράμετροι από τη συσκευή Finometer, δείγματα αίματος για τον προσδιορισμό αιμοσφαιρίνης και αιματοκρίτη) για 30 λεπτά.

Πριν την έναρξη της άσκησης ουρούσε και κατόπιν έπαιρνε θέση στο κυκλοεργόμετρο, όπου η θέση της σέλας είχε προσδιοριστεί ήδη από τις προκαταρκτικές μετρήσεις και είχε ρυθμιστεί κατάλληλα ώστε να αντιστοιχεί σε γωνία κάμψης του γόνατος περίπου 5° κατά το κατώτερο σημείο τροχιάς του ποδιού. Αρχικά εκτελούνταν προθέρμανση για 10 λεπτά (η ένταση της προθέρμανσης αντιστοιχούσε στον μέσο όρο της καρδιακής συχνότητας που κατάγράφηκε κατά την 15λεπτη δυναμική προθέρμανση στην προπόνηση πετοσφαίρισης), την οποία ακολουθούσε διάλειμμα 2 λεπτών για διατάσεις. Ακολούθως, η δοκιμαζόμενη ποδηλατούσε συνεχώς για 30 λεπτά σε ένταση άσκησης ίση με τον μέσο όρο της καρδιακής συχνότητας με την οποία είχε εκτελέσει το κύριο μέρος της προπόνησης πετοσφαίρισης (συνολικής διάρκειας 40 λεπτών, ενεργού χρόνου 30 λεπτών). Κατά τη διάρκεια της 30λεπτης άσκησης πραγματοποιούνταν συνεχής καταγραφή της καρδιακής συχνότητας και η δοκιμαζόμενη κατανάλωνε και πάλι ποσότητα νερού ίση με 7 ml/kg σωματικού βάρους. Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης λαμβάνονταν εκ νέου δείγματα αίματος από το δάκτυλο του χεριού για τον προσδιο-

ρισμό της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη σε καθιστή θέση.

Με το πέρας της ποδηλάτησης, η δοκιμαζόμενη μετέβαινε σε ύπτια θέση για παθητική αποκατάσταση που διαρκούσε 60 λεπτά. Ταυτόχρονα γινόταν η επανασύνδεση του Finometer προκειμένου να πραγματοποιηθεί και πάλι η συνεχής καταγραφή δεδομένων. Τα τελευταία δείγματα αίματος λαμβάνονταν στο 60ό λεπτό της αποκατάστασης. Μέσω των δειγμάτων αίματος υπολογίστηκαν και οι επί τοις % αλλαγές στους όγκους αίματος και πλάσματος σύμφωνα με τις εξισώσεις των Dill & Costill (1974).

3.4. Όργανα, μετρήσεις και υπολογισμοί

Για τους σκοπούς της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα κάτωθι όργανα:

- Ζυγαριά και αναστημόμετρο ακριβείας (Bilance SALUS, Italy) για τον προσδιορισμό του σωματικού βάρους (με ακρίβεια 0,1 kg) και ύψους (με ακρίβεια 1 cm) των δοκιμαζομένων.
- Δερματοπυχόμετρο τύπου Harpenden (British Indicators Ltd, UK) για τον προσδιορισμό του σωματικού λίπους. Η μέθοδος των δερματοπυχών περιλαμβάνεται στις πυκνομετρικές μεθόδους προσδιορισμού σωματικής σύστασης. Αυτό σημαίνει πως περιλαμβάνει αρχικά τη μέτρηση της πυκνότητας του ατόμου και έπειτα με τη χρήση εξισώσεων παλινδρόμησης υπολογίζεται το ποσοστό σωματικού λίπους. Η πυκνότητα ορίζεται ως η μάζα που διαιρείται με τον όγκο :

$$D_b = \frac{M_b}{V_b} ,$$

όπου Db = Πυκνότητα Σώματος, Mb = Μάζα Σώματος, Vb = Όγκος Σώματος.

Για τον προσδιορισμό της σωματικής πυκνότητας των δοκιμαζομένων δια της μεθόδου των δερματοπυχών, χρησι-

μποιήθηκαν γενικευμένες εξισώσεις παλινδρόμησης που προβλέπουν τη σωματική πυκνότητα ενήλικων γυναικών (Durnin & Womersley, 1974):

$$D_b = 1,1581 - 0,0720 \log \sum 4$$

Η πυκνότητα εξαρτάται από τη σωματική σύσταση του σώματος. Εφόσον έχουμε υπολογίσει την πυκνότητα με τις παραπάνω μεθόδους μπορούμε να προβούμε στον υπολογισμό του ποσοστού λιπώδους και άλιπης μάζας των δοκιμαζόμενων, μέσω της εξίσωσης Siri για γυναίκες:

$$\% \text{ Fat Siri} = ((5,01 / D_b) - 4,57) * 100$$

Ο υπολογισμός του ποσοστού της λιπώδους και άλιπης μάζας του ατόμου μέσω της παραπάνω εξίσωσης (Siri et al., 1961) στηρίζεται στην εφαρμογή του μοντέλου των δυο διαμερισμάτων (λιπώδης και άλιπη μάζα). Προκειμένου να χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση λάβαμε γνώση των παραδοχών που αυτή προϋποθέτει, καθώς και τους περιορισμούς και τα λάθη στα οποία μπορούμε να οδηγηθούμε από εφαρμογή της εξίσωσης σωματικής σύστασης σε άτομα που δεν ανταποκρίνονται στις παραδοχές και αποτελούν εξαίρεση.

- Ψηφιακό πιεσόμετρο (Critikon Dinamap 1846, Florida) για την καταγραφή της αρτηριακής πίεσης.
- Ηλεκτρονικό κυκλοεργόμετρο (Lode, Groningen, The Netherlands) για την εκτέλεση του πρωτοκόλλου συνεχούς άσκησης και της δοκιμασίας $\dot{V} O_{2\max}$.
- Ανοικτό σύστημα σπιρομετρίας (Ultima CPX, Medgraphics, USA) για τη μέτρηση της πρόσληψης οξυγόνου ($\dot{V} O_2$) και των υπόλοιπων αναπνευστικών παραμέτρων [πνευμονικός αερισμός ($\dot{V} E$), παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και αναπνευστικό πηλίκο (RER)]. Πριν τη μέτρηση

προηγήθηκε βαθμονόμηση του αναλυτή των αερίων με δύο διαφορετικά δείγματα αερίων γνωστής περιεκτικότητας σε O_2 και CO_2 ούτως ώστε να ελέγχεται η γραμμικότητα ανάμεσα στη συγκέντρωση των O_2 και CO_2 και την τιμή (Volts) που διαβάζει ο αναλυτής. Η φιάλη αναφοράς περιείχε ατμοσφαιρικό αέρα (O_2 : 20,95% & CO_2 : 0,03%) και η φιάλη βαθμονόμησης περιείχε μείγμα αερίων (O_2 : 12% & CO_2 : 3%). Τα μείγματα αερίων ήταν αυστηρά ελεγμένα και πιστοποιημένα ως προς τη σύνθεσή τους. Επίσης γινόταν βαθμονόμηση του πνευμοταχογράφου αρχικά για μηδενική ροή αέρα και κατόπιν με ροή όγκου αέρα που παρέχονταν από κύλινδρο 3lt (3 lit calibration syringe, Medgraphics, USA). Οι τιμές συλλέχθηκαν και αποθηκεύτηκαν ανά αναπνοή (breath by breath).

- Φωτοπληθυσμογραφική συσκευή για τη μέτρηση καρδιαγγειακών παραμέτρων (Finometer, FMSBV Arnhem, Netherlands) με τη χρήση του λογισμικού πακέτου της Beatscope. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε ανά παλμό αρτηριακής πίεσης στο δάκτυλο και υπολογίστηκε η αρτηριακή πίεση στη βραχιόνιο αρτηρία (reconstructed brachial artery pressure) και η καρδιακή παροχή (μέθοδος Modelflow). Συγκεκριμένα, με τη χρήση της συσκευής Finometer κατέστη δυνατή η συνεχής καταγραφή των καρδιαγγειακών παραμέτρων (SP, DP, MAP, CO, SV, HR, TPR, LVET), καθώς αυτές υπολογίστηκαν από την ανακατασκευασμένη κυματομορφή της αρτηριακής πίεσης της βραχιόνιας αρτηρίας. Η μέθοδος έχει βεβαίως το πλεονέκτημα ότι δεν είναι επεμβατική, αλλά για τη σωστή μέτρηση της καρδιακής παροχής απαιτείται η σωστή εφαρμογή του αεροθαλάμου, η συνεχής διατήρηση του δακτύλου στο επίπεδο

της καρδιάς και η αποφυγή απότομων κινήσεων (Van Lieshout et al., 2003).

Πριν τις μετρήσεις γινόταν βαθμονόμηση της πίεσης με τη βοήθεια ενός μανομέτρου στο οποίο αναγράφονταν τα διαφορετικά επίπεδα πίεσης (0-200mmHg) που παρείχε το μηχάνημα. Γινόταν επίσης βαθμονόμηση του αισθητήρα ύψους για τη διόρθωση της υδροστατικής πίεσης σε δύο διαφορετικά σημεία (0 και 50 cm). Με την έναρξη της καταγραφής της πίεσης γινόταν και μια εξατομικευμένη βαθμονόμηση (return to flow). Επιπλέον, η συσκευή ήταν προγραμματισμένη να πραγματοποιεί κατά τη διάρκεια της μέτρησης αυτόματη βαθμονόμηση ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

- Μίνι φωτόμετρο (Dr Lange LP 20) για την ανάλυση της συγκέντρωσης της αιμοσφαιρίνης. Τρία δείγματα αίματος (10 μ L) για κάθε μέτρηση διαλύθηκαν σε ειδικό αντιδραστήριο (Mini- Cuvette, LKM 143 Germany) αφού είχε προηγηθεί επώαση τουλάχιστον 4 λεπτών και αναλύθηκαν με τη μέθοδο της κυανομεθαιμοσφαιρίνης.

- Φυγοκεντρητής (MikroHematocrit Mk5 Centrifuge, Hawksley, UK) για τη φυγοκέντρωση δειγμάτων αίματος που συλλέχθηκαν σε τριχοειδή χωρητικότητας 75 μ L ώστε να διαχωρίζεται το πλάσμα από τα έμμορφα συστατικά. Η φυγοκέντρωση γινόταν στις 11800 στροφές / λεπτό για 5 λεπτά.

- Μετρητής αιματοκρίτη (Hematocrit reader Hawksley, UK) για τον προσδιορισμό του αιματοκρίτη σε δείγματα αίματος που έχουν φυγοκεντρηθεί (75 μ L).

Τα παραπάνω τρία όργανα (μίνι φωτόμετρο, φυγοκεντρητής και μετρητής αιματοκρίτη) χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των τιμών της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη.

Αυτός ο προσδιορισμός ήταν απαραίτητος για τον υπολογισμό των αλλαγών στον όγκο αίματος, πλάσματος και έμμορφων συστατικών, σύμφωνα με τη διαδικασία που αναφέρεται από τους Dill & Costil, (1974):

$$BV_A = BV_B (Hb_B / Hb_A)$$

Όπου, B: Before, A: After, BV_A : ο όγκος του αίματος μετά, BV_B : ο όγκος του αίματος πριν, Hb_A : η αιμοσφαιρίνη μετά και Hb_B : η αιμοσφαιρίνη πριν.

$$CV_A = BV_A (Hct_A)$$

Όπου, CV_A : ο όγκος των κυττάρων μετά, BV_A : ο όγκος του αίματος μετά, Hct_A : ο αιματοκρίτης μετά.

$$PV_A = BV_A - CV_A$$

Όπου, PV_A : ο όγκος πλάσματος μετά, BV_A : ο όγκος του αίματος μετά και CV_A : ο όγκος των κυττάρων μετά.

$$\Delta BV (\%) = 100 (BV_A - BV_B) / BV_B$$

$$\Delta CV (\%) = 100 (CV_A - CV_B) / CV_B$$

$$\Delta PV (\%) = 100 (PV_A - PV_B) / PV_B$$

Όπου, $\Delta BV (\%)$, $\Delta CV (\%)$ και $\Delta PV (\%)$, η εκατοστιαία μεταβολή του όγκου αίματος, του όγκου των κυττάρων και του όγκου πλάσματος, αντίστοιχα.

3.5. Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Statistica (5.0). Κύρια εξαρτημένη μεταβλητή αποτέλεσε η διαφορά στη μετασκησιακή μέση αρτηριακή πίεση. Για την εκτίμηση του μεγέθους δείγματος θεωρήθηκε από προηγούμενη έρευνα (Jones et al., 2009) πως μέση διαφορά της τάξης των 5 mmHg στην μετασκησιακή αρτηριακή πίεση μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων άσκησης θα είναι κλινικά σημαντική. Επομένως, υπολογίστηκε πως $n=9$ δοκιμαζόμενες θα επέτρεπαν αυτή η διαφορά να αποδειχθεί στατιστικά σημαντική (statistical power = 90%, SD

of differences ≤ 4 mmHg, με τη χρήση one-tailed paired *t*-test). Ο υπολογισμός έγινε μέσω της φόρμουλας που παρέχει το site:

<http://www.biomath.info/power/index.htm>.

Τα δεδομένα ηρεμίας και αποκατάστασης μελετήθηκαν ως μέσοι όροι ανά 5 λεπτά. Για να διερευνήσουμε αν τα δεδομένα ηρεμίας και αποκατάστασης διέφεραν μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων άσκησης χρησιμοποιήσαμε ανάλυση διασποράς διπλής κατεύθυνσης για εξαρτημένα δείγματα με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (two-way ANOVA – πρωτόκολλο άσκησης x

χρόνος). Εξαρτημένες μεταβλητές αποτέλεσαν η συστολική, διαστολική και μέση αρτηριακή πίεση, η καρδιακή παροχή, ο όγκος παλμού, η καρδιακή συχνότητα, η συνολική περιφερική αντίσταση, η συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης και αιματοκρίτη και οι αλλαγές στον όγκο αίματος και πλάσματος. Για απλές συγκρίσεις του δείγματος στα δύο πρωτόκολλα άσκησης χρησιμοποιήθηκε *t*-test για εξαρτημένα δείγματα και για τη διερεύνηση πιθανής συνάφειας μεταξύ παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε η απλή συσχέτιση Pearson (*r*). Το επίπεδο της στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα παρατίθενται σε τέσσερις ενότητες. Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του δείγματος. Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται οι τιμές των μετρούμενων παραμέτρων κατά την ηρεμία, την άσκηση και την από-κατάσταση αντίστοιχα.

4.1. Χαρακτηριστικά δείγματος

Στον πίνακα 4.1.1. παρουσιάζεται η ηλικία, και τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά της κάθε δοκιμαζόμενης. Στον πίνακα 4.1.2. φαίνονται τα αποτελέσματα της δοκιμασίας μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου.

Πίνακας 4.1.1. Ατομικές τιμές των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των δοκιμαζομένων κατά την πρώτη επίσκεψη στο εργαστήριο καθώς και μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του δείγματος.

N	ΗΛΙΚΙΑ (έτη)	ΥΨΟΣ (m)	ΣΩΜΑΤΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (kg)	BMI	ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΙΠΟΥΣ
1	24	1.85	69.0	20.16	24.77
2	27	1.82	69.0	20.83	21.56
3	26	1.65	52.7	19.36	21.13
4	18	1.61	54.3	20.95	26.43
5	23	1.58	51.3	20.55	28.04
6	17	1.74	57.1	18.86	23.50
7	21	1.75	70.5	23.02	27.18
8	29	1.74	62.0	20.48	22.49
9	25	1.74	66.0	21.80	20.88
10	26	1.68	63.5	22.50	27.14
Μέσος όρος±SD	23.6±3.89	1.72±0.09	61.5±7.23	20.9±1.3	24.31±2.76

Πίνακας 4.1.2. Ατομικές τιμές των δεδομένων της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($\dot{V} O_{2max}$) καθώς και μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις του δείγματος.

N	$\dot{V} O_{2max}$	$\dot{V} O_{2max}$	Τελικό έργο (watt) στη	HR _{max}
	ml/(kg·min)	l/min	$\dot{V} O_{2max}$	(παλμοί/λεπτό)
1	40.4	2.8	197	180
2	47.7	3.3	225	174
3	39.2	2.1	175	195
4	38.3	2.1	189	198
5	37.2	1.9	178	202
6	39.9	2.3	183	196
7	34.1	2.4	195	197
8	37.9	2.4	205	186
9	43.4	2.9	258	194
10	41.9	2.7	200	189
Μέσος όρος±SD	40.0±3.7	2.5±0.4	201±25	191±9

4.2. Ηρεμία

4.2.1. Καρδιαγγειακές παράμετροι

4.2.1.1. Αρτηριακή πίεση (Μέση (MAP), Συστολική (SBP), Διαστολική (DBP))

Οι τιμές των τριών επιμέρους αρτηριακών πιέσεων δεν διέφεραν στατιστικά σημαντικά ανάμεσα στα δύο πρωτόκολλα άσκησης στη φάση της ηρεμίας (προπόνηση πετοσφαίρισης (ΠΠ) και συνεχής ποδηλάτηση (ΣΠ)). Συγκεκριμένα η MAP ήταν 92,6±8 mmHg για την ΠΠ ενώ για τη ΣΠ ήταν 90,8±6,5 mmHg (p=0,3). Η συστολική πίεση των δοκιμαζομένων δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά (p=0,09), με τιμή πριν το διαλειμματικό πρωτόκολλο 124,3±6 mmHg και τιμή πριν το συνεχές πρωτόκολλο 121,6±6,9 mmHg. Τέλος, ούτε η διαστολική πίεση των δοκιμαζομένων παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά κατά τη φάση της

ηρεμίας μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων άσκησης (p=0,32). Οι τιμές ήταν 72,5±3 και 70,7±4,9 mmHg πριν το διαλειμματικό και πριν το συνεχές πρωτόκολλο άσκησης, αντίστοιχα.

4.2.1.2. Καρδιακή παροχή (CO), καρδιακή συχνότητα (HR), όγκος παλμού (SV)

Ως προς τις δευτερεύουσες καρδιαγγειακές παραμέτρους επίσης δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΠΠ και της ΣΠ όσον αφορά την CO (p=0,44), τον SV (p=0,53) και την HR (p=0,62). Συγκεκριμένα, η μέση CO ήταν 5,5±1,1 λίτρα/λεπτό και 5,7±0,8 λίτρα/λεπτό, ο μέσος όγκος παλμού ήταν 81,9±15,4 ml και 83,4±10,5 ml και η καρδιακή συχνότητα της τάξης των 70±6 παλμών/λεπτό και 68±5 παλμών/λεπτό πριν την ΠΠ και ΣΠ, αντίστοιχα.

4.2.1.3. Συνολική περιφερική αντίσταση (TPR)

Η TPR δεν παρουσίασε διαφορές όταν εξετάστηκε πριν την έναρξη των δυο πρωτοκόλλων άσκησης κατά την ηρεμία ($p=0,14$) με τιμές $1,08\pm0,3$ και $0,99\pm0,2$ MU πριν την προπόνηση πετοσφαίρισης και πριν την ποδηλάτηση, αντίστοιχα.

4.2.2. Αιματολογικές παράμετροι

4.2.2.1. Αιμοσφαιρίνη (Hb) και αιματοκρίτης (Hct)

Τα δείγματα αίματος που ελήφθησαν αμέσως πριν την έναρξη της άσκησης και στα δύο πρωτόκολλα δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά την αιμοσφαιρίνη ($p=0,34$) ($12,4\pm1,1$ και $12,1\pm1,1$ g/dl για τη διαλειμματική και τη συνεχή άσκηση, αντίστοιχα) και τον αιματοκρίτη ($p=0,23$) ($36,4\pm1,9$ και $36\pm2,0$ % για τη διαλειμματική και τη συνεχή άσκηση, αντίστοιχα).

4.2.2.2. Όγκος αίματος, πλάσματος και ερυθρών κυττάρων (BV, PV and CV)

Ο όγκος κυττάρων προκύπτει από το γινόμενο του όγκου αίματος (στην ηρεμία θεωρείται 100) επί την τιμή του αιματοκρίτη που μετρήθηκε στη φάση της ηρεμίας, σύμφωνα με τους Dill and Costill (1974). Έτσι, δεν βρέθηκαν διαφορές στις τιμές ηρεμίας πριν την εκτέλεση του διαλειμματικού και συνεχούς πρωτοκόλλου άσκησης ($p=0,23$) ($36,4\pm1,9$ και $36\pm2,0$ ml, αντίστοιχα). Κατόπιν αφαιρώντας τον όγκο κυττάρων από τον όγκο αίματος προκύπτουν οι τιμές του όγκου πλάσματος, για τις οποίες επίσης δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δύο πρωτόκολλα ($p=0,23$) ($63,6\pm1,9$ και $64\pm2,0$ ml για την ΠΠ και ΣΠ, αντίστοιχα).

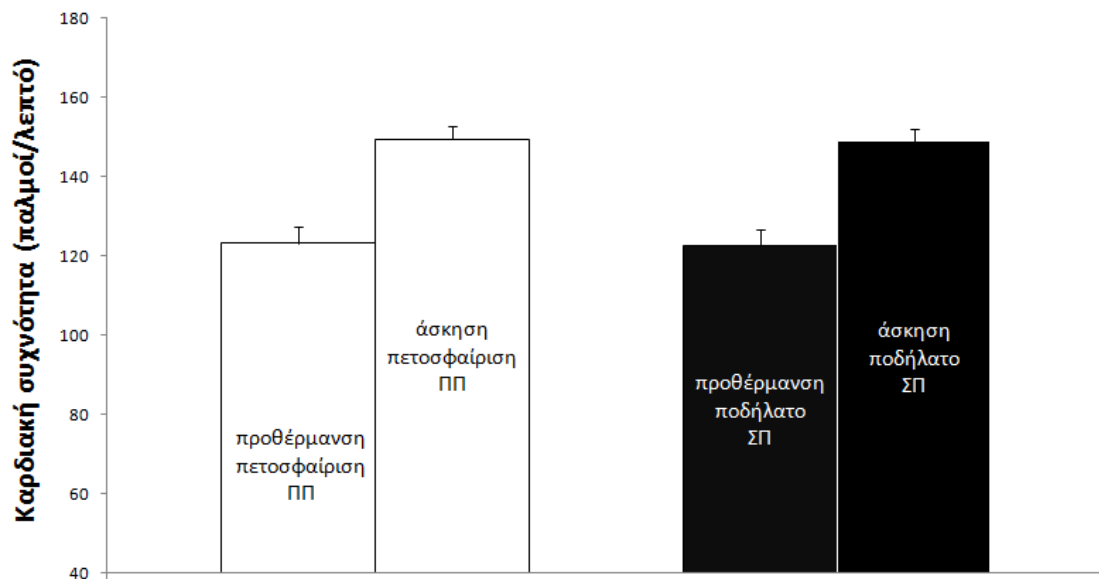
4.2.3. Σωματικό βάρος ηρεμίας (BW)

Οι δοκιμαζόμενες ήταν ενυδατωμένες πριν την άφιξή τους στις εγκαταστάσεις της Σ.Ε.Φ.Α.Α σύμφωνα με το πρωτόκολλο που περιγράφηκε στη μεθοδολογία. Με την άφιξη τους ενδύονταν με αθλητικό ρουχισμό, ουρούσαν και κατόπιν ζυγίζονταν. Το σωματικό βάρος των δοκιμαζομένων πριν την έναρξη της φάσης ηρεμίας διέφερε στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων ΠΠ και ΣΠ ($p=0,04$) ($61,6\pm7,2$ και $61,3\pm7,3$ kg, αντίστοιχα).

4.3. Άσκηση

4.3.1. Καρδιακή συχνότητα (HR)

Κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης του πρωτοκόλλου ΠΠ (13 λεπτά ενεργός χρόνος και 2 λεπτά διάλειμμα) η HR ήταν κατά μέσο όρο $123,1\pm13,3$ παλμοί/λεπτό, ενώ κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου ΣΠ (ενεργός χρόνος 10 λεπτά και διάλειμμα 2 λεπτά) ήταν $122,7\pm12,9$ παλμοί/λεπτό. Οι τιμές αυτές δεν διέφεραν μεταξύ τους ($p=0,34$). Στο κύριο μέρος της προπόνησης πετοσφαίρισης (συνολικός ενεργός χρόνος 30 λεπτά, συνολικός χρόνος διαλειμμάτων 10 λεπτά) η καρδιακή συχνότητα ήταν $149,3\pm11$ παλμοί /λεπτό και κατά τη διάρκεια της ποδηλάτησης (συνεχής άσκηση διάρκειας 30 λεπτών) η καρδιακή συχνότητα ήταν $148,9\pm10$ παλμοί /λεπτό. Οι τιμές αυτές δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ($p=0,46$). Σύμφωνα με τα δεδομένα της δοκιμασίας μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, οι τιμές και για τα δύο πρωτόκολλα άσκησης ΠΠ και ΣΠ αντιστοιχούν στο $78\pm6\%$ της HR_{max} και στο $67\pm9\%$ της $\dot{V} O_{2max}$ (σχήμα 4.3.1.).



Σχήμα 4.3.1. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της καρδιακής συχνότητας προθέρμανσης και άσκησης του διαλειμματικού (ΠΠ, λευκή ράβδος, $N=10$) και του συνεχούς (ΣΠ, μαύρη ράβδος, $N=10$) πρωτοκόλλου άσκησης.

4.3.2. Δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης (ΔΑΚ)

Όταν ζητήθηκε από τις δοκιμαζόμενες να εκφράσουν τη συνολική αντιλαμβανόμενη κόπωση τους αμέσως μετά τη λήξη της άσκησης οι τιμές κατά μέσο όρο ήταν 15 ± 2 για την ΠΠ αλλά και τη ΣΠ ($p=1,0$).

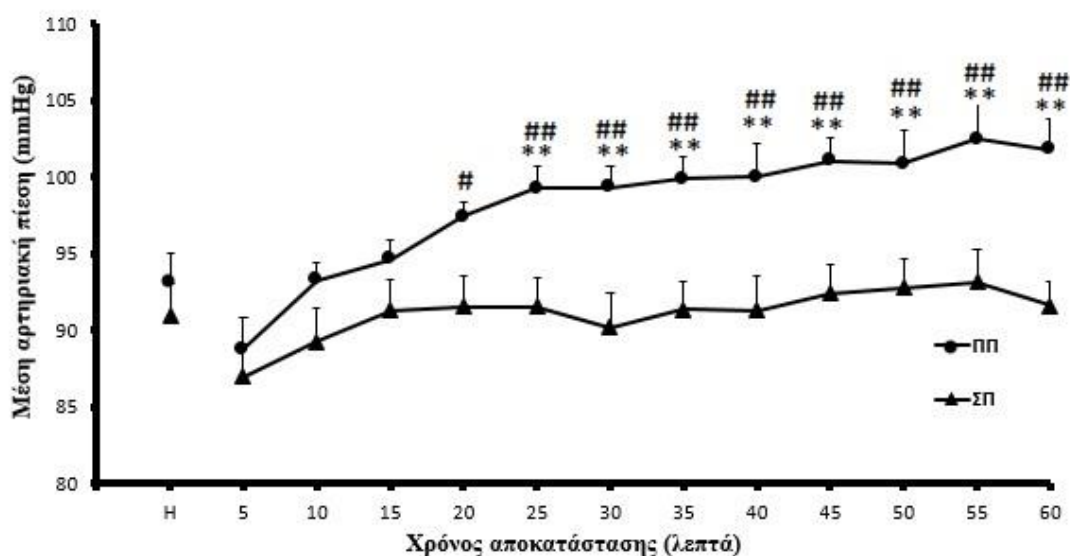
4.4. Αποκατάσταση

4.4.1. Καρδιαγγειακές παράμετροι

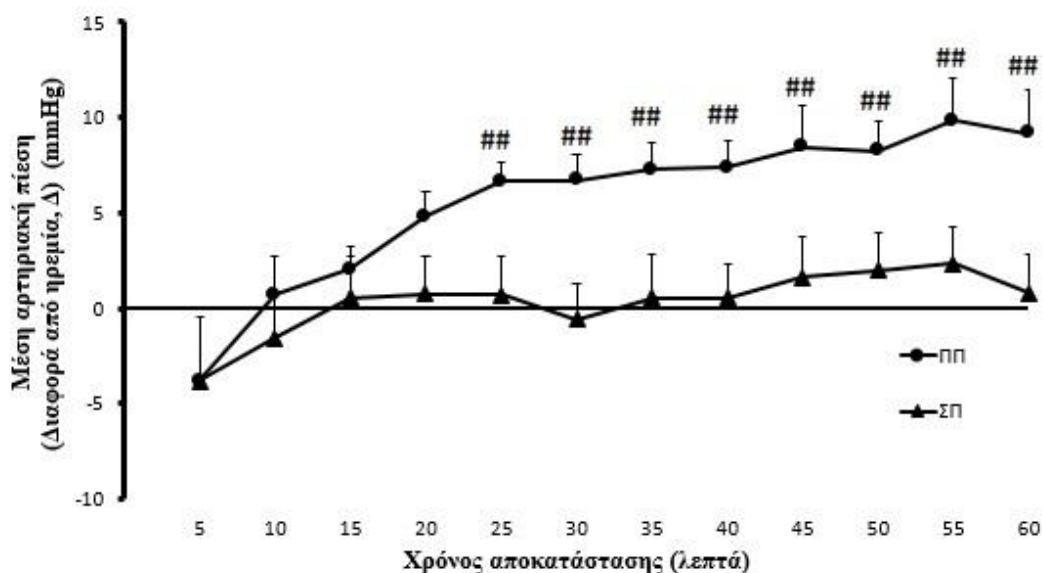
4.4.1.1. Μέση Αρτηριακή πίεση (MAP)

Αμέσως μετά την άσκηση η MAP ήταν κατά ~ 4 mmHg χαμηλότερη από τις τιμές ηρεμίας (που ήταν $92,6 \pm 8$ στην ΠΠ και $90,8 \pm 6,5$ mmHg στην ΣΠ) με τιμές 89 ± 6 mmHg και 87 ± 11 mmHg για την ΠΠ και ΣΠ, αντίστοιχα, κατά το 1ο πεντάλεπτο της αποκατάστασης, αλλά οι διαφορές αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ($p>0,05$). Στα 10 λεπτά της αποκατάστασης η MAP επανήλθε στις τιμές ηρεμίας μετά την ΠΠ (93 ± 4 mmHg) και παρέμεινε ελαφρά μειωμένη μετά τη ΣΠ (91 ± 4 mmHg). Από το 15ο λεπτό και έπειτα οι

τιμές της MAP ήταν ανοδικές μετά την ΠΠ και από το 25ό (99 ± 4 mmHg) έως και το 60ό (102 ± 7 mmHg) λεπτό της αποκατάστασης οι τιμές αυτές διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σε σχέση με την τιμή ηρεμίας ($p<0,01$) στην ΠΠ. Κατά την ίδια χρονική περίοδο αποκατάστασης η MAP παρέμεινε αμετάβλητη όσον αφορά τη ΣΠ. Η διαφορετική αυτή πορεία της MAP κατά την αποκατάσταση οδήγησε σε στατιστικά σημαντικές διαφορές από το 20ό έως και το 60ό λεπτό της αποκατάστασης μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων άσκησης ($p<0,05$ και $p<0,01$) (Σχήμα 4.4.1.). Όταν οι τιμές αποκατάστασης αναλύθηκαν ως διαφορές (Δ) από την αντίστοιχη τιμή ηρεμίας, παρουσιάστηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης από το 20ό (Δ : 5 ± 9 mmHg και 1 ± 5 mmHg για την ΠΠ και ΣΠ, αντίστοιχα) μέχρι και το 60ό λεπτό (Δ : 9 ± 9 mmHg και 1 ± 9 mmHg για την ΠΠ και τη ΣΠ, αντίστοιχα) ($p<0,01$) (Σχήμα 4.4.2).



Σχήμα 4.4.1. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της μέσης αρτηριακής πίεσης στην ηρεμία (H) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης. ** υποδεικνύει σημαντική άνοδο της MAP από την τιμή ηρεμίας στο πρωτόκολλο ΠΠ ($p<0,01$). #, ## υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ΠΠ και ΣΠ ($p<0,05$ και $p<0,01$, αντίστοιχα).

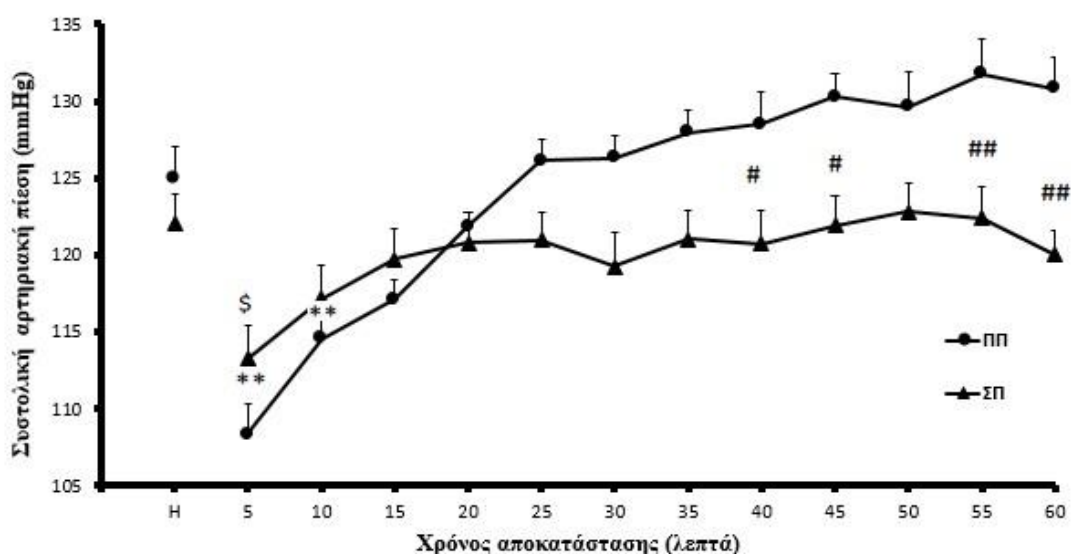


Σχήμα 4.4.2. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της διαφοράς της μέσης αρτηριακής πίεσης από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης. ## υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ΠΠ και ΣΠ ($p<0,01$).

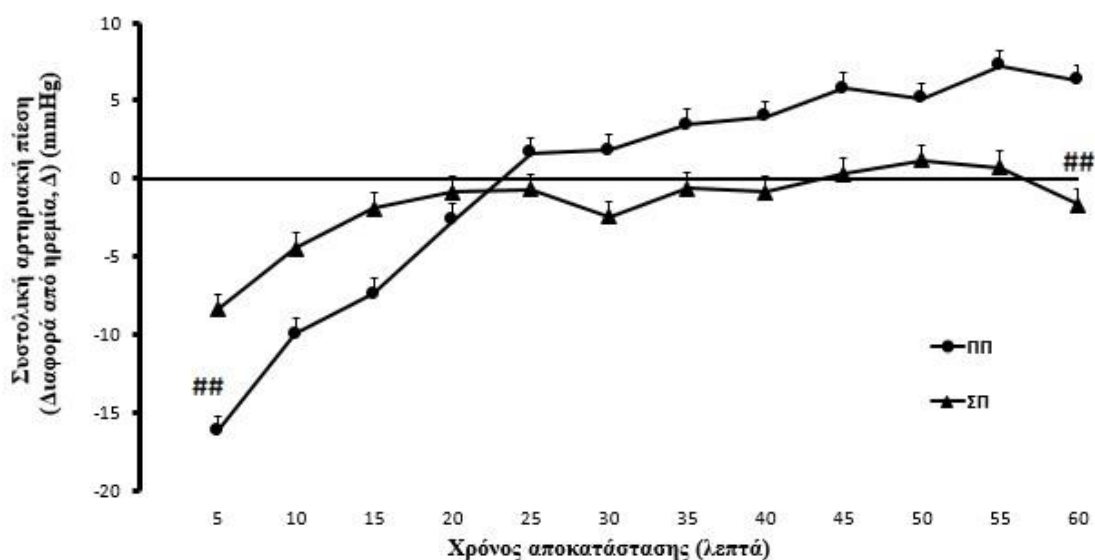
4.4.1.2. Συστολική αρτηριακή πίεση (SBP)

Μετά το πρωτόκολλο ΠΠ, η SP παρουσίασε μειωμένες τιμές σε σχέση με την ηρεμία ($124,3 \pm 6$ mmHg), εντούτοις σημαντικές διαφορές σημειώθηκαν μόνο κατά τα πρώτα 10 λεπτά της αποκατάστασης όπου οι τιμές της SP ήταν 108 ± 5 mmHg και 115 ± 5 στο 5ό και στο 10ό λεπτό, αντίστοιχα ($p < 0,01$). Στο 15ο και 20ό λεπτό οι τιμές ήταν ελαφρά μικρότερες αλλά όχι σημαντικά διαφορετικές από τις τιμές ηρεμίας (117 ± 6 και 122 ± 5 mmHg, αντίστοιχα). Μετά το πρωτόκολλο ΣΠ, η SP ήταν μειωμένη σε σχέση με την ηρεμία ($121,6 \pm 7$ mmHg) από το 1ό πεντάλεπτο μέχρι το 15ό λεπτό της αποκατάστασης (113 ± 15 , 117 ± 10 , 120 ± 9 mmHg, για τα τρία πεντάλεπτα αντίστοιχα), αλλά στατιστικά σημαντική ήταν μόνο η διαφορά που σημειώθηκε κατά το 1ο πεντάλεπτο ($p < 0,05$). Μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων άσκησης δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά όσον αφορά το μέγεθος της πτώσης της SP κατά τα πρώτα λεπτά της αποκατάστασης. Μέσα στα 20 πρώτα λεπτά της φάσης της αποκατάστασης οι τιμές της SP επανήλθαν στο επίπεδο των τιμών της ηρεμίας και για τα δυο

πρωτόκολλα άσκησης. Η πορεία όμως της SP διέφερε μεταξύ των πρωτοκόλλων μετά το πρώτο 20λεπτο αποκατάστασης. Η SP παρέμεινε αμετάβλητη από το 20ό έως το 60ό λεπτό μετά τη ΣΠ, ενώ στην ίδια χρονική περίοδο, μετά την ΠΠ, η SP παρουσίασε άνοδο των τιμών της, οι οποίες δεν διέφεραν με τις τιμές ηρεμίας, διέφεραν όμως σημαντικά από τις αντίστοιχες τιμές της ΣΠ στο 40ό (128 ± 9 mmHg έναντι 121 ± 9 mmHg), στο 45ο (130 ± 7 mmHg έναντι 122 ± 9 mmHg) ($p < 0,05$), στο 55ο (132 ± 10 mmHg έναντι 122 ± 9 mmHg) και στο 60ό λεπτό (131 ± 9 mmHg έναντι 120 ± 10 mmHg) ($p < 0,01$) (Σχήμα 4.4.3.). Κατόπιν έγινε ανάλυση των τιμών αποκατάστασης ως διαφορές (Δ) από την αντίστοιχη τιμή ηρεμίας, όπου βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων μόνον στο πρώτο (5ο λεπτό: πτώση κατά 16 ± 11 και 8 ± 11 mmHg για την ΠΠ και τη ΣΠ, αντίστοιχα) ($p < 0,05$) και στο τελευταίο πεντάλεπτο (60ό λεπτό: άνοδος κατά 6 ± 9 mmHg για την ΠΠ και πτώση κατά 2 ± 10 mmHg για τη ΣΠ) ($p < 0,05$) (Σχήμα 4.4.4.) της αποκατάστασης.



Σχήμα 4.4.3. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της συστολικής αρτηριακής πίεσης στην ηρεμία (H) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης. ** υποδεικνύει σημαντική πτώση της SBP από την τιμή ηρεμίας στο πρωτόκολλο ΠΠ ($p<0,01$). \$ υποδεικνύει σημαντική πτώση της SBP από την τιμή ηρεμίας στο πρωτόκολλο ΣΠ ($p<0,05$). #, ## υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ΠΠ και ΣΠ ($p<0,05$ και $p<0,01$, αντίστοιχα).

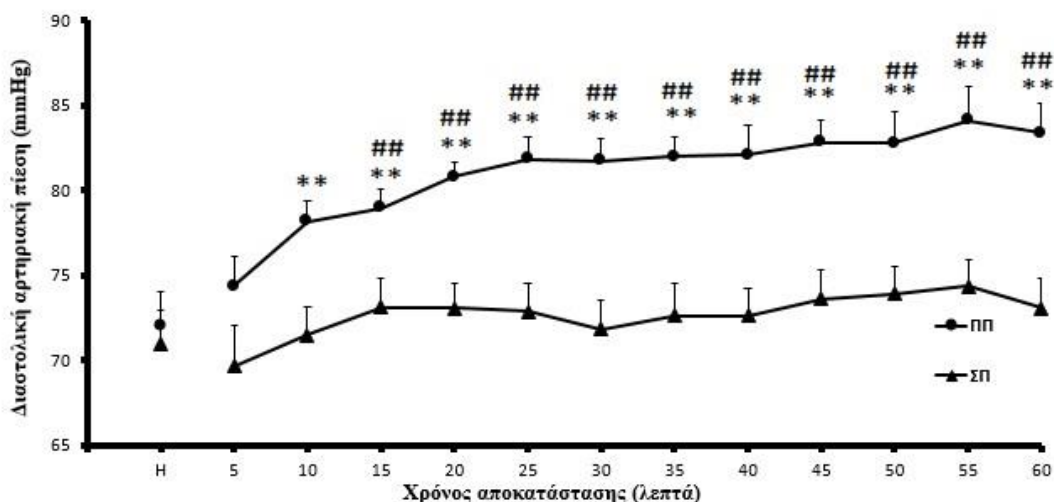


Σχήμα 4.4.4. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της διαφοράς της συστολικής αρτηριακής πίεσης από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης. ## υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ΠΠ και ΣΠ ($p<0,01$).

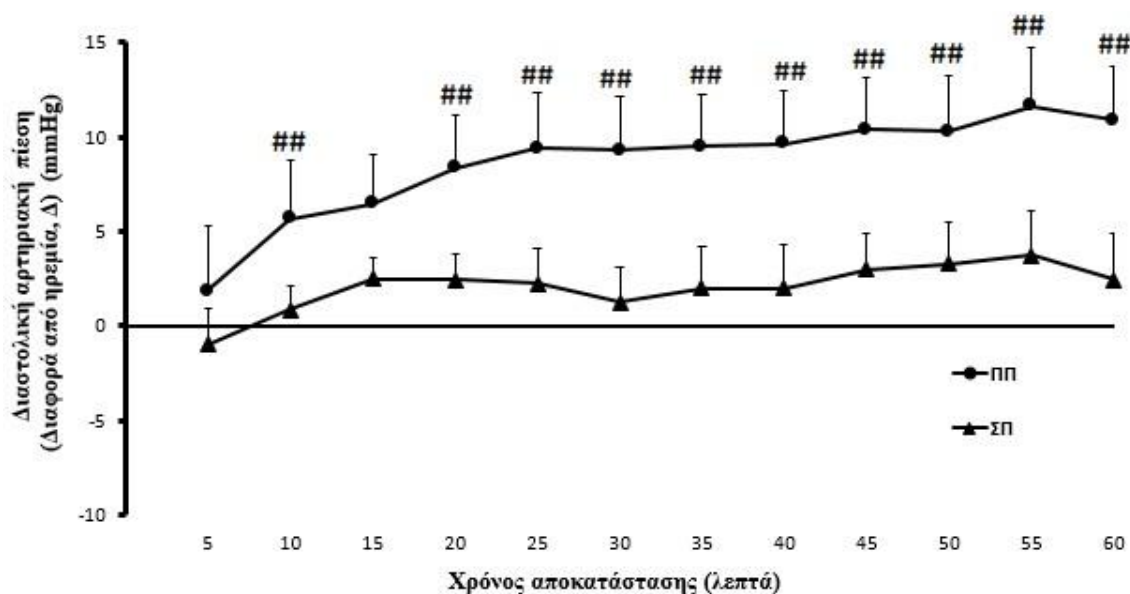
4.4.1.3. Διαστολική αρτηριακή πίεση (DBP)

Κατά τα πρώτα 5 λεπτά της αποκατάστασης μετά την άσκηση η DP δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική μεταβολή σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας σε κανένα από τα δύο πρωτόκολλα. Όσον αφορά την αποκατάσταση μετά την ΠΠ, από το 10ο έως και το 60ό λεπτό σημειώθηκε στατιστικά σημαντική άνοδος σε σχέση με την ηρεμία ($72,5 \pm 3$ mmHg) ($p < 0,01$) με τιμές από 78 ± 4 έως και 83 ± 6 mmHg. Μετά τη ΣΠ δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή στις τιμές της DP σε καμία χρονική στιγμή της αποκατάστασης σε σύγκριση με την ηρεμία ($70,7 \pm 5$ mmHg), ενώ οι τιμές

κυμάνθηκαν από 71 ± 5 έως 73 ± 5 mmHg. Μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης σημειώθηκε επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά από το 15ο έως και το 60ό λεπτό της αποκατάστασης ($p < 0,01$) (Σχήμα 4.4.5.). Όταν οι τιμές αποκατάστασης αναλύθηκαν ως διαφορές (Δ) από την αντίστοιχη τιμή ηρεμίας, υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων στο 10ο λεπτό (άνοδος κατά 6 ± 10 και 1 ± 4 mmHg για την ΠΠ και ΣΠ, αντίστοιχα) και από το 20ό (άνοδος κατά 8 ± 9 και 2 ± 4 mmHg) έως και το 60ό λεπτό της αποκατάστασης (άνοδος κατά 11 ± 9 και 2 ± 4 mmHg για την ΠΠ και ΣΠ, αντίστοιχα) ($p < 0,01$) (Σχήμα 4.4.6.).



Σχήμα 4.4.5. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της διαστολικής αρτηριακής πίεσης στην ηρεμία (H) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, $N=10$) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, $N=10$) πρωτοκόλλων άσκησης. * υποδεικνύει σημαντική άνοδο της DBP από την τιμή ηρεμίας στο πρωτόκολλο ΠΠ ($p < 0,01$). ## υποδεικνύει σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ΠΠ και ΣΠ ($p < 0,05$ και $p < 0,01$, αντίστοιχα).

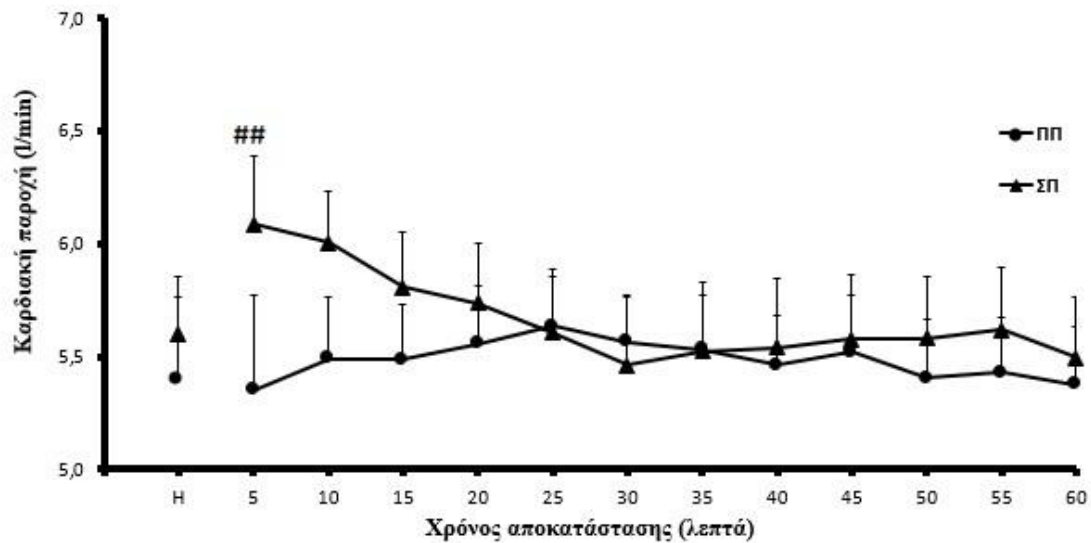


Σχήμα 4.4.6. Μέση τιμή ($\pm SE$) της διαφοράς της διαστολικής αρτηριακής πίεσης από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, $N=10$) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, $N=10$) πρωτοκόλλου άσκησης. ## υποδεικνύουν σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ΠΠ και ΣΠ ($p<0,01$).

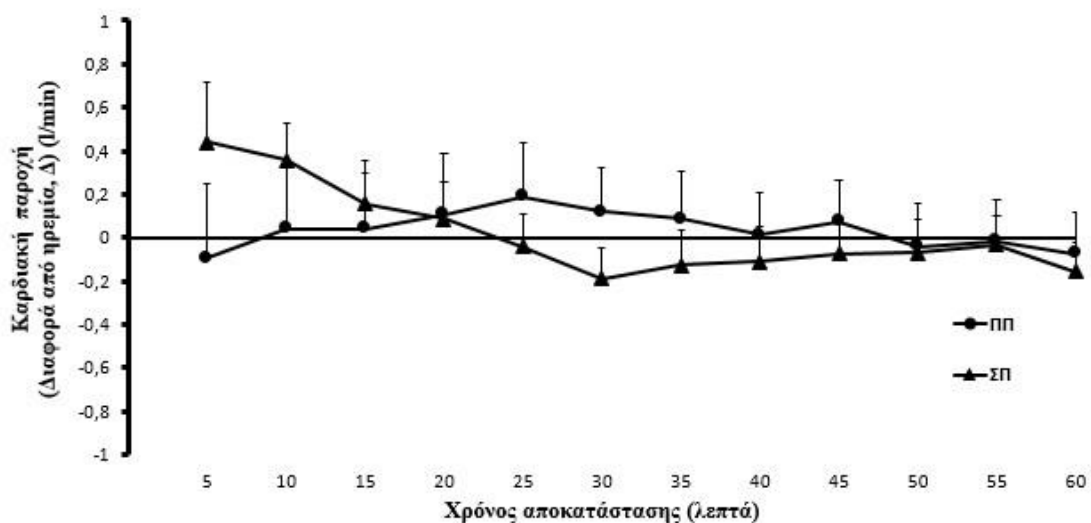
4.4.1.4.Καρδιακή παροχή (CO)

Μετά το τέλος της ΠΠ δεν σημειώθηκε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή ηρεμίας ($5,5 \pm 1,1$ l/min) όσον αφορά την καρδιακή παροχή καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης (διακύμανση τιμών από 5,4 έως 5,6 l/min). Μετά τη ΣΠ επίσης δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σύγκριση με την ηρεμία ($5,7 \pm 0,8$ l/min), παρόλο που κατά τα πρώτα 10 λεπτά της αποκατάστασης η καρδιακή παροχή παρουσιάστηκε ελαφρά ανεβασμένη ($6,1 \pm 1,3$ l/min στο 5ο λεπτό, $6,0 \pm 0,3$ l/min στο 10ο λεπτό, $5,5 \pm 0,8$ l/min στο 60ο λεπτό). Μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων άσκησης παρουσιάστηκε στατιστική διαφορά

μόνο στο 5ο λεπτό ($p<0,01$) της αποκατάστασης. Από το 10ο έως το 60ο λεπτό, δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων άσκησης (Σχήμα 4.4.7.). Όταν οι τιμές αποκατάστασης αναλύθηκαν ως διαφορές (Δ) από την αντίστοιχη τιμή ηρεμίας, δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης σε καμία χρονική στιγμή ($-0,1 \pm 0,6$ l/min μετά την ΠΠ και από $0,4 \pm 0,9$ l/min έως $-0,2 \pm 0,4$ l/min μετά τη ΣΠ). Μετά τη ΣΠ υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στο 30ό και στο 60ό λεπτό της αποκατάστασης σε σύγκριση με την τιμή του 1ου 5λέπτου της αποκατάστασης ($p<0,05$) (Σχήμα 4.4.8.).



Σχήμα 4.4.7. Μέση τιμή ($\pm SE$) της καρδιακής παροχής στην ηρεμία (H) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, $N=10$) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, $N=10$) πρωτοκόλλου άσκησης. ## υποδεικνύει σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ΠΠ και ΣΠ ($p<0,01$).



Σχήμα 4.4.8. Μέση τιμή ($\pm SE$) της διαφοράς της καρδιακής παροχής από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, $N=10$) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, $N=10$) πρωτοκόλλου άσκησης. * υποδεικνύει σημαντική διαφορά από την τιμή του πρώτου 5λέπτου ΣΠ ($p<0,05$).

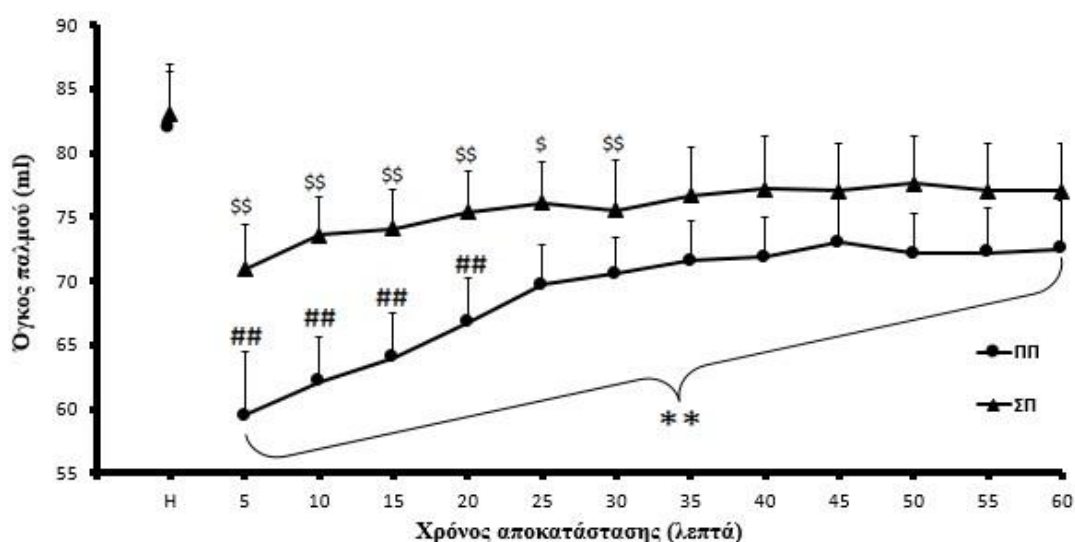
4.4.1.5. Όγκος παλμού (SV)

Ο όγκος παλμού αμέσως μετά την εκτέλεση της ΠΠ παρουσίασε εμφανή μείωση των τιμών του σε σχέση με την ηρεμία (82 ± 15 ml) και παρέμεινε μειωμένος καθ' όλη τη διάρκεια των 60

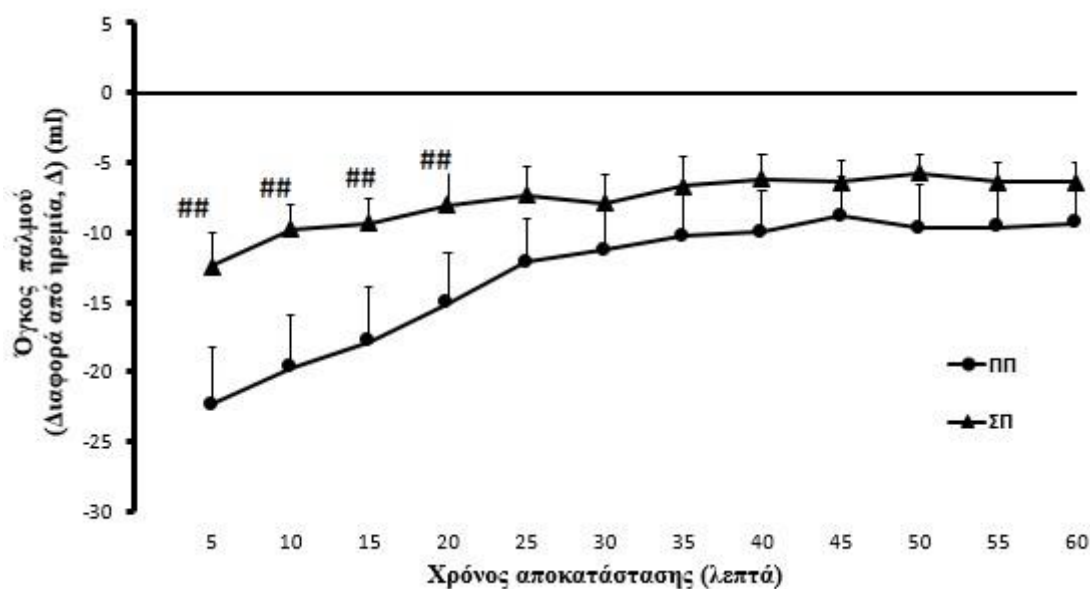
λεπτών της αποκατάστασης (60 ± 11 ml στο 5ο λεπτό και έφτασε σταδιακά τα 72 ± 12 ml στο 60ό). Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως οι διαφορές αυτές ήταν σημαντικές από το 5ο έως και το 60ό λεπτό ($p<0,01$) συγκριτικά με την ηρεμία. Μειωμένες τιμές στον όγκο

παλμού καταγράφηκαν και μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου ΣΠ. Συγκεκριμένα στο 5ο λεπτό ο όγκος παλμού ήταν 71 ± 16 ml και σταδιακά έφτασε στα 77 ± 12 ml στο 60ό λεπτό. Οι διαφορές που σημειώθηκαν σε σύγκριση με τις τιμές ηρεμίας ($83,4 \pm 10,5$ ml) ήταν στατιστικά σημαντικές από το 5ο έως το 30ό λεπτό ($p < 0,05$), ενώ από το 30ό μέχρι το 60ό λεπτό η μείωση των τιμών σε σχέση με την ηρεμία δεν ήταν σημαντική. Στατιστικά σημαντική ήταν και η διαφορά των τιμών του όγκου

παλμού μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων από το 5ο μέχρι και το 20ό λεπτό της αποκατάστασης ($p < 0,01$) (Σχήμα 4.4.9.). Όταν οι τιμές αποκατάστασης αναλύθηκαν ως διαφορές (Δ) από την αντίστοιχη τιμή ηρεμίας, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,01$) μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης από το 5ο μέχρι και το 20ό λεπτό (πτώση από 22 ± 13 ml και 12 ± 8 ml στο 5ο έως 15 ± 11 ml και 8 ± 7 ml στο 20ό λεπτό για την ΠΠ και ΣΠ, αντίστοιχα) (Σχήμα 4.4.10.).



Σχήμα 4.4.9. Μέση τιμή ($\pm$ SE) του όγκου παλμού στην ηρεμία (H) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, $N=10$) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, $N=10$) πρωτοκόλλου άσκησης. \$, \$\$ υποδεικνύουν σημαντική διαφορά σε σχέση με την ηρεμία για το πρωτόκολλο ΣΠ ($p < 0,05$ και $p < 0,01$, αντίστοιχα). ** υποδεικνύει σημαντική διαφορά σε σχέση με την ηρεμία για το πρωτόκολλο ΠΠ ($p < 0,01$). ## υποδεικνύει σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ΠΠ και ΣΠ ($p < 0,01$).

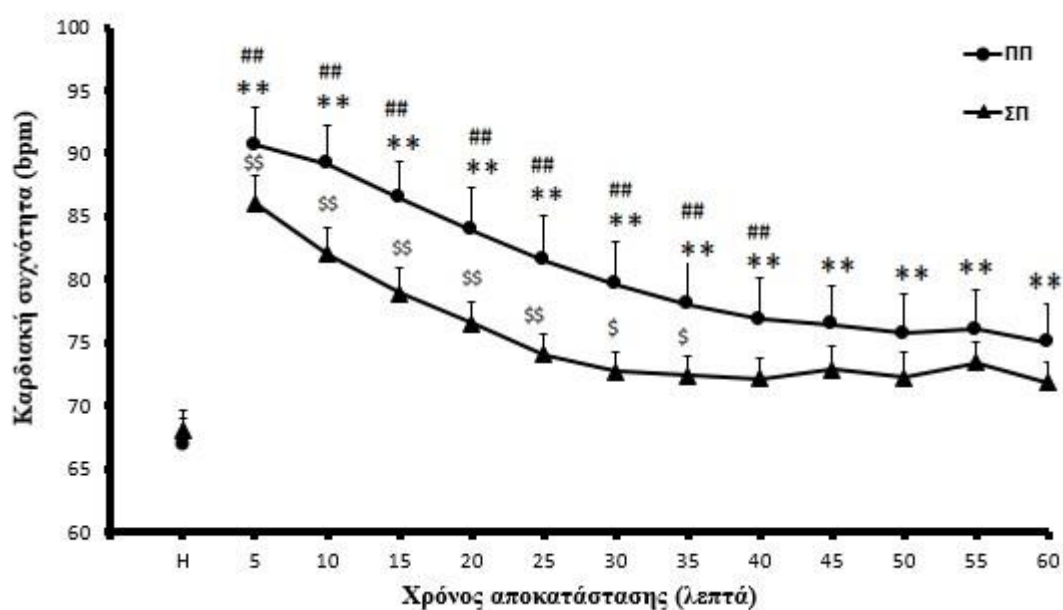


Σχήμα 4.4.10. Μέση τιμή ($\pm SE$) της διαφοράς του όγκου παλμού από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, $N=10$) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, $N=10$) πρωτοκόλλου άσκησης. ## υποδεικνύει σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων ($p<0,01$).

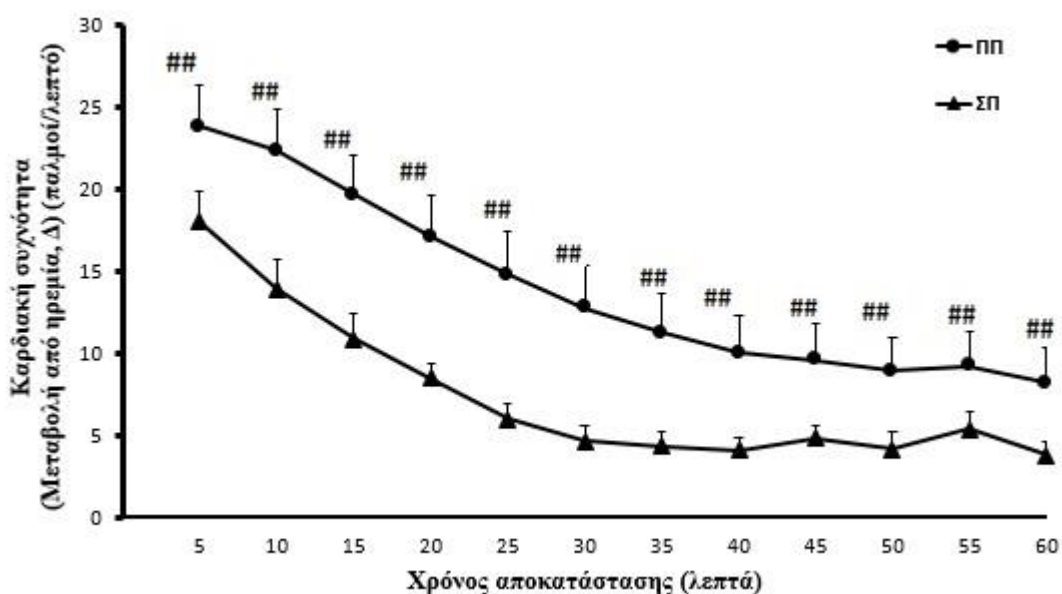
4.4.1.6. Καρδιακή συχνότητα (HR)

Με το τέλος της άσκησης η HR ήταν ανεβασμένη σε σχέση με την ηρεμία και στα δύο πρωτόκολλα. Μετά την ΠΠ η HR παρέμεινε σε σημαντικά υψηλότερα επίπεδα συγκριτικά με την ηρεμία (70 ± 6 παλμοί/λεπτό) καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης από το 5ο (91 ± 10 παλμοί/λεπτό) μέχρι και το 60ό (75 ± 10 παλμοί/λεπτό) λεπτό ($p<0,01$). Όσον αφορά την αποκατάσταση μετά τη ΣΠ, σημειώθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση των τιμών της HR από το 5ο (86 ± 7 παλμοί/λεπτό) έως και το 35ο λεπτό της αποκατάστασης (72 ± 5 παλμοί/λεπτό) συγκριτικά με την ηρεμία (68 ± 5 παλμοί/λεπτό) ($p<0,05$). Μεταξύ

των δύο πρωτοκόλλων σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην HR από το 5ο μέχρι και το 40ό λεπτό της αποκατάστασης ($p<0,01$) (Σχήμα 4.4.11.). Όταν οι τιμές αποκατάστασης αναλύθηκαν ως διαφορά (Δ) από την αντίστοιχη τιμή ηρεμίας, σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ($p<0,01$) μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης, από το 5ο μέχρι και το 60ό λεπτό (πτώση από 24 ± 8 παλμοί/λεπτό και 18 ± 6 παλμοί/λεπτό στο 5ο έως 8 ± 7 παλμοί/λεπτό και 4 ± 3 παλμοί/λεπτό στο 60ό λεπτό για την ΠΠ και ΣΠ, αντίστοιχα) (Σχήμα 4.4.12.).



Σχήμα 4.4.11. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της καρδιακής συχνότητας στην ηρεμία (H) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης. \$, \$\$ υποδεικνύουν σημαντική διαφορά σε σχέση με την ηρεμία για το πρωτόκολλο ΣΠ ($p < 0,05$ και $p < 0,01$, αντίστοιχα). ** υποδεικνύει σημαντική διαφορά σε σχέση με την ηρεμία για το πρωτόκολλο ΠΠ ($p < 0,01$). ## υποδεικνύει σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ΠΠ και ΣΠ ($p < 0,01$).

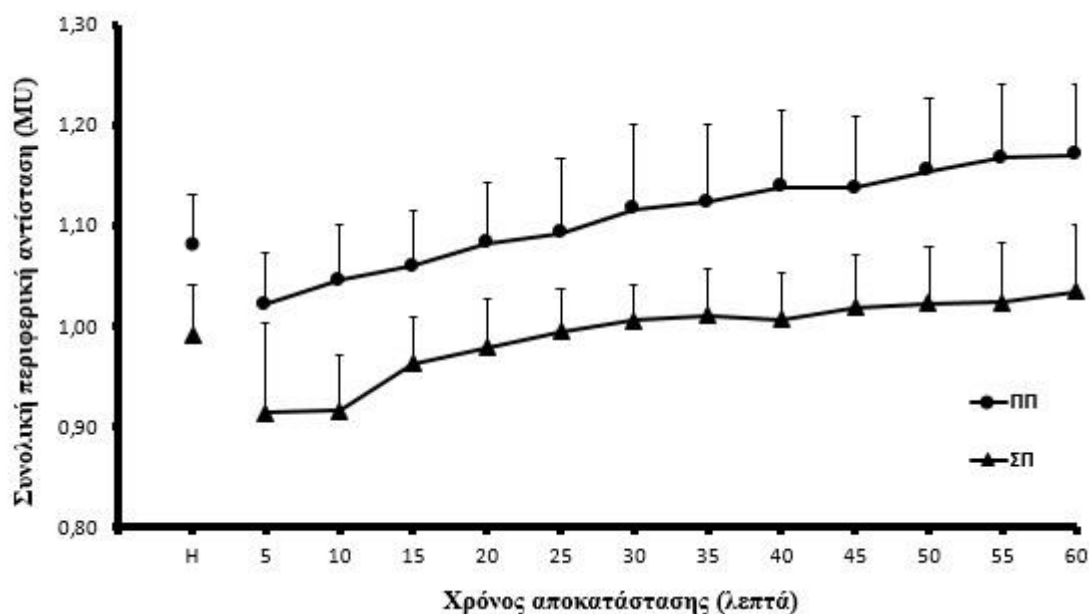


Σχήμα 4.4.12. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της μεταβολής της καρδιακής συχνότητας από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, N=10) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, N=10) πρωτοκόλλου άσκησης. ## υποδεικνύει σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων ($p < 0,01$).

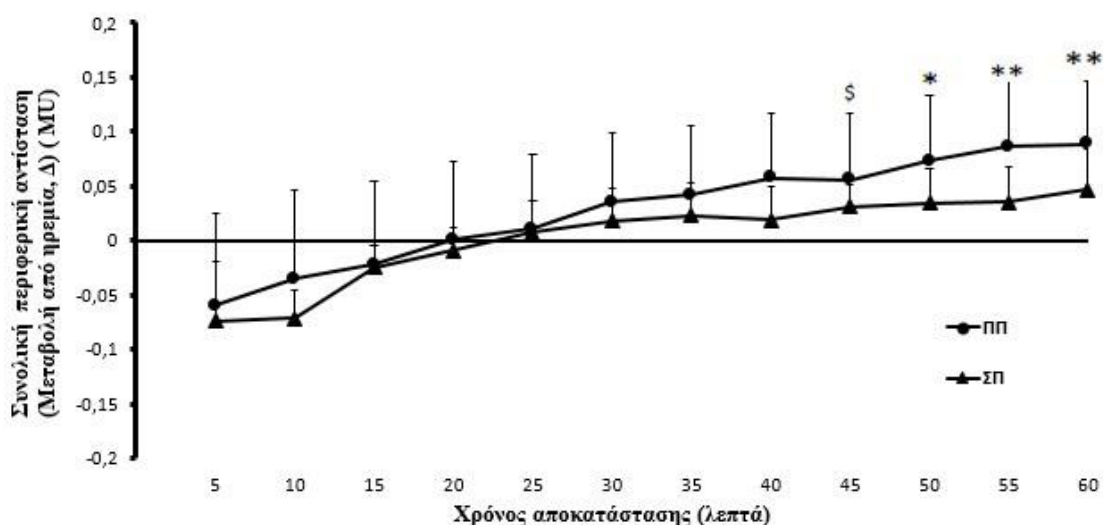
4.4.1.7. Συνολική περιφερική αντίσταση (TPR)

Κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή της ηρεμίας (ΠΠ: $1,08 \pm 0,3$ MU και ΣΠ: $0,99 \pm 0,2$ MU) για κανένα από τα δύο πρωτόκολλα άσκησης. Οι τιμές της TPR μετά την ΠΠ κυμάνθηκαν από $1,02 \pm 0,16$ MU στο 5ο λεπτό, μέχρι $1,17 \pm 0,22$ MU στο 60ό λεπτό, ενώ μετά τη ΣΠ από $0,91 \pm 0,18$ MU στο 5ο λεπτό έως $1,03 \pm 0,21$ MU στο 60ό λεπτό. Επίσης, δεν παρουσιάστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων άσκησης (Σχήμα 4.4.13). Όταν οι τιμές

αποκατάστασης αναλύθηκαν ως διαφορά (Δ) από την αντίστοιχη τιμή ηρεμίας, επίσης δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης από το 5ο (μείωση κατά $0,06 \pm 0,27$ και $0,07 \pm 0,18$ MU για την ΠΠ και ΣΠ, αντίστοιχα) έως και το 60ό λεπτό (αύξηση κατά $0,09 \pm 0,19$ και $0,05 \pm 0,12$ MU για την ΠΠ και ΣΠ, αντίστοιχα) (Σχήμα 4.4.14.). Μετά την ΠΠ παρουσιάστηκε διαφορά μεταξύ των 15 τελευταίων λεπτών της αποκατάστασης και της τιμής του 5ου λεπτού ($p < 0,05$). Μετά τη ΣΠ παρουσιάστηκε διαφορά μεταξύ του 60ού και του 5ου λεπτού της αποκατάστασης ($p < 0,05$).



Σχήμα 4.4.13. Μέση τιμή ($\pm SE$) της συνολικής περιφερικής αντίστασης στην ηρεμία (H) και κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, $N=10$) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, $N=10$) πρωτοκόλλου άσκησης.



Σχήμα 4.4.14. Μέση τιμή ($\pm$ SE) της μεταβολής της συνολικής περιφερικής αντίστασης από τις τιμές ηρεμίας κατά την αποκατάσταση διάρκειας 60 λεπτών μετά την ολοκλήρωση του διαλειμματικού (ΠΠ, κύκλος, $N=10$) και του συνεχούς (ΣΠ, τρίγωνο, $N=10$) πρωτοκόλλου άσκησης. *,** υποδεικνύουν σημαντική διαφορά σε σχέση με το 5^ο λεπτό της αποκατάστασης μετά την ΠΠ ($p<0,05$ και $p<0,01$, αντίστοιχα). § υποδεικνύει σημαντική διαφορά σε σχέση με το 5^ο λεπτό της αποκατάστασης μετά τη ΣΠ ($p<0,05$).

4.4.2. Αιματολογικές παράμετροι

4.4.2.1. Αιμοσφαιρίνη (Hb) και αιματοκρίτης (Hct)

Οι τιμές της αιμοσφαιρίνης τόσο μετά την ΠΠ ($12,3 \pm 1$ g/dl) όσο και μετά τη ΣΠ ($12,6 \pm 0,8$ g/dl), καθώς και μετά τα 60 λεπτά παθητικής αποκατάστασης ($12,4 \pm 0,8$ και $12,3 \pm 1$ g/dl για την ΠΠ και ΣΠ, αντίστοιχα) δεν παρουσίασαν καμία σημαντική διαφορά σε σχέση με την ηρεμία (ΠΠ: $12,4 \pm 1,1$ g/dl και ΣΠ: $12,1 \pm 1,1$ g/dl) ούτε και μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων ($p<0,05$). Οι τιμές του αιματοκρίτη μετά την ΠΠ ($37,6 \pm 2$ %) αλλά και τη ΣΠ ($38,2 \pm 2$ %) ήταν σημαντικά υψηλότερες ($p<0,05$ και $p<0,01$, αντίστοιχα) συγκριτικά με την ηρεμία (ΠΠ: $36,4 \pm 1,9$ % και ΣΠ: $36,0 \pm 2,0$ %), εντούτοις δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων άσκησης. Μετά από μία ώρα αποκατάστασης οι τιμές του αιματοκρίτη είχαν επανέλθει στις τιμές ηρεμίας και για τα δύο πρωτόκολλα.

4.4.2.2. Όγκος αίματος, πλάσματος και ερυθρών κυττάρων (BV, PV and CV)

Μετά την ΠΠ ο όγκος αίματος έδειξε μια μικρή αύξηση συγκριτικά με την ηρεμία κατά $0,73 \pm 9,3$ %, ενώ μετά τη ΣΠ μια μικρή μείωση κατά $3,5 \pm 9,2$ %. Με το πέρας των 60 λεπτών της αποκατάστασης μετά την ΠΠ, ο BV αυξήθηκε λίγο κατά $0,26 \pm 7,9$ %, ενώ στο τέλος της αποκατάστασης μετά τη ΣΠ ο BV μειώθηκε ελαφρά κατά $0,83 \pm 7,5$ %. Καμία από αυτές τις μεταβολές σε σχέση με την ηρεμία δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p>0,05$). Ο όγκος των ερυθροκυττάρων αμέσως μετά την ΠΠ ήταν ανεβασμένος σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας κατά $4,4 \pm 11,9$ %, ενώ αμέσως μετά τη ΣΠ κατά $2,4 \pm 9,4$ %. Μετά το τέλος της αποκατάστασης από την ΠΠ ο CV ήταν μειωμένος σε σχέση με την ηρεμία κατά $3 \pm 9,7$ % και μετά από τη ΣΠ κατά $2,6 \pm 7,1$ %. Και σ' αυτήν την παράμετρο δεν ήταν στατιστικά σημαντικές οι μεταβολές από την ηρεμία. Ο όγκος πλάσματος μειώθηκε σε σχέση με την ηρεμία κατά $1,3 \pm 8,7$ % αμέσως μετά την ΠΠ και κατά $6,8 \pm 9$ % αμέσως μετά τη ΣΠ. Η μείωση του PV αμέσως μετά τη

ΣΠ ήταν στατιστικά σημαντική ($p<0,05$) και σημαντικά χαμηλότερη από την αντίστοιχη τιμή που παρατηρήθηκε μετά την ΠΠ ($p<0,05$). Μετά το τέλος των 60 λεπτών αποκατάστασης από την ΠΠ ο PV ήταν αυξημένος σε σχέση με την ηρεμία κατά $0,3\pm 8,8$ % ενώ μετά την αποκατάσταση από τη ΣΠ ήταν μειωμένος κατά $0,9\pm 7,8$ %, οι διαφορές όμως αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

4.4.3. Σωματικό βάρος αποκατάστασης (BW)

Στο τέλος των μετρήσεων του πρωτοκόλλου ΠΠ, όταν επανεξετάστηκε το BW παρουσιάστηκε μειωμένο ($61,5\pm 7$ kg), διαφορά εντούτοις που δεν

ήταν σημαντική ($p=0,19$) συγκριτικά με την τιμή ηρεμίας ($61,6\pm 7,2$ kg). Όταν αντίστοιχα επανεξετάστηκε μετά τη ΣΠ, το BW ήταν σημαντικά αυξημένο ($61,5\pm 7,3$ kg) σε σχέση με την ηρεμία ($61,3\pm 7,3$ kg) ($p<0,05$). Καθώς οι τιμές ηρεμίας ήταν σημαντικά διαφορετικές μεταξύ των πρωτοκόλλων πριν τις μετρήσεις, κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστούν οι τιμές του BW και ως Δ (διαφορά από την ηρεμία) προκειμένου να είναι δυνατή η σύγκριση μεταξύ των πρωτοκόλλων. Βρέθηκε ότι μετά την ΠΠ η μείωση ήταν $0,1\pm 0,2$ kg, ενώ μετά τη ΣΠ η αύξηση ήταν $0,2\pm 2$ kg και οι τιμές αυτές διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους ($p<0,01$).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί σε νεαρές μη υπερτασικές αθλήτριες πετοσφαίρισης το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης κατά την αποκατάσταση μετά από μια προσομοιωμένη προπόνηση πετοσφαίρισης και να συγκριθεί με το αντίστοιχο φαινόμενο που παρατηρείται κατά την αποκατάσταση μετά από μια συνεδρία συνεχούς άσκησης στο κυκλοεργόμετρο. Βρέθηκε ότι η πορεία της αρτηριακής πίεσης και των υπόλοιπων μετρούμενων καρδιαγγειακών παραμέτρων κατά την αποκατάσταση μετά από την άσκηση ήταν διαφορετική μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων, ήταν όμως χρονοεξαρτώμενη και στις δύο περιπτώσεις.

Για να διερευνηθούν τα παραπάνω, 10 αθλήτριες πετοσφαίρισης της Α2 εθνικής κατηγορίας γυναικών του ελληνικού πρωταθλήματος, έλαβαν μέρος στη μελέτη. Οι αθλήτριες είχαν πρότερη αγωνιστική εμπειρία τουλάχιστον 5 ετών, ήταν υγιείς και μη υπερτασικές. Το δείγμα ήταν μέτριας φυσικής κατάστασης ($\dot{V} O_{2\max}$ $40 \pm 3,7$ ml/kg·min), σε αναμενόμενο επίπεδο για το άθλημα της πετοσφαίρισης (Wilmore & Costil, 2005), και το σωματικό τους λίπος ($24,3 \pm 2,8\%$) ήταν σε επίπεδα όμοια με αυτά που έχουν ανακοινωθεί για αντίστοιχο πληθυσμό σε άλλη έρευνα (Malousaris et al., 2008).

Η παρούσα εργασία είναι η πρώτη που επιχειρεί να μελετήσει το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης μετά από μια αθλοπαιδιά, γενικά, και, ειδικότερα, μετά από μια προσομοιωμένη προπόνηση πετοσφαίρισης εντός γηπέδου. Κύρια ευρήματα της παρούσας μελέτης ήταν πως μια συνεδρία πετοσφαίρισης (ΠΠ) προκάλεσε σε σύγκριση με μια συνεδρία συνεχούς ποδηλάτησης (ΣΠ) όμοιας έντασης και ενεργού χρόνου: α)

μεγαλύτερη σε μέγεθος και διάρκεια μετασκησιακή πτώση στη συστολική αρτηριακή πίεση (SBP) κατά τα πρώτα λεπτά της αποκατάστασης, β) σημαντική παρατεταμένη μετασκησιακή άνοδο της διαστολικής αρτηριακής πίεσης (DPB) πάνω από τις τιμές ηρεμίας, συμπαρασύροντας μετά τα πρώτα λεπτά της αποκατάστασης και τις τιμές της μέσης αρτηριακής πίεσης (MAP), γ) ισχυρότερες μετασκησιακές μεταβολές στον όγκο παλμού (σημαντική μείωση) και την καρδιακή συχνότητα (σημαντική άνοδο), δ) μικρότερη καρδιακή παροχή στην έναρξη της αποκατάστασης και ε) όμοια απόκριση (διατήρηση) στη συνολική περιφερική αντίσταση.

5.1 Μετασκησιακή απόκριση στη συστολική, διαστολική και μέση αρτηριακή πίεση

Σύμφωνα με τους Kenney & Seals (1993), ως μετασκησιακή υπόταση ορίζεται η πτώση της συστολικής ή/και διαστολικής πίεσης κάτω από τις τιμές της ηρεμίας. Στη βιβλιογραφία οι έρευνες που μελετούν την πορεία της αρτηριακής πίεσης και των λοιπών καρδιαγγειακών παραμέτρων μετά από μία και μόνο συνεδρία άσκησης αναφέρουν συνήθως πτώση και στις δύο συνιστώσες της αρτηριακής πίεσης (Cote et al., 2014; Jones et al., 2009; MacDonald et al., 2000; MacDonald et al., 2001; Park et al., 2006; Teixeira et al., 2011). Ωστόσο, απαντώνται και έρευνες που αναφέρουν πτώση αποκλειστικά της SBP με τη DBP να παραμένει αμετάβλητη (Bhammar et al., 2012; Mach et al., 2005; Park et al., 2008) ή και να παρουσιάζει άνοδο μετασκησιακά (Jones et al., 2007; Jones et al., 2008; Lacombe et al., 2011). Στην παρούσα έρευνα και τα δύο πρωτόκολλα άσκησης (διαλειμματικό και συνεχές) που εκτέλεσαν οι δοκιμαζόμενές μας,

επέφεραν μετασκησιακή υπόταση, όμως αυτή εκδηλώθηκε μόνο ως πτώση στη συστολική αρτηριακή πίεση και όχι ως πτώση στη διαστολική και μέση αρτηριακή πίεση. Η πτώση στη SBP ήταν μεγαλύτερη μετά την ΠΠ σε σύγκριση με τη ΣΠ τόσο σε μέγεθος (κατά 16 ± 11 έναντι 8 ± 11 mmHg) όσο και σε διάρκεια (10 έναντι 5 λεπτών). Το ίδιο έχει παρατηρηθεί σε μελέτες άλλων ερευνητών που έχουν συγκρίνει διαλειμματική με συνεχή άσκηση σε υγιείς νορμοτασικούς (Jones et al., 2009) και προϋπερτασικούς δοκιμαζόμενους (Park et al., 2006).

Παρόλο που στην παρούσα μελέτη τα δύο πρωτόκολλα είχαν βάσει σχεδιασμού όμοια ένταση και ενεργό χρόνο άσκησης, εντούτοις, η συνολική ενεργειακή δαπάνη κατά την προσομοιωμένη προπόνηση πετοσφαίρισης εκτιμάται ότι ήταν υψηλότερη, καθώς έχει δειχθεί πως κατά την εκτέλεση ενός διαλειμματικού πρωτοκόλλου η ενεργειακή δαπάνη παραμένει ανεβασμένη και κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων (Tomlin & Wenger, 2001). Επομένως, η μεγαλύτερη πτώση που παρουσιάστηκε στη συστολική αρτηριακή πίεση μετά την ΠΠ είναι πιθανόν να οφείλεται και σε μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη κατά την εκτέλεση της διαλειμματικής άσκησης (Jones et al., 2009), εάν συνυπολογιστεί στο συνολικό χρόνο του πρωτοκόλλου της προπόνησης πετοσφαίρισης ο χρόνος των διαλειμμάτων. Όταν σε έρευνα των Lacombe et al. (2011) εκτελέστηκαν από άνδρες μεγαλύτερης ηλικίας με προϋπέρταση δύο πρωτόκολλα διαλειμματικής και συνεχούς άσκησης, τα οποία είχαν ίση θερμιδική κατανάλωση, επήλθε ίδιου μεγέθους μετασκησιακή πτώση στην SBP. Επίσης, σε έρευνα των Jones et al. (2007) φάνηκε πως ο βαθμός της άμεσης μετασκησιακής υπότασης σε νορμοτασικούς άνδρες καθορίζεται κυρίως

από το συνολικά εκτελούμενο έργο και όχι τόσο από τη διάρκεια ή την ένταση του πρωτοκόλλου άσκησης. Και οι Rossow et al. (2010), οι οποίοι μελέτησαν αερόβια προπονημένους άνδρες και γυναίκες βρήκαν όμοια πτώση της SBP σε δύο πρωτόκολλα άσκησης (διαλειμματικό και συνεχές), τα οποία δεν ήταν ούτε ίσου χρόνου ούτε ίσου έργου ή θερμιδικής κατανάλωσης. Διαφορές στα εξεταζόμενα πρωτόκολλα άσκησης και στα χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων μπορεί να ευθύνονται για τα διαφορετικά ευρήματα που συναντώνται στη βιβλιογραφία σχετικά με το θέμα αυτό.

Έχει επιπλέον προταθεί από τους Barrett-O' Keefe et al. (2013) πως η επαναρύθμιση των τασεοαντακλαστικών είναι ανάλογη της μυϊκής μάζας που εμπλέκεται στην άσκηση. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας ίσως μπορούν να ερμηνευτούν υπό το πρίσμα αυτό καθώς η μυϊκή μάζα που εμπλέκεται κατά την ΠΠ είναι μεγαλύτερη. Είναι γνωστό πως ακόμα και μια μικρή μείωση κατά την αποκατάσταση, σε σύγκριση την άσκηση, στο επίπεδο της συμπαθητικής δραστηριότητας μπορεί να συμβάλει στην παρατηρούμενη μετασκησιακή υπόταση (Di Carlo et al., 1994). Το επίπεδο συμπαθητικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια, αλλά και μετά το τέλος της ΠΠ, είναι πιθανόν να βρίσκεται υψηλότερα συγκριτικά με τη ΣΠ, οδηγώντας σε ταχύτερη επαναφορά των τιμών της SBP σε εκείνες της ηρεμίας καθώς και σε μετέπειτα άνοδο της DBP και MAP πάνω από τις τιμές ηρεμίας.

Η βασική αιτία της παρατηρούμενης διαφοράς στη SBP μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρη προς το παρόν, είναι όμως φανερό από τα αποτελέσματα της

παρούσας μελέτης πως η διαλειμματική άσκηση είναι ικανή να επιφέρει μεγαλύτερη πτώση στη συγκεκριμένη συνιστώσα της πίεσης. Με το εύρημα μας αυτό συμφωνεί εν μέρει η έρευνα των Jones et al. (2009) που πραγματοποιήθηκε σε νορμοτασικούς και περιελάμβανε σύγκριση συνεχούς (30 λεπτά στο 70% της $\dot{V}O_{2\max}$) και διαλειμματικής κυκλοεργομέτρησης (3 x 10 λεπτά στο 70% της $\dot{V}O_{2\max}$ με ενδιάμεσα διαλείμματα 10 λεπτών) σε δύο διαφορετικές ώρες της ημέρας (8:00πμ και 16:00μμ). Οι ερευνητές αναφέρουν μεγαλύτερη πτώση μετά την εκτέλεση του διαλειμματικού πρωτοκόλλου τόσο στη SBP όσο και στη DBP, με την άσκηση που πραγματοποιήθηκε κατά τις απογευματινές ώρες να επιφέρει μεγαλύτερη πτώση γενικά, κάνοντας φανερή την παρουσία κιρκάδιου ρυθμού στην απόκριση της αρτηριακής πίεσης σύμφωνα με τους ερευνητές.

Δεν γνωρίζουμε εάν το επίπεδο της πτώσης της SBP θα ήταν μεγαλύτερο στην παρούσα έρευνα εάν μπορούσαμε να έχουμε τιμές από το 1^ο λεπτό της αποκατάστασης καθώς στο παρελθόν έχει φανεί πως στα πρώτα 2 λεπτά της αποκατάστασης σημειώνονται οι χαμηλότερες τιμές της αρτηριακής πίεσης (Jones et al., 2009). Λόγω της φύσης της ΠΠ η σύνδεση του εξοπλισμού έγινε αμέσως μετά τη λήξη της άσκησης οπότε οι πρώτες τιμές πάρθηκαν ουσιαστικά 3 λεπτά μετά τη λήξη του πρωτοκόλλου άσκησης λόγω της ιδιαιτερότητας βαθμονόμησης της συσκευής Finometer. Το ίδιο τηρήθηκε και μετά τη ΣΠ για να μην υπάρξει ανακολουθία στην ανάλυση των δεδομένων. Μετά την αρχική πτώση στις τιμές της κατά την αποκατάσταση από τις δύο μορφές άσκησης, η SBP επέστρεψε σύντομα στις τιμές ηρεμίας (στο 10^ο λεπτό μετά την ΣΠ και στο 15^ο λεπτό μετά την ΠΠ). Το εύρημα αυτό

είναι σε ακολουθία με τη βιβλιογραφία καθώς έχει φανεί πως σε νορμοτασικούς δοκιμαζόμενους η διάρκεια της μετασκησιακής υπότασης είναι μικρότερη (< 2 ωρών) σε σύγκριση με υπερτασικούς (> 12 ωρών) (Kenney & Seals, 1993). Βέβαια, οι δοκιμαζόμενες της παρούσας μελέτης ήταν μεν νορμοτασικές, αλλά το μέγεθος της πτώσης της συστολικής πίεσης μετά την ΠΠ (16mmHg) ήταν κοντά στα επίπεδα πτώσης που σημειώνουν υπερτασικοί ασθενείς (περίπου 20 mmHg).

Όσον αφορά τη DBP, μετά το πρωτόκολλο της ΣΠ παρέμεινε αμετάβλητη σε σύγκριση με την ηρεμία. Σε παρόμοιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Mach et al. (2005) όταν εξέτασαν νεαρούς άνδρες με ήπια υπέρταση (ποδηλάτηση στο 80% του αναερόβιου κατωφλιού τους με διάρκεια 10, 20, 40 και 80 λεπτά). Η DBP παρέμεινε αμετάβλητη σε σχέση με την ηρεμία και στα 4 διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης. Υπάρχουν βεβαίως και αρκετές μελέτες που αναφέρουν σημαντικές μειώσεις στη DBP μετά από συνεχή ή/και διαλειμματική άσκηση (Cote et al., 2014; Jones et al., 2009; Park et al., 2006; Teixeira et al., 2010). Η μετασκησιακή εικόνα της DBP ήταν διαφορετική μετά την προπόνηση πετοσφαίρισης στην παρούσα μελέτη. Συγκεκριμένα, παρουσιάστηκε σημαντικά αυξημένη από το 10^ο κιόλας λεπτό της αποκατάστασης σε σύγκριση με την ηρεμία και παρέμεινε αυξημένη και σημαντικά διαφορετική από τις αντίστοιχες τιμές της ΣΠ καθ' όλη τη διάρκεια των 60 λεπτών της αποκατάστασης. Στις περισσότερες έρευνες που μελετούν το φαινόμενο της μετασκησιακής υπότασης και σε διαλειμματική άσκηση δεν παρατηρούνται αντίστοιχα ευρήματα. Συνήθως αναφέρεται χαμηλότερη (Park et al. 2006) και συχνότερα αμετάβλητη DBP (Jones et al., 2008; Lacombe et al., 2011;

Park et al., 2008) μετά από ένα πρωτόκολλο διαλειμματικής άσκησης. Εντούτοις, υπάρχουν και έρευνες με ενδιαφέρουσες μεθοδολογίες που βρίσκουν κοινό τόπο με την παρούσα μελέτη και παρέχουν κάποιο υπόβαθρο για προβληματισμό και έδαφος για το σχολιασμό των παρόντων ευρημάτων.

Είναι γνωστό πως το άθλημα της πετοσφαίρισης χαρακτηρίζεται από διαρκή εναλλαγή των αγωνιστικών συνθηκών στις οποίες κυριαρχούν σύντομες περίοδοι άσκησης με πολύ υψηλή ένταση και εναλλαγές στις θέσεις σώματος, όπως μέγιστα άλματα και αμυντικές πτώσεις. Υπό αυτό το πρίσμα δύο έρευνες που διεξήχθησαν για να μελετήσουν μετασχησιακά την επίδραση πλειομετρικής προπόνησης στην αρτηριακή πίεση (Arazi et al., 2012; Arazi et al., 2014), φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη συνάφεια με το δικό μας διαλειμματικό πρωτόκολλο από άλλες έρευνες που χρησιμοποίησαν διαλειμματική άσκηση στο κυκλοεργόμετρο (Lacombe et al., 2011; Jones et al., 2009; Cote et al., 2014). Στην έρευνα των Arazi et al. (2012) χρησιμοποιήθηκε πρωτόκολλο πλειομετρικής άσκησης σε αθλήτριες πετοσφαίρισης και χειροσφαίρισης που περιελάμβανε 50 άλματα πάνω σε κουτί ύψους 50 εκατοστών (5 σετ των 10 επαναλήψεων) και 50 άλματα βάθους από κουτί ύψους 50 εκατοστών (5 σετ x 10 επαναλήψεις). Ανάμεσα στα σετ υπήρχε διάλειμμα 2 λεπτών και ανάμεσα στις ασκήσεις διάλειμμα 3 λεπτών. Η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης γινόταν με σφυγμομανόμετρο αμέσως μετά την ολοκλήρωση κάθε σετ και αμέσως μετά την ολοκλήρωση της πρώτης άσκησης. Βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές αυξήσεις στις SBP και DBP σε σχέση με την ηρεμία. Επίσης, σε επόμενη μελέτη της ίδιας ερευνητικής ομάδας, πραγματοποιήθηκε σύγκριση 3 διαφορετικών εντάσεων πλειομετρικής προπό-

νησης και κατόπιν μετρήθηκε η αρτηριακή πίεση για μια περίοδο αποκατάστασης 70 λεπτών. Πλειομετρική προπόνηση χαμηλού έργου χαρακτηρίστηκε εκείνη που περιλάμβανε 5 σετ x 10 επαναλήψεις, μεσαίου έργου 10 σετ x 10 επαναλήψεις (ένταση όμοια με τον αριθμό αλμάτων του δικού μας διαλειμματικού πρωτοκόλλου που ήταν 96 συνολικά) και υψηλού έργου εκείνη που περιλάμβανε 15 σετ x 10 επαναλήψεις αλμάτων βάθους, από κουτί ύψους 50 εκατοστών. Και οι τρεις εντάσεις πλειομετρικής προπόνησης κατάφεραν να αυξήσουν τη SBP, τη DBP και τη HR πάνω από τα επίπεδα ηρεμίας για 10 λεπτά μετά την άσκηση. Στην παρούσα όμως μελέτη, η προπόνηση πετοσφαίρισης εμπεριείχε μεν πλειομετρικές συστολές, ήταν όμως πιο σύνθετη, με τρέξιμο, πλάγιες μετακινήσεις, πτώσεις, χτυπήματα με μπάλα. Η ανάμικτη φύση της ΠΠ, η οποία στηρίζεται τόσο στον αναερόβιο μεταβολισμό, κατά τη διάρκεια των εκρηκτικών κινήσεων, όσο και στον αερόβιο κατά τις φάσεις ανάπαυλας μεταξύ των αγωνιστικών επεισοδίων, φαίνεται ότι προκάλεσε τη διαφορετική πορεία των δύο αρτηριακών πιέσεων μετασχησιακά. Καθώς η ένταση της άσκησης ήταν ίδια και στα δυο πρωτόκολλα που μελετήσαμε σ' αυτή την έρευνα, είναι πιθανόν η μεγαλύτερη μυϊκή μάζα που εμπλέκεται στην πετοσφαίριση καθώς και η μεγαλύτερη εμπλοκή των μυϊκών ινών ταχείας συστολής να επιφέρει επιπλέον αύξηση της συμπαθητικής νευρικής δραστηριότητας (Arazi et al., 2012), γεγονός που ενισχύεται και από την αυξημένη HR κατά την αποκατάσταση σε σχέση με το πρωτόκολλο της συνεχούς άσκησης στο ποδήλατο. Ακόμη, η υψηλότερη διαστολική πίεση μπορεί να αντανakλά τη διάνοιξη περισσότερων περιφερικών αγγείων κατά την ΠΠ και τον εγκλωβισμό μεγαλύτερης ποσότητας

αίματος μέσα σ' αυτά με το τέλος της άσκησης. Η μεγαλύτερη πιθανή λίμναση του αίματος στην περιφέρεια μετά την ΠΠ συνάδει και με τον μικρότερο SV που παρατηρήθηκε μετά από αυτόν τον τύπο άσκησης. Παρόλο που υπάρχουν διαφοροποιήσεις μεταξύ μιας αμιγούς πλειομετρικής προπόνησης και μιας προπόνησης πετοσφαίρισης, οι πιθανοί μηχανισμοί που επέφεραν άνοδο της DBP φαίνεται να είναι κοινοί. Αυξημένη συμπαθητική δραστηριότητα και μειωμένη παρασυμπαθητική δραστηριότητα λόγω ισχυρότερης ενεργοποίησης της κεντρικής εντολής (MacDonald et al., 2000) και των μηχανοαισθητήρων των μυών και των αρθρώσεων (Rowell & O'Leary, 1990). Φαίνεται επομένως πιθανό μετασκησιακά η συμπαθητική δραστηριότητα να μειώθηκε μεν σε σχέση με τα επίπεδα της άσκησης, να παρέμεινε δε σε υψηλότερα επίπεδα μετά την ΠΠ σε σχέση με τη ΣΠ προκαλώντας την αύξηση της DBP πάνω από τα επίπεδα ηρεμίας. Θα μπορούσε επίσης η αρτηριακή πίεση να έχει επηρεαστεί από τον αριθμό των κινητικών μονάδων που απαιτούνται για την πραγματοποίηση αυτού του είδους άσκησης. Στην περίπτωση αυτή, είναι πιθανόν οι μηχανοϋποδοχείς των μυών και των αρθρώσεων που είναι ευαίσθητοι στην αύξηση της εθελούσιας δύναμης και στη φόρτιση των αρθρώσεων να στέλνουν και αυτοί μηνύματα στο κέντρο καρδιαγγειακού ελέγχου για τροποποίηση των καρδιαγγειακών αποκρίσεων (Arazi et al., 2014). Μια τέτοια δραστηριότητα όμως θα αναμενόταν να οδηγούσε σε αύξηση και της SBP, όπως συνέβη και στο πρωτόκολλο των Arazi et al. (2014). Εντούτοις, κάτι τέτοιο δε συνέβη στη δική μας μελέτη, καθώς η SBP παρουσίασε πτώση στα πρώτα λεπτά της αποκατάστασης μετά την άσκηση, πιθανά ως αποτέλεσμα μετασκησιακής διευκόλυνσης ανασταλ-

τικών καρδιοαναπνευστικών αντανακλαστικών (Di Carlo et al., 1994).

Στην παρούσα διατριβή οι τιμές της MAP παρουσίασαν αρχικά όμοια πτώση και στα δύο πρωτόκολλα (4 mmHg), η οποία δεν διέφερε στατιστικά σημαντικά σε σχέση με την ηρεμία. Εντούτοις, στη βιβλιογραφία έχει φανεί πως ακόμα και πτώση της τάξης των 5mmHg είναι κλινικά σημαντική και συμβάλλει στην μείωση της εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων (Jones et al., 2009). Από το 25^ο λεπτό της αποκατάστασης μέχρι και το τέλος αυτής σημειώθηκε άνοδος μετά την ΠΠ στις τιμές της MAP σε σχέση με την ηρεμία. Η συγκεκριμένη απόκριση ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με τη ΣΠ, κατά την οποία η MAP δεν σημείωσε σημαντική μεταβολή καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης, σε συμφωνία και με άλλες μελέτες (Lacombe et al., 2011; Lynn et al., 2009). Καθώς η MAP προκύπτει από τις SBP και DBP, φαίνεται λογική η πορεία των τιμών της αν συνυπολογίσουμε την αντιθετική πορεία των δύο πιέσεων κατά τα πρώτα λεπτά της αποκατάστασης και την περαιτέρω άνοδο της DPB χωρίς αντιροπιστική μείωση στη SBP μετέπειτα. Φαίνεται έτσι να ενισχύεται η υπόθεση πως η συμπαθητική δραστηριότητα παραμένει σε υψηλότερα επίπεδα μετά τη λήξη της ΠΠ σε σχέση με τη ΣΠ.

Η πορεία της αρτηριακής πίεσης της παρούσας μελέτης παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με την πορεία που ακολούθησε η πίεση μετά τη συνεχή άσκηση τις πρωινές ώρες στις μελέτες των Jones et al. (2008a), στις οποίες μελετήθηκε η πιθανή παρουσία κirkάδιου ρυθμού στις τιμές της αρτηριακής πίεσης μετά από συνεχή άσκηση στο κυκλοεργόμετρο για 30 λεπτά στο 70% της μέγιστης πρόσληψης

οξυγόνου σε υγιείς νορμοτασικούς άνδρες. Μετά την πρωινή άσκηση, η εμφάνιση του φαινομένου ήταν οριακή και γρήγορα οι τιμές των πιέσεων επέστρεψαν στις τιμές ηρεμίας (SBP) ή και τις ξεπέρασαν (DBP και MAP) μέσα στα 20 λεπτά αποκατάστασης που καταγράφηκαν με συσκευή Portapres. Κατόπιν οι δοκιμαζόμενοι έφυγαν από το εργαστήριο και επέστρεψαν στις καθημερινές τους εργασίες όπου για 1 ώρα συνεχίστηκε η καταγραφή των τιμών της αρτηριακής πίεσης μέσω φορητής αυτόματης συσκευής. Στο διάστημα αυτό οι τιμές της πίεσης εξακολούθησαν να είναι ανεβασμένες σε σχέση με την ηρεμία. Ανεβασμένες τιμές στη MAP αναφέρουν οι ίδιοι ερευνητές (Jones et al., 2008b) και μετά από πρωινή συνεχή άσκηση για 30 λεπτά στο 60% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου. Κατά την αποκατάσταση μετά από απογευματινή άσκηση (Jones et al., 2008a), σημειώθηκε σημαντική υπόταση και στις τρεις πιέσεις SBP, DBP, MAP. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η απόκριση του καρδιαγγειακού παρουσιάζει κιρκάδιο ρυθμό και υπάρχει σύνδεση της πρωινής αύξησης στις τιμές της πίεσης ηρεμίας με τη μετασκησιακή άνοδο της πίεσης αυτές τις ώρες τις ημέρας. Θα μπορούσαμε, λοιπόν, όσο αφορά την άνοδο των λειτουργιών του οργανισμού, να παραλληλίσουμε την διαλειμματική άσκηση που προσομοιάζει σε προπόνηση πετοσφαίρισης με την φάση μετάβασης από τον ύπνο στην εγρήγορση, καθώς φαίνεται ότι και στις δύο αυτές καταστάσεις δοκιμάζεται σε μεγάλο βαθμό η ομοιόσταση της αρτηριακής πίεσης επιφέροντας μεταβολές στην συμπαθητική και παρασυμπαθητική δραστηριότητα.

Οι Lacombe et al. (2011) αναφέρουν αποκρίσεις συγκρίσιμες με εκείνες που σημειώθηκαν στη δική μας μελέτη και πιο συγκεκριμένα σημαντική

μετασκησιακή υπόταση μετά από εκτέλεση πρωτοκόλλων διαλειμματικής και συνεχούς άσκησης (μείωση SBP, διατήρηση MAP και οριακή αύξηση της DBP), παρότι στην έρευνά τους χρησιμοποιήθηκαν δύο πρωτόκολλα άσκησης με ίση θερμιδική κατανάλωση και ίσο μικτό χρόνο άσκησης. Το ένα πρωτόκολλο ήταν διαλειμματικό (5 x 2:2 λεπτά στο 85% και 40% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου), ενώ το άλλο συνεχές (21 λεπτά στο 60% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου) και οι παρατηρούμενες αποκρίσεις δεν διέφεραν μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων.

5.2 Μετασκησιακή απόκριση σε καρδιακή παροχή, καρδιακή συχνότητα και όγκο παλμού

Κατά την αποκατάσταση από την άσκηση, η καρδιακή παροχή (CO) παρουσίασε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων στο 5^ο λεπτό της αποκατάστασης. Μετά τη λήξη της ΠΠ οι τιμές παρέμειναν πολύ κοντά στις τιμές ηρεμίας επιτρέποντάς μας να χαρακτηρίσουμε αμετάβλητη τη μετασκησιακή πορεία της, ενώ μετά τη λήξη της ΣΠ παρουσιάστηκε ελαφρώς ανεβασμένη (κατά ~0,5 l/min), χωρίς ωστόσο να σημειώνεται στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την ηρεμία. Η CO είναι το γινόμενο του όγκου παλμού (SV) επί την καρδιακή συχνότητα (HR). Ο SV παρέμεινε κάτω από τις τιμές ηρεμίας και στα δυο πρωτόκολλα άσκησης καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης, με εντονότερη πτώση μετά την ΠΠ (σημαντική διαφορά από τη ΣΠ για τα πρώτα 20 λεπτά), ενώ η HR παρέμεινε πάνω από τις τιμές ηρεμίας με εντονότερη άνοδο μετά την ΠΠ (σημαντική διαφορά από τη ΣΠ καθ' όλη τη διάρκεια της αποκατάστασης). Φαίνεται πως η σημαντικά αυξημένη HR ήταν αρκετή για να αντισταθμίσει τη σημαντική μείωση του SV μετά τη ΣΠ.

Εντούτοις, και παρά την ελαφρά αύξηση της CO, η SBP παρουσιάστηκε μειωμένη σε σχέση με την ηρεμία. Αντίθετα, μετά την ΠΠ, η CO είχε χαμηλές τιμές, ένεκα του σημαντικά χαμηλότερου SV σε σχέση με την ποδηλάτηση, επιφέροντας πιθανά και τη μεγαλύτερη πτώση της SBP μετά τη λήξη της ΠΠ συγκριτικά με τη ΣΠ. Στη βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί ποικίλες και διαφορετικές αποκρίσεις των καρδιαγγειακών παραμέτρων κατά την αποκατάσταση. Στις περισσότερες περιπτώσεις αναφέρεται ως αιτία της μετασκησιακής υπότασης η διατηρούμενη περιφερική αγγειοδιαστολή που οφείλεται σε πτώση των περιφερικών αντιστάσεων και η οποία δεν αντισταθμίζεται από αυξημένη καρδιακή παροχή (Halliwil 2001). Η παροδική υπεραιμία στους πρώην εργαζόμενους μετά την άσκηση είναι γνωστή και αποδίδεται τόσο στην αναχαίτιση της συμπαθητικής νευρικής δραστηριότητας για αγγειοσυστολή όσο και στη δράση τοπικά αγγειοδιασταλτικών ουσιών για περίπου 20 λεπτά (Halliwil et al., 2013).

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζεται μια ελαφρά μείωση των περιφερικών αντιστάσεων της τάξης του 7% και στα δύο πρωτόκολλα σε σχέση με την ηρεμία, η οποία όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική. Η ελάχιστη αυτή μείωση μπορεί να αποδοθεί σε χαμηλότερη μεταγαγγλιονική μυϊκή συμπαθητική δραστηριότητα που μεσολαβείται και από ανασταλτική δραστηριότητα καρδιοαναπνευστικών αντανakλαστικών (αυξημένη επίδραση ανασταλτικών καρδιακών κεντρομόλων ώσεων στην κυκλοφορία μετά την άσκηση) (DiCarlo et al. 1994). Είναι πιθανό η απουσία στατιστικά σημαντικής διαφοράς στη συνολική περιφερική αντίσταση μετασκησιακά να οφείλεται στην απώλεια των τιμών των πρώτων 3 λεπτών της αποκατάστασης μέχρι να ολοκληρωθεί η σύνδεση του εξοπλι-

σμού. Αντίστοιχα ευρήματα αναφέρονται σε μία ακόμα έρευνα που συνέκρινε διαλειμματική με συνεχή άσκηση σε πληθυσμό αερόβια προπονημένων ανδρών, όπου η CO παρέμεινε αμετάβλητη ενώ η TPR ήταν μειωμένη (Scott et al., 2008) και στα δύο πρωτόκολλα άσκησης. Όμως, οι Lacombe et al., (2011) που μελέτησαν διαλειμματική και συνεχή άσκηση αναφέρουν μειωμένη CO και αυξημένη TPR. Αντίθετα με την προηγούμενη μελέτη, οι Rossow et al. (2010) στην μελέτη των οποίων έγινε σύγκριση διαλειμματικής άσκησης πολύ υψηλής έντασης (διαδοχικά Wingate tests) με συνεχή άσκηση, σε αερόβια προπονημένους άνδρες και γυναίκες, αναφέρουν όμοια πτώση της πίεσης μετά την άσκηση, η οποία όμως επετεύχθη με διαφορετική απόκριση των καρδιαγγειακών παραμέτρων συγκριτικά με τη μελέτη των Lacombe et al. Πιο συγκεκριμένα η CO παρουσίασε αύξηση (αυξημένη μετασκησιακά και για τα δύο πρωτόκολλα σε σχέση με την ηρεμία, αλλά στατιστικά υψηλότερη μετά τη διαλειμματική άσκηση σε σύγκριση με τη συνεχή), η TPR μείωση (μειωμένη μετασκησιακά και για τα δύο πρωτόκολλα σε σχέση με την ηρεμία, αλλά στατιστικά μικρότερη μετά τη διαλειμματική άσκηση σε σύγκριση με τη συνεχή). Στις υπόλοιπες μελέτες μετασκησιακής υπότασης που συνέκριναν συνεχή με διαλειμματική άσκηση δεν αναφέρονται τιμές καρδιαγγειακών παραμέτρων πλην της πίεσης για να μπορέσει να εξαχθεί κάποιο ασφαλέστερο συμπέρασμα (Bhammar et al., 2012; Jones et al., 2009; Park et al., 2006).

Ο μειωμένος όγκος παλμού και η αυξημένη καρδιακή συχνότητα που παρατηρήθηκαν μετασκησιακά στην παρούσα μελέτη αποτελούν τυπικό εύρημα στη βιβλιογραφία είτε η άσκηση είναι συνεχής είτε διαλειμματική (Jones

et al., 2007; Lacombe et al., 2011). Είναι πιθανό η μείωση του όγκου παλμού μετά την άσκηση να υποδεικνύει μείωση της φλεβικής επαναφοράς λόγω απουσίας της μυϊκής αντλίας κατά την παθητική αποκατάσταση που επιφέρει μείωση στον τελοδιαστολικό όγκο πλήρωσης. Αυτή η μείωση της φλεβικής επαναφοράς θα μπορούσε να προκαλέσει αποφόρτιση των πνευμονικών τασεοαισθητήρων και αυτή με τη σειρά της αύξηση της καρδιακής συχνότητας (Jones et al., 2007). Έτσι, η μεγαλύτερη αύξηση της HR μετά την ΠΠ είναι πιθανόν να συνδέεται με μεγαλύτερη πτώση της SBP και με υψηλότερο επίπεδο συμπαθητικής δραστηριότητας, ικανό να επαναφέρει ταχύτερα τη SBP και τη MAP μετασκησιακά. Έχει επίσης προταθεί πως ο SV πιθανόν επηρεάζεται και από μειώσεις στον όγκο πλάσματος λόγω εφίδρωσης (Chakouradian et al., 2003) και μη αναπλήρωσης των υγρών. Στην παρούσα όμως έρευνα οι δοκιμαζόμενες προσήλθαν ενυδατωμένες για τις μετρήσεις και ενυδατώθηκαν και κατά τις πειραματικές διαδικασίες σύμφωνα με το πρωτόκολλο ενυδάτωσης των Lynn et al. (2007). Σε άτομα των οποίων η καρδιακή παροχή δεν είναι ανεβασμένη μετασκησιακά, όπως είναι οι αερόβια προπονημένοι άνδρες (Senitko et al., 2002), πιθανολογείται πως λαμβάνει χώρα περιφερική αγγειοσυστολή προκειμένου να αποτραπεί πτώση της αρτηριακής πίεσης κάτω από το νέο σημείο ελέγχου (Lynn et al., 2009). Η φλεβική πίεση έχει βρεθεί ότι επηρεάζει τον αρτηριακό τασεοαντανακλαστικό έλεγχο της καρδιάς μέσω της μειωμένης δραστηριοποίησης των καρδιοαναπνευστικών τασεοαισθητήρων.

5.3 Θερμορρυθμιστικές παράμετροι και μετασκησιακή υπόταση

Στην παρούσα μελέτη και κατά τη διάρκεια της ΣΠ, οι δοκιμαζόμενες

κατανάλωναν νερό ακόμα και λίγο πριν τη λήξη της άσκησης, καθώς ο συνολικός χρόνος άσκησης ήταν μικρότερος σε σύγκριση με το συνολικό χρόνο της ΠΠ. Έτσι, φαίνεται πως η άνοδος του σωματικού βάρους που παρουσιάστηκε μετά τη ΣΠ με παράλληλη μείωση του όγκου πλάσματος οφείλεται στο μικρό χρονικό περιθώριο που υπήρχε για να ολοκληρωθεί η απορρόφηση του νερού από το στομάχι. Μετά την ΠΠ δεν υπήρξαν σημαντικές μεταβολές στον όγκο πλάσματος και στο σωματικό βάρος, γεγονός που υποδηλώνει την επαρκή ενυδάτωση των δοκιμαζομένων. Παρόλο που μετά το πρωτόκολλο της συνεχούς ποδηλάτησης υπήρξε μείωση του όγκου πλάσματος, φαίνεται πως και εδώ η ενυδάτωση ήταν επαρκής καθώς η διαστολική πίεση δεν παρουσίασε μειώσεις. Μελέτη των Ribeiro et al. (2013) συμπεραίνει πως η αναπλήρωση υγρών αποτρέπει την μετασκησιακή πτώση της DBP σε σύγκριση με τη συνθήκη που δεν έγινε αναπλήρωση υγρών μετά από άσκηση για 30 λεπτά στο 80% του αναερόβιου κατωφλίου των δοκιμαζομένων. Στη συγκεκριμένη έρευνα η αναπλήρωση των υγρών γινόταν αμέσως μετά τη λήξη της άσκησης και η λήψη των πρώτων τιμών της πίεσης πραγματοποιούνταν 15 λεπτά μετασκησιακά. Επίσης, οι Endo et al. (2002) που μελέτησαν την επίδραση της αναπλήρωσης υγρών κατά τη διάρκεια άσκησης μέτριας έντασης στο κυκλοεργόμετρο, βρήκαν πως η μετασκησιακή MAP δεν παρουσίασε μείωση σε σύγκριση με την ηρεμία στη συνθήκη της ενυδάτωσης, ενώ στη συνθήκη ελέγχου η MAP έπεσε κάτω από τις τιμές ηρεμίας. Σε έρευνα των Lynn et al. (2009) μελετήθηκε η επίδραση της αναπλήρωσης των υγρών μέσω ενυδάτωσης και του θερμικού στρες κατά την άσκηση στην καρδιαγγειακή απόκριση μετά από ποδη-

λάτηση στο 60% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου για 60 λεπτά με δείγμα άνδρες αερόβια προπονημένους. Οι ερευνητές συμπέραναν πως η ενυδάτωση των δοκιμαζομένων μετριάξει την μετασκησιακή πτώση της καρδιακής παροχής, καθώς βρέθηκαν σημαντικά υψηλότερες τιμές στη συνθήκη της ενυδάτωσης. Από τα παραπάνω προκύπτει πως στη δική μας μελέτη η αναπλήρωση υγρών ήταν επαρκής και στις δύο συνθήκες και ένας ακόμη πιθανός λόγος που δεν παρουσιάστηκαν μειώσεις στη DBP μπορεί να είναι και η κατανάλωση νερού, καθώς στις έρευνες που αναφέρεται πτώση της DBP μετά την άσκηση οι ερευνητές δεν κάνουν λόγο για ενυδάτωση ή όχι των δοκιμαζομένων τους. Η περαιτέρω αύξηση της DBP πάνω από τις τιμές ηρεμίας μόνο μετά την προπόνηση πετοσφαίρισης πιθανόν να συνδέεται με εντονότερη ενεργοποίηση του συμπαθητικού συστήματος, λόγω της φύσης της άσκησης, αλλά δεν αποκλείεται και η συνέργεια της κατανάλωσης νερού που από μόνη της αρκεί για να ανεβάσει την πίεση ηρεμίας σύμφωνα με τους Endo et al. (2002).

5.4 Συμπεράσματα

Συνοπτικά τα συμπεράσματα της παρούσας διατριβής παρατίθενται παρακάτω:

- Διαλειμματική άσκηση ενεργού χρόνου 30 λεπτών και έντασης κατά μέσο όρο στο 70% της $\dot{V} O_{2max}$ που προσομοιάζει προπόνηση πετοσφαίρισης προκάλεσε παροδική εμφάνιση μετασκησιακής υπότασης (μείωση στην τιμή της συστολικής πίεσης) σε νεαρές αθλήτριες πετοσφαίρισης. Συνεχής άσκηση ίσου χρόνου και ίδιας έντασης εκτελεσμένη σε ποδήλατο προκάλεσε την τυπική εκδήλωση του

φαινομένου της μετασκησιακής υπότασης όπως συναντάται συχνά στη βιβλιογραφία.

- Προπόνηση πετοσφαίρισης συνολικής διάρκειας 1 ώρας, ενεργού χρόνου 30 λεπτών και έντασης που αντιστοιχεί στο 70% της $\dot{V} O_{2max}$ προκάλεσε μεγαλύτερη μετασκησιακή υπόταση σε μέγεθος και διάρκεια σε νεαρές αθλήτριες πετοσφαίρισης απ' ό,τι η συνεχής άσκηση.
- Η μετασκησιακή πορεία της αρτηριακής πίεσης φαίνεται ότι επηρεάστηκε από αυξημένη δράση του συμπαθητικού συστήματος μετά την προπόνηση πετοσφαίρισης, καθώς αυτός ο τύπος άσκησης απαιτεί τη συμμετοχή μεγαλύτερης μυϊκής μάζας και περισσότερων κινητικών μονάδων, ενώ εμπλέκει και περισσότερο τις μυϊκές ίνες ταχείας συστολής.
- Βάσει της εντονότερης πτώσης της συστολικής και της εντονότερης ανόδου της διαστολικής πίεσης που παρουσιάστηκε μετά την προπόνηση πετοσφαίρισης, προτείνεται ενεργητική αποκατάσταση μετά από δραστηριότητες πετοσφαίρισης που εκτελούνται με ένταση αντίστοιχη με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα.
- Καθώς η παρούσα διατριβή είναι η πρώτη που μελετά ως διαλειμματικό τύπο άσκησης μια αθλοπαιδιά, περισσότερη έρευνα είναι απαραίτητη για να μελετηθούν σε βάθος οι μηχανισμοί που προκαλούν τη διαφορετική απόκριση μεταξύ των δύο συνιστωσών της αρτηριακής πίεσης, όπως και τη φυσιολογική σημασία αυτής της απόκρισης, μετά από τέτοιες μορφές άσκησης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arazi, H., Asadi, A., Mahdavi, S., & Nasiri, S. (2014). Cardiovascular responses to plyometric exercise are affected by workload in athletes. *Postep Kardiol Inter*, 1, 2-6.
- Arazi, H., Asadi, A., Nesedi, M., & Delpasand, A. (2012). Cardiovascular and blood lactate responses to acute plyometric exercise in female volleyball and handball players. *Sport Sci Health*, 8, 2-6.
- Barrett-O'Keefe, Z., Kaplon, R., & Halliwill, J. (2013). Sustained postexercise vasodilation and histamine receptor activation following small muscle-mass exercise in humans. *Exp Physiol*, 98, 268-277.
- Bhammar, D., Angandi, S., & Gaesser, G. (2012). Effects of fractionized and continuous exercise on 24-h ambulatory blood pressure. *Med Sci Sports Exerc*, 44, 2270-2276.
- Birch, K., Cable, N., & George, K. (2002). Combined oral contraceptives do not influence post-exercise hypotension in women. *Exp Physiol*, 87, 623-632.
- Bogert, L., & Van lieshout, J. (2005). Non-invasive pulsatile arterial pressure and stroke volume changes from the human finger. *Exp Physiol*, 90, 437-446.
- Bos, W., Van Goudoever, J., Van Montfrans, G., Van den Meiracker, A., & Wesseling, K. (1996). Reconstruction of brachial artery pressure from noninvasive finger pressure measurements. *Circulation*, 94, 1870-1875.
- Carter, R., Watenpugh, D., Smith, M., Van den Meiracker, A., & Wesseling, K. (2001). Gender differences in cardiovascular regulation during recovery from exercise. *J Appl Physiol*, 91, 1902-1907.
- Charkoudian, N., Halliwill, J., Morgan, B., Eisenach, J., & Joyner, M. (2003). Influences of hydration on post-exercise cardiovascular control in humans. *J Physiol*, 552, 635-644.
- Chen, C., & Bonham, A. (2010). Postexercise Hypotension: Central mechanisms. *Exerc Sport Sci Rev*, 38, 122-127.
- Chen, C., Bechtold, A., Tabor, J., & Bonham, A. (2009). Exercise reduces GABA synaptic input onto nucleoustractussolitarii baroreceptor second order neuron via NK1 receptor internalization in spontaneously hypertensive rats. *J Neurosci*, 29, 2754-2761.
- Convertino, V. (1998). Gender differences in autonomic functions associated with blood pressure regulation. *Am J Physiol*, 275, 1909-1920.
- Cote, A., Bredin, S., Phillips, A., Koehle, M., & Warburton, D. (2014). Greater autonomic modulation during post-exercise hypotension following high-intensity interval exercise in enduranced-trained men and women. *Eur J Appl Physiol*, 115, 81-89.
- DiCarlo, S., Collins, H., Howard, M., Chen, C., Scislo, T., & Patil, R. (1994). Postexertional hypotension: A brief review. *Sports Med, Training and Rehab*, 5, 17-27.
- Dill, D., & Costil, D. (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma and red cells. *J Appl Physiol*, 37, 247-248.

- Ducic, Z., Ivancev, V., Valic, Z., Bacovic, D., Martinovic-Terzic, I., Eterovic, D., & Wisloff, U. (2006). Postexercise hypotension in moderately trained athletes after maximal exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 38, 318-322.
- Durnin, G., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurement on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr*, 32, 77-97.
- Dyba, W. (1982). Physiological and activity characteristics of volleyball. *Volleyball Technician*, 6, 33-51.
- Eliakim, A., Portal, S., Zadic, Z., Rabinowitz, J., Adler-Portal, D., Cooper, D., Zaldivar F., & Nemet, D. (2009). The effect of volleyball practice on anabolic hormones and inflammatory markers in elite male and female adolescent players. *J Strength Cond Res*, 23, 1553-1559.
- Endo, Y., Yamauchi, K., Tsutsui, Y., Ishahara, Z., Yamazaki, F., Sagawa, S., & Shraki, K. (2012). Changes in blood pressure and muscle sympathetic nerve activity during water drinking in humans. *Jpn J Physiol*, 66, 120-1213.
- Esformes, J., Norman, F., Sigley, J., & Birch, K. (2006). The influence of menstrual cycle phase upon postexercise hypotension. *Med Sci Sports Exerc*, 38, 484-491.
- Fardy, P., Hritz, M., & Hellerstein, H. (1976). Cardiac responses during women's intercollegiate volleyball and physical fitness changes from a season of competition. *J Sports Med Phys Fitness*, 16, 291-300.
- Forjaz, C., Cardoso, C., Rezk, C., Santaella, D., & Tinucci, T. (2004). Postexercise hypotension and hemodynamics: The role of exercise intensity. *J Sports Med Phys Fitness*, 44, 54-62.
- González, C., Ureña, A., Llop, F., García, J., Martín, A., & Navaro, F. (2005). Physiological characteristics of libero and central volleyball players. *Biol Sport*, 22, 13-27.
- Häkkinen, K. (1993). Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season. *J Sports Med Phys Fitness*, 33, 223-232.
- Halliwill, J., Christopher, T., & Joyner, M. (2000). Effect of systemic nitric oxide synthase inhibition on postexercise hypotension in humans. *J Appl Physiol*, 89,1830-1836.
- Halliwill, J., Dinunno, F., & Dietz, N. (2003). a-Adrenergic vascular responsiveness during postexercise vasodilation. *J Physiol*, 550, 279-286.
- Halliwill, J., Tashiba, M., Lacey, A., & Romero, S. (2013). Postexercise hypotension and sustained postexercise vasodilation: what happens after we exercise? *Exp Physiol*, 98, 7-18.
- Halliwill, J., Taylor, J., & Eckberg, D. (1996). Impaired sympathetic vascular regulation in humans after acute dynamic exercise. *J Physiol*, 495, 279-288.
- Halliwill, J. (2001). Mechanisms and clinical implications of post-exercise hypotension in humans. *Exerc Sport Sci Rev*, 29, 65-70.
- Hara, K., & Floras, J. (1992). Effects of naloxone on hemodynamics and sympathetic activity after exercise. *J Appl Physiol*, 73, 2028-2035.
- Howley, E., Bassett, D., & Welch, H. (1995). Criteria for maximal oxygen

- uptake: Review and commentary. *Med Sci Sports Exerc*, 27, 1292-1301.
- Imholz, B., Wieling, W., Van Montfrans, G., & Wesseling, K. (1998). Fifteen years of experience with finger arterial pressure monitoring: Assessment of the technology. *Cardiovasc Res*, 38, 605-616.
- Jones, H., Atkinson, G., Leary, A., George, K., Murphy, M., & Whatherhouse, J. (2006). Reactivity of ambulatory blood pressure to physical activity varies with time of day. *Hypertension*, 47, 778-784.
- Jones, H., Pritchard, C., George, K., Edwards, B., & Atkinson, G. (2008a). Effects of time of day on post-exercise blood pressure: Circadian or sleep-related influences? *Chronobiol Int*, 25, 987-998.
- Jones, H., Pritchard, C., George, K., Edwards, B., & Atkinson, G. (2008). The acute post-exercise response of blood pressure varies with time of day. *Eur J Appl Physiol*, 104, 481-489.
- Jones, H., Taylor, C., Lewis, N., George, K., & Atkinson, G. (2009). Post-exercise blood pressure reduction is greater following intermittent than continuous exercise and is influenced less by diurnal variation. *Chronobiol Int*, 26, 293-306.
- Kajekar, R., Chen, C., Mutoh, T., & Bonham, A. (2002). GABA(A) receptor activation at medullary sympathetic neurons contributes to postexercise hypotension. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 282, 1615-1624.
- Kenney, M., & Seals, D. (1993). Postexercise hypotension: Key features, mechanisms, and clinical significance. *Hypertension*, 22, 653-664.
- Kuipers, K., Verstappen, F., Keizer, H., Geurten, P., & Van Kranenburg, G. (1985). Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med*, 6, 197-201.
- Lacombe, S., Goodman, J., Carly, M., Liu, S., & Scott, T. (2011). Interval and continuous exercise elicit equivalent postexercise hypotension in prehypertensive men, despite differences in regulation. *Appl Physiol Nutr Metab*, 36, 881-891.
- Lasgewouters, G., Wesseling, K., & Goehard, W. (1984). The static elastic properties of 45 human thoracic and 20 abdominal aortas in vitro and the parameters of a new model. *J Biomech*, 17, 425-435.
- Laughlin, M., Davis, M., Secher, N., Van Lieshout, J., Arce-Esquivel, A., Simmons, G., Bender, S., Padilla, J., Bache, R., Mercus, D., & Mercus, D. (2012). Peripheral circulation. *Compr Physiol*, 2, 321-447.
- Lecompte, J., & Rivet, D. (1979). Tabulated data on the duration of exchanges and stops in a volleyball game. *Volleyball Technical Journal*, 4, 87-91.
- Lee, D., & Haymes, E. (1995). Exercise duration and thermoregulatory responses after whole body precooling. *J Appl Physiol*, 79, 1971-1976.
- Leonetti, P., Francoise, A., Girard, A., Laude, D., Lefrere, F., & Elghozi, J. (2004). Stroke volume monitored by modeling flow from finger arterial pressure waves mirrors blood volume withdrawn by phlebotomy. *Clin Auton Res*, 14, 176-181.
- Lockwood, J., Pricher, M., Wilkins, B., Holowatz, L., & Halliwill, J. (2005). Postexercise hypotension is not

- explained by a prostaglandin-dependent peripheral vasodilation. *J Appl Physiol*, 98, 447-453.
- Lynn, B., McCord, J., & Halliwill, J. (2007). Effects of the menstrual cycle and sex on postexercise hemodynamics. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 292, 1260-1270.
- MacDonald, J. (2002). Potential causes, mechanisms, and implications of postexercise hypotension. *J Hum Hypertens*, 16, 225-236.
- Mach, C., Foster, C., Brice, G., Mikat, R., & Porcari, J. (2005). Effect of exercise duration on postexercise hypotension. *J Cardiopulm Rehabil*, 25, 366-369.
- Malousaris, G., Bergeles, N., Barzouka, K., Bayios, I., Nassis, G., & Koskolou, M. (2008). Somatotype, size and body composition of competitive female volleyball players. *J Sci Med Sport*, 11, 337-344.
- McCord, J., & Halliwill, J. (2006). H1 and H2 receptors mediate postexercise hyperemia in sedentary and endurance exercise trained men and women. *J Appl Physiol*, 101, 1693-1701.
- McCord, J., Beasley, J., & Halliwill, J. (2006). H2-receptor-mediated vasodilation contributes to postexercise hypotension. *J Appl Physiol*, 100, 67-75.
- Padilla, J., Wallace, J., & Park, S. (2005). Accumulation of physical activity reduces blood pressure in pre- and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*, 37, 1264-1275.
- Parati, G., Casadei, R., Groppelli, A., Di Rienzo, M., & Mancia, G. (1989). Comparison of finger and intra-arterial blood pressure monitoring at rest and during laboratory testing hypertension. *Hypertension*, 13, 647-655.
- Park, S., Rink, L., & Wallace, J. (2006). Accumulation of physical activity leads to a greater blood pressure reduction than a single continuous session, in hypertension. *J Hypertens*, 24, 1761-1770.
- Park, S., Rink, L., & Wallace, J. (2008). Accumulation of physical activity: blood pressure reduction between 10-min walk session. *J Hum Hypertens*, 22, 475-482.
- Peñáz, J. (1973). Photoelectric measurement of blood pressure, volume and flow in the finger. *Digest of the International Conference on Medicine and Biological Engineering*, 104-104.
- Potts, J. (2006). Inhibitory neurotransmission in the nucleus tractussolitarii: implications for baroreflex resetting during exercise. *Exp Physiol*, 91, 59-72.
- Pricher, M., Holowatz, L., Williams, J., Lockwood, J., & Halliwill, J. (2004). Regional hemodynamics during postexercise hypotension. I. Splanchnic and renal circulations. *J Appl Physiol*, 97, 2065-2070.
- Raine, N., Cable, N., George, K., & Campbell, I. (2001). The influence of recovery posture on post-exercise hypotension in normotensive men. *Med Sci Sports Exerc*, 33, 404-412.
- Reeser, J., & Bahr, R. (2003). Energy Demands in the Sport of Volleyball. *Handbook of Sports Medicine and Science: VOLLEYBALL*, US: Blackwell Science: pp. 11-17.
- Reilly, T., Secher, N., Snell, P., & Williams, C. (1990). Court games: Volleyball and basketball. In *Physiology of Sports* (1st ed.). E & FN Spon.

- Remmen, J., Aengavaeren, W., Verheugt, F., Van der Werf, T., Luijten, H., Boss, A., & Jansen, R. (2002). Finapres arterial pulse wave analysis with Modeflow is not a reliable non-invasive method for assessment of cardiac output. *Clin Sci*, 103, 143-149.
- Ribeiro, M., Pecanha, T., Ferreira-Bartels, R., Marins, J., & Lima, J. (2014). Effect of water intake on postexercise cardiovascular recovery. *Revista Brasileira De Cineanthropometria E Desempenho Humano*, 16, 76-85.
- Rossow, L., Yan, H., Fahs, C., Renadive, S., Agiovlasitis, S., Wilund, K., Baynard, T., & Fernhall, B. (2010). Postexercise hypotension in an endurance-trained population of men and women following high intensity interval and steady-state cycling. *Am J Hypertens*, 33, 358-367.
- Rowell, L., & O' Leary, D. (1990). Reflex control of the circulation during exercise: Chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Appl Physiol*, 69, 407-418.
- Sawka, M., Burke, L., Eichner, E., Maughan, R., Montain, S., & Stachenfeld, N. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*, 39, 377-390.
- Schutte, A., Huisman, H., Van Rooyen, J., Malan, N., & Schutte, R. (2004). Validation of the finometer device for measurement of blood pressure in black women. *J Hum Hypertens*, 18, 79-84.
- Scott, J., Esch, B., Lucina, S., McKenzie, D., Koehle, M., Shell, M., & Warburton, D. (2008). Post-exercise hypotension and cardiovascular responses to moderate orthostatic stress in endurance trained males. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33, 246-253.
- Senitko, A., Charkoudian, N., & Halliwill, J. (2002). Influence of endurance exercise training status and gender on postexercise hypotension. *J Appl Physiol*, 92, 2368-2374.
- Siri, W. (1956). The gross composition of the body. *Adv Biol Med Phys*, 4, 239-280.
- Teixeira, L., Mendes, R., Dias, R., Tinucci, T., Junior, D., & Forjaz, C. (2011). Post-concurrent exercise hemodynamics and cardiac autonomic modulation. *Eur J Appl Physiol*, 11, 2069-2078.
- Tomlin, D., & Wegner, H. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med*, 31, 1-11.
- Van Lieshout, J., Toska, K., van Lieshout, E., Eriksen, M., Walloe, L., & Wesseling, K. (2003). Beat-to-beat noninvasive stroke volume from arterial pressure and Doppler ultrasound. *Eur J Appl Physiol*, 90, 131-137.
- Viitasalo, J., Rusko, H., Pajala, O., Rahkila, P., Ahila, M., & Montonen, H. (1987). Endurance requirements in volleyball. *Can J Spt Sci*, 12, 194-201.
- Wesseling, K., deWit, B., van der Hooven, G., van Goudoever, J., & Settels, J. (1995). Physiocal, calibrating finger vascular physiology for Finapres. *Homeostasis*, 36, 67-82.
- Whaley, M., Brubaker, P., & Otto, R. (2006). Pre-Exercise Evaluations. In *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (7th ed.). American College of Sports Medicine. Philadelphia, Pa.: Lippincott Williams & Wilkins.

- Wilkins, B., Minson, C., & Halliwill, J. (2004). Regional hemodynamics during postexercise hypotension. II. Cutaneous circulation. *J Appl Physiol*, 97, 2071-2076.
- Wilmore, J., & Costill, D. (2006). Ρύθμιση της Αναπνοής κατά τη Διάρκεια της Άσκησης. *Φυσιολογία της Άσκησης και του Αθλητισμού* (3^η έκδ., τόμος. 1, σελ. 260-261). Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης.
- Μπεργελές, Ν. (1993). Η Προπόνηση. *Προπονητική Πετοσφαίρισης* (σελ. 13-56), Αθήνα.

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

7.1 Έντυπα

7.1.1. Έντυπο ενημέρωσης και συγκατάθεσης δοκιμαζομένων

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



Ημ/νία...../...../2013

Ονομ/μο.....

Έντυπο ενημέρωσης-συγκατάθεσης δοκιμαζομένων

Η έρευνα στην οποία πρόκειται να προσυπογράψεις τη συμμετοχή σου διεξάγεται στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Βιολογία της Άσκησης» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών. Οι μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν στο εργαστήριο Εργοφυσιολογίας και στο κλειστό γυμναστήριο της Σ.Ε.Φ.Α.Α. του Πανεπιστημίου Αθηνών. Συνολικά θα χρειαστεί να έρθεις 3 φορές.

Στην πρώτη επίσκεψη και για τον προσδιορισμό της αερόβιάς σου ικανότητας θα σου ζητηθεί να εκτελέσεις άσκηση προοδευτικά αυξανόμενης έντασης, μέχρι εξάντλησης ($\dot{V}O_{2\max}$ test) σε ηλεκτρονικό κυκλοεργόμετρο (στατικό ποδήλατο). Το πρωτόκολλο προοδευτικής επιβάρυνσης έχει σχεδιαστεί ώστε να σε εξαντλεί σε 8- 12 λεπτά. Κατά τη διάρκεια της άσκησης θα προσδιορίζεται η πρόσληψη οξυγόνου (ανοιχτό κύκλωμα εργοσπιρομέτρησης) και η καρδιακή συχνότητα (τηλεμετρία). Για να μετρηθεί η κατανάλωση οξυγόνου θα συνδεθείς μέσω ενός επιστομίου και σωληνώσεων με ένα κατάλληλο μηχάνημα.

Έπειτα, θα έρθεις άλλες δύο φορές στις εγκαταστάσεις της Σ.Ε.Φ.Α.Α. Τη μία θα πραγματοποιήσεις προπόνηση πετοσφαίρισης (διάρκειας 1 ώρας) και την επόμενη, άσκηση στο ποδήλατο (για 30 λεπτά με ένταση ίση με τη μέση καρδιακή συχνότητα που είχες κατά την προπόνηση πετοσφαίρισης). Πριν την άσκηση θα γίνουν μετρήσεις σε συνθήκες ηρεμίας ενώ θα βρίσκεσαι σε ύπτια θέση. Μετά την άσκηση θα πραγματοποιηθεί αποκατάσταση διάρκειας 1 ώρας και πάλι σε ύπτια θέση. Κατά την ηρεμία και την αποκατάσταση θα πραγματοποιούνται μετρήσεις της αρτηριακής πίεσης, της καρδιακής συχνότητας και άλλων καρδιαγγειακών παραμέτρων με τη χρήση ειδικών συσκευών. Τέλος, τόσο πριν την δοκιμασία, όσο και μετά το τέλος της άσκησης αλλά και της αποκατάστασης θα γίνεται λήψη μικρής ποσότητας αίματος από το δάκτυλο του χεριού για τον καθορισμό του αιματοκρίτη και της αιμοσφαιρίνης.

ΠΡΟΣΟΧΗ:

Είναι υποχρέωσή σου να μην αποκρύψεις οποιαδήποτε πληροφορία γνωρίζεις και σχετίζεται τόσο με την τωρινή κατάσταση της υγείας σου όσο με οποιοδήποτε πρόβλημα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Σου τονίζουμε ότι μπορείς να διακόψεις τη συμμετοχή σου στο πείραμα οποιαδήποτε στιγμή αισθανθείς αδιαθεσία, πόνο ή για οποιοδήποτε λόγο εσύ κρίνεις σοβαρό. Δεν πρέπει να πάρεις μέρος στις μετρήσεις αν ταλαιπωρείσαι από οποιαδήποτε παθολογία η οποία μπορεί να θέσει την υγεία σου σε κίνδυνο.

Η συμμετοχή σου στις μετρήσεις γίνεται εθελοντικά και σε πνεύμα συνεργασίας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι εμπιστευτικά για χρήση δική σου και της ερευνητικής ομάδας. Σε περίπτωση δημοσιοποίησης των δεδομένων, αυτή θα είναι ανώνυμη. Για οποιαδήποτε ερώτηση ή παρατήρηση που αφορά τις μετρήσεις που σου γίνονται καθώς και οτιδήποτε δεν έγινε κατανοητό γύρω από το σκοπό και τις συνθήκες της μέτρησης θα είμαστε στη διάθεσή σου. Επίσης, μπορείς να απευθυνθείς στην Επίκουρη Καθηγήτρια Εργοφυσιολογίας κ. Μαρία Κοσκολού (επιβλέπουσα καθηγήτρια της μελέτης) σε ώρες γραφείου.

Μπορείς να αποσυρθείς από τις μετρήσεις οποιαδήποτε στιγμή κρίνεις χωρίς προκατάληψη ή συνέπεια από πλευράς του υπευθύνου της μελέτης.

Διάβασα το παραπάνω κείμενο και κατανόησα πλήρως τις διαδικασίες στις οποίες θα υποβληθώ. Συναινώ να συμμετάσχω αβίαστα και διατηρώ το δικαίωμα να σταματήσω ή να αποσυρθώ, σύμφωνα με την προσωπική μου κρίση. Δηλώνω ότι είμαι υγιής και δεν ταλαιπωρούμαι από σύνδρομα ή ασθένειες που πιθανόν να θέσουν την υγεία και τη ζωή μου σε κίνδυνο κατά τη δοκιμασία.

Όνομα δοκιμαζόμενου

Όνομα μάρτυρα

Όνομα ερευνητή

Υπογραφή

Υπογραφές

Υπογραφή

7.1.2. Ερωτηματολόγιο κατάστασης υγείας δοκιμαζομένων

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ



ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

Ημερομηνία...../...../2013

Ονοματεπώνυμο.....

Πριν την συμμετοχή σου σε οποιαδήποτε ερευνητική δραστηριότητα πρέπει να γνωρίζουμε την κατάσταση της υγείας σου. Για το λόγο αυτό καλείσαι να απαντήσεις στις παρακάτω ερωτήσεις, ώστε η συμμετοχή σου στην έρευνα να γίνει με την μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια. Παρακαλώ να διαβάσεις τις ερωτήσεις προσεκτικά και να απαντήσεις με ειλικρίνεια σημειώνοντας « x » στο κατάλληλο κουτί ΝΑΙ ή ΟΧΙ ή συμπληρώνοντας ολογράφως όπου ζητείται.

ΝΑΙ ΟΧΙ

Έχεις εξεταστεί σε εργομετρικό εργαστήριο; Αν ναι, πότε;.....

--	--

Πότε ήταν η τελευταία φορά που έκανες πλήρη ιατρικό έλεγχο;

.....

--	--

Σου έχουν αναφέρει ότι πάσχεις από κάποια χρόνια ή σοβαρή ασθένεια: Αν ναι, ποια ή ποιες;

.....

Έχετε οικογενειακό ιστορικό καρδιαγγειακού νοσήματος (π.χ. έμφραγμα, υπέρταση); Αν ναι, αναφέρατε το νόσημα, τα συγγενικά πρόσωπα καθώς και την ηλικία στην οποία τους παρουσιάστηκε.

--	--

.....

.....

.....

Σου έχει πει ποτέ ο γιατρός ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα με την καρδιά σου και ότι πρέπει να εκτελείς φυσική δραστηριότητα που προτείνεται από κάποιο γιατρό;

--	--

Αισθάνεσαι πόνο στο στήθος όταν εκτελείς οποιαδήποτε δραστηριότητα;

--	--

Έχεις αισθανθεί την καρδιά σου να χτυπά ασυνήθιστα (σαν φτερουγίσματα);

--	--

Υπάρχουν φορές που η καρδιά σου χτυπά πολύ γρήγορα χωρίς ιδιαίτερο λόγο (ταχυκαρδίες);

--	--

Σου έχουν αναφέρει ποτέ ότι η πίεση του αίματος σου δεν είναι φυσιολογική;

--	--

Χάνεις την ισορροπία σου λόγω ζαλάδας;

--	--

Έχεις χάσει ποτέ τις αισθήσεις σου; Αν ναι για ποιο λόγο σου συνέβη;.....

--	--

Έχεις κάποιο πρόβλημα στα οστά σου ή στις αρθρώσεις σου που χειροτερεύει όταν εκτελείς φυσική δραστηριότητα;

--	--

Είσαι αναιμική;

--	--

Έχεις πρόβλημα με τη λήψη αίματος;

--	--

Κάνεις χρήση φαρμάκων ή διατροφικών συμπληρωμάτων;

Αν ναι, ποια;

.....
.....
.....

--	--

Καπνίζεις; Αν ναι, πόσα τσιγάρα την ημέρα;

.....

--	--

Πως θα αξιολογούσες τη γενική σου υγεία;

α) Άριστη β) Πολύ καλή γ) Καλή δ) Μέτρια ε) Κακή

Γυμνάζεσαι συστηματικά; Πόσες φορές την εβδομάδα; Για πόσα χρόνια;

--	--

.....

.....

Θεωρείς ότι η φυσική σου κατάσταση είναι:

α) Χαμηλή β) Μέτρια γ) Καλή δ) Πολύ καλή ε) Άριστη

--	--

Έχεις οποιαδήποτε διαταραχή στον έμμηνο κύκλο σου; Αν ναι, ποια;

--	--

.....

Ποια είναι η συχνότητα επανεμφάνισης της εμμηνορρυσίας σου;

.....ημέρες

Η συχνότητα αυτή είναι:

α) Απολύτως συχνή β) Συνήθως σωστή γ) Σποραδικά σωστή

--	--

23. Έχεις πολυκυστικές ωοθήκες;

24. Κάνεις ή έχεις κάνει χρήση αντισυλληπτικών χαπιών τους τελευταίους έξι μήνες;

--	--

Διάβασα κατανόησα και συμπλήρωσα το παρόν ερωτηματολόγιο. Δηλώνω ότι μπορώ να συμμετέχω στις εργομετρήσεις.

Όνομ/μο δοκιμαζομένου

Όνομ/μο μάρτυρα

Όνομ/μο ερευνητή

Υπογραφή δοκιμαζόμενου

Υπογραφή μάρτυρα

Υπογραφή ερευνητή

7.1.3. Πρωτόκολλα συλλογής δεδομένων

Προκαταρκτικές Μετρήσεις

Πρωτόκολλο Συλλογής Δεδομένων

Καταγραφή Αρτηριακής Πίεσης Ηρεμίας

Ημερομηνία...../...../ 2013

Αρτηριακή Πίεση ηρεμίας:

Συστολική, Διαστολική, Μέση, Παλμοί/λεπτό
.....

Αρτηριακή Πίεση ηρεμίας:

Συστολική, Διαστολική, Μέση, Παλμοί/λεπτό
.....

Αρτηριακή Πίεση ηρεμίας:

Συστολική, Διαστολική, Μέση, Παλμοί/λεπτό
.....

ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ:

ΔΕΡΜΑΤΟΠΤΥΧΕΣ	1 ^η (mm)	2 ^η (mm)	3 ^η (mm)	M.O. (mm)
Δικεφαλική				
Τρικεφαλική				
Υπερλαγόνια				
Υποπλάτια				

Σημειώσεις:

Προκαταρκτικές Μετρήσεις

Πρωτόκολλο προοδευτικά αυξανόμενης επιβάρυνσης

Ημερομηνία Εργομέτρησης: / / 2013

Θερμοκρασία:

Ημερ. Γέννησης:

Υγρασία:

Βάρος:

Ατμ. Πίεση:

Ὑψος:

HR ηρεμίας :

Συνολικός χρόνος:

Προβλεπόμενη HR_{max} :

Ημέρες μετά από περίοδο:

HR_{max} τερματισμού :

Ύψος σέλας:..... Ύψος τιμονιού:..... Απόσταση χερουλιών:.....

$\dot{V} O_{2\max}$ test					
min	Power (Watt)	HR (παλμοί/λεπτό)	Borg Total	$\dot{V} O_2$ l/min	$\dot{V} E$ l/min
0' - 0:59''	40				
1' - 1:59''	55				
2' - 2:59''	70				
3' - 3:59''	85				
4' - 4:59''	100				
5' - 5:59''	115				
6' - 6:59''	130				
7' - 7:59''	145				
8' - 8:59''	160				
9' - 9:59''	175				
10' - 10:59''	190				
11' - 11:59''	205				
12' - 12:59''	220				
13' - 13:59''	235				

Σημειώσεις:

Πρωτόκολλο Συλλογής Δεδομένων

Προπόνηση πετοσφαίρισης

Ημερομηνία...../...../13 & ώρα
 Ηλικία.....ετών
 Βάρος πριν.....kg
 Βάρος μετά.....kg
 Θερμοκρασία..... °C
 Υγρασία.....%
 Ποσότητα Νερού.....ml
 Ημέρες μετά την περίοδο.....

HR mean volley

Κύριες μετρήσεις

[Hb] ηρεμίας	[Hb] τέλος άσκησης	[Hb] τέλος αποκατάστασης
1. _____	1. _____	1. _____
Hct % ηρεμίας	Hct % τέλος άσκησης	Hct % τέλος αποκατάστασης
1. _____	1. _____	1. _____
2. _____	2. _____	2. _____
M.O. _____	M.O. _____	M.O. _____

H P E M I A															
TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR	TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR
0-1								15-16							
1-2								16-17							
2-3								17-18							
3-4								18-19							
4-5								19-20							
5-6								20-21							
6-7								21-22							
7-8								22-23							
8-9								23-24							
9-10								24-25							
10-11								25-26							
11-12								26-27							
12-13								27-28							
13-14								28-29							
14-15								29-30							

Προπόνηση πετοσφαίρισης

Α Σ Κ Η Σ Η											
TIME	HR	Borg	TIME	HR	Borg	TIME	HR	Borg	TIME	HR	Borg
0-1			15-16			30-31			45-46		
1-2			16-17			31-32			46-47		
2-3			17-18			32-33			47-48		
3-4			18-19			33-34			48-49		
4-5			19-20			34-35			49-50		
5-6			20-21			35-36			50-51		
6-7			21-22			36-37			51-52		
7-8			22-23			37-38			52-53		
8-9			23-24			38-39			53-54		
9-10			24-25			39-40			54-55		
10-11			25-26			40-41			55-56		
11-12			26-27			41-42			56-57		
12-13			27-28			42-43			57-58		
13-14			28-29			43-44			58-59		
14-15			29-30			44-45			59-60		

Προπόνηση πετοσφαίρισης

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Νο 1															
TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR	TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR
0-1								15-16							
1-2								16-17							
2-3								17-18							
3-4								18-19							
4-5								19-20							
5-6								20-21							
6-7								21-22							
7-8								22-23							
8-9								23-24							
9-10								24-25							
10-11								25-26							
11-12								26-27							
12-13								27-28							
13-14								28-29							
14-15								29-30							

Προπόνηση πετοσφαίρισης

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ No 2															
TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR	TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR
30-31								45-46							
31-32								46-47							
32-33								47-48							
33-34								48-49							
34-35								49-50							
35-36								50-51							
36-37								51-52							
37-38								52-53							
38-39								53-54							
39-40								54-55							
40-41								55-56							
41-42								56-57							
42-43								57-58							
43-44								58-59							
44-45								59-60							

Πρωτόκολλο Συλλογής Δεδομένων

Κύριες μετρήσεις

Συνεχής ποδηλάτηση

Ημερομηνία...../...../13 & ώρα.....
 Ηλικία.....ετών
 Βάρος πριν.....kg
 Βάρος μετά.....kg
 Θερμοκρασία.....°C
 Υγρασία.....%
 Ημέρες μετά την περίοδο.....
 Ποσότητα Νερού.....ml
 Ένταση :.....Watt
 HR mean volleybeats/min
 Ύψος σέλας:..... Ύψος τιμονιού.....
 Απόσταση χερουλιών.....

[Hb] ηρεμίας	[Hb] τέλος άσκησης	[Hb] τέλος αποκατάστασης
1. _____	1. _____	1. _____
Hct % ηρεμίας	Hct % τέλος άσκησης	Hct % τέλος αποκατάστασης
1. _____	1. _____	1. _____
2. _____	2. _____	2. _____
M.O. _____	M.O. _____	M.O. _____

H P E M I A BIKE

TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR	TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR
0-1								15-16							
1-2								16-17							
2-3								17-18							
3-4								18-19							
4-5								19-20							
5-6								20-21							
6-7								21-22							
7-8								22-23							
8-9								23-24							
9-10								24-25							
10-11								25-26							
11-12								26-27							
12-13								27-28							
13-14								28-29							
14-15								29-30							

Α Σ Κ Η Σ Η B I K E											
TIME	HR	Borg	TIME	HR	Borg	TIME	HR	Borg	TIME	HR	Borg
0-1			15-16			30-31			45-46		
1-2			16-17			31-32			46-47		
2-3			17-18			32-33			47-48		
3-4			18-19			33-34			48-49		
4-5			19-20			34-35			49-50		
5-6			20-21			35-36			50-51		
6-7			21-22			36-37			51-52		
7-8			22-23			37-38			52-53		
8-9			23-24			38-39			53-54		
9-10			24-25			39-40			54-55		
10-11			25-26			40-41			55-56		
11-12			26-27			41-42			56-57		
12-13			27-28			42-43			57-58		
13-14			28-29			43-44			58-59		
14-15			29-30			44-45			59-60		

HR mean bike:

Συνεχής ποδηλάτηση

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ No 1															
TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR	TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR
0-1								15-16							
1-2								16-17							
2-3								17-18							
3-4								18-19							
4-5								19-20							
5-6								20-21							
6-7								21-22							
7-8								22-23							
8-9								23-24							
9-10								24-25							
10-11								25-26							
11-12								26-27							
12-13								27-28							
13-14								28-29							
14-15								29-30							

Συνεχής ποδηλάτηση

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ No 2															
TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR	TIME	SP	DP	MAP	HR	CO	SV	TPR
30-31								45-46							
31-32								46-47							
32-33								47-48							
33-34								48-49							
34-35								49-50							
35-36								50-51							
36-37								51-52							
37-38								52-53							
38-39								53-54							
39-40								54-55							
40-41								55-56							
41-42								56-57							
42-43								57-58							
43-44								58-59							
44-45								59-60							