



**ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΤΟΜΕΑΣ ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ & ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

**« ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ  
ΚΑΙ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ  
ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΗΡΙΑΙΑΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ »**

**Μιχαήλ Ε. Κεραμιδάς**

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

**ΑΘΗΝΑ 2006**



©Copyright  
Κεραμιδάς Μιχαήλ του Ευαγγέλου και της Σοφίας  
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη





*Μόνο για σας, τέκνα της μάθησης και της σοφίας,  
γράψαμε το έργο αυτό. Ερευνήστε το βιβλίο,  
αφοσιωθείτε σ' αυτόν το σκοπό που τον  
διασκορπίσαμε και τον βάλαμε σε τόπους  
ποικίλους· αυτό που συσκοτίσαμε κάπου, το  
καταδείξαμε αλλού, ώστε να γίνει αντιληπτό από  
τη νόησή σας*

***Χάινριχ Κορνήλιος Αγρίππας φον Νέτεσχαϊμ,  
De occulta philosophia, 3, 65***



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η περάτωση της μεταπτυχιακής αυτής διατριβής δε θα είχε επιτευχθεί, εάν στο δύσβατο αυτό δρόμο αναζήτησης προς τη γνώση, δεν υπήρχαν άξιοι συνοδοιπόροι και πιστοί σύντροφοι.

“Μπροστάρης” αυτής της αναζήτησης υπήρξε ο καθηγητής μου Γελαδάς Νίκος. Εμπνευστής και καθοδηγητής της μελέτης αυτής, υπήρξε από τα προπτυχιακά μου κιόλας χρόνια πρότυπο επιστήμονα και ανθρώπου. Νοιώθω τυχερός που τον συνάντησα. Με έμαθε να αμφισβητώ, να σκέφτομαι και να διεκδικώ. Με μπολιάζει καθημερινά με αξίες. Του χρωστάω πολλά...

Η καθηγήτριά μου Κοσκολού Μαρία υπήρξε η ήρεμη δύναμη της μελέτης αυτής. Το επιστημονικό της κύρος σε συνδυασμό με τη στοργικότητά της αποτέλεσαν ασπίδα ασφάλειας και σιγουριάς. Με άκουσε με προσοχή, με συμβούλευσε και με παρότρυνε σε δύσκολες στιγμές.

Ο Νάσσης Γιώργος υπήρξε πραγματικός στυλοβάτης σ’ όλη αυτή την ερευνητική απόπειρα. Ήταν πάντα εκεί, σε στιγμές πνευματικής σύγχυσης και συναισθηματικής τρικυμίας. Η αισιοδοξία του και η σιγουριά του έδιναν και δίνουν δύναμη για τη συνέχεια.

Η κ. Μαριδάκη Μαρία με βοήθησε σημαντικά με τις υποδείξεις και τις διορθώσεις της για το τελικό αυτό αποτέλεσμα της μελέτης. Την ευχαριστώ θερμά.

Πρόσωπα θεματοφύλακες της μεταπτυχιακής αυτής πορείας είναι τέσσερις νέοι φίλοι. Ο Στέλιος, ο Νίκος, η Μαρίνα και ο Στέλιος.

Ο Στέλιος Κουναλάκης αποτελεί το θεμέλιο λίθο της μελέτης. Υπήρξε ο μέντοράς μου στο εργαστήριο και τη συγγραφή της εργασίας. Πέρα όμως από συνεργάτη είναι ένας πραγματικός φίλος. Στέλιο, περάσαμε δύσκολα. Χαρές και λύπες, γέμιζαν το ταξίδι μας όλο αυτό τον καιρό. Όμως το ευχαριστηθήκαμε και συνεχίζουμε απτόητοι σε νέα λημέρια. Ευχή μου είναι να ταξιδεύεις σε νέες θάλασσες, ψάχνοντας την Ιθάκη σου, γιατί μόνο τότε θα έχει ανεκτίμητη αξία Σ’ ευχαριστώ.

Με το Νίκο Μαντζιώρη μοιραστήκαμε το μόχθο και την αγωνία των μετρήσεων. Από κοινού ξεκινήσαμε την προσπάθεια για τη γνώση και τα βάλαμε με την απειρία μας. Νικόλα, ζήσαμε αξέχαστες στιγμές και σ’ ευχαριστώ.

Η Μαρίνα Γούβαλη υπήρξε το κριτικό πνεύμα της μελέτης. Με ωθούσε κάθε φορά προς το καλύτερο και μου έδειχνε το δρόμο. Άξια συνοδοιπόρος, υπέμεινε στωικά τα άγχη και τις ανησυχίες μου. Μαρίνα, η παρουσία σου ήταν πολύτιμη.

Η μελέτη αυτή αποτελεί συνέχεια του έργου του Στέλιου Αναστασόπουλου. Άνθρωπος μοναδικός και φίλος πολύτιμος. Με συμβούλευσε, αλλά κυρίως με ενθάρρυνε σε δύσκολες στιγμές. Το ενδιαφέρον του με συγκίνησε και μου έδινε δύναμη να συνεχίσω.

Ωστόσο, τίποτα απ' όλα αυτά δεν θα είχε γίνει εάν δεν υπήρχε η εθελούσια συμμετοχή 21 νεαρών ανθρώπων. Άγνωστοι άνθρωποι ήρθαν κοντά μου και με βοήθησαν αυτόβουλα. Έκανα 21 νέους φίλους, που τους χρωστάω πολλά. Σας ευχαριστώ και υπόσχομαι να είμαι πάντα δίπλα σας.

Συνάμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους και συμφοιτητές μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα, με τους οποίους μοιραστήκαμε αγωνίες και άγχη. Επίσης, ευχαριστώ τον κ. Χριστόπουλο Κώστα, πρόεδρο του Π. Α. Ο. Π. «Αθηνά», για την πολύτιμη συμπαράσταση και κατανόησή του, καθώς και τους συναδέλφους μου Γιώργο Αναστασίου και Χαρά Ρόμπου για την υπομονή και αμέριστη βοήθειά τους.

Δεν ξεχνώ τα όνειρα που κάναμε με τους τρεις κολλητούς φίλους Γιώργο Νάκο, Κώστα Γεωργόπουλο και Αποστολή Καρυστιανό. Εγώ τελείωσα, παιδιά. Έρχεται και η σειρά σας.

Τέλος, η μελέτη αυτή είναι αφιερωμένη στην οικογένειά μου για την υπομονή και τη στήριξή της σ' όλη αυτή την προσπάθεια. Μου έδειξαν τα βήματα να προχωρήσω στη ζωή και θα τους είμαι πάντα ευγνώμων.

Το ταξίδι ακόμα δεν έχει τελειώσει. Υπάρχουν πολλά εκεί έξω, που πρέπει να δεις...

Έχε πάθος...

Αθήνα, 12/6/2006

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η προπόνηση επιφέρει φυσιολογικές προσαρμογές, που δύνανται να βελτιώσουν την υγεία και την απόδοση του ατόμου. Οι προπονητικές αυτές προσαρμογές σε υγιή άτομα παρουσιάζουν ομοιότητες με τις μυϊκές προσαρμογές σε ασθενείς με περιφερικά αγγειακά προβλήματα (διαλείπουσα χωλότητα) ως αποτέλεσμα της μειωμένης αιματικής ροής στα κάτω άκρα. Αποτέλεσμα αυτής της διαπίστωσης ήταν η πραγματοποίηση μελετών αερόβιας προπόνησης με ταυτόχρονη απόφραξη της αιματικής ροής. Οι έρευνες αυτές παρατήρησαν βελτίωση στην αερόβια ικανότητα και απόδοση, που αποδόθηκαν κυρίως σε τοπικές μυϊκές προσαρμογές. Ωστόσο, οι προαναφερόμενες μελέτες εμφανίζουν αδυναμίες γενίκευσης των ευρημάτων τους στην αθλητική επιστήμη.

Σκοπός λοιπόν της μελέτης αυτής ήταν να εξετάσει την επίδραση ενός προγράμματος διαλειμματικής προπόνησης με εφαρμογή υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής πίεσης 90 mmHg στα κάτω άκρα, στην αερόβια ικανότητα και απόδοση αγύμναστων ατόμων.

Το δείγμα αποτελούταν από είκοσι ένα ( $n=21$ ) υγιείς αγύμναστους δοκιμαζόμενους (6 άνδρες, 15 γυναίκες), οι οποίοι διαχωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα (ομάδα CUFF,  $n=11$ ) και την ομάδα ελέγχου (ομάδα CON,  $n=10$ ). Ο συνολικός πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης περιελάμβανε τρεις φάσεις : α) αρχικές εργαστηριακές μετρήσεις, β) προπόνηση διάρκειας έξι (6) εβδομάδων, και γ) επαναληπτικές εργαστηριακές μετρήσεις. Ειδικότερα, οι φάσεις μέτρησης α και γ αποτελούνταν από μια συγκεκριμένη σειρά μετρήσεων, οι οποίες ήταν: δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου χωρίς εφαρμογή μηριαίας εξωτερικής πίεσης ( $VO_{2max}^{Nor}$ ), δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου με εφαρμογή μηριαίας εξωτερικής πίεσης ( $VO_{2max}^{Press}$ ), σταθερές υπομέγιστες δοκιμασίες στο 30% και 80% της αρχικής  $VO_{2max}^{Nor}$  διάρκειας έξι (6) λεπτών

έκαστη, μια δοκιμασία απόδοσης μέχρι εξάντλησης σταθερής επιβάρυνσης στο 150% της αρχικής  $VO_{2max}^{Nor}$  ( $TF_{150}$ ) και ανθρωπομετρήσεις. Αναφορικά με την προπονητική διαδικασία, η συνολική διάρκειά της ήταν έξι (6) εβδομάδες με συχνότητα τρεις (3) συνεδρίες την εβδομάδα, ενώ η κάθε συνεδρία διαρκούσε σχεδόν τριάντα (30) λεπτά. Συγκεκριμένα, η πειραματική ομάδα ποδηλατούσε δύο (2) λεπτά στο 80% της  $VO_{2max}^{Press}$  με ταυτόχρονη εφαρμογή εξωτερικής πίεσης 90 mmHg με τη μέθοδο των περιμηρίδων και δύο (2) λεπτά στο 40% της  $VO_{2max}^{Nor}$ , χωρίς την εφαρμογή πίεσης. Αντίστοιχα, η ομάδα ελέγχου, στην ίδια σχετική ένταση, ποδηλατούσε δύο (2) λεπτά στο 80% της  $VO_{2max}^{Nor}$  και δύο (2) λεπτά στο 40% της  $VO_{2max}^{Nor}$  χωρίς την εφαρμογή μηριαίας εξωτερικής πίεσης. Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διασποράς (Analysis of variance, ANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $\alpha=0.05$  ( $p<0.05$ ).

Η προπόνηση δε βελτίωσε τη  $VO_{2max}$ , αν και βελτιώθηκε η υπομέγιστη απόδοση (30%  $VO_{2max}$ : ομάδα CON: πριν:  $964.72 \pm 458.48$  ml/min, μετά:  $846.56 \pm 349.64$  ml/min, ομάδα CUFF: πριν:  $816.44 \pm 116.96$  ml/min, μετά:  $698.38 \pm 151.04$  ml/min, 80%  $VO_{2max}$ : ομάδα CON: πριν:  $2230.34 \pm 797.50$  ml/min, μετά:  $1956.72 \pm 731.57$  ml/min, ομάδα CUFF: πριν:  $1936.43 \pm 342.52$  ml/min, μετά:  $1699.22 \pm 397.11$  ml/min) και ο χρόνος εξάντλησης κατά τη δοκιμασία απόδοσης  $TF_{150}$  (ομάδα CON: πριν:  $58.54 \pm 12.37$  sec, μετά:  $79.89 \pm 9.32$  sec, ομάδα CUFF: πριν:  $70.28 \pm 22.40$  sec, μετά :  $89.15 \pm 32.07$  sec). Συνεπώς, η προπόνηση με τις περιμηρίδες ήταν το ίδιο αποτελεσματική με την ομάδα ελέγχου.

Συμπερασματικά, το παρόν καινοτόμο προπονητικό πρωτόκολλο αδυνατεί να βελτιώσει την αερόβια ικανότητα των δοκιμαζόμενων, λόγω πιθανόν της αναποτελεσματικότητας της εξωτερικής υπερατμοσφαιρικής πίεσης των 90 mmHg για απόφραξη της αιματικής ροής στους ασκούντες μυς ή και του χαμηλού προπονητικού ερεθίσματος έντασης. Τέλος, η βελτίωση της αερόβιας απόδοσης

στη δοκιμασία  $TF_{150}$  είναι μάλλον αποδοτικότητας και οικονομίας κίνησης.  
συνέπεια αλλαγών της μυϊκής

## ABSTRACT

It is well documented that human body aerobic adaptations are enhanced when physical training is combined with oxygen starvation at muscular level. For that reasons, hypoxic hypoxia and hypoxaemia have been used in order to reduce muscular oxygen supply. With regard to the second type of intervention, maximum oxygen uptake enhancement is greater after training with application of external pressure on activated muscles, than regular training. However, in all studies applying this training model, exercise intensity was expressed in absolute terms of workload which means that group of performing regular exercise was trained in lower relative intensity (i.e.  $VO_{2max}$ ,  $HR_{max}$ ). Such approach, in defining the training stimulus, provides the literature with useful information in terms of physiological adaptations but we cannot draw a final conclusion with regard to which training method is superior; an item that has immense significance in sport science.

The purpose of this study was to investigate the effect of a short-term, interval training combined with thigh external pressure application (90 mmHg) at the same relative exercise intensity on aerobic capacity and aerobic performance.

Twenty-one young, healthy participants (6 men and 15 women) were stratified (for age, sex and aerobic capacity) and randomly assigned either to a control (CON) or to an experimental (CUFF) training group (CON:  $n = 10$ , age =  $22.70 \pm 4.72$  yrs, height =  $168.78 \pm 12.34$  cm, mass =  $67.60 \pm 18.69$  kg, and  $VO_{2max} = 2.56 \pm 0.78$  l/min; CUFF:  $n = 11$ , age =  $23.00 \pm 3.85$  yrs, height =  $168.15 \pm 6.22$  cm, mass =  $61.41 \pm 9.69$  kg, and  $VO_{2max} = 2.24 \pm 0.50$  l/min). All participants performed one incremental exercise test to exhaustion without cuffs ( $VO_{2max}^{Nor}$ ) and another one with thighs cuffs inflated to external pressure of 90 mmHg ( $VO_{2max}^{Press}$ ) before as well as after the training program. Moreover, the subjects performed two 6-min bouts of submaximal constant work rate exercise (Sub) at 30% and 80% of the initial  $VO_{2max}^{Nor}$  and a

short intensive performance test (time to fatigue at 150% of peak power output) ( $TF_{150}$ ). After completing the training the subjects repeated Sub and  $TF_{150}$  tests at the same absolute workload as before training. Both groups trained 3 days/week for 6 weeks. Each training session consisted of 2-min work : 2-min active recovery bouts. The CON group trained on cycle ergometer without cuffs, whereas the CUFF group trained with cuffs on thighs inflated at external pressure of 90 mmHg (cuffs deflated during active recovery) at the same relative intensity. The intensity of training work rate was at  $91.00 \pm 12.22\%$  of  $VO_{2max}^{Nor}$  for CON group and at  $89.53 \pm 6.57\%$  of  $VO_{2max}^{Press}$  for CUFF group. In both groups, the mean duration of the training session was  $32.50 \pm 2.73$  min.

Both  $VO_{2max}^{Nor}$  and  $VO_{2max}^{Press}$  did not change with training in any of the two experimental groups. However, both training groups improve submaximal performance (30%  $VO_{2max}$ : CON group: pre:  $964.72 \pm 458.48$  ml/min, post:  $846.56 \pm 349.64$  ml/min, CUFF group: pre:  $816.44 \pm 116.96$  ml/min, post:  $698.38 \pm 151.04$  ml/min; 80%  $VO_{2max}$ : CON group: pre:  $2230.34 \pm 797.50$  ml/min, post:  $1956.72 \pm 731.57$  ml/min, CUFF group: pre:  $1936.43 \pm 342.52$  ml/min, post:  $1699.22 \pm 397.11$  ml/min) and time to fatigue during  $TF_{150}$  test (CON group: pre:  $58.54 \pm 12.37$  sec, post:  $79.89 \pm 9.32$  sec, CUFF group: pre:  $70.28 \pm 22.40$  sec, post:  $89.15 \pm 32.07$  sec).

Thus, aforementioned specific interval-training regime improves maximal and submaximal performance in both groups probably by improving muscular efficiency. However, training combined with thigh external pressure application did not improve aerobic capacity further, probably of unsuccessful blood flow limitation and/or similarity of training intensity.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....                                          | iii |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....                                            | vii |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....                                             | vii |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....                                           | vii |
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....                                                   | 9   |
| 1.1 Σημασία της έρευνας.....                                       | 9   |
| 1.2. Ορισμός και διατύπωση του ερευνητικού προβλήματος.....        | 10  |
| 1.3. Μεταβλητές.....                                               | 11  |
| 1.3.1. Ανεξάρτητες μεταβλητές.....                                 | 11  |
| 1.3.2. Εξαρτημένες μεταβλητές.....                                 | 11  |
| 1.4 Ερευνητικές υποθέσεις.....                                     | 11  |
| 1.5 Οριοθετήσεις και περιορισμοί.....                              | 11  |
| 1.6 Διευκρίνιση όρων.....                                          | 12  |
| 1.7 Συντομογραφίες .....                                           | 12  |
| 2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ .....                                  | 14  |
| 2.1 Αερόβια προπόνηση.....                                         | 14  |
| 2.1.1. Διαλειμματική προπόνηση .....                               | 14  |
| 2.1.1.α. Μεταβολικές και μορφολογικές προσαρμογές .....            | 15  |
| 2.1.1.β. Καρδιαγγειακές προσαρμογές.....                           | 16  |
| 2.2 Ισχαιμία.....                                                  | 17  |
| 2.1.1. Μέθοδοι εφαρμογής ισχαιμίας.....                            | 17  |
| 2.1.2. Ισχαιμία κατά την ηρεμία .....                              | 18  |
| 2.2.2.α. Καρδιαγγειακές αλλαγές .....                              | 18  |
| 2.2.2.β. Αναπνευστικές και μεταβολικές αλλαγές.....                | 19  |
| 2.2.3 Ισχαιμία κατά την άσκηση.....                                | 19  |
| 2.2.3.α. Απόδοση.....                                              | 19  |
| 2.2.3.β. Καρδιαγγειακές μεταβολές.....                             | 19  |
| 2.2.3.γ. Αναπνευστικές μεταβολές .....                             | 21  |
| 2.2.3.δ. Ορμονικές και μεταβολικές μεταβολές.....                  | 21  |
| 2.2.4 Ισχαιμία και προπόνηση.....                                  | 23  |
| 2.2.4.α. Προπόνηση και διαλείπουσα χωλότητα .....                  | 23  |
| 2.2.4.β. Ισχαιμία και αερόβια προπόνηση .....                      | 23  |
| 2.2.4.γ. Ισχαιμία και προπόνηση αντίστασης .....                   | 24  |
| 2.3 Μέθοδοι μέτρησης ροής αίματος.....                             | 27  |
| 2.3.1 Μέθοδος υπέρυθρης φασματοσκοπίας (NIRS).....                 | 27  |
| 2.3.1.α. Άσκηση και NIRS .....                                     | 28  |
| 2.3.1.β. Προπόνηση και NIRS .....                                  | 28  |
| 2.3.1.γ. Ισχαιμία και NIRS .....                                   | 30  |
| 2.4 Αξιολόγηση αθλητικής απόδοσης.....                             | 31  |
| 2.4.1 Είδη εργαστηριακών δοκιμασιών απόδοσης .....                 | 31  |
| 2.4.2 Επιλογή εργαστηριακών δοκιμασιών απόδοσης.....               | 32  |
| 2.4.3 Ειδικά χαρακτηριστικά εργαστηριακών δοκιμασιών απόδοσης..... | 33  |
| 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....                                                | 35  |
| 3.1 Δείγμα .....                                                   | 35  |
| 3.2 Πειραματικός σχεδιασμός.....                                   | 35  |
| 3.3 Μετρήσεις – Όργανα – Υπολογισμοί.....                          | 36  |
| 3.3.1 Μέτρηση αναστήματος & σωματικού βάρους.....                  | 36  |

|         |                                                                                                                           |     |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3.2   | Κυκλοεργόμετρα .....                                                                                                      | 36  |
| 3.3.3   | Αναπνευστικές μετρήσεις .....                                                                                             | 36  |
| 3.3.4   | Μετρήσεις NIRS .....                                                                                                      | 36  |
| 3.3.5   | Καρδιακή συχνότητα & αρτηριακή πίεση .....                                                                                | 38  |
| 3.3.6   | Έλλειμμα Οξυγόνου .....                                                                                                   | 38  |
| 3.3.7   | Αιματολογικές μετρήσεις .....                                                                                             | 38  |
| 3.3.8   | Αντιλαμβανόμενη κόπωση .....                                                                                              | 39  |
| 3.4     | Πειραματική διαδικασία .....                                                                                              | 39  |
| 3.4.1   | Ανθρωπομετρήσεις .....                                                                                                    | 39  |
| 3.4.1.1 | Σωματικό λίπος .....                                                                                                      | 39  |
| 3.4.1.2 | Μάζα τετρακέφαλου .....                                                                                                   | 40  |
| 3.4.2   | Εργαστηριακές μετρήσεις .....                                                                                             | 40  |
| 3.4.2.1 | Δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης O <sub>2</sub> χωρίς εφαρμογή μηριαίας εξωτερικής πίεσης (VO <sub>2ma</sub> Nor tests) ..... | 41  |
| 3.4.2.2 | Δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης O <sub>2</sub> με εφαρμογή μηριαίας εξωτερικής πίεσης (VO <sub>2max</sub> Press tests) ..... | 42  |
| 3.4.2.3 | Υπομέγιστες δοκιμασίες & δοκιμασία απόδοσης (Performance test) .....                                                      | 43  |
| 3.5     | Προπονητική διαδικασία .....                                                                                              | 44  |
| 3.6     | Στατιστική ανάλυση .....                                                                                                  | 45  |
| 4.      | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....                                                                                                        | 46  |
| 4.1     | Χαρακτηριστικά δείγματος .....                                                                                            | 46  |
| 4.2     | Προπονητική διαδικασία .....                                                                                              | 47  |
| 4.3     | Ανθρωπομετρήσεις .....                                                                                                    | 48  |
| 4.4     | Δοκιμασίες VO <sub>2max</sub> .....                                                                                       | 49  |
| 4.4.1   | Αναπνευστικές μετρήσεις .....                                                                                             | 49  |
| 4.4.2   | Μέγιστη καρδιακή συχνότητα, παραγόμενη ισχύς & αντιλαμβανόμενη κόπωση .....                                               | 51  |
| 4.4.3   | Μετρήσεις NIRS .....                                                                                                      | 52  |
| 4.5     | Υπομέγιστες δοκιμασίες .....                                                                                              | 53  |
| 4.5.1   | Αναπνευστικές μετρήσεις .....                                                                                             | 53  |
| 4.5.2   | Μετρήσεις NIRS .....                                                                                                      | 54  |
| 4.6     | Δοκιμασία απόδοσης TF <sub>150</sub> .....                                                                                | 54  |
| 4.7     | Αιματολογικές μετρήσεις .....                                                                                             | 56  |
| 5.      | ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....                                                                                                            | 58  |
| 5.1     | Αερόβια ικανότητα .....                                                                                                   | 58  |
| 5.1.1   | Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO <sub>2max</sub> ) .....                                                                     | 58  |
| 5.1.2   | Μέγιστη παραγόμενη ισχύς (PPO) .....                                                                                      | 60  |
| 5.2     | Αερόβια απόδοση .....                                                                                                     | 61  |
| 5.3     | Μυϊκή οξυγόνωση .....                                                                                                     | 64  |
|         | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....                                                                                                        | 66  |
|         | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                                                                                                        | 67  |
|         | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α .....                                                                                                         | 81  |
|         | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β .....                                                                                                         | 87  |
|         | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ .....                                                                                                         | 91  |
|         | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ .....                                                                                                         | 97  |
|         | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε .....                                                                                                         | 101 |
|         | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ .....                                                                                                        | 105 |
|         | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ .....                                                                                                         | 109 |
|         | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η .....                                                                                                         | 113 |
|         | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ .....                                                                                                         | 117 |

|                |     |
|----------------|-----|
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ..... | 121 |
|----------------|-----|



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

|                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Πίνακας 2-1:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας μελετών αερόβιας προπόνησης και μερικής απόφραξης αιματικής ροής σ' ελεγχόμενο θάλαμο πίεσης.....                                                                                                  | 45  |
| <b>Πίνακας 2-2:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας μελετών προπόνησης, που έχουν χρησιμοποιήσει NIRS για να εξετάσουν αλλαγές στην οξειδωτική ικανότητα των σκελετικών μυών (Nearg, 2004)...                                                          | 52  |
| <b>Πίνακας 4-1:</b> Χαρακτηριστικά δοκιμαζόμενων πριν από την έναρξη της προπονητικής διαδικασίας .....                                                                                                                                       | 85  |
| <b>Πίνακας 4-2:</b> Χαρακτηριστικά προπονητικής διαδικασίας για τις δύο ομάδες προπόνησης ...                                                                                                                                                 | 87  |
| <b>Πίνακας 4-3:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας μέσων όρων για το σωματικό βάρος, το δείκτη σωματικής μάζας (ΔΣΜ), το ποσοστό σωματικού λίπους (%BF) και τη μάζα τετρακέφαλου μηριαίου μυός (M) των δύο ομάδων πριν και μετά την προπόνηση .....   | 88  |
| <b>Πίνακας 4-4:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας μέσων όρων για τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου χωρίς περιμηρίδες ( $VO_{2max}$ Nor) και με περιμηρίδες ( $VO_{2max}$ Press) των δύο ομάδων πριν και μετά την προπόνηση εκφρασμένες σε ml/kg/min ..... | 90  |
| <b>Πίνακας 4-5 :</b> Μέσες τιμές για το αναπνευστικό κατώφλι πριν και μετά την προπόνηση.....                                                                                                                                                 | 93  |
| <b>Πίνακας 4-6:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας αναπνευστικών παραμέτρων κατά την εκτέλεση των δύο υπομέγιστων δοκιμασιών στο 30% και το 80% της αρχικής $VO_{2max}$ Nor .....                                                                     | 97  |
| <b>Πίνακας 4-7:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας τιμών των χαρακτηριστικών της δοκιμασίας απόδοσης $TF_{150}$ πριν και μετά την προπόνηση .....                                                                                                     | 100 |
| <b>Πίνακας 4-8:</b> Μέσες τιμές της Hb και του Hct κατά την ηρεμία πριν και μετά την προπόνηση                                                                                                                                                | 101 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Εικόνα 2-1:</b> Απεικόνιση τοποθέτησης πομπού –δέκτη NIRS στον πλάγιο μηριαίο μυ δοκιμαζόμενης..... | 67 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

|                                                                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Σχήμα 3-1:</b> Σχεδιάγραμμα του πειραματικού σχεδιασμού, όπου διακρίνονται οι τρεις ερευνητικές φάσεις και οι επιμέρους μετρήσεις.....                                                                                    | 64  |
| <b>Σχήμα 3-2:</b> NIRS, η αρχή της μεθόδου περιλαμβάνει την εκπομπή και απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας 680 – 800 nm από οπτική κεφαλή σε μέσο βάθος 12,5 mm εντός του υποδόριου μυϊκού ιστού (Αναστασόπουλος, 2004) ..... | 67  |
| <b>Σχήμα 3-3:</b> Σχεδιάγραμμα της πειραματικής διαδικασίας για τον προσδιορισμό της μέγιστης πρόσληψης $O_2$ ( $VO_{2max}$ Nor) .....                                                                                       | 77  |
| <b>Σχήμα 3-4:</b> Σχεδιάγραμμα της πειραματικής διαδικασίας για τον προσδιορισμό της μέγιστης πρόσληψης $O_2$ με περιμηρίδες ( $VO_{2max}$ Press). .....                                                                     | 79  |
| <b>Σχήμα 4-1:</b> Γραφική απεικόνιση των $\Delta StO_2$ για τις δύο ομάδες προπόνησης στα 2λεπτα άσκησης κατά τις προπονητικές συνεδρίες μέσης διάρκειας 26 min. (n.s.: μη σημαντικές διαφορές. ).....                       | 87  |
| <b>Σχήμα 4-2:</b> Αλλαγές στον πνευμονικό αερισμό VE α) μεταξύ των δύο συνθηκών, και β) μεταξύ των δύο ομάδων, πριν και μετά την προπόνηση .....                                                                             | 91  |
| <b>Σχήμα 4-4:</b> Αλλαγές της μέγιστης καρδιακής συχνότητας α) κατά τη $VO_{2max}$ Nor, και β) κατά τη $VO_{2max}$ Press στις δύο ομάδες πριν και μετά την προπόνηση .....                                                   | 98  |
| <b>Σχήμα 4-5:</b> Η πορεία της $\Delta StO_2$ κατά την υπομέγιστη δοκιμασία Α) στο 30% της $VO_{2max}$ Nor και Β) στο 80% της $VO_{2max}$ Press πριν και μετά την προπόνηση στις δύο ομάδες.....                             | 99  |
| <b>Σχήμα 4-6:</b> Αλλαγές στο χρόνο της δοκιμασίας $TF_{150}$ πριν και μετά την προπόνηση στις δύο προπονητικές ομάδες.....                                                                                                  | 100 |
| <b>Σχήμα 4-7:</b> Αλλαγές Α) στον όγκο πλάσματος και Β) αίματος πριν και μετά τη δοκιμασία $TF_{150}$ .....                                                                                                                  | 102 |

|                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Σχήμα 5-1:</b> Φυσιολογικοί παράγοντες που επηρεάζονται από την προπόνηση, και με τη σειρά τους βελτιώνουν τη $VO_{2max}$ . (τροποποιημένο από Midgley et al., 2006). ..... | 103 |
| <b>Σχήμα 5-2:</b> Συμμετοχή ενεργειακών μηχανισμών κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας $TF_{150}$ (Α) πριν και (Β) μετά την προπόνηση .....                                       | 112 |

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Σημασία της έρευνας

Η προπόνηση επιφέρει σημαντικές φυσιολογικές προσαρμογές που δύνανται να βελτιώσουν την υγεία και την απόδοσή του ατόμου. Χαρακτηριστικά, η προπόνηση αντοχής βελτιώνει την αερόβια δυνατότητα των σκελετικών μυών, αυξάνοντας τα επίπεδα των μιτοχονδριακών ενζύμων, τα επίπεδα γλυκογόνου και τον αριθμό τριχοειδών αγγείων (Holloszy and Coyle, 1984). Η διαλειμματική προπόνηση, που αποτελεί μαζί με τη συνεχή τα δύο βασικά είδη προπόνησης, έχει διαπιστωθεί ότι προκαλεί, μεταξύ άλλων σημαντική αύξηση των οξειδωτικών ενζύμων βελτιώνοντας την αερόβια ικανότητα (Gorostiaga et al., 1991, McKenna et al., 1997, Dawson et al., 1998, MacDougal et al., 1998 και Rodas et al., 2000), μολονότι υπάρχουν ευρήματα που αναφέρουν ότι αυτό το είδος προπόνησης έχει μικρή επίδρασή στην περιεκτικότητα μιτοχονδρίων και μεγαλύτερη επίδραση στη γλυκολυτική ικανότητα του μυός (Kubukeli et al., 2002).

Οι προσαρμογές της διαλειμματικής προπόνησης αναφέρονται τόσο σε μεταβολικά όσο και σε καρδιαγγειακά χαρακτηριστικά των ασκούμενων. Σύγχρονες μελέτες επισημαίνουν αυξήσεις στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ), στην παραγόμενη ισχύ (PO), στην ικανότητα εξουδετέρωσης ιόντων  $\text{H}^+$  και στη δράση οξειδωτικών ενζύμων (κιτρική συνθετάση, σουξινική και μηλική αφυδρογονάση κτλ), καθώς και βελτιώσεις σε εργαστηριακές δοκιμασίες απόδοσης (Sharp et al., 1986, MacDougal et al., 1998, Harmer et al., 2000, Rodas et al., 2000, Billat, 2001, και Burgomaster et al., 2005). Επίσης, αναφέρονται αλλαγές στον τύπο μυϊκών ινών ως αποτέλεσμα της διαλειμματικής προπόνησης, που έχουν να κάνουν με μετατροπές των ινών τύπου  $\text{II}_\beta$  σε I (Simoneau et al., 1985 και Linossier et al., 1993) ή των I σε  $\text{II}_\alpha$  (Jacobs et al., 1987, Jansson et al., 1990, Esbjornsson et al., 1993 και Dawson et al., 1998) ή

μετατροπή των  $\text{II}_\beta$  σε  $\text{II}_\alpha$  (Esbjornsson et al., 1993 και Linossier et al., 1997) ή αύξηση των ισόμορφων βαριάς αλυσίδας μυοσίνης τύπου  $\text{II}_\alpha$  μέσα στις μυϊκές ίνες  $\text{II}_\beta$  (Allemeier et al., 1994 και Andersen et al., 1994). Ταυτόχρονα, η διαλειμματική προπόνηση προκαλεί καρδιαγγειακές προσαρμογές, που σχετίζονται με βελτίωση στην αριστερή κοιλιακή απόδοση (όγκος παλμού και καρδιακή παροχή), και αυξήσεις στον όγκο πλάσματος και στον όγκο των ερυθροκυττάρων (Convertino, 1991 και Warburton et al., 2004).

Ωστόσο, οι προαναφερόμενες προσαρμογές της διαλειμματικής προπόνησης σε υγιή αγύμναστα άτομα, φαίνεται να παρουσιάζουν χαρακτηριστικές ομοιότητες με κάποιες τοπικές μυϊκές προσαρμογές που παρατηρούνται, ως αποτέλεσμα της μειωμένης ροής αίματος (ισχαιμία) στα κάτω άκρα, σε αγύμναστους ασθενείς με περιφερικά αγγειακά προβλήματα (διαλείπουσα χωλότητα) (Sundberg and Kaijser, 1992). Συγκεκριμένα, οι μυϊκές αυτές προσαρμογές αναφέρονται σε αυξήσεις των μιτοχονδρίων, σε αυξήσεις στη δράση οξειδωτικών ενζύμων (Jansson et al., 1988) και στην πυκνότητα των τριχοειδών αγγείων (Terjung et al., 1988 και Sundberg 1994), σε αλλαγές στον τύπο και τη διάμετρο των μυϊκών ινών (Hammarsten et al., 1980 και Henriksson et al., 1980), καθώς και σε θετικές αλλαγές στη κατανομή του αίματος κατά την άσκηση (Terjung et al., 1988). Οι παρατηρήσεις αυτές, λοιπόν, οδήγησαν στη διαπίστωση της σημαντικότητας της τοπικής διαθεσιμότητας οξυγόνου στη ρύθμιση μυϊκών προσαρμογών.

Αποτέλεσμα της παραπάνω διαπίστωσης ήταν η διαμόρφωση της υπόθεσης ότι η αερόβια προπόνηση και δη διαλειμματική με ταυτόχρονη μερική απόφραξη τη αιματικής ροής θα έχει ευεργετικότερες επιδράσεις στην αερόβια ικανότητα σε σύγκριση με την αερόβια προπόνηση με φυσιολογική αιματική ροή των κάτω άκρων. Πράγματι, υπάρχουν μελέτες που αποπειράθηκαν να εξετάσουν αυτό τον συνδυασμό (Kaijser et al., 1990, Sundberg et al., 1990, Sundberg et al.,

1993, Esbjornsson et al., 1993, Sundberg 1994 και Nygren et al., 2000) και τα ευρήματά τους ήταν ιδιαιτέρως σημαντικά. Συγκεκριμένα, κοινή διαπίστωση όλων των μελετών αυτών ήταν η βελτίωση της κορυφαίας τιμής πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_{2peak}$ ) και του χρόνου εξάντλησης (TTF) σε συγκεκριμένες εργαστηριακές δοκιμασίες απόδοσης. Ωστόσο, οι βελτιώσεις αυτές ήταν σημαντικότερες κατά την εκτέλεση των δοκιμασιών σε συνθήκες ισχαιμίας. Οι προσαρμογές αυτές εικάζονται ως αποτέλεσμα μεταβολικών και κυκλοφορικών μεταβολών, καθώς παρατηρήθηκε αύξηση των οξειδωτικών ενζύμων, των αποθεμάτων γλυκογόνου, της δράσης της κιτρικής συνθετάσης (CS), της δράσης της φωσφοφρουκτοκινάσης (PFK), καθώς και μείωση της δράσης των M – υπομονάδων των ισοενζύμων γαλακτικής αφυδρογονάσης. Επίσης, παρατηρήθηκε αύξηση του αριθμού των τριχοειδών αγγείων, αύξηση των μυϊκών ινών τύπου I, μείωση των μυϊκών ινών τύπου  $II_B$  και αύξηση της εγκάρσιας περιοχής όλων των μυϊκών ινών (Esbjornsson et al., 1993, Sundberg 1994 και Nygren et al., 2000).

Ωστόσο, οι παραπάνω μελέτες εμφανίζουν κάποιες αδυναμίες γενίκευσης των ευρημάτων τους στην εφαρμοσμένη αθλητική επιστήμη. Ειδικότερα, όλες οι μελέτες πραγματοποιήθηκαν στο εσωτερικό ειδικού θαλάμου ελεγχόμενης πίεσης, όπου η κυκλοεργομέτρηση πραγματοποιείται σε ύπτια θέση. Επίσης, οι δοκιμαζόμενοι ασκούσαν το ένα πόδι σε συνθήκες ισχαιμίας, ενώ το άλλο πόδι εξασκούσαν σε φυσιολογικές συνθήκες. Εξαίρεση αποτελεί η μελέτη των Nygren et al. (2000), στην οποία το μη ισχαιμικό πόδι δεν ασκείται. Παράλληλα, σ' όλες αυτές τις μελέτες δεν υπάρχει σαφές προπονητικό ερέθισμα, καθώς οι δοκιμαζόμενοι καλούνταν να προπονηθούν στο ίδιο απόλυτο έργο, με τη μέγιστη ανεκτή επιβάρυνση για την ολοκλήρωση πλήρους συνεδρίας διάρκειας 45 λεπτών. Τέλος, η εξωτερική υπερατμοσφαιρική πίεση των 50 mmHg με περιμερίδες φαίνεται ότι προκαλεί μικρότερη μυϊκή αποξυγόνωση σε σχέση με την αντίστοιχη

πίεση των 90 mmHg (Koskolou et al., 2004 και Anastasopoulos et al., 2005).

Σκοπός λοιπόν της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση ενός προγράμματος διαλειμματικής προπόνησης με εφαρμογή υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής πίεσης 90 mmHg στα κάτω άκρα, στην αερόβια ικανότητα και απόδοση αγύμναστων ατόμων.

Η σημασία και σπουδαιότητά της έγκειται στην πρωτοτυπία του συγκεκριμένου προπονητικού προγράμματος. Τα ευρήματά της και η ενδεχόμενη επιβεβαίωση των υποθέσεων της θα αποτελέσουν εφελκυστήρα μιας νέας, και εξαιρετικά καινοτόμου προπονητικής μεθόδου, που θα επιταχύνει τις φυσιολογικές προσαρμογές της προπόνησης και ταυτόχρονα, θα μεγιστοποιήσει την αθλητική απόδοση. Παράλληλα, θα αποτελέσει μέσο διερεύνησης της σπουδαιότητας της τοπικής διαθεσιμότητας οξυγόνου στη ρύθμιση μυϊκών προσαρμογών κατά την προπονητική διαδικασία, ενώ η μεθοδολογική πρωτοτυπία της έγκειται στη μερική απόφραξη της αιματικής ροής σε κατακόρυφη θέση και στην εφαρμογή υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής πίεσης 90 mmHg.

## 1.2. Ορισμός και διατύπωση του ερευνητικού προβλήματος

Το βασικό ερευνητικό πρόβλημα της παρούσας μελέτης αναφέρεται στις καρδιοαναπνευστικές επιδράσεις του προγράμματος διαλειμματικής προπόνησης διάρκειας έξι (6) εβδομάδων με εφαρμογή εξωτερικής πίεσης στα κάτω άκρα. Ειδικότερα, η μελέτη επιδιώκει να εξετάσει βελτιώσεις στην αερόβια ικανότητα και απόδοση κατόπιν εφαρμογής του συγκεκριμένου προπονητικού προγράμματος, και αποπειράται να ερμηνεύσει εάν η μειωμένη οξυγόνωση του μυός δρα συνεργιστικά ή αθροιστικά με το προπονητικό ερέθισμα.

### 1.3. Μεταβλητές

#### 1.3.1. Ανεξάρτητες μεταβλητές

Η ανεξάρτητη μεταβλητή της παρούσας μελέτης είναι η συνθήκη προπόνησης η οποία έχει δύο επίπεδα, χωρίς μηριαία εφαρμογή εξωτερικής πίεσης (συνθήκη ελέγχου) και με εφαρμογή πίεσης (πειραματική συνθήκη) με βάση την οποία το δείγμα θα χωριστεί σε δύο ομάδες. Συγκεκριμένα, οι δύο ομάδες προπόνησης είναι: α) η ομάδα ελέγχου (ομάδα CON), που προπονείται χωρίς εφαρμογή εξωτερικής πίεσης, και β) η πειραματική ομάδα (ομάδα CUFF), που προπονείται με εφαρμογή υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής πίεσης (90 mmHg) στους μηρούς. Η δεύτερη ανεξάρτητη μεταβλητή είναι ο χρόνος μέτρησης, που περιλαμβάνει δύο επίπεδα : α) μετρήσεις πριν από την προπονητική παρέμβαση, και β) μετρήσεις μετά το τέλος της προπόνησης.

#### 1.3.2. Εξαρτημένες μεταβλητές

Οι κύριες εξαρτημένες μεταβλητές είναι η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ) και η μέγιστη παραγόμενη ισχύς (PPO) κατά τη διάρκεια δοκιμασίας αυξανόμενης έντασης, η επίδοση (χρόνος) κατά την εκτέλεση της προσομοιωμένης εργαστηριακής δοκιμασίας απόδοσης (performance test –  $TF_{150}$ ) και οι τιμές πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_2$ ) κατά τις υπομέγιστες δοκιμασίες σταθερής επιβάρυνσης (30% και 80% της  $VO_{2maxNor}$ ). Παράλληλα, εξαρτημένες μεταβλητές είναι οι σχετικές μεταβολές της οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης ( $\Delta HbO_2$ ), της αποξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης ( $\Delta Hb$ ), της ολικής τοπικής αιμοσφαιρίνης ( $\Delta HbT$ ) και του τοπικού κορεσμού μυϊκού οξυγόνου ( $\Delta StO_2$ ), που καταγράφονται με τεχνολογία NIRS κατά την εκτέλεση όλων των εργαστηριακών δοκιμασιών (δοκιμασίες  $VO_{2max}$ , υπομέγιστες δοκιμασίες και δοκιμασία απόδοσης). Συνάμα, εξαρτημένες μεταβλητές αποτελούν οι τιμές βασικών καρδιαγγειακών παραμέτρων, όπως η καρδιακή συχνότητα και η αρτηριακή πίεση ηρεμίας, βασικών αιμοδυναμικών χαρακτηριστικών, όπως η αιμοσφαιρίνη, ο αιματοκρίτης και οι αλλαγές του όγκου

αίματος και πλάσματος, καθώς και βασικών αναπνευστικών παραμέτρων, όπως ο πνευμονικός αερισμός (VE), το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα ( $VCO_2$ ), η τελοεκπνευστική μερική πίεση οξυγόνου ( $PETO_2$ ), η τελοεκπνευστική μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα ( $PETCO_2$ ), το αναπνευστικό πηλίκο (RER) και το αναπνευστικό ισοδύναμο του οξυγόνου ( $VE/VO_2$ ). Τέλος, άλλες εξαρτημένες μεταβλητές είναι το αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι, η κεντρική (C-RPE) και η τοπική αντιλαμβανόμενη κόπωση (L-RPE), καθώς και η μάζα του τετρακέφαλου μηριαίου μυός (Παράρτημα Θ).

### 1.4 Ερευνητικές υποθέσεις

Η κύρια υπόθεση της συγκεκριμένης μελέτης είναι ότι η έντονη διαλειμματική προπόνηση διάρκειας έξι (6) εβδομάδων με εφαρμογή εξωτερικής μηριαίας πίεσης θα βελτιώσει την αερόβια ικανότητα ( $VO_{2max}$ ):

- I. σε σχέση με το αρχικό επίπεδο αερόβιας ικανότητας των δοκιμαζόμενων, και
- II. συγκριτικά με το αντίστοιχο πρόγραμμα διαλειμματικής προπόνησης, χωρίς όμως την εφαρμογή εξωτερικής πίεσης.

Παράλληλα με την κύρια υπόθεση, αναφέρονται και άλλες δευτερεύουσες υποθέσεις ως αποτέλεσμα της συγκεκριμένης προπονητικής παρέμβασης, οι οποίες είναι οι εξής:

1. βελτίωση της επίδοσης - χρόνου στην εργαστηριακή δοκιμασία απόδοσης, η οποία σχετίζεται με τη βελτίωση τόσο του αερόβιου όσο και του αναερόβιου μηχανισμού,
2. αύξηση του αποκορεσμού του μυϊκού οξυγόνου κατά την υπομέγιστη δοκιμασία σταθερής επιβάρυνσης στο 80% της  $VO_{2max}$ , ενώ κατά την υπομέγιστη δοκιμασία στο 30% της  $VO_{2max}$  ο κορεσμός οξυγόνου στο μυ θα είναι αμετάβλητος,

### 1.5 Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Η μελέτη οριοθετείται από τα χαρακτηριστικά του δείγματος που επιλέχθηκε για την προπονητική

διαδικασία. Ειδικότερα, οι δοκιμαζόμενοι είναι υγιή αγύμναστα άτομα, ανεξαρτήτου φύλου, που έχουν όμως προηγούμενη εμπειρία σε διάφορες μορφές φυσικής δραστηριότητας. Για το λόγο αυτό, τα ευρήματα της μελέτης απευθύνονται αποκλειστικά σε υγιή αγύμναστα άτομα και δεν γενικεύονται σε αθλητές.

Βασικός περιορισμός της μελέτης είναι ότι οι δοκιμαζόμενοι είναι εθελοντές και δεν προκύπτουν από μια διαδικασία τυχαίας επιλογής. Επίσης, κατά τη διάρκεια της προπονητικής διαδικασίας, παρ' ότι έχουν δοθεί οδηγίες αναφορικά με τη φυσική δραστηριότητα και τη διατροφή, δε καταγράφονται και αξιολογούνται οι καθημερινές φυσικές δραστηριότητές και οι διατροφικές τους συνήθειες, που ίσως επηρεάσουν τις προπονητικές προσαρμογές. Τέλος, δεν υπάρχει συγκεκριμένη φάση μορφοποίησης (μείωση, δηλαδή, του όγκου προπόνησης) κατά το τελευταίο στάδιο της προπονητικής περιόδου, που ενδεχόμενα θα μεγιστοποιούσε την απόδοση των δοκιμαζόμενων στις τελικές εργαστηριακές δοκιμασίες.

## 1.6 Διευκρίνιση όρων

*Αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι:* η μικρότερη σχετική ένταση της άσκησης στην οποία ο VE αυξάνει δυσανάλογα σε σχέση με τη  $\text{VO}_2$  (Wasserman et al., 1987).

*Διαλειμματική προπόνηση:* επαναλαμβανόμενες συνεδρίες μικρής ή μέτριας διάρκειας (10 sec – 5 min), που εκτελούνται με ένταση υψηλότερη από το αναερόβιο κατώφλι (Laursen and Jenkins, 2002).

*Διαλείπουσα χωλότητα (intermittent claudication):* επώδυνη μυϊκή σύσπαση – όπως ο πόνος στους μυς του ποδιού που προκαλείται με την άσκηση, που αποτελεί το πιο συχνό χρόνιο σύμπτωμα της αρτηριοσκλήρωσης (Egun et al., 2002).

*Εργαστηριακή δοκιμασία απόδοσης (performance test):* εργαστηριακές δοκιμασίες που προσομοιώνουν αγωνιστικές συνθήκες ερμηνεύοντας αλλαγές στην αθλητική απόδοση (Hopkins et al., 1999).

*Ισχαιμία:* μείωση της αιματικής ροής σ' ένα όργανο, η οποία μπορεί να προέλθει

από ειδικές καταστάσεις, όπως η απόφραξη, η καρδιακή ανεπάρκεια και άλλους λόγους.

*Πίεση διαπότισης (perfusion pressure):* η πίεση με την οποία διοχετεύεται αίμα σ' ένα τμήμα ιστού ή οργάνου.

## 1.7 Συντομογραφίες

**A:** εύρος πρόσληψης οξυγόνου ( $\text{VO}_{2\text{max}} - \text{VO}_{2\text{baseline}}$ )

**a:** απορρόφηση ακτινοβολίας

**acetyl-CoA:** ακετυλοσυνένζυμο A

**AOD:** αθροιστικό έλλειμμα οξυγόνου

**ADP:** διφοσφορική αδενοσίνη

**ACTH:** ορμόνη κορτικοτροπίνη

**ATP:** τριφοσφορική αδενοσίνη

**ATPase:** αδενοσινοτριφωσφατάση

**AVP:** αργινινοβαζοπρεσσίνη

**$\beta_m$ :** ικανότητα εξουδετέρωσης ιόντων  $\text{H}^+$

**BF:** αιματική ροή

**BMI:** δείκτης μάζας σώματος

**CK:** κρεατινική κινάση

**CP:** φωσφοκρεατίνη

**CPK:** φωσφοκρεατοκινάση

**Ομάδα (CON):** ομάδα ελέγχου

**C – RPE:** δείκτης αντιλαμβανόμενης κεντρικής κόπωσης

**CS:** κιτρική συνθετάση

**C.V.:** συντελεστής μεταβλητότητας

**Ομάδα (CUFF):** πειραματική ομάδα

**$\Delta\text{BV}$ :** διαφορά όγκου αίματος

**$\Delta\text{Hb}$ :** σχετικές μεταβολές αποξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης

**$\Delta\text{HbO}_2$ :** σχετικές μεταβολές οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης

**$\Delta\text{HbT}$ :** σχετικές μεταβολές ολικής τοπικής αιμοσφαιρίνης

**$\Delta\text{PV}$ :** διαφορά όγκος πλάσματος

**$\Delta\text{StO}_2$ :** σχετικές μεταβολές τοπικού κορεσμού μυϊκού οξυγόνου

**DCA:** διχλωροξικό άλας

**DP:** διαστολική πίεση

**Epi:** επινεφρίνη

**Hb:** αιμοσφαιρίνη / απο –οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη

**$\text{HbO}_2$ :** οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη

**HbT:** ολική αιμοσφαιρίνη

**Hct:** αιματοκρίτης

**HR:** καρδιακή συχνότητα

**$\text{HR}_{\text{max}}$ :** μέγιστη καρδιακή συχνότητα

**IL-6:** ιντερλευκίνη – 6

**$\lambda$ :** μήκος κύματος ακτινοβολίας

**LDH:** γαλακτική αφυδρογονάση

**La:** γαλακτικό άλας  
**LP:** λιπιδικά υπεροξείδια  
**LPP:** υπερατμοσφαιρική εξωτερική πίεση στα κάτω άκρα  
**L – RPE:** δείκτης αντιλαμβανόμενης κόπωσης κάτω άκρων  
**MAP:** μέση αρτηριακή πίεση  
**MCT:** ικανότητα μεταφοράς μονοκαρβοξυλάσης στο σαρκείλημα  
**NE:** νορεπινεφρίνη  
**NIRS:** υπέρυθη φασματοσκοπία  
**PETCO<sub>2</sub>:** τελοεκπνευστική μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα  
**PETO<sub>2</sub>:** τελοεκπνευστική μερική πίεση οξυγόνου  
**PFK:** φωσφοφρουκτοκινάση  
**PO:** παραγόμενη ισχύς  
**PPO:** μέγιστη παραγόμενη ισχύς  
**RER:** αναπνευστικό πηλίκο  
**RPE:** αντιλαμβανόμενη κόπωση  
**SP:** συστολική πίεση  
**SR:** σαρκοπλασματικό δίκτυο

**StO<sub>2</sub>:** κορεσμός οξυγόνου (%)  
**τ:** σταθερά χρόνου  
**T<sub>3</sub>:** τριϊωδοθυρονίνη  
**TF<sub>150</sub>:** δοκιμασία απόδοσης στο 150% της μέγιστης παραγόμενης ισχύος  
**TSH:** θυρεοτροπίνη  
**TTF:** χρόνος εξάντλησης  
**VE:** πνευμονικός αερισμός  
**VCO<sub>2</sub>:** όγκος παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα  
**VO<sub>2</sub>:** όγκος προσλαμβανόμενου οξυγόνου  
**VO<sub>2</sub>baseline:** πρόσληψη οξυγόνου στο τέλος της ηρεμίας  
**VO<sub>2max</sub>:** μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου  
**VO<sub>2max</sub>Nor:** μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου χωρίς εφαρμογή εξωτερικής πίεσης  
**VO<sub>2max</sub>Press:** μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου με εφαρμογή εξωτερικής πίεσης  
**VO<sub>2peak</sub>:** κορυφαία τιμή της πρόσληψης οξυγόνου  
**VO<sub>2</sub>(t):** πρόσληψη οξυγόνου σε κάθε χρονική στιγμή t

## **2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ**

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά σε ερευνητικά ευρήματα που αφορούν τις προσαρμογές της αερόβιας προπόνησης στον ανθρώπινο οργανισμό, ενώ παράλληλα θα δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα στην διαλειμματική προπόνηση και τις επιπτώσεις της στην απόδοση και την υγεία των ασκούμενων. Στη συνέχεια, θα αναφερθούν πειραματικές διαδικασίες σε συνθήκες ισχαιμίας, ενώ παράλληλα θα γίνει ενδελεχής αναδρομή σε ερευνητικές απόπειρες συνδυασμού ισχαιμίας και προπόνησης και θα εμφανιστούν οι κύριοι μηχανισμοί και αποκρίσεις κατά τον ερευνητικό αυτό συνδυασμό. Τέλος, θα παρουσιαστεί η κύρια μέθοδος εκτίμησης της μυϊκής οξυγόνωσης (υπέρυθρη φασματοσκοπία – NIRS) και θα αναφερθούν τρόποι αξιολόγησης της αθλητικής απόδοσης, που εφαρμόζονται στην αθλητική επιστήμη, με επίκεντρο τις εργαστηριακές δοκιμασίες απόδοσης (performance tests).

### **2.1 Αερόβια προπόνηση**

Η εκτέλεση επαναλαμβανόμενων συνεδριών άσκησης για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα προκαλεί αρκετές φυσιολογικές μεταβολές, που έχουν σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση της απόδοσης στη συγκεκριμένη δραστηριότητα άσκησης (Jones and Carter, 2000). Το μέγεθος της προπονητικής απόκρισης εξαρτάται από τη διάρκεια της εκάστοτε συνεδρίας, την ένταση και τη συχνότητα της άσκησης (Hawley and Stepto, 2001), καθώς και τα ατομικά χαρακτηριστικά του ασκούμενου, όπως το αρχικό επίπεδο φυσικής κατάστασης, τη γενετική προδιάθεση, την ηλικία και το φύλο (Jones and Carter, 2000). Επίσης, σημαντικό είναι το ειδικό προπονητικό ερέθισμα (αντοχή, δύναμη ή ταχύτητα) και το είδος άσκησης, στο οποίο υπόκειται και εξασκείται ο αθλούμενος.

Συγκεκριμένα, ένα αερόβιο πρόγραμμα προπόνησης προκαλεί κύριες προσαρμογές στον αερόβιο μεταβολισμό και την απόδοση σε δοκιμασίες αντοχής. Αντίθετα, η προπόνηση ταχύτητας αυξάνει τη

συγκέντρωση των ενεργειακών υποστρωμάτων και τη δράση των αναερόβιων ενζύμων. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις, απώτερος σκοπός της αθλητικής προετοιμασίας είναι η βελτίωση και μεγιστοποίηση τόσο των αερόβιων όσο και των αναερόβιων χαρακτηριστικών του αθλούμενου. Για το λόγο αυτό, έχουν προκύψει εξειδικευμένες προπονητικές μέθοδοι, που προκαλούν αυξημένη ενεργοποίηση των δύο ενεργειακών υποστρωμάτων. Στη σύγχρονη αθλητική βιβλιογραφία λοιπόν, εμφανίζονται αξιολογικά ευρήματα κατόπιν εφαρμογής έντονης διαλειμματικής προπόνησης, που συνήθως προκαλεί βελτίωση τόσο στην αερόβια όσο και στην αναερόβια ικανότητα του ασκούμενου. Στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο αναφέρονται οι βασικές φυσιολογικές προσαρμογές της έντονης διαλειμματικής προπόνησης.

#### **2.1.1. Διαλειμματική προπόνηση**

Η διαλειμματική προπόνηση ορίζεται ως επαναλαμβανόμενες συνεδρίες μικρής ή μέτριας διάρκειας (10 sec – 5 min), που εκτελούνται με ένταση υψηλότερη από το αναερόβιο κατώφλι. Τα διαστήματα έντονης άσκησης χωρίζονται από σύντομες περιόδους χαμηλής έντασης ή αδράνειας, που επιτρέπουν τη μερική αποκατάσταση του ασκούμενου. Κύριος σκοπός της διαλειμματικής προπόνησης είναι η υψηλή επαναλαμβανόμενη πίεση των φυσιολογικών συστημάτων, που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια μιας αερόβιας άσκησης (Laursen and Jenkins, 2002). Η εξέλιξη του συγκεκριμένου τύπου προπόνησης βασίζεται στην αρχή - υπόθεση ότι όσο πιο έντονο είναι το ερέθισμα, τόσο πιο έντονες είναι οι προσαρμογές (Rodas et al., 2000).

Στη σύγχρονη αθλητική βιβλιογραφία υπάρχουν αντικρουόμενες αποδείξεις αναφορικά με το ποια μέθοδος, η συνεχής ή η διαλειμματική, είναι καλύτερη και αποδοτικότερη ως προς τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης σε αγωνίσματα αντοχής (Gorstiaga et al., 1991). Τα δεδομένα είναι αντιφατικά σχετικά με το εάν, κατά την εκτέλεση μέγιστης άσκησης, η έντονη διαλειμματική προπόνηση οδηγεί

σ' αύξηση των γλυκολυτικών ή των οξειδωτικών ενζύμων (MacDougall et al., 1998). Ωστόσο, είναι πιθανόν αυτές οι ανομοιότητες να οφείλονται σε μεθοδολογικές διαφορές του σχεδιασμού του προπονητικού πρωτοκόλλου, που αφορούν την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου παραθέτονται οι μεταβολικές, μορφολογικές και καρδιαγγειακές προσαρμογές, που έχουν καταγραφεί ότι επιτυγχάνονται μετά από έντονη διαλειμματική προπόνηση σε αγύμναστα άτομα ( $VO_{2max} < 45$  ml/kg/min) και σε ασκούμενους, μη αθλητές υψηλού επίπεδου ( $VO_{2max} = 45 - 55$  ml/kg/min).

#### **2.1.1.α. Μεταβολικές και μορφολογικές προσαρμογές**

Η επιλογή της έντασης και της διάρκειας της άσκησης, καθώς και των φάσεων αποκατάστασης μεταβάλλει τις σχετικές απαιτήσεις σε συγκεκριμένες μεταβολικές οδούς μέσα στα μυϊκά κύτταρα (Laurson and Jenkins, 2002). Η διαλειμματική προπόνηση λοιπόν, φαίνεται ότι έχει μικρότερη επίδραση στην περιεκτικότητα μιτοχονδρίων, και μεγαλύτερη επίδραση στη γλυκολυτική ικανότητα του μυός συγκριτικά με την συνεχή προπόνηση αντοχής (Kubukeli et al., 2002). Συγκεκριμένα, η διαλειμματική προπόνηση αυξάνει τη δράση της φωσφοφρουκτοκινάσης και της αδευνλικής κινάσης (25%), ενώ δεν παρατηρείται ταυτόχρονη αύξηση των μιτοχονδρίων, της κιτρικής συνθετάσης, της σουξινικής αφυδρογονάσης ή της μηλικής αφυδρογονάσης (Gorostiaga et al., 1991 και Green et al., 1999).

Ωστόσο, υπάρχουν μερικές σύγχρονες μελέτες, που αναφέρουν ότι 14 – 24 συνεδρίες έντονης διαλειμματικής προπόνησης σε διάστημα 2 – 8 εβδομάδων αυξάνουν σημαντικά τη  $VO_{2max}$  (Gorostiaga et al., 1991, McKenna et al., 1997, Dawson et al., 1998 και MacDougal et al., 1998). Μέσα σ' αυτό το μικρό χρονικό διάστημα επιτυγχάνονται σημαντικές φυσιολογικές προσαρμογές, όπως η αυξημένη ικανότητα μεταφοράς γαλακτικού οξέος και απελευθέρωσης

ιόντων  $H^+$  από τους ενεργούντες μυς (Juel et al., 2004), η βελτιωμένη ιοντική ρύθμιση (Harmer et al., 2000) και η καλύτερη λειτουργία του σαρκοπλασματικού δικτύου (SR) (Ortenblad et al., 2000).

Αρχικά λοιπόν, μία σύγχρονη μελέτη της Billat (2001) αναφέρει ότι η διαλειμματική προπόνηση αυξάνει την οξειδωτική ικανότητα (σουξινική αφυδρογονάση και κυτοχρωμική οξειδάση) των μυϊκών ινών τύπου II σε σχέση με τη συνεχή προπόνηση, που εκτελέστηκε με παρόμοια διάρκεια και ίδια μέση ένταση (79%). Επίσης, οι MacDougall et al. (1998) και οι Rodas et al. (2000) παρατήρησαν αύξηση της  $VO_{2max}$ , και της παραγόμενης ισχύος, που συνοδεύονταν με αυξημένη δραστηριότητα της κιτρικής συνθετάσης (CS), της HADH, της εξοκινάσης (HK), της φωσφοφρουκτοκινάσης (PFK), της κρεατινικής κινάσης (CK), της γαλακτικής αφυδρογονάσης (LDH) της σουξινικής αφυδρογονάσης και της μηλικής αφυδρογονάσης μετά από έντονη διαλειμματική προπόνηση επτά και δύο εβδομάδων, αντίστοιχα. Επιπλέον, οι Harmer et al. (2000) επισήμαναν σημαντική βελτίωση στο χρόνο κόπωσης σε συγκεκριμένη δοκιμασία απόδοσης (130% της  $VO_{2max}$ ), που αποδόθηκε στη μειωμένη αναερόβια παραγωγή ATP και στην αυξημένη συμβολή του αερόβιου μεταβολισμού στην παραγωγή ενέργειας. Συνάμα, οι Burgomaster et al. (2005) αναφέρουν ότι μετά από μόλις έξι προπονητικές συνεδρίες έντονης διαλειμματικής άσκησης σε διάστημα δύο εβδομάδων, παρατηρήθηκε αύξηση (100%) στην αερόβια ικανότητα των δοκιμαζόμενων κατά την εκτέλεση συγκεκριμένης δοκιμασίας απόδοσης, καθώς και αύξηση της δραστηριότητας της CS. Τα ευρήματα λοιπόν αυτά, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η έντονη διαλειμματική προπόνηση μπορεί να προκαλέσει ταυτόχρονη αύξηση της δραστηριότητας τόσο των γλυκολυτικών όσο και των οξειδωτικών ενζύμων (Laurson and Jenkins, 2002), που μπορεί να είναι υψηλότερη σε σχέση με τη συνεχή

προπόνηση αντοχής (Burgomaster et al., 2005).

Επίσης αντιφατικά, είναι τα ευρήματα των μελετών αναφορικά με την μετατροπή των ενεργούντων μυϊκών ινών. Ειδικότερα, υπάρχουν κάποιες μελέτες, που δεν εντοπίζουν μεταβολές ως προς τον τύπο μυϊκών ινών (Harridge et al., 1998 και Pilegaard et al., 1999), ενώ κάποιες άλλες αναφέρουν μετατροπή των μυϊκών ινών τύπου  $\text{II}_\beta$  σε I (Simoneau et al., 1985 και Linossier et al., 1993) ή των I σε  $\text{II}_a$  (Jacobs et al., 1987, Jansson et al., 1990, Esbjornsson et al., 1993 και Dawson et al., 1998) ή μετατροπή των  $\text{II}_\beta$  σε  $\text{II}_a$  (Esbjornsson et al., 1993 και Linossier et al., 1997) ή αύξηση των ισόμορφων βαριάς αλυσίδας μυοσίνης τύπου  $\text{II}_a$  μέσα στις μυϊκές ίνες  $\text{II}_\beta$  (Allemeier et al., 1994 και Andersen et al., 1994). Αυτές οι μεταβολές φανερώνουν ότι με το κατάλληλο προπονητικό ερέθισμα είναι πιθανή η περιορισμένη μεταβολή των μυϊκών ινών (Simoneau et al., 1985), ανεξάρτητα από τις γενετικές καταβολές του ατόμου (Komi and Karlsson, 1979). Συνάμα, είναι πιθανό να αυξάνονται οι ελαφρές αλυσίδες μυοσίνης ή το ένζυμο αδενοσινωτριφωσάση (ATPase) της μυοσίνης, επιταχύνοντας το ρυθμό της στροφικής κίνησης των εγκάρσιων γεφυρών (Kubukeli et al., 2002). Ωστόσο, οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι περισσότερο μηχανικές παρά δομικές.

Ακόμα, υπάρχουν αντικρουόμενα δεδομένα σχετικά με την επίδραση της έντονης διαλειμματικής προπόνησης στην ικανότητα επαναπρόσληψης  $\text{Ca}^{2+}$  από το SR. Η πλειοψηφία των μελετών αναφέρει ότι δεν υπάρχει επίδραση της προπόνησης στο SR (Madsen et al., 1994). Ωστόσο, υπάρχει μία σύγχρονη μελέτη (Green et al., 1998), που επισημαίνει την επίδραση της έντονης διαλειμματικής προπόνησης αντίστασης στη διατήρηση της ικανότητας επαναπρόσληψης  $\text{Ca}^{2+}$  του SR κατά την άσκηση, μέσω ενός μηχανισμού, ο οποίος είναι ανεξάρτητος από τις μεταβολές στη δράση των  $\text{Ca}^{2+}$  - ATPase στο SR.

Συνάμα, υπάρχει σύγχυση στη βιβλιογραφία αναφορικά με την επίδραση της έντονης διαλειμματικής προπόνησης στην ικανότητα εξουδετέρωσης ιόντων  $\text{H}^+$

( $\beta_m$ ). Ειδικότερα, υπάρχουν μελέτες, που υποστηρίζουν ότι ο συγκεκριμένος τύπος προπόνησης αυξάνει την  $\beta_m$  (Sharp et al., 1986), ενώ υπάρχουν και άλλες που αναφέρουν ότι δεν υπάρχει καμία επίδραση (Nevill et al., 1989). Ωστόσο, κοινή διαπίστωση όλων των μελετών είναι η αύξηση της παραγόμενης ισχύος. Παράλληλα, έχει διαπιστωθεί ότι η έντονη διαλειμματική προπόνηση δεν επηρεάζει δύο σημαντικούς μυϊκούς μεταβολίτες, την καρνοσίνη και τη φωσφοκρεατίνη (CrP), που συμβάλουν στη  $\beta_m$  (Sharp et al., 1986, Mannion et al., 1994 και Dawson et al., 1998).

Τέλος, υπάρχουν κάποιες μελέτες, που υποστηρίζουν ότι η συγκεκριμένη προπόνηση αυξάνει την ικανότητα μεταφοράς μονοκαρβοξυλάσης στο σαρκεύλημμα (MCT) (Bonen et al., 1998 και Pilegaard et al., 1999). Χαρακτηριστικά, οι Pilegaard et al. (1999) αναφέρουν ότι μετά από 8 εβδομάδες προπόνησης αυξήθηκε η περιεκτικότητα του MCT1 και MCT4 στο σκελετικό μυ περίπου 70 και 30%, αντίστοιχα. Παράλληλα, στην ίδια μελέτη επισημαίνεται αύξηση των αντλιών  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase στο σαρκεύλημμα σχεδόν κατά 30%. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με την πλειοψηφία των μελετών που αναφέρουν αύξηση της μυϊκής δραστηριότητας  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPase και της ικανότητας επαναπρόσληψης  $\text{K}^+$  της τάξεως περίπου του 15 – 20 % (Gorostiaga et al., 1991 και Green et al., 1999).

### 2.1.1.β. Καρδιαγγειακές προσαρμογές

Οι μεταβολές της αιμοσφαιρίνης [Hb], οι οποίες ρυθμίζονται από τις αλλαγές στην περιεκτικότητα του αρτηριακού οξυγόνου, και οι αντίστοιχες μεταβολές στον όγκο αίματος, που με τη σειρά τους ελέγχονται μέσω των αλλαγών της καρδιακής παροχής, έχουν σημαντική επίδραση στη  $\text{VO}_{2\text{max}}$  και την αερόβια απόδοση (Gledhill et al., 1999). Χαρακτηριστικά, η ένταση και η διάρκεια της άσκησης κατά την προπονητική περίοδο αποτελούν το κύριο ερέθισμα αύξησης του όγκου αίματος (hypervolemia), καθώς έχουν παρατηρηθεί σημαντικές μεταβολές στη συγκεκριμένη

καρδιαγγειακή παράμετρο μετά από προπόνηση υψηλής έντασης (Green et al., 1984 και Richardson et al., 1996).

Συγκεκριμένα, οι Warburton et al. (2004) αναφέρουν ότι η αύξηση στη  $\text{VO}_{2\text{max}}$  μετά από πρόγραμμα έντονης διαλειμματικής προπόνησης σχετίζεται με τις βελτιώσεις στην αριστερή κοιλιακή λειτουργία (όγκος παλμού και καρδιακή παροχή). Χαρακτηριστικό της παραπάνω μελέτης είναι οι παρόμοιες αυξήσεις των αγγειακών όγκων και της καρδιοαναπνευστικής λειτουργίας τόσο στη διαλειμματική όσο και στη συνεχή προπόνηση, που πιθανόν οφείλονται στον αυξημένο όγκο πλάσματος και τον όγκο των ερυθροκυττάρων (Convertino, 1991 και Warburton et al., 2004). Άλλωστε, αρκετές είναι οι έρευνες που επισημαίνουν την άμεση σχέση ανάμεσα στη βελτίωση της  $\text{VO}_{2\text{max}}$  και τον αυξημένο όγκο αίματος ως αποτέλεσμα της αερόβιας προπόνησης (Krip et al., 1997, Gledhill et al., 1999 και Warburton et al., 2000).

## 2.2 Ισχαιμία

Η ισχαιμία στους σκελετικούς μυς είναι κοινό χαρακτηριστικό ατόμων με αποφρακτική αρτηριακή ασθένεια (Carlson and Pernow, 1959 και Lassen and Kampp, 1965). Για το λόγο αυτό, η επίδραση της ισχαιμίας έχει εξεταστεί κυρίως σε ασθενείς με παρόμοια περιφερικά αγγειακά προβλήματα, και ειδικότερα σε περιπτώσεις διαλείπουσας χωλότητας (intermittent claudication) (Strandell and Wahren, 1963 και Egun et al., 2002). Οι μελέτες σε αυτούς τους ασθενείς φανέρωσαν κάποιες τοπικές μυϊκές προσαρμογές, που οφείλονται στη μειωμένη ροή αίματος (Sundberg and Kaijser, 1992) και ομοιάζουν με τις προσαρμογές ενός υγιούς οργανισμού ύστερα από αερόβια προπόνηση. Αυτές οι τοπικές προσαρμογές είναι οι εξής:

1. αύξηση μιτοχονδρίων και αυξημένη δραστηριότητα οξειδωτικών ενζύμων (Jansson et al., 1988),
2. αλλαγές στον τύπο και τη διάμετρο των μυϊκών ινών (Hammarsten et al., 1980 και Henriksson et al., 1980),
3. αύξηση της πυκνότητας των τριχοειδών αγγείων και ενισχυμένη

απόσπαση  $\text{O}_2$  από το μυ (Terjung et al., 1988 και Sundberg 1994), και

4. ευεργετικότερη διανομή του αίματος κατά τη διάρκεια της άσκησης (Terjung et al., 1988).

Ωστόσο, η ανάγκη κατανόησης αυτών των πολύπλοκων μηχανισμών σε ασθενείς διαλείπουσας χωλότητας, δημιούργησε ερευνητικά πρωτόκολλα σε υγιείς ανθρώπους με τεχνητή απόφραξη ροής αίματος στα άκρα (Sundberg and Kaijser, 1992). Η διερεύνηση αυτών των φυσιολογικών μηχανισμών σε πειραματικά στάδια, αποτέλεσε το ερέθισμα για τη διαπίστωση της σημαντικότητας της τοπικής διαθεσιμότητας οξυγόνου στη ρύθμιση μυϊκών προσαρμογών (Sundberg, 1994). Αποτέλεσμα αυτής της διαπίστωσης ήταν η πραγματοποίηση ερευνών με πρόκληση τοπικής ισχαιμίας στα άκρα και η παρατήρηση και ερμηνεία των καρδιοαναπνευστικών, νευρομυϊκών και μεταβολικών αλλαγών. Οι ερευνητικές αυτές προσπάθειες είτε περιλάμβαναν πρόκληση ισχαιμίας κατά την ηρεμία και την άσκηση (Shi et al., 1993, Fu et al., 1998, Bevegard et al., 1977, Eiken and Bjurstedt, 1987, Williamson et al., 1994 Nishiyasu et al. 1999, ) είτε αποτέλεσαν μέρος ενός προπονητικού πρωτοκόλλου (Esbjornsson et al., 1993, Sundberg et al., 1993, Sundberg, 1994, Shinohara et al., 1997, Nygren et al., 2000, Suzuki et al., 2000 και Moore et al., 2004).

### 2.1.1. Μέθοδοι εφαρμογής ισχαιμίας

Σε ερευνητικές προσπάθειες εφαρμογής ισχαιμίας έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετές μέθοδοι με διαφορετικά χαρακτηριστικά για την πραγμάτωση του στόχου. Οι μέθοδοι αυτοί συνοψίζονται παρακάτω:

- θάλαμος ελεγχόμενης πίεσης ( $21 \text{ m}^3$ ), όπου οι δοκιμαζόμενοι τοποθετούνται σε ύπτια θέση και εφαρμόζεται εξωτερική πίεση στα κάτω άκρα τους (Sundberg and Kaijser, 1992). Η ασκούμενη αυτή πίεση μπορεί να είναι είτε υποατμοσφαιρική ( $50 - 0 \text{ mmHg}$ ) είτε υπερατμοσφαιρική ( $0 - 60 \text{ mmHg}$ ) (Nishiyasu et al., 1999 και Sundberg and Kaijser, 1992),

- μικρός θάλαμος Plexiglas, μέσα στον οποίο το άνω άκρο μπορεί να

πραγματοποιεί δυναμική άσκηση (Joyner, 1991 και Hansen, 2000),

- ειδική περιμηρίδα για το κάτω άκρο (Strandell and Wahren, 1963, Asmussen and Nielsen, 1964, Nielsen, 1983, Williamson et al., 1994, Gallagher et al., 2001, Takarada et al., 2002 και Walsh et al., 2002) ή περιχειρίδα για το άνω άκρο (Libonati et al., 1998, Takarada et al., 2000, Burgomaster et al., 2003 και Moore et al., 2004), που είναι συνδεδεμένη με το σφυγμομανόμετρο και το ρυθμιστή πίεσης,

- ειδικός σφιχτός πλαστικός επίδεσμος (tourniquet) για δυνατότητα πλήρους απόφραξης της αιματικής ροής (>250 mmHg) (Shinohara et al., 1998, Suzuki et al., 2000 και Takarada et al., 2005), που προκαλεί σημαντικές αλλαγές στη νευρομυϊκή δραστηριότητα, το μεταβολισμό (Moritani et al., 1992), τη συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης και τον αιματοκρίτη (Kuipers et al., 2005),

- στένωση αρτηρίας με μερική απόφραξη της ροής αίματος. Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοστεί αποκλειστικά σε ζώα (γάτες και ποντίκια) (Mathien and Terjung, 1986, Andreani et al., 1997 και Andreani and Kaufman, 1998).

### 2.1.2. Ισχαιμία κατά την ηρεμία

Η εφαρμογή εξωτερικής υπερατμοσφαιρικής πίεσης στα άκρα και η τοπική απόφραξη της αιματικής ροής κατά την ηρεμία επιτρέπει την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων ως προς την επίδραση του αποκλειστικού ερεθίσματος της ισχαιμίας και τους μηχανισμούς δράσης της. Στη συνέχεια, αναφέρονται οι καρδιαγγειακές, αναπνευστικές και μεταβολικές αλλαγές, που έχουν παρατηρηθεί κατά τη φάση της ηρεμίας με εφαρμογή εξωτερική πίεσης στα άκρα

#### 2.2.2.α. Καρδιαγγειακές αλλαγές

Η εξωτερική υπερατμοσφαιρική πίεση, που εφαρμόζεται εντός υπερβαρικού θαλάμου προκαλεί τη διέγερση των ενδομυϊκών υποδοχέων, οι οποίοι είναι ευαίσθητοι στις αλλαγές της πίεσης (Shi et al., 1993 και Fu et al., 1998). Μελέτες, που έχουν πραγματοποιηθεί σε ύπτια θέση σε ειδικό θάλαμο ελεγχόμενης πίεσης, αναφέρουν αύξηση της συστολικής και της

διαστολικής πίεσης, και συνεπώς αύξηση της μέσης αρτηριακής πίεσης (Bevegard et al., 1977, Eiken and Bjurstedt, 1987, Shi et al., 1993, Williamson et al., 1994, Nishiyasu et al., 1998 και Nishiyasu et al., 1999). Ωστόσο, η αύξηση της αρτηριακής πίεσης εξαρτάται από την ασκούμενη πίεση στα άκρα και την ποσότητα μυϊκής μάζας στην οποία εφαρμόζεται (Shi et al., 1993, Williamson et al., 1994 και Fu et al., 1998). Συγκεκριμένα, οι Shi et al. (1993) παρατήρησαν ότι υπερατμοσφαιρική πίεση μεταξύ 0 – 20 mmHg δεν προκαλεί σημαντική αύξηση της αιματικής πίεσης. Αντίθετα, αύξηση της πίεσης πάνω από 20 mmHg επιφέρει σημαντική αύξηση, τόσο στη μέση αρτηριακή πίεση όσο και στην κεντρική φλεβική πίεση. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην ενεργοποίηση του ενδομυϊκού αντανακλαστικού, που συνδέεται με τις προσαγωγές νευρικές ίνες τύπου III και δρα στο καρδιαγγειακό κέντρο. Επίσης, οι αλλαγές είναι εντονότερες στη μερική απόφραξη των δύο άκρων (Williamson et al., 1994).

Παράλληλα, οι Nishiyasu et al., (1998) αναφέρουν ότι η θέση του σώματος επηρεάζει σημαντικά τις μεταβολές της αρτηριακής πίεσης σε περιπτώσεις εφαρμογής εξωτερικής πίεσης. Ειδικότερα, σημειώνουν ότι κατά την όρθια θέση η αρτηριακή πίεση είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με την αντίστοιχη σε οριζόντια θέση. Βασικός υπαίτιος του φαινομένου αυτού είναι οι μεγαλύτερες μηχανικές επιδράσεις στην αγγειακή αντίσταση και η ακόλουθη μείωση της συνολικής αγγειακής αγωγιμότητας. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι η πλήρης αγγειακή απόφραξη του πήχη ή της παλάμης, δεν προκαλεί σημαντικές μεταβολές στην αρτηριακή πίεση και την καρδιακή συχνότητα, λόγω του μικρού ποσοστού προσαγωγών ινών, που διεγείρονται από το ισχαιμικό ερέθισμα (Kaufman et al., 1984).

Αναφορικά με τις μεταβολές της καρδιακής συχνότητας, τα ευρήματα των μελετών είναι αντικρουόμενα. Ειδικότερα, η πλειονότητα των μελετών υποστηρίζει ότι δεν παρατηρούνται αλλαγές στην καρδιακή συχνότητα ηρεμίας κατά την εφαρμογή υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής

πίεσης εντός υπερβαρικού θαλάμου (Bevegard et al., 1977, Eiken and Bjurstedt, 1987, Shi et al. 1993, Williamson et al., 1994 και Nishiyasu et al. 1999). Από την άλλη όμως, οι Nishiyasu et al. (1998) αναφέρουν αύξηση της καρδιακής συχνότητας κατά την ύπτια θέση και πτώση κατά την όρθια θέση.

Σχεδόν παρόμοιες διαφορές υπάρχουν ως προς τις μεταβολές της καρδιακής παροχής, όπου άλλες μελέτες αναφέρουν αύξηση (Shi et al., 1993 και Nishiyasu et al., 1998), άλλες δεν παρατηρούν αξιοσημείωτες αλλαγές (Bevegard et al., 1977 και Williamson et al., 1994), ενώ μία μελέτη διαπιστώνει πτώση ~20% με εφαρμογή πίεσης 30 mmHg (Fu et al., 1998). Ακόμα, αναφορικά με τον όγκο παλμού οι Shi et al. (1993) διαπίστωσαν αύξηση με πίεση μεγαλύτερη από 20 mmHg σε ύπτια θέση, οι Nishiyasu et al. (1998) παρατήρησαν αύξηση του όγκου παλμού μόνο κατά την όρθια θέση, ενώ οι Fu et al. (1998) αναφέρουν μείωση κατά την ύπτια θέση.

#### **2.2.2.β. Αναπνευστικές και μεταβολικές αλλαγές**

Τα ευρήματα μελετών αναφορικά με τις αναπνευστικές μεταβολές της LPP στην ηρεμία είναι ελάχιστα και εντοπίζονται στις μελέτες των Eiken (1987) και Eiken and Bjurstedt (1987). Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι η πρόσληψη οξυγόνου είναι ελαφρώς υψηλότερη κατά την εφαρμογή εξωτερικής πίεσης, χωρίς όμως να συνοδεύεται από παράλληλη αύξηση του εισπνεόμενου όγκου αέρα.

Επίσης, οι Binzoni et al. (1998) αναφέρουν ότι σύντομοι ισχαιμικοί κύκλοι (350 mmHg) δεν προκαλούν αλλαγές στο μεταβολικό προφίλ του ισχαιμικού μυός, καθώς η συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι σταθερή και δεν υπάρχει συμμετοχή του αναερόβιου μηχανισμού. Οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι κατά την ισχαιμία και τη μετατόπιση του σώματος από την κάθετη στην ύπτια θέση σημειώνεται μείωση της μετατόπισης του ενδιάμεσου υγρού στο μυ. Ακόμα, η LPP φαίνεται ότι δεν προκαλεί αλλαγές στη δράση της ρενίνης στο πλάσμα (Bevegard et al., 1977).

Αξίζει επίσης να αναφερθεί μία μελέτη των Kawada and Ishii (2005) σε ποντίκια, όπου με εγχείριση προκάλεσαν φλεβική απόφραξη και παρατήρησαν μυϊκή υπερτροφία μετά από χρόνιο περιορισμό της φλεβικής ροής αίματος, που πιθανόν οφείλεται στη δράση των HSP-72, NOS-1 και της μυοστατίνης. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν αυξήσεις στα αποθέματα γλυκογόνου, γαλακτικού οξέος, στην HSP-72 και τη NOS-1, ενώ η περιεκτικότητα μυοστατίνης μειώθηκε. Παράλληλα, οι Elander et al., (1985), μετά από πειράματα μειωμένης αιματικής ροής σε ποντίκια, διαπίστωσαν αύξηση της δραστηριότητας της κιτρικής συνθετάσης και της οξειδωσης του κυτοχρώματος c. Οι αυξήσεις αυτές συνοδεύονταν με αυξημένη περιεκτικότητα γλυκογόνου και μειωμένα επίπεδα ATP.

### **2.2.3 Ισχαιμία κατά την άσκηση**

#### **2.2.3.α. Απόδοση**

Η εφαρμογή εξωτερικής υπερατμοσφαιρικής πίεσης μειώνει το ροή αίματος και προκαλεί μείωση της ικανότητας παραγωγής μέγιστου έργου και της αντοχής στην κόπωση (Eiken and Bjurstedt, 1987 και Gallagher et al., 2001). Συγκεκριμένα, οι Eiken and Bjurstedt (1987) αναφέρουν πτώση 61% στην αθλητική απόδοση κατά την κυκλοεργομέτρηση με πίεση 50 mmHg στα κάτω άκρα εντός υπερβαρικού θαλάμου, που σχετίζεται με υψηλή τοπική αντίληψη της κόπωσης (RPE). Επίσης, οι Gallagher et al. (2001) συμφωνούν ότι ο βασικός λόγος της πρόωρης ολοκλήρωσης της άσκησης είναι η τοπική κόπωση των ποδιών παρά κάποιοι καρδιοαναπνευστικοί περιορισμοί.

#### **2.2.3.β. Καρδιαγγειακές μεταβολές**

Κατά την ύπτια ισχαιμική άσκηση οι βασικές καρδιαγγειακές αποκρίσεις είναι οι αυξήσεις της μέσης αρτηριακής πίεσης και της καρδιακής συχνότητας, που είναι μεγαλύτερες συγκριτικά με τις αντίστοιχες αυξήσεις στη φάση της ηρεμίας (Asmussen and Nielsen, 1964, Eiken and Bjurstedt, 1987, Rowell et al., 1991, Sundberg and Kaijser, 1992 και Nishiyasu

et al., 1998). Ωστόσο, η κορυφαία καρδιακή συχνότητα σε ισχαιμικές συνθήκες είναι χαμηλότερη σε σχέση με τις κανονικές συνθήκες πίεσης (Eiken and Bjurstedt, 1987).

Από την άλλη, τα ευρήματα αναφορικά με την καρδιακή παροχή είναι αντικρουόμενα. Συγκεκριμένα, κάποιες μελέτες αναφέρουν αύξηση της καρδιακής παροχής, που πιθανόν οφείλεται στην άνοδο της καρδιακής συχνότητας, καθώς ο όγκος παλμού είναι αμετάβλητος ή ελαφρώς μειωμένος (Eiken 1987, Rowell et al., 1991 και Nishiyasu et al., 1998), ενώ δύο μελέτες δεν εντόπισαν μεταβολές στην καρδιακή παροχή (Asmussen and Nielsen, 1964 και Bonde – Petersen et al., 1978).

Παράλληλα, μία μελέτη με ισχαιμική άσκηση των κάτω άκρων σε ημι-ξαπλωμένη θέση, επιβεβαίωσε την αύξηση της αρτηριακής πίεσης, που πιθανόν σχετίζεται με την αύξηση της συνολικής περιφερικής αντίστασης (Williamson et al., 1994). Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι η αύξηση της αρτηριακής πίεσης επετεύχθη κατά την εφαρμογή πίεσης 45 mmHg, καθώς σε μικρότερες πιέσεις η αύξηση της αιματικής πίεσης δε διέφερε σημαντικά από τις αντίστοιχες αυξήσεις στη φάση της ηρεμίας. Η ίδια έρευνα, μάλιστα, δεν παρατήρησε διαφορές στην καρδιακή συχνότητα, τον όγκο παλμού και την καρδιακή παροχή. Παρόμοια ευρήματα παρουσιάζει η μελέτη των Gallagher et al. (2001), όπου η καρδιακή συχνότητα, ο όγκος παλμού και η καρδιακή παροχή δεν εμφανίζουν σημαντικές αλλαγές. Ωστόσο, στην έρευνα αυτή δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές και στη συνολική περιφερική αντίσταση. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την εφαρμογή πίεσης 90 mmHg με περιμηρίδες δεν υπήρξαν αυξήσεις της συστολικής, διαστολικής και μέσης αρτηριακής πίεσης, ενώ με εφαρμογή LBPP των 45 mmHg και συνδυασμό των LBPP και των περιμηρίδων η αιματική πίεση αυξήθηκε σημαντικά. Το εύρημα αυτό ενισχύει την άποψη ότι το μηχανικό, και όχι το μεταβολικό αντανακλαστικό αποτελεί το βασικό ρυθμιστή της αρτηριακής πίεσης κατά τη δυναμική άσκηση.

Συνάμα, κατά την ισχαιμική άσκηση σε όρθια θέση μέσα σε ειδικό θάλαμο ελεγχόμενης πίεσης παρατηρούνται αξιοσημείωτες διαφορές σε σχέση με την ύπτια θέση. Ειδικότερα, οι Nishiyasu et al. (1998) αναφέρουν ότι η άνοδος της αρτηριακής πίεσης είναι χαμηλότερη, ενώ η συνολική αγγειακή αγωγιμότητα αυξάνεται με πίεση 50 mmHg και μειώνεται με πίεση 75 mmHg. Αναφορικά με την καρδιακή συχνότητα, αυτή παραμένει αμετάβλητη, ενώ ο όγκος παλμού αυξάνεται σημαντικά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της καρδιακής παροχής στην ισχαιμική άσκηση σε όρθια θέση.

Επίσης, κατά την ισχαιμική άσκηση του άνω άκρου και την ύπτια θέση του σώματος, έχει παρατηρηθεί αύξηση της αρτηριακής πίεσης, της καρδιακής συχνότητας, της αγγειακής αντίστασης του πήχη και του φλεβικού τόνου (Maixner et al., 1990). Στην ίδια έρευνα έχει διαπιστωθεί η αλληλεπίδραση των προαναφερθέντων καρδιαγγειακών αποκρίσεων και του ισχαιμικού πόνου, που είναι έντονος κατά την εφαρμογή εξωτερικής υπερατμοσφαιρικής πίεσης. Παράλληλα, σε ισχαιμική άσκηση του άνω άκρου αναφέρεται ότι σε χαμηλές υπερατμοσφαιρικές πιέσεις (10 – 40 mmHg) η αυξημένη πίεση διαπύσης ενεργεί με σκοπό την αποκατάσταση της ροής αίματος στους ενεργούντες μυς. Ωστόσο, σε μεγαλύτερες πιέσεις υπάρχει αύξηση της συμπαθητικής αγγειοσυσταλτικής δράσης, που προκαλεί τελικά μείωση της αιματικής ροής (Daley et al., 2003).

Όλες οι παραπάνω καρδιαγγειακές αποκρίσεις κατά την ισχαιμική άσκηση, τόσο σε όρθια όσο και σε ύπτια και ημι-ξαπλωτή θέση, οφείλονται κυρίως στο μυϊκό μεταβολικό αντανακλαστικό, που διεγείρεται από την αυξημένη συγκέντρωση παραπροϊόντων του μεταβολισμού λόγω τη μερικής ή πλήρους απόφραξης της αιματικής ροής στους ενεργούντες μυς (Eiken and Bjurstedt, 1987, Sundberg and Kaijser, 1992 και Nishiyasu et al., 1998). Ωστόσο, είναι πιθανόν να υπάρχει μια αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβολικών και μηχανικών

αντανακλαστικών, που είναι όμως πολύπλοκη και δύσκολη να διερευνηθεί και να επιβεβαιωθεί (Nishiyasu et al., 1998).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί η διαπίστωση των Sundberg and Kaijser et al. (1992) ότι η αιματική ροή στα κάτω άκρα μειώνεται κατά 13 – 20 % με πίεση 50 mmHg κατά την άσκηση σε ύπτια θέση. Παράλληλα, υπολόγισαν ότι για κάθε εφαρμοζόμενη πίεση 1 mmHg η ροή αίματος ελαττώνεται κατά 1 ml/min<sup>-1</sup>. Ωστόσο, συνδυάζοντας τα παραπάνω ευρήματα θα έπρεπε η ροή αίματος να μειωνόταν κατά 45 – 50%, κάτι όμως που δε συμβαίνει, λόγω των αντισταθμιστικών φυσιολογικών αλλαγών, που αυξάνουν την ολική περιφερική αντίσταση και, συνεπώς, την αρτηριακή πίεση, ενώ εξασθενούν την εγγενή αγγειακή αντίσταση εξαιτίας της διέγερσης των περιφερικών χημειούποδοχέων. Ταυτόχρονα, οι Rowell et al. (1991) αναφέρουν ότι η προοδευτική αύξηση της εξωτερικής υπερατμοσφαιρικής πίεσης (25, 35, 45 και 50 – 60 mmHg) μειώνει την αιματική ροή στο μν 5,3 – 19,9%.

### 2.2.3.γ. Αναπνευστικές μεταβολές

Τα δεδομένα αναφορικά με την πρόσληψη οξυγόνου κατά την ισχαιμική άσκηση ποικίλουν και εξαρτώνται από το είδος της άσκησης και την πίεση που εφαρμόζεται στο ασκούμενο άκρο. Συγκεκριμένα, κατά την ισχαιμική άσκηση αυξανόμενης έντασης, έχει παρατηρηθεί ότι η πρόσληψη οξυγόνου (VO<sub>2</sub>) είναι αυξημένη συγκριτικά με την άσκηση σε κανονικές συνθήκες εξωτερικής πίεσης, λόγω του μεγαλύτερου παραγόμενου σχετικού έργου (Eiken and Bjurstedt, 1987 και Williamson et al., 1994). Αντίθετα, κατά την ισχαιμική άσκηση σταθερής έντασης, η VO<sub>2</sub> δεν εμφανίζει διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών (Rowell et al., 1991, Williamson et al., 1994 και Williamson et al., 1996). Ωστόσο, υπάρχει μελέτη που αναφέρει μείωση της VO<sub>2</sub> κατά τη δυναμική άσκηση με υπερατμοσφαιρική εξωτερική πίεση (Asmussen and Nielsen, 1963).

Επίσης αξίζει να σημειωθεί η παρατήρηση των Sundberg and Kaijser

(1992) ότι κατά την εκτέλεση υπομέγιστου έργου με εφαρμογή πίεσης μεταξύ 0 – 50 mmHg δεν παρατηρούνται μεταβολές στη VO<sub>2</sub>, ενώ όταν η εξωτερική πίεση είναι μεγαλύτερη από 50 mmHg η VO<sub>2</sub> αυξάνεται. Ακόμα, η VO<sub>2max</sub> είναι χαμηλότερη σε ισχαιμικές συνθήκες (Gallagher et al., 2001), ενώ κατά το ισχαιμικό σφίξιμο του χεριού δεν παρατηρούνται αλλαγές στην VO<sub>2</sub> (Daley et al., 2003).

Παράλληλα, κατά την ισχαιμική άσκηση έχει παρατηρηθεί αύξηση του πνευμονικού αερισμού (VE) και του αναπνευστικού πηλίκου (RER), που συνοδεύονται από ταυτόχρονη αύξηση του VE/VO<sub>2</sub> και του VE/VCO<sub>2</sub> (Stanley et al., 1985, Eiken, 1987, Eiken and Bjurstedt, 1987 και Nishiyasu et al., 1998). Συνάμα, παρατηρείται άνοδος της τελο-εισπνευστικής πίεσης του O<sub>2</sub> (P<sub>ETO2</sub>) (Stanley et al., 1985 και Eiken and Bjurstedt, 1987) και πτώση της τελο – εκπνευστικής πίεσης του CO<sub>2</sub> (P<sub>ETCO2</sub>) (Stanley et al., 1985 και Eiken, 1987).

### 2.2.3.δ. Ορμονικές και μεταβολικές μεταβολές

Έχει παρατηρηθεί ότι η άσκηση με εφαρμογή εξωτερικής υπερατμοσφαιρικής πίεσης προκαλεί σημαντικές ορμονικές μεταβολές, που αναδεικνύουν τη σπουδαιότητα των μεταβολικών αντανακλαστικών στον έλεγχο των ορμονικών αποκρίσεων κατά την άσκηση (Virtu et al., 1998). Συγκεκριμένα, αναφέρεται αυξημένη δραστηριότητα της ρενίνης, της αργινίνης βαζοπρεσίνης (AVP), της αδρενοκορτικοτροπικής ορμόνης (ACTH), της νορεπινεφρίνης (NE) και της επινεφρίνης (Epi) (Rowell et al., 1991 και Nishiyasu et al., 1998). Οι μεταβολές αυτές φανερώνουν τη συμπαθητική αγγειοσυσταλτική δράση, ως συνέπεια της απόφραξης, σε μη ενεργούς μύς και όργανα (π.χ. νεφρά).

Ταυτόχρονα, οι Takarada et al., (2000) επιβεβαιώνουν την αύξηση στη συγκέντρωση νορεπινεφρίνης (NE) μετά από άσκηση αντίστασης και εφαρμογή υπερατμοσφαιρικής πίεσης στα κάτω άκρα. Οι ίδια μελέτη αναφέρει σημαντική αύξηση της αυξητικής ορμόνης (GH) και

της ιντερλευκίνης 6 (IL-6), ενώ δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στη συγκέντρωση των λιπιδικών υπεροξειδίων και τη δράση της φωσφοκρεατοκινάσης (CPK). Επίσης, οι Viru et al., (1998) παρατήρησαν διπλασιασμό της αυξητικής ορμόνης κατά την άσκηση σε ισχαιμικές συνθήκες, καθώς και αυξημένη συγκέντρωση κορτιζόλης, τεστοστερόνης και τριϊωδοθυρονίνης ( $T_3$ ), ενώ ανέφεραν μειωμένη συγκέντρωση ινσουλίνης και θυρεοτροπίνης (TSH). Η μέθοδος της μικροδιάλυσης δείχνει ότι δεν υπάρχουν παράλληλες μεταβολές στη συγκέντρωση γλυκόζης, γλυκερίνης και ουρίας (Lundberg et al., 2002).

Συνάμα, έχει παρατηρηθεί σε ηλεκτρικά διεγερμένους ποντικούς με μερική απόφραξη της αιματικής ροής σημαντική μείωση στις συγκεντρώσεις του μυϊκού γλυκογόνου, του ATP, της φωσφοκρεατίνης και του λόγου ATP/ADP, καθώς και αύξηση στη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος. Τα ευρήματα αυτά φανερώνουν χαμηλότερη ενεργειακή κατάσταση, αυξημένη διάσπαση γλυκογόνου και επικράτηση του αναερόβιου μεταβολισμού στους ισχαιμικούς και ηλεκτρικά διεγερμένους μυς (Elander et al., 1985).

Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι όσο περισσότερο περιορίζεται η ροή αίματος, τόσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στην ισχαιμική περιοχή, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η τιμή του pH (Eiken and Bjurstedt, 1987, Rowell et al., 1991, Sundberg and Kaijser, 1992, Nishiyasu et al., 1999, Gallagher et al., 2001 και Lundberg et al., 2002). Η μείωση της τιμής του pH έχει υπολογιστεί ότι είναι 0,2 U για υπερατμοσφαιρική εξωτερική πίεση των 45 mmHg, που εφαρμόζεται είτε με περιμηρίδα είτε με LBPP (Rowell et al., 1991 και Oelberg et al., 1998). Οι παραπάνω παρατηρήσεις αναφορικά με το γαλακτικό οξύ έχουν επιβεβαιωθεί τόσο με τη σύγχρονη τεχνική της μικροδιάλυσης, όσο και με τη μυϊκή βιοψία (Lundberg et al., 2002). Η πιθανή ερμηνεία για την αυξημένη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος κατά την ισχαιμική άσκηση είναι η αυξημένη παραγωγή και αποδέσμευση γαλακτικού από τα μυϊκά κύτταρα, και η

ταυτόχρονα μειωμένη απομάκρυνσή του λόγω της περιορισμένης αιματικής ροής (Eiken and Bjurstedt, 1987 και Lundberg et al., 2002). Παράλληλα, έχει αναφερθεί αυξημένη συγκέντρωση γαλακτικού οξέος μετά από άσκηση αντίστασης και απόφραξη αιματικής ροής, που πιθανόν αποτελεί το ερέθισμα ενεργοποίησης και ρύθμισης της υποφυσιακής έκκρισης της αυξητικής ορμόνης (Takarada et al., 2000). Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι η κορυφαία τιμή γαλακτικού οξέος κατά την ισχαιμική άσκηση είναι χαμηλότερη συγκριτικά με την αντίστοιχη τιμή σε κανονικές συνθήκες, καθώς η μυϊκή κόπωση επέρχεται νωρίτερα σε συνθήκες ισχαιμίας (Eiken and Bjurstedt, 1987).

Ακόμα, αξιοπρόσεκτη είναι η παρατήρηση των Nishiyasu et al. (1994), που αναφέρουν ότι, ενώ υπάρχει στενή συσχέτιση ανάμεσα στις φυσιολογικές αποκρίσεις του μυϊκού μεταβολικού αντανakλαστικού – αύξηση της αρτηριακής πίεσης – και της πτώσης του ενδοκυτταρικού pH, η σχέση αυτή δεν είναι γραμμική, αλλά υπάρχει ένα εμφανές κατώφλι, που αντιστοιχεί σε τιμή pH 6,90 U. Αμέσως μετά από αυτό το όριο, η σχέση μεταξύ πτώσης του pH και ανόδου της αρτηριακής πίεσης είναι γραμμική. Ωστόσο, η σχέση αυτή αναφέρεται αποκλειστικά σε ισχαιμία κατά το σφίξιμο του χεριού (handgrip). Επίσης, σε δοκιμασία σφίξιματος του χεριού και παράλληλη εφαρμογή εξωτερικής πίεσης, έχει διαπιστωθεί ότι αυξάνονται σημαντικά και τα επίπεδα των ιόντων υδρογόνου, κυρίως με εφαρμογή πίεσης πάνω από 40 mmHg (Daley et al., 2003). Παράλληλα, αξίζει να αναφερθεί η παρατήρηση των Moritani et al. (1992), σύμφωνα με την οποία οι μεταβολικές αλλαγές στους ενεργούντες μυς, ως αποτέλεσμα της ισχαιμίας, παίζουν ρυθμιστικό ρόλο στην ενεργοποίηση των κινητικών μονάδων κατά την άσκηση.

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την έναρξη της άσκησης σε ισχαιμικές συνθήκες, η συμβολή που προέρχεται από την οξειδωτική φωσφορυλίωση στο σκελετικό μυ για την επαναδόμηση του ATP είναι, εν μέρει, περιορισμένη από τη διαθεσιμότητα του ακετυλοσυνένζυμου α

(acetyl-CoA) και τη ροή μέσω της αντίδρασης του συμπλέγματος της πυροσταφυλικής αφυδρογονάσης (Timmons et al., 1998). Στην ίδια έρευνα αναφέρεται ότι η έγχυση διχλωροξικού άλατος (DCA) κατά την ισχαιμική άσκηση καθυστερεί τη συγκέντρωση των μεταβολιτών – περιορίζει την αποδόμηση της φωσφοκρεατίνης και τη συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος – και καθυστερεί τη μυϊκή κόπωση.

#### **2.2.4 Ισχαιμία και προπόνηση**

Στη σύγχρονη βιβλιογραφία, υπάρχουν μελέτες που εξετάζουν τις φυσιολογικές προσαρμογές της προπόνησης με τοπική ισχαιμία. Οι αρχικές μελέτες αναφέρονται σε ασθενείς με περιφερικά αγγειακά προβλήματα, στους οποίους εφαρμόστηκαν συγκεκριμένα προπονητικά προγράμματα και παρατηρήθηκαν μεταβολές σε διάφορες καρδιοαναπνευστικές παραμέτρους, που είναι σπουδαίες σημασίας για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής τους. Παράλληλα, έχουν εφαρμοστεί προπονητικά πρωτόκολλα σε υγιείς ανθρώπους με ταυτόχρονη μερική απόφραξη της αιματικής ροής, όπου εντοπίστηκαν σημαντικές φυσιολογικές αλλαγές. Στη συνέχεια του κεφαλαίου, αναφέρονται ενδεικτικά κάποιες μελέτες προπόνησης σε ασθενείς διαλείπουσας χωλότητας, ενώ στη συνέχεια παραθέτονται όλες οι μελέτες προπόνησης (αερόβια προπόνηση και προπόνηση αντίστασης) με ισχαιμία στον υγιή πληθυσμό.

##### **2.2.4.α. Προπόνηση και διαλείπουσα χωλότητα**

Οι πρώτες απόπειρες αυτού του πολύπλοκου συνδυασμού έγιναν ουσιαστικά σε ασθενείς με διαλείπουσα χωλότητα, όπου διαπιστώθηκε βελτίωση της ικανότητας άσκησης (Larsen and Lassen, 1966, Alpert et al., 1969, Zetterquist, 1970 και Dahllof et al., 1974). Συγκεκριμένα, έχει διαπιστωθεί ότι η αερόβια προπόνηση βελτιώνει σημαντικά τη  $\dot{V}O_{2max}$  και το χρόνο εξάντλησης (Hiatt et al., 1990), που πιθανόν σχετίζονται με τη μειωμένη συγκέντρωση και δράση της ακυλοκαρνιτίνης στο πλάσμα (Hiatt et al.,

1996), καθώς και την οικονομία άσκησης και βαδίσματος (Womack et al., 1997). Ακόμα, η αερόβια προπόνηση βελτιώνει τη λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος και προκαλεί μεταβολές στο λιπιδικό προφίλ των δοκιμαζόμενων (Tan et al., 2000). Επίσης, έχει παρατηρηθεί αυξημένη δραστηριότητα της φωσφοφρουκτοκινάσης, ενώ η δραστηριότητα της CS παραμένει αμετάβλητη (Hiatt et al., 1996). Παράλληλα, οι Slordahl et al., (2005) ισχυρίζονται ότι η υψηλής έντασης προπόνηση είναι αποτελεσματικότερη συγκριτικά με τη χαμηλής έντασης. Οι ίδιοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η αύξηση αυτή οφείλεται πιθανόν σε ενδεχόμενη αύξηση του αριθμού των τριχοειδών αγγείων ή σε καλύτερη ανακατανομή του αίματος στους ενεργούντες μυς, καθώς δεν παρατηρούνται μεταβολές στη απόλυτη ροή αίματος.

Συνάμα, αναφέρεται ότι εξίσου αποτελεσματική είναι η προπόνηση στους μη ισχαιμικούς μυς των άνω άκρων, βελτιώνοντας την καρδιαγγειακή λειτουργία των ασθενών (Walker et al., 2000 και Nawaz et al., 2001). Ίσως, μάλιστα, η συστηματική προπόνηση των άνω άκρων να είναι καταλληλότερη για τους πάσχοντες από διαλείπουσα χωλότητα, καθώς φαίνεται ότι η άσκηση στα κάτω άκρα προκαλεί συστηματικές φλεγμονώδεις αντιδράσεις, λόγω της παροδικής επαναδιαπότισης των ισχαιμικών μυών. Οι φλεγμονώδεις αυτές αντιδράσεις πιθανόν προκαλούν βλάβες στα ενδοθηλιακά κύτταρα μέσω των τοξικών χημικών ουσιών που εκκρίνονται από τα ουδετερόφιλα, και σχετίζονται με την αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα του συγκεκριμένου πληθυσμού (Nawaz et al., 2001).

##### **2.2.4.β. Ισχαιμία και αερόβια προπόνηση**

Τα ευρήματα των μελετών στους ασθενείς διαλείπουσας χωλότητας αποτέλεσαν το ερέθισμα για τη διεξαγωγή ερευνών σε υγιή άτομα αναφορικά με την επίδραση της τοπικής ισχαιμίας σε ένα προπονητικό πρωτόκολλο αντοχής (Πίνακας 2-1), παρά το γεγονός ότι οι

προπονητικές αυτές προσαρμογές σε ασθενείς με περιφερικά αγγειακά προβλήματα είναι πιθανό να οφείλονται στο χαμηλό αρχικό επίπεδο της φυσικής τους κατάστασης (Sundberg et al., 1993). Οι μελέτες αυτές σε υγιή άτομα έχουν πραγματοποιηθεί σε θάλαμο ελεγχόμενης πίεσης, με εφαρμογή υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής πίεσης των 50 mmHg και οι δοκιμαζόμενοι ποδηλατούσαν σε ύπτια θέση. Συνάμα, σ' όλες τις έρευνες οι δοκιμαζόμενοι ασκούσαν το ένα πόδι σε συνθήκες ισχαιμίας, ενώ το άλλο πόδι προπονούσαν στο ίδιο απόλυτο έργο, αλλά χωρίς την εφαρμογή εξωτερικής πίεσης (Kaijser et al., 1990, Sundberg et al., 1990, Sundberg et al., 1993, Esbjornsson et al., 1993 και Sundberg 1994). Εξαίρεση αποτελεί η μελέτη των Nygren et al., (2000) όπου το μη ισχαιμικό κάτω άκρο δεν ασκείται. Παράλληλα, οι παραπάνω μελέτες παρομοιάζουν ομοιότητες ως προς τον ερευνητικό τους σχεδιασμό, δηλαδή τη διάρκεια, τη συχνότητα και τον προσδιορισμό της επιβάρυνσης. Συγκεκριμένα, η προπονητική περίοδος διαρκεί τέσσερις εβδομάδες, η συχνότητα άσκησης είναι τέσσερις φορές την εβδομάδα, η διάρκεια της άσκησης είναι 45 λεπτά, ενώ η επιβάρυνση ορίζεται ως το μέγιστο υποφερτό φορτίο για όλη την άσκηση του ισχαιμικού άκρου και το ίδιο πρωτόκολλο επιβάρυνσης επαναλαμβάνεται και στο μη ισχαιμικό πόδι.

Αναφορικά με τα κύρια ευρήματα αυτών των ερευνών δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις. Αναλυτικότερα, οι Kaijser et al. (1990), Sundberg et al. (1990), Sundberg et al. (1993) και Sundberg (1994) παρατήρησαν βελτίωση της κορυφαίας πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_{2peak}$ ) και του χρόνου εξάντλησης (TTF) σε συγκεκριμένη δοκιμασία απόδοσης. Οι βελτιώσεις αυτές μάλιστα, ήταν σημαντικά μεγαλύτερες στις εργαστηριακές δοκιμασίες σε συνθήκες ισχαιμίας. Οι προσαρμογές αυτές, πιθανόν οφείλονται σε μεταβολικές και κυκλοφορικές μεταβολές ως αποτέλεσμα του σύνθετου ερεθίσματος αερόβιας προπόνησης και τοπικής ισχαιμίας.

Ειδικότερα, οι μεταβολικές προσαρμογές αναφέρονται σε αύξηση των οξειδωτικών ενζύμων, αύξηση των αποθεμάτων γλυκογόνου, αύξηση δραστηριότητας της CS και μειωμένη δραστηριότητα των M – υπομονάδων των ισοενζύμων γαλακτικής αφυδρογονάσης, καθώς και αυξημένη δραστηριότητα της φωσφοφρουκτοκινάσης (Kaijser et al., 1990, Sundberg et al., 1990, Sundberg et al., 1993, Esbjornsson et al., 1993 και Sundberg, 1994). Παράλληλα, οι Nygren et al. (2000) αναφέρουν αύξηση των συσταλών πρωτεϊνών, αύξηση του ενδοκυτταρικού νερού και αύξηση του όγκου των μιτοχονδρίων.

Επίσης, έχει παρατηρηθεί αύξηση του αριθμού των τριχοειδών αγγείων, που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόστασης διαπότισης του  $O_2$  και την αύξηση της αιματικής ροής προς τους ενεργούντες μύς (Sundberg et al., 1993, Esbjornsson et al., 1993 και Sundberg, 1994). Ταυτόχρονα, έχει διαπιστωθεί αύξηση του ποσοστού ινών τύπου I και μείωση των μυϊκών ινών τύπου  $II_B$ , ενώ υπάρχει αύξηση της εγκάρσιας περιοχής όλων των μυϊκών ινών (Sundberg et al., 1993, Esbjornsson et al., 1993, Sundberg, 1994 και Nygren et al., 2000).

#### **2.2.4.γ. Ισχαιμία και προπόνηση αντίστασης**

Παράλληλα, έχουν πραγματοποιηθεί κάποιες μελέτες με πρόκληση τοπικής ισχαιμίας στα άκρα κατά τη διάρκεια προπόνησης αντίστασης με σκοπό τη βελτίωση της δύναμης. Οι μελέτες αυτές διαφέρουν ως προς τον ερευνητικό τους σχεδιασμό με τις μελέτες της αερόβιας ικανότητας, καθώς η εφαρμογή εξωτερικής πίεσης είναι μεγαλύτερη (100 – 250 mmHg) και οι μέθοδοι εφαρμογής είναι η περιμηρίδα, περιχειρίδα και η ελαστική περίδεση (tourniquet).

Κοινό χαρακτηριστικό αυτών των ερευνών είναι ότι κάθε δοκιμαζόμενος προπονεί το ένα άκρο του σε συνθήκες ισχαιμίας, ενώ το άλλο σε κανονικές συνθήκες, καθώς και το γεγονός ότι το πρόγραμμα προπόνησης είναι χαμηλής αντίστασης (40 – 50% της μέγιστης εθελούσιας συστολής) (Shinohara et al.,

1998, Burgomaster et al., 2003 και Moore et al. 2004). Αντίθετα, οι μελέτες των Takarada et al., (2000, 2002 και 2005) περιλάμβαναν προπόνηση των άνω ή κάτω άκρων με τη δημιουργία ομάδας ελέγχου χωρίς εφαρμογή εξωτερικής πίεσης και πειραματικής ομάδας με πρόκληση τοπικής ισχαιμίας. Επίσης, η ένταση της άσκησης ήταν χαμηλότερη από τις άλλες μελέτες, καθώς κυμαινόταν στο 20 – 50% μιας μέγιστης επανάληψης.

Οι Shinohara et al. (1998) και οι Moore et al. (2004) διαπίστωσαν, λοιπόν, αύξηση της δύναμης και του μέγιστου ρυθμού ροπής στα προπονημένα άκρα και απέδωσαν τις προσαρμογές αυτές σε νευρομυϊκές – αυξημένος νευρομυϊκός συντονισμός και αυξημένη δραστηριότητα κινητικών μονάδων – και μεταβολικές – αλλαγές στους μεταβολίτες (pH, Pi, H<sup>+</sup>, La) – δραστηριότητες ως αποτέλεσμα της απόφραξης της αιματικής ροής.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι αν και οι δύο μελέτες έχουν τα ίδια σχεδόν αποτελέσματα, διαφέρουν ως προς τον ερευνητικό τους σχεδιασμό. Συγκεκριμένα, οι Shinohara et al., (1998) εφάρμοσαν εξωτερική πίεση (>250 mmHg) στην περιοχή του γόνατος μέσω ελαστικής περιίδεσης (tourniquet), προκαλώντας πλήρη απόφραξη της αιματικής ροής, ενώ οι δοκιμαζόμενοι προπονούνταν στο ίδιο απόλυτο έργο. Αντίθετα, οι Moore et al., (2004) εφάρμοσαν μικρότερη εξωτερική πίεση (100 mmHg) στα άνω άκρα με τη χρήση ειδικής περιχειρίδος, ενώ οι συμμετέχοντες ασκούσαν στο ίδιο σχετικό έργο.

Παράλληλα, οι Takarada et al., (2000) διαπίστωσαν μυϊκή υπερτροφία στους προπονημένους μύς, αυξημένη ενεργοποίηση μυϊκών ινών και ιδιαίτερη κινητοποίηση των μυϊκών ινών ταχείας

συστολής. Επίσης, σε μετασκησιακή φάση παρατήρησαν αυξημένη υπεραιμία και συγκέντρωση γαλακτικού οξέος, λόγω της “άντλησης” (pumping) των συσταλμένων μυών. Ταυτόχρονα, παρατηρήθηκε αύξηση της μυϊκής δύναμης και της μυϊκής αντοχής, που πιθανόν οφείλεται στον αυξημένο οξειδωτικό ενεργειακό μεταβολισμό και την ικανότητα εξουδετέρωσης οξέων, παρά την αυξημένη αντίσταση στην κόπωση του νευρικού συστήματος (Takarada et al., 2002). Επίσης, κοινή διαπίστωση των Takarada et al., (2000, 2002 και 2005) αποτελεί η αύξηση της αυξητικής ορμόνης στο πλάσμα μετά από προπόνηση αντίστασης με ισχαιμία, που ίσως να σχετίζεται με τη μυϊκή υπερτροφία. Τέλος, αναφέρεται ότι η προπόνηση χαμηλής αντίστασης με ισχαιμία δεν αυξάνει σημαντικά τη συγκέντρωση της οξειδάσης ξανθίνης, των λιπιδικών υπεροξειδίων (LP) και της ιντερλευκίνης – 6 (IL-6), που μπορεί να προκαλέσουν αύξηση των ελεύθερων ριζών και, συνεπώς, επιζήμιες επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό (Takarada et al., 2002).

Συνάμα, έχουν πραγματοποιηθεί κάποιες παρόμοιες μελέτες σε πειραματόζωα, όπου ενισχύονται τα αποτελέσματα μετρήσεων σε ανθρώπους. Ειδικότερα, οι Suzuki et al., (2000) μείωσαν την αιματική ροή (60 – 70%) στην περιοχή του γόνατος σε αρουραίους με χρήση tourniquet και διαπίστωσαν αύξηση του αριθμού των τριχοειδών αγγείων και μείωση της απόστασης διάχυσης. Αυτές οι προσαρμογές πιθανόν αυξάνουν την προμήθεια οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών στους ιστούς των σκελετικών μυών.

**Πίνακας 2-1:** Συγκεντρωτικός πίνακας μελετών αερόβιας προπόνησης και μερικής απόφραξης αιματικής ροής σ' ελεγχόμενο θάλαμο πίεσης.

| ΕΡΕΥΝΑ                            | ΔΕΙΓΜΑ | ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ                                                                      | LPP<br>(mmHg) | ΕΝΤΑΣΗ                      | ΔΙΑΡΚΕΙΑ<br>(min) | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ                                                                                       |
|-----------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Kaijser et al., (1990)</i>     | 8 ♂    | 4 εβδομάδες, 4 φορές/εβδομάδα<br>45 min άσκηση<br>1 (I) – πόδι ~ 1 (E) - πόδι  | 50            | Μέγιστο<br>ανεκτό<br>έργο** | 45                | 1. ↑ VO <sub>2peak</sub> (I)<br>2. ↑ TF (I)<br>3. ↑ CS, PFK<br>4. ↓ LD                             |
| <i>Sundberg et al., (1990)</i>    | 8 ♂    | 4 εβδομάδες, 4 φορές/εβδομάδα<br>45 min άσκηση<br>1 (I) – πόδι ~ 1 (E) - πόδι  | 50            | Μέγιστο<br>ανεκτό<br>έργο** | 45                | 1. ↑ VO <sub>2peak</sub> (I)<br>2. ↑ TF<br>3. ↑ γλυκογόνου                                         |
| <i>Sundberg et al., (1993)</i>    | 10 ♂   | 4 εβδομάδες, 4 φορές/εβδομάδα<br>45 min άσκηση<br>1 (I) – πόδι ~ 1 (E) - πόδι  | 50            | Μέγιστο<br>ανεκτό<br>έργο** | 45                | 1. ↑ VO <sub>2peak</sub> (I)***<br>2. ↑ TF (I)***<br>3. ↑ VO <sub>2peak</sub> (NO)<br>4. ↑ TF (NO) |
| <i>Esbjornsson et al., (1993)</i> | 8 ♂    | 4 εβδομάδες, 4 φορές/εβδομάδα<br>45 min άσκηση<br>1 (I) – πόδι ~ 1 (E) - πόδι  | 50            | Μέγιστο<br>ανεκτό<br>έργο** | 45                | 1. ↑ TF<br>2. ↑ CS<br>3. ↑ ινών τύπου I                                                            |
| <i>Sundberg et al., (1994)</i>    | 50 ♂   | 4 εβδομάδες, 4 φορές/εβδομάδα<br>45 min άσκηση<br>1 (I) – πόδι ~ 1 (E) - πόδι  | 50            | Μέγιστο<br>ανεκτό<br>έργο** | 45                | 1. ↑ VO <sub>2peak</sub><br>2. ↑ TF<br>3. ↑ CS, τριχοειδή, γλυκογόνο                               |
| <i>Nygren et al., (2000)</i>      | 9 ♂    | 4 εβδομάδες, 4 φορές/εβδομάδα<br>45 min άσκηση<br>1 (I) – πόδι ~ 1 (E)* - πόδι | 50            | Μέγιστο<br>ανεκτό<br>έργο** | 45                | ↑ εγκάρσιας περιοχής μυϊκών ινών                                                                   |

(I) – πόδι: ισχαιμικό πόδι, (E) – πόδι: πόδι ελέγχου (μη ισχαιμικό), \* το πόδι ελέγχου δεν εξασκείται, \*\* στο μέγιστο ανεκτό έργο της (I) άσκησης και στο ίδιο απόλυτο της (CON) άσκησης, \*\*\* η αύξηση των VO<sub>2peak</sub> (I) και TF (I) είναι στατιστικά σημαντικά, ενώ η αύξηση των VO<sub>2peak</sub> (CON) και TF (CON), δεν είναι στατιστικά σημαντική.

## 2.3 Μέθοδοι μέτρησης ροής αίματος

Η ροή αίματος στα κάτω άκρα μπορεί να εκτιμηθεί με επεμβατικές και μη επεμβατικές μεθόδους. Συγκεκριμένα, οι επεμβατικές μέθοδοι, που συνήθως περιλαμβάνουν καθετηριασμό των ασκούμενων άκρων των δοκιμαζόμενων και αποτελούν πολύπλοκες και ιδιαιτέρως απαιτητικές πειραματικές διαδικασίες, είναι: α) μετρήσεις της τάσης και του κορεσμού του  $O_2$  στο φλεβικό αίμα, β) μετρήσεις του ιστικού  $O_2$  με μικρο – ηλεκτρόδια, γ) μετρήσεις του κορεσμού μυοσφαιρίνης με φασματοφωτομετρικές αναλύσεις παγωμένου μυϊκού ιστού *in vitro*, δ) προσδιορισμός του μυϊκού NADH με λέιζερ φθοριομετρίας, και ε) προσδιορισμός του μυϊκού NADH με ποσοτικές χημικές αναλύσεις μυϊκής βιοψίας (Sahlin, 1992).

Αντίθετα, οι μη επεμβατικές μέθοδοι αποτελούν πιο εύχρηστες και λιγότερο απαιτητικές τεχνικές για τη μέτρηση της μυϊκής οξυγόνωσης, καθώς πραγματοποιούνται επιδερμικές μετρήσεις  $O_2$ . Ειδικότερα, για την μέτρηση της αιματικής ροής χρησιμοποιούνται δύο κύριες μη επεμβατικές μέθοδοι, η πληθυσμογραφία και η απεικόνιση Doppler. Οι δύο αυτές μέθοδοι παρέχουν γενικές εκτιμήσεις για τη ροή αίματος, καθώς η πληθυσμογραφία μετρά τις αλλαγές του όγκου αίματος στα κάτω άκρα, σε σχέση με τη συνολική αρτηριακή ροή, ενώ η απεικόνιση Doppler καταγράφει τις μεταβολές σε σχέση με τον όγκο ροής σε μία μεγάλη αρτηρία (Sahlin, 1992 και McCully and Hamaoka, 2000). Ωστόσο, οι παραπάνω μη επεμβατικές μέθοδοι, αν και είναι πολύ πρακτικές, εντούτοις δεν απεικονίζουν την πραγματική διανομή και χρησιμοποίηση οξυγόνου στους σκελετικούς μύς (McCully and Hamaoka, 2000). Τέλος, μία σύγχρονη μη επεμβατική μέθοδος εκτίμησης της μυϊκής οξυγόνωσης, είναι η υπέρυθρη φασματοσκοπία (Near – Infrared Spectroscopy – NIRS), η οποία μετρά το επίπεδο οξειδοαναγωγής των κυτοχρωμάτων  $aa_3$  και του κορεσμού  $O_2$  της αιμοσφαιρίνης – μυοσφαιρίνης.

### 2.3.1 Μέθοδος υπέρυθρης φασματοσκοπίας (NIRS)

Η μέθοδος NIRS έγινε ευρέως γνωστή τα τελευταία χρόνια και σημειώνει συνεχή αύξηση ο ρυθμός χρήσης της, τόσο στον ιατρικό χώρο όσο και στο χώρο της αθλητικής επιστήμης. Ιστορικά, η εφαρμογή αυτής της μεθόδου έγινε για πρώτη φορά σ' άνθρωπο στα τέλη της δεκαετίας του 1970 από τους Jobsis et al. (Hampson and Piantadosi, 1988), με σκοπό την καταγραφή κυκλοφορικών παραμέτρων του εγκεφάλου και του μυοκαρδίου, ενώ η πρώτη μελέτη αθλητικής επιστήμης, που χρησιμοποίησε το NIRS για να εξετάσει τον ενεργειακό μυϊκό μεταβολισμό κωπηλατών είναι των Chance et al. (1992).

Η βασική αρχή λειτουργίας και δράσης της μεθόδου NIRS αναφέρεται στη διείσδυση υπέρυθρης ακτίνας φωτός (700 – 1000 nm) στο δέρμα, το υποδόριο λίπος και τον κάτωθι μυ, και στην απορρόφηση ή διάχυση της ακτινοβολίας μέσα στον ιστό (Quaresima et al., 2003). Η συσκευή ανιχνεύει τις μεταβολές της συγκέντρωσης των χρωμοφόρων μορίων του αίματος, δηλαδή της αιμοσφαιρίνης και της μυοσφαιρίνης, που απορροφούν ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας (Edwards et al., 2003). Επομένως, η ανάκλαση μεγάλης ποσότητας ακτινοβολίας συγκεκριμένου μήκους κύματος ( $\lambda$ ) σημαίνει μικρή απορρόφηση, άρα χαμηλή οξυγόνωση των χρωμοφόρων μορίων (Quaresima et al., 2003).

Τα κύρια πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου αναφέρονται στο χαμηλό κόστος και στη δυνατότητα εύκολης μεταφοράς, λόγω του φορητού εξοπλισμού της (McCully and Hamaoka, 2000). Επίσης, η υπέρυθρη ακτινοβολία, που εκπέμπεται είναι ακίνδυνη τόσο για το δοκιμαζόμενο όσο και για τον ερευνητή.

Παράλληλα όμως, η μέθοδος NIRS εμφανίζει μειονεκτήματα, που έχουν να κάνουν με τα χαρακτηριστικά των αποτελεσμάτων, που είναι ποιοτικά παρά ποσοτικά, καθώς η συσκευή ανιχνεύει μεταβολές στην απορροφημένη ακτινοβολία  $a$ , και όχι απόλυτες τιμές, αφού δεν είναι γνωστό το ακριβές βάθος

διείσδυσης της ακτινοβολίας στον ιστό (Manchini et al., 1994 και Grassi et al., 1999). Επίσης, περιορισμοί της συγκεκριμένης μεθόδου είναι το πάχος του λιπώδους ιστού, που παρεμβάλλεται, καθώς και η αντιφατική συμβολή της μυοσφαιρίνης στο τελικό σήμα (Quaresima et al., 2003).

### 2.3.1.α. Άσκηση και NIRS

Η μέθοδος NIRS έχει χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της μυϊκής οξυγόνωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης διαφορετικών εντάσεων. Συγκεκριμένα, αναφέρονται μελέτες που περιλάμβαναν άσκηση αυξανόμενης έντασης, κατά τις οποίες παρατηρήθηκε σταδιακή πτώση του  $StO_2$  και της  $HbO_2$ , ενώ η  $Hb$  εμφάνισε σταδιακή αύξηση (Wilson et al., 1989 και Kawaguchi et al., 2001). Χαρακτηριστικά, ο  $StO_2$  μειώνεται με αργό ρυθμό μέχρι το αναερόβιο κατώφλι και κατόπιν η πτώση αυτή είναι ιδιαίτερα έντονη (Bellardinelli et al., 1995). Αξίζει να σημειωθεί ότι ο ρυθμός αποκορεσμού είναι ίδιος για άσκηση των άνω και κάτω άκρων της ίδιας σχετικής έντασης ανεξαρτήτως φύλου. Ωστόσο, οι Bhambhani et al. (2004) αναφέρουν ότι η μυϊκή οξυγόνωση είναι ασθενέστερη στα άνω άκρα, κυρίως στις γυναίκες. Επίσης, αναφορικά με την  $HbT$  έχει καταγραφεί ότι σε εντάσεις μέχρι 60 – 65% της  $VO_{2max}$  είτε παραμένει αμετάβλητη (Kawaguchi et al., 2001) είτε αυξάνεται και στη συνέχεια σταθεροποιείται (Grassi et al., 1999).

Στη συνέχεια, σε ασκήσεις σταθερής έντασης κάτω από το αναερόβιο κατώφλι, παρατηρείται απότομη πτώση της  $\Delta HbT$  κατά την έναρξη της άσκησης, πιθανόν λόγω της δράσης της μυϊκής αντλίας, και κατόπιν ελαφριά τάση για αποκατάστασή της, λόγω της αυξημένης καρδιακής παροχής και της αγγειακής αγωγιμότητας (Kowalchuk et al., 2002 και DeLorey et al., 2003). Αναφορικά με την  $\Delta HbO_2$  εμφανίζεται μια αρχική απότομη πτώση και μετά ελαφριά τάση για αποκατάσταση (Kowalchuk et al., 2002) ή καθυστέρηση στον αποκορεσμό της (DeLorey et al., 2003).

Επίσης, κατά τη διάρκεια άσκησης σταθερής έντασης πάνω από το αναερόβιο

κατώφλι η  $\Delta Hb$  αυξάνεται αμέσως και συνεχίζει την ανοδική της πορεία, χωρίς τάση για σταθεροποίηση (Kowalchuk et al., 2002). Παράλληλα, η  $\Delta HbT$  εμφανίζει κατακόρυφη πτώση στην έναρξη της προσπάθειας, η οποία στη συνέχεια εξασθενεί (Kowalchuk et al., 2002). Επίσης, η  $\Delta HbO_2$  παρουσιάζει αρχικά γρήγορη πτώση, που οφείλεται στην δράση της μυϊκής αντλίας και στην απομάκρυνση αίματος από το σκελετικό μυ (Miura et al., 2000), ενώ κατόπιν ακολουθείται είτε βραδύτερη ελάττωσή της (Chuang et al., 2002 και Kowalchuk et al., 2002), είτε τάση για επαναφορά στις προασκησιακές τιμές (Chuang et al., 2002).

Τέλος, υπάρχουν λίγες αναφορές στη βιβλιογραφία σχετικά με τις τάσεις μυϊκής οξυγόνωσης κατά την αναερόβια άσκηση, και ειδικότερα κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας Wingate. Συγκεκριμένα, οι Bae et al. (2000) αναφέρουν πτώση της μυϊκής οξυγόνωσης από το 3° έως το 15° δευτερόλεπτο κατά τη δοκιμασία Wingate διάρκειας 30 δευτερολέπτων. Επίσης, οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν υψηλή συσχέτιση ( $r = 0.976$ ) ανάμεσα στο ρυθμό αποξυγόνωσης του μυ κατά τη δοκιμασία Wingate και τη  $VO_{2max}$ . Ακόμα, οι Bhambhani et al. (2001) παρατήρησαν ότι δεν υπάρχουν διαφορές στο ρυθμό μυϊκής αποξυγόνωσης μεταξύ της δοκιμασίας  $VO_{2max}$  και δύο δοκιμασιών Wingate, διάρκειας 30 και 40 δευτερολέπτων αντίστοιχα. Το εύρημα αυτό φανερώνει ότι η απόσπαση περιφερικού οξυγόνου ήταν παρόμοιο στις τρεις αυτές δοκιμασίες.

### 2.3.1.β. Προπόνηση και NIRS

Στη σύγχρονη διεθνή βιβλιογραφία εντοπίζονται τέσσερις μελέτες, που έχουν χρησιμοποιήσει το NIRS για να εξετάσουν τις επιδράσεις της προπόνησης στη μυϊκή αποξυγόνωση κατά την άσκηση, εκ των οποίων οι τρεις αναφέρονται σε αγύμναστα άτομα (Costes et al., 2001, Usaj, 2001 και Puente – Maestu et al., 2003), ενώ μόλις μία σε καλά γυμνασμένους αθλητές (Neary et al., 2002) (Πίνακας 2-2). Ωστόσο, κοινή διαπίστωση όλων των μελετών είναι ότι η τεχνική NIRS αποτελεί αξιόπιστη και έγκυρη

μέθοδο για ασφαλή και χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με τις προπονητικές προσαρμογές (Neary, 2004).

Αρχικά λοιπόν, οι Costes et al. (2001) εξέτασαν την επίδραση της αερόβιας προπόνησης διάρκειας τεσσάρων εβδομάδων στη μυϊκή οξυγόνωση του τετρακέφαλου μηριαίου μυός κατά την εκτέλεση δύο σταθερών υπομέγιστων δοκιμασιών (50 και 80% της  $VO_{2max}$ ) διάρκειας δεκαπέντε λεπτών έκαστη. Ο προπονητικός αυτός σχεδιασμός απέβλεπε κυρίως στην αύξηση της οξειδωτικής ικανότητας του μυός, παρά στη βελτίωση της μέγιστης απόδοσης. Αποτέλεσμα

λοιπόν της προπονητικής παρέμβασης ήταν να μην επηρεαστεί ο κορεσμός μυϊκού οξυγόνου κατά την υπομέγιστη δοκιμασία στο 50%, αλλά, αντιθέτως, να αυξηθεί σημαντικά κατά την εκτέλεση της εντονότερης δοκιμασίας (80%), καθώς παρατηρήθηκε χαμηλότερη αποξυγόνωση του μυός. Ωστόσο, ο συνολικός όγκος αιμοσφαιρίνης ήταν σημαντικά αυξημένος και στις δύο δοκιμασίες, φαινόμενο που πιθανώς αντανάκλα την ενεργοποίηση περισσότερων τριχοειδών αγγείων κατά τη διάρκεια της άσκησης, καθώς και αυξημένη ροή αίματος.

**Πίνακας 2-2:** Συγκεντρωτικός πίνακας μελετών προπόνησης, που έχουν χρησιμοποιήσει NIRS για να εξετάσουν αλλαγές στην οξειδωτική ικανότητα των σκελετικών μυών (Neary, 2004).

| ΠΗΓΗ                                  | ΔΕΙΓΜΑ                          | ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ                                         | ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ                                       | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ                                                                                                                                  |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Costes et al., (2001)</b>          | 7 αγύμναστοι (5 ♂ / 2 γυναίκες) | 4 εβδομάδες<br>120 min<br>70 – 80% $HR_{max}$     | Εργομέτρηση (15min):<br>1. 1 x 50%<br>2. 2 x 80%          | ↑ όγκος αίματος αλλαγές στη μυϊκή οξυγόνωση                                                                                                   |
| <b>Usaj, (2001)</b>                   | 6 ♂ αγύμναστοι                  | 4 εβδομάδες<br>2/ημέρα<br>30sec: ↑ 15sec/εβδομάδα | Ισομετρική δοκιμασία πήχυ μέχρι εξάντλησης                | ↑ ισομετρικής δύναμης, σχετίζεται με $StO_2$<br>1. ↑ $VO_{2max}$ : κεντρικές προσαρμογές<br>2. ↑ 20 χμ CWT: τοπικές αλλαγές μυϊκής οξυγόνωσης |
| <b>Neary et al., 2002</b>             | 8 ♂ ποδηλάτες                   | 3 εβδομάδες<br>60 min<br>85 – 90% $VO_{2max}$     | 20 χμ CWT<br>$VO_{2max}$                                  |                                                                                                                                               |
| <b>Puente - Maestu et al., (2003)</b> | 21 ασθενείς Α.Π.Ν.              | 6 εβδομάδες<br>45 min<br>70% PO                   | Εργομέτρηση (~15min):<br>1. 1 x ↓ Γ. Κ.<br>2. 2 x ↑ Γ. Κ. | ↑ επανα-οξυγόνωση, σχετίζεται με αλλαγές CS                                                                                                   |

Α.Π.Ν.: αποφρακτική πνευμονική νόσος, Γ. Κ.: γαλακτικό κατόφλι, CWT: δοκιμασία σταθερής επιβάρυνσης

Ωστόσο, η μελέτη των Neary et al. (2002), που όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποίησε καλά προπονημένους αθλητές, εμφανίζει αντίθετα αποτελέσματα αναφορικά με την προπονητική επίδραση στο ρυθμό αποξυγόνωσης συγκριτικά με την παραπάνω μελέτη των Costes et al. (2001). Η έρευνα λοιπόν αυτή επιχείρησε να εξετάσει την επίδραση της έντονης προπόνησης αντοχής μικρής διάρκειας (3 εβδομάδες) στη μυϊκή αποξυγόνωση. Βασικό και πρωτότυπο εύρημα της μελέτης ήταν η σημαντικά αυξημένη μυϊκή

αποξυγόνωση, παρά τις έντονες διατομικές διαφορές, μετά την προπονητική περίοδο κατά την εκτέλεση μιας εργαστηριακής δοκιμασίας απόδοσης (20 χμ ποδήλατο). Παράλληλα, ο αυξημένος αυτός ρυθμός αποξυγόνωσης εμφανίζει υψηλή συσχέτιση με τις προσαρμογές της προπόνησης, που αναφέρονται στην αυξημένη κορυφαία παραγόμενη ισχύ, την αυξημένη  $VO_{2max}$  και το βελτιωμένο χρόνο επίδοσης στην εργαστηριακή δοκιμασία απόδοσης.

Μολονότι όμως, υπάρχουν διαφορές ως προς τα ευρήματα μεταξύ των μελετών, ο Neary (2004) εντοπίζει και συνοψίζει κάποιους σημαντικούς παράγοντες, που ερμηνεύουν αυτές τις διαφοροποιήσεις. Αρχικά, υπάρχουν διαφορές ως προς το προπονητικό πρόγραμμα, ενώ παράλληλα εντοπίζονται διαφορές ως προς την επιλογή του δείγματος (προπονημένοι – απροπονητοι). Ακόμα, στη μελέτη των Costes et al. (2001) η μετα – προπονητική δοκιμασία εκτελέστηκε ουσιαστικά σε χαμηλότερο σχετικό φορτίο (73% έναντι 80% της  $VO_{2max}$ ), που πιθανώς εξηγεί το χαμηλότερο ρυθμό αποξυγόνωσης.

Παράλληλα, ο Usaj (2001) προσπάθησε να εντοπίσει επιδράσεις της προπόνησης στην οξυγόνωση του πήχη κατά την εκτέλεση υπομέγιστης ισομετρικής συστολής. Η μελέτη αυτή διαπίστωσε ότι η συγκεκριμένη προπονητική παρέμβαση μολονότι δεν επηρέασε σημαντικά τη μέγιστη ισομετρική δύναμη, εντούτοις αύξησε τη διάρκεια εκτέλεσης της υπομέγιστης ισομετρικής συστολής. Η τελευταία αυτή παρατήρηση, που αποτέλεσε συνέπεια της προπονητικής διαδικασίας, μπορεί να εξαρτάται ως ένα βαθμό από τη μεγαλύτερη μυϊκή αποξυγόνωση, λόγω του αυξημένου οξειδωτικού μεταβολικού ρυθμού των μυών.

Επίσης, η μελέτη των Puente – Maestu et al. (2003) αναφέρει ότι αερόβιο προπονητικό πρόγραμμα διάρκειας έξι εβδομάδων βελτίωσε τη μυϊκή οξειδωτική ικανότητα (κιτρική συνθετάση) και το χρόνο αντοχής σε ασθενείς αποφρακτικής πνευμονικής νόσου. Ωστόσο, το κύριο εύρημα της μελέτης ήταν ο αυξημένος ρυθμός μυϊκής επανα – οξυγόνωσης μετά την ολοκλήρωση της άσκησης, ο οποίος σχετίζεται με μεταβολές των οξειδωτικών ενζύμων, και κυρίως τη δράση της κιτρικής συνθετάσης.

### 2.3.1.γ. Ισχαιμία και NIRS

Η μέθοδος NIRS, καταγράφοντας τις σχετικές αλλαγές της  $HbO_2$ , της  $Hb$  και της  $HbT$ , χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των σχετικών αλλαγών του τοπικού όγκου αίματος και του κορεσμού αιμοσφαιρίνης (Mancini et al., 1994 και

Ferrari et al., 1997), αποτελώντας ένα πολύτιμο εργαλείο για μελέτες μερικής ή πλήρους απόφραξης της αιματικής ροής. Συγκεκριμένα, έχει χρησιμοποιηθεί σε μελέτες ισχαιμίας κατά την ηρεμία (Hampson and Piantadosi, 1988), καθώς και σε μελέτες με άσκηση και ισχαιμία (Sahlin, 1992, Nishiyasu et al., 1999 και Anastasopoulos et al., 2005).

Αναλυτικότερα σε συνθήκες ηρεμίας, η μελέτη των Hampson and Piantadosi (1988) αναφέρει ότι κατόπιν εφαρμογής υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής πίεσης 50 mmHg στον τρικέφαλο βραχιόνιο μυ, παρατηρήθηκε αύξηση του όγκου αίματος και της  $Hb$ , χωρίς όμως να προκληθούν ταυτόχρονες μεταβολές στην  $HbO_2$ . Επίσης, στην ίδια έρευνα παρατηρήθηκε ότι μετά από πλήρη απόφραξη της αιματικής ροής στο βραχιόνιο μυ, μειώθηκε η  $HbO_2$  και αυξήθηκε η  $Hb$ , ενώ ο όγκος αίματος παρέμεινε αμετάβλητος. Ακόμα, η μελέτη των Boushel et al. (1998) αναφέρει ότι η εφαρμογή εξωτερικής πίεσης 280 mmHg στον πήχη προκάλεσε έντονη μείωση του ποσοστού κορεσμού του  $O_2$ , που σχετίζεται με τη μείωση του κορεσμού  $O_2$  στο φλεβικό αίμα.

Αναφορικά με τις μελέτες, που έχουν χρησιμοποιήσει NIRS κατά την άσκηση με ισχαιμία, η έρευνα των Anastasopoulos et al. (2005) είναι η μόνη κατά την οποία οι δοκιμαζόμενοι ασκούνται σε όρθια θέση, και η υπερατμοσφαιρική πίεση (60 mmHg και 90 mmHg) εφαρμοζόταν στα κάτω άκρα. Ειδικότερα, τόσο κατά την ηρεμία όσο και κατά τη διάρκεια άσκησης αυξανόμενης έντασης, παρατηρήθηκε μεγαλύτερος αποκορεσμός της  $Hb$  κατά την εφαρμογή πίεσης 90 mmHg σε σχέση με την πίεση 60 mmHg, παρ' ότι και στις δύο περιπτώσεις μειώθηκε η μέγιστη παραγόμενη ισχύς και η  $VO_2$ .

Επίσης, οι Nishiyasu et al. (1999) εφάρμοσαν LPP 50 mmHg στο μηρό κατά την ηρεμία και την κυκλοεργομέτρηση σε ύπτια θέση μελετώντας παράλληλα τη μυϊκή οξυγόνωση με NIRS. Παρατήρησαν λοιπόν ότι η συγκεκριμένη πίεση προκάλεσε πτώση της  $HbO_2$  και της  $HbT$  στην ηρεμία, ενώ κατά την άσκηση η αντίστοιχη πτώση ήταν εντονότερη. Τέλος, αναφέρεται η μελέτη των Egund et al.

(2002), στην οποία εφαρμόστηκε πλήρη απόφραξη της αιματικής ροής με ειδικό επίδεσμο, προκαλώντας σταδιακή μείωση της  $HbO_2$ , λόγω αύξησης της απόσπασης  $O_2$ , ενώ η  $HbT$  παρέμεινε αμετάβλητη.

#### 2.4 Αξιολόγηση αθλητικής απόδοσης

Βασική επιδίωξη των ερευνητών στο χώρο της αθλητικής επιστήμης είναι ο προσδιορισμός, ο έλεγχος και η αξιολόγηση της επίδρασης των προπονητικών, διατροφικών και άλλων παρεμβάσεων στην αθλητική απόδοση (Schabort et al., 1998). Η αξιολόγηση αυτή μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση είτε υπαίθριων (field tests) είτε εργαστηριακών (performance tests) δοκιμασιών απόδοσης.

Ωστόσο, η αξιολόγηση των πειραματικών παρεμβάσεων δεν πραγματοποιείται συχνά σε πραγματικές αγωνιστικές συνθήκες, λόγω αντικειμενικών δυσκολιών και αδυναμιών μέτρησης των φυσιολογικών παραμέτρων (Hopkins et al., 1999). Οι δυσκολίες αυτές εστιάζονται κυρίως στον έλεγχο και τη διατήρηση σταθερών περιβαλλοντικών συνθηκών (π.χ. ταχύτητα ανέμου, βροχή κτλ) και την αξιόπιστη άμεση μέτρηση φυσιολογικών παραμέτρων (π.χ.  $VO_2$ ) (Palmer et al., 1994 και Paton and Hopkins, 2001). Παράλληλα, περιορισμένη είναι η δυνατότητα χρήσης εσωτερικού αγωνιστικού χώρου (π.χ. ποδηλατοδρόμιο), όπου μπορούν να διασφαλιστούν σταθερές φυσιολογικές συνθήκες (Paton and Hopkins, 2001). Για τους λόγους λοιπόν αυτούς, η χρήση των εργαστηριακών δοκιμασιών απόδοσης είναι αρκετά αυξημένη και δημοφιλής στο πεδίο της εφαρμοσμένης αθλητικής επιστήμης, μολονότι δεν έχει ερμηνευθεί απόλυτα η σχέση μεταξύ απόδοσης σε μια εργαστηριακή δοκιμασία και απόδοσης σ' έναν αγώνα.

Παράλληλα, αξίζει να σημειωθεί ότι οι εργαστηριακές δοκιμασίες είναι καλύτερα να επιλέγονται για μεγάλης διάρκειας αγωνίσματα, καθώς δεν υπάρχει μεγάλη επίδραση εξωτερικών παραγόντων (π.χ. ποδηλάτηση κοντά σε προπορευόμενο – draft). Από την άλλη, οι βραχείας διάρκειας δοκιμασίες είναι προτιμότερο να

προσομοιώνονται στην ύπαιθρο. (Palmer et al., 1994 και Hopkins et al., 1999).

##### 2.4.1 Είδη εργαστηριακών δοκιμασιών απόδοσης

Ο αγωνιστικός αθλητισμός περιλαμβάνει μια ποικιλία αγωνισμάτων ως προς τη διάρκεια και την έντασή τους (Paton and Hopkins, 2001), που αποτελούν ερέθισμα για τη δημιουργία αντίστοιχων εργαστηριακών δοκιμασιών απόδοσης. Οι δοκιμασίες αυτές αξιολογούν την αθλητική απόδοση σύμφωνα με κάποια συγκεκριμένα και προκαθορισμένα κριτήρια (χρόνος επίδοσης, χρόνος εξάντλησης, διανυθείσα απόσταση κτλ.), που επιλέγονται ανάλογα με το είδος της άσκησης και το σκοπό αξιολόγησης της δοκιμασίας. Συγκεκριμένα, οι Hopkins et al. (2001) αναφέρουν τα παρακάτω είδη εργαστηριακών δοκιμασιών απόδοσης, που συναντώνται στην αθλητική επιστήμη:

- I. Δοκιμασίες σταθερής επιβάρυνσης (constant – work tests ή time trials - CWT), κατά τις οποίες ο δοκιμαζόμενος προσπαθεί να καλύψει όσο το δυνατόν πιο σύντομα μια συγκεκριμένη απόσταση ή επιβάρυνση. Αυτές οι δοκιμασίες αποτελούν καλή προσομοίωση της βιο-ενεργητικής των περισσότερων αγωνισμάτων, που διαρκούν αρκετά λεπτά. Συνάμα, οι δοκιμασίες σταθερής επιβάρυνσης προσομοιώνουν μικρά διαστήματα υψηλής έντασης, που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια ή το τέλος μιας αγωνιστικής προσπάθειας.
- II. Δοκιμασίες σταθερής διάρκειας (constant – duration tests - CDT), όπου ο δοκιμαζόμενος προσπαθεί μέσα σ' ένα συγκεκριμένο χρόνο να καλύψει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση ή να παράγει το μεγαλύτερο δυνατό έργο (π.χ. δοκιμασία Wingate).
- III. Δοκιμασίες σταθερής ισχύος (constant power ή constant load tests - CPT), κατά τις οποίες ο δοκιμαζόμενος ασκείται μέχρι εξάντλησης, ενώ η επιβάρυνση είναι σταθερή. Η εξάντληση, που σημαίνει και τον τερματισμό της προσπάθειας, εκφράζεται με τη μείωση είτε της παραγόμενης δύναμης είτε της

ταχύτητας είτε της συχνότητας περιστροφών στο κυκλοεργόμετρο. Η απόδοση προσδιορίζεται από τη διάρκεια της άσκησης.

IV. Δοκιμασίες κρίσιμης ισχύος (critical - power tests), που αποτελούν μια σειρά από δοκιμασίες σταθερής ισχύος ή σταθερής επιβάρυνσης ή σταθερής διάρκειας, οι οποίες εκτελούνται σε διαφορετικές εντάσεις και σε διαφορετικές ημέρες.

Παράλληλα, οι ίδιοι ερευνητές (Hopkins et al., 2001) αναφέρουν ως είδη των εργαστηριακών δοκιμασιών απόδοσης τις δοκιμασίες αυξανόμενης έντασης για τον προσδιορισμό της  $VO_{2max}$ , της PPO και του A. T. Επίσης, συμπεριλαμβάνονται οι δοκιμασίες ισο – αδράνειας (iso – inertial tests), κατά τις οποίες εκτελείται μια απλή κίνηση (άλμα, πίεση ή ρίψη) ενάντια στην αδράνεια του σώματος, καθώς και οι ισοκινητικές δοκιμασίες (isokinetic tests), όπου εκτελούνται εκρηκτικές επαναληπτικές κινήσεις σε ειδικό ισοκινητικό εργόμετρο.

#### 2.4.2 Επιλογή εργαστηριακών δοκιμασιών απόδοσης

Η επιλογή της κατάλληλης εργαστηριακής δοκιμασίας απόδοσης εξαρτάται από το σκοπό της μελέτης, τον ερευνητικό σχεδιασμό, τις φυσιολογικές παραμέτρους που είναι προς διερεύνηση και το διαθέσιμο εργόμετρο. Ταυτόχρονα, το σημαντικότερο κριτήριο, που πρέπει να διερευνηθεί και να ληφθεί υπόψη είναι η σχέση μεταξύ απόδοσης σε αγώνα και απόδοσης σε εργαστηριακή δοκιμασία (Paton and Hopkins, 2001).

Αρχικό, λοιπόν, μέλημα του ερευνητή είναι η επιλογή μιας αξιόπιστης δοκιμασίας. Ο όρος αξιοπιστία αναφέρεται στη συνέπεια ή ικανότητα επανάληψης της απόδοσης, που ελέγχεται με την επαναλαμβανόμενη εκτέλεση της δοκιμασίας σ' ένα λογικό αριθμό δοκιμαζόμενων (Hopkins et al., 2001). Επομένως, μια εργαστηριακή δοκιμασία με χαμηλή αξιοπιστία είναι ακατάλληλη και ανακριβής για την ερμηνεία αλλαγών στην αθλητική απόδοση (Hopkins, 2000).

Επίσης, οι Hopkins et al. (2001) αναφέρουν ότι ο συντελεστής

μεταβλητότητας (C. V.), που αποτελεί στατιστική μέθοδο ελέγχου της αξιοπιστίας, αποτελεί το πιο χρήσιμο εργαλείο αυτής της διαδικασίας, καθώς επιτρέπει τη σύγκριση διαφορετικών εργαστηριακών δοκιμασιών απόδοσης με βάση το κριτήριο αξιοπιστίας, ανεξάρτητα από διαφορές στο δείγμα (π.χ. άνδρες με γυναίκες). Επομένως, έχει παρατηρηθεί ότι η αξιοπιστία των δοκιμασιών που έχουν προκαθορισμένο τερματισμό φαίνεται ότι είναι υψηλότερη (Bosquet et al., 2002), καθώς ο C. V. των CDT είναι σχεδόν 3% στο κυκλοεργόμετρο (Jeukendrup et al., 1996 και Bishop, 1997), ενώ ο αντίστοιχος C.V. των CWT είναι συνήθως χαμηλότερος από 2% (Palmer et al., 1996, Schabort et al., 1999, Smith et al., 2001, Lindsay et al., 1996 και Schabort et al., 1998).

Επίσης, ο ερευνητής πρέπει να επιλέγει έγκυρες δοκιμασίες, που αντανακλούν δηλαδή την πραγματική απόδοση (Hopkins et al., 2001). Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι οι δοκιμασίες CWT, διάρκειας και απόστασης έχουν υψηλή εγκυρότητα και προσομοιώνουν επιτυχημένα τα αντίστοιχα αγωνίσματα. Ακόμα, αξιοπρόσεκτο είναι το γεγονός ότι οι δοκιμασίες για τον προσδιορισμό του αναερόβιου κατωφλιού, αν και δεν μιμούνται πραγματικές συνθήκες, εντούτοις διακρίνονται για υψηλό βαθμό εγκυρότητας. Αντιθέτως, επισημαίνεται ότι οι δοκιμασίες μεγάλης διάρκειας CPT ίσως να μην έχουν υψηλή εγκυρότητα, καθώς η αδυναμία συνέχισης της άσκησης μπορεί να είναι αποτέλεσμα ανίας και ψυχολογικής πτώσης των δοκιμαζόμενων, και όχι ανικανότητας διατήρησης της μέγιστης επιβάρυνσης (Hopkins et al., 2001).

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί η παρατήρηση των Hopkins et al. (2001) ότι η έλλειψη ικανοποιητικού αριθμού ερευνών αναφορικά με την επίδραση του τύπου εργόμετρου στην αξιολόγηση της αθλητικής απόδοσης, πιθανόν σημαίνει ότι όλα τα εργόμετρα εμφανίζουν την ίδια αξιοπιστία και δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Ωστόσο, οι λίγες μελέτες που υπάρχουν, επιτρέπουν να διαφανεί ότι τα κυκλοεργόμετρα, στα

οποία χρησιμοποιούνται τα αγωνιστικά ποδήλατα των αθλητών – δοκιμαζόμενων (π.χ. Kingcycle) είναι μάλλον περισσότερα αξιόπιστα και εμφανίζουν χαμηλό C. V. (Madsen et al., 1996 και Palmer et al., 1996).

#### **2.4.3 Ειδικά χαρακτηριστικά εργαστηριακών δοκιμασιών απόδοσης**

Οι εργαστηριακές δοκιμασίες απόδοσης, που στοχεύουν στην αξιολόγηση της αθλητικής απόδοσης, διέπονται από κάποια σημαντικά ειδικά χαρακτηριστικά, που ενισχύουν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία της δοκιμασίας. Τα ειδικά αυτά χαρακτηριστικά είναι μεθοδολογικής και ερμηνευτικής φύσεως, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή, το σχεδιασμό και την ερμηνεία μιας εργαστηριακής δοκιμασίας απόδοσης.

Αρχικά, η επιλογή του κατάλληλου μεγέθους δείγματος αποτελεί σημαντικό κομμάτι της εργαστηριακής δοκιμασίας. Συγκεκριμένα, το κατάλληλο δείγμα είναι αυτό που δίνει C. V. ίσο ή τουλάχιστον χαμηλότερο σε σχέση με τον αντίστοιχο C.V. σ' αυτό καθ' αυτό το αγώνισμα (Hopkins et al., 1999). Ωστόσο, καθώς η πραγματοποίηση αυτής της διαδικασίας είναι δύσκολη, οι ίδιοι ερευνητές προτείνουν τον έλεγχο της αξιοπιστίας και της εγκυρότητας της δοκιμασίας, καθώς και τη χρήση μεγάλου αριθμού δείγματος.

Παράλληλα, σχετικά με τη διαδικασία επιλογής δείγματος, αναφέρεται ότι οι αθλητές υψηλού επιπέδου αποτελούν το κατάλληλο δείγμα για δοκιμασίες προσομοίωσης αγωνιστικών συνθηκών, καθώς προσδίδουν υψηλή αξιοπιστία (Hopkins et al., 2001). Ωστόσο, η δυσκολία συμμετοχής του συγκεκριμένου είδους δείγματος μπορεί να αντισταθμιστεί με τη συμμετοχή δοκιμαζόμενων, που είναι είτε προπονημένοι είτε εξοικειωμένοι με το συγκεκριμένο είδος άσκησης (Hopkins et al., 1999), χωρίς όμως να επιτρέπεται η γενίκευση των αποτελεσμάτων σε αθλητές υψηλού επιπέδου.

Συνάμα, αναφέρεται ότι το φύλο των δοκιμαζόμενων επηρεάζει την αξιοπιστία της δοκιμασίας, αφού οι γυναίκες είναι

λιγότερο αξιόπιστες από τους άνδρες, καθώς έχουν, συνήθως, χαμηλότερη φυσική κατάσταση, μικρότερη παραγωγή δύναμης και η απόδοσή τους επηρεάζεται και μεταβάλλεται από την φάση του έμμηνου κύκλου τους (Hopkins et al., 2001). Ακόμα, οι ερευνητές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους τις διατομικές διαφορές των δοκιμαζόμενων στο τελικό αποτέλεσμα, καθώς δύναται να περιοριστεί η αρνητική τους δράση με την επιλογή μεγάλου αριθμού και παρόμοιων χαρακτηριστικών (π.χ. φύλο, ηλικία, επίπεδο φυσικής κατάστασης) δοκιμαζόμενων (Hopkins and Wolfinger, 1998 και Hopkins et al., 1999).

Επίσης, κατά το σχεδιασμό και την εκτέλεση μιας εργαστηριακής δοκιμασίας απόδοσης είναι απαραίτητη η διασφάλιση των ίδιων ακριβώς συνθηκών μεταξύ των επαναλαμβανόμενων δοκιμασιών. Ειδικότερα, πρέπει να διασφαλιστούν οι ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες και η ίδια προφορική ενθάρρυνση (Hopkins et al., 1999), ενώ πρέπει να δίνονται σαφείς διατροφικές οδηγίες προς τους δοκιμαζόμενους κατά την περίοδο των δοκιμασιών (Burke et al., 1998 και Hopkins et al., 1999). Ταυτόχρονα όμως, πρέπει να εξασφαλίζονται ρεαλιστικές συνθήκες αγώνα, που έχουν να κάνουν με τις διατροφικές συνήθειες των ασκούμενων (Palmer et al., 1996 και Hopkins et al., 1999), τον προπονητικό σχεδιασμό (π.χ. φορμάρισμα) (Hopkins et al., 1999) και την εκτέλεση των δοκιμασιών (π.χ. άσκηση σε ζευγάρια) (Schabort et al., 1999). Ακόμα, θα πρέπει να αποτρέπονται πιθανές επιδράσεις placebo, που μεταβάλλουν και παραποιούν την πραγματική επίδραση της πειραματικής παρέμβασης (Clark et al., 1998), με την ταυτόχρονη μέτρηση τουλάχιστον μίας φυσιολογικής παραμέτρου κατά την εργομέτρηση (Hopkins et al., 1999).

Τέλος, οι εργαστηριακές δοκιμασίες απόδοσης χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής ως προς την ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους. Χαρακτηριστικά, η πλειοψηφία των ερευνών δίνει βαρύτητα στη στατιστική σημαντικότητα της αλλαγής της αθλητικής απόδοσης, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το

μέγεθος της αλλαγής και της επίδρασης της παρέμβασης, αποκλείοντας με τον τρόπο αυτό πιθανή επίδραση της συγκεκριμένης παρέμβασης σ' ένα άλλο δείγμα δοκιμαζόμενων με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Για το λόγο αυτό, οι ερευνητές δεν θα πρέπει να είναι απόλυτοι

στα τελικά τους συμπεράσματα, αλλά να δίνουν βαρύτητα στο μέγεθος της επίδρασης, προτείνοντας νέες πειραματικούς σχεδιασμούς, που πιθανόν να επιβεβαιώσουν τις αρχικές τους υποθέσεις (Hopkins et al., 1999).

### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### 3.1 Δείγμα

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν είκοσι ένας (21) υγιείς δοκιμαζόμενοι, εκ των οποίων έξι (6) άνδρες και δεκαπέντε (15) γυναίκες (ηλικίας  $22.87 \pm 4.16$  ετών). Όλοι οι δοκιμαζόμενοι ήταν υγιείς, χωρίς ιστορικό τραυματισμού τον τελευταίο χρόνο και, αν και είχαν προηγούμενη εμπειρία σε διάφορες μορφές φυσικής δραστηριότητας, την εποχή έναρξης του προπονητικού προγράμματος είχαν χαμηλό επίπεδο φυσικής κατάστασης ( $VO_{2max} = 37.13 \pm 5.19$  ml/kg/min). Επίσης, καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας δε συμμετείχαν σε κάποιο άλλο πρόγραμμα έντονης και συστηματικής δραστηριότητας (Παράρτημα Α και Β).

Όλοι οι δοκιμαζόμενοι, αφού ενημερώθηκαν επαρκώς για τη διαδικασία, τις δυσκολίες και τους κινδύνους που πιθανόν να ελλοχεύουν κατά τη συμμετοχή τους στην έρευνα και, εφόσον κατανόησαν και συμφώνησαν με τους όρους συμμετοχής τους, υπέγραψαν αυτόβουλα γραπτή δήλωση συγκατάθεσης (Παράρτημα Γ). Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι όλες οι πειραματικές παρεμβάσεις και μετρήσεις διεξήχθησαν σύμφωνα με τις αρχές της Επιτροπής Δεοντολογίας του Π. Μ. Σ. «Βιολογία της Άσκησης» του Πανεπιστημίου Αθηνών.

#### 3.2 Πειραματικός σχεδιασμός

Ο συνολικός πειραματικός σχεδιασμός αποτελούταν από τρεις διακριτές φάσεις: α) αρχικές εργαστηριακές μετρήσεις, β)

προπόνηση διάρκειας έξι (6) εβδομάδων, και γ) επαναληπτικές εργαστηριακές μετρήσεις. Οι φάσεις α και γ περιελάμβαναν μία σειρά συγκεκριμένων δοκιμασιών, οι οποίες ήταν οι εξής: α) δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης  $O_2$  χωρίς εφαρμογή εξωτερικής πίεσης ( $VO_{2max}^{Nor}$ ), β) δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης  $O_2$  με εφαρμογή μηριαίας εξωτερικής πίεσης ( $VO_{2max}^{Press}$ ), γ) σταθερή υπομέγιστη δοκιμασία στο 30% της  $VO_{2max}^{Nor}$  διάρκειας έξι (6) λεπτών, δ) σταθερή υπομέγιστη δοκιμασία στο 80% της  $VO_{2max}^{Nor}$  διάρκειας έξι 6 λεπτών, και ε) δοκιμασία απόδοσης μέχρι εξάντλησης σταθερής επιβάρυνσης ( $TF_{150}$ ) (Σχήμα 3-1).

Όλες οι εργαστηριακές μετρήσεις έλαβαν χώρα στο εργαστήριο Εργοφυσιολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΤΕΦΑΑ) του Πανεπιστημίου Αθηνών, ενώ η προπονητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε ειδικά διαμορφωμένο εσωτερικό χώρο του ΤΕΦΑΑ Αθηνών. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες και στους δύο χώρους διατηρούνταν σταθερές (ACSM, 2000), μέσω της χρήσης κεντρικών κλιματιστικών ψύξης – θέρμανσης και ανεμιστήρα. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασία στον εργαστηριακό χώρο ήταν  $23.09 \pm 0.77$  °C, η σχετική υγρασία  $39.63 \pm 2.09\%$  και η βαρομετρική πίεση  $742.19 \pm 3.73$  mmHg. Αντίστοιχα, η θερμοκρασία στο χώρο προπόνησης ήταν  $26.30 \pm 1.57$  °C, η υγρασία  $41.17 \pm 2.18\%$  και η βαρομετρική πίεση  $743 \pm 2.58\%$ .



Σχήμα 3-1: Σχεδιάγραμμα του πειραματικού σχεδιασμού, όπου διακρίνονται οι τρεις ερευνητικές φάσεις μέτρησης και οι επιμέρους δοκιμασίες.

### 3.3 Μετρήσεις – Όργανα – Υπολογισμοί

#### 3.3.1 Μέτρηση αναστήματος & σωματικού βάρους

Πριν από την έναρξη των εργαστηριακών δοκιμασιών μετρήθηκε το σωματικό ανάστημα των δοκιμαζόμενων σε εκατοστά με αναστημόμετρο, καθώς και το σωματικό τους βάρος χωρίς ρούχα σε κιλά με ζυγαριά ακριβείας (Bilance SALUS, Italy), αφού είχαν προηγουμένως ουρήσει. Το αναστημόμετρο προσδιόριζε το σωματικό ανάστημα με ακρίβεια εκατοστού, ενώ η ζυγαριά παρείχε ακρίβεια 0.5 kgf.

#### 3.3.2 Κυκλοεργόμετρα

Το εργόμετρο στο οποίο πραγματοποιήθηκαν όλες οι εργαστηριακές μετρήσεις ήταν ένα ηλεκτρομαγνητικό κυκλοεργόμετρο (Lode Instrumenten N. V. Holland), όπου μέσω μαγνητικού πεδίου η προκαθορισμένη ισχύς διατηρούταν σταθερή ανεξάρτητα του ρυθμού ποδηλάτησης (Paton and Hopkins, 2001).

Τα εργόμετρα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την προπονητική διαδικασία ήταν ποδήλατα ολίσθησης τριβής (Monark 814 E και 864, Sweden). Αυτά λειτουργούσαν μέσω της δύναμης τριβής, η οποία παραγόταν από έναν μάντα που ολίσθαινε στον περιστρεφόμενο τροχό. Η παραγόμενη ισχύς ρυθμιζόταν από ένα καλάθι, στο οποίο τοποθετούνταν συγκεκριμένα βάρη, μεταβάλλοντας την αντίσταση. Κατά την έναρξη της κάθε προπονητικής ημέρας γινόταν προσεκτική βαθμονόμηση των εργόμετρων.

#### 3.3.3 Αναπνευστικές μετρήσεις

Οι αναπνευστικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με ανοιχτό κύκλωμα εργοσπιρομέτρησης και συλλογή του εκπνεόμενου αέρα σε πνευμοταχογράφο και αναλυτές αερίων  $O_2$  και  $CO_2$  (αυτόματο σύστημα Medgraphics). Οι τιμές αποθηκεύονταν ανά αναπνοή (breath-by-breath) για επεξεργασία και μελέτη σε ηλεκτρονικό υπολογιστή εξοπλισμένο με σχετικό λογισμικό πρόγραμμα (CPX – D, Max Series,

Medgraphics, USA). Πριν από την έναρξη κάθε μέτρησης γινόταν βαθμονόμηση του πνευμοταχογράφου και των αναλυτών αερίων. Συγκεκριμένα, η βαθμονόμηση του πνευμοταχογράφου γινόταν με μηδενική ροή και με ροή αέρα ίση με  $3\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , που πραγματοποιούνταν με τη χρήση ειδικής αντλίας 3 lit (3 lit calibration syringe, Medgraphics, USA). Από τη άλλη, η βαθμονόμηση των αναλυτών αερίων γινόταν σχολαστικά με δύο διαφορετικής σύνθεσης μείγματα αερίων, από τη φιάλη αναφοράς, που περιείχε ατμοσφαιρικό αέρα, και τη φιάλη βαθμονόμησης, που περιείχε μια συγκεκριμένη σύνθεση αερίων. Τα μείγματα αερίων ήταν αυστηρά ελεγμένα και πιστοποιημένα ως προς τη σύνθεσή τους.

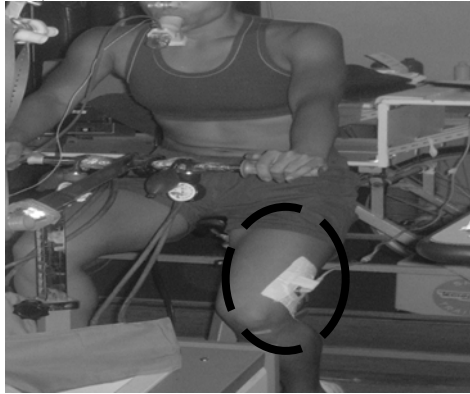
Κατά τις δοκιμασίες  $VO_{2\max}$ , τις υπομέγιστες δοκιμασίες και τη δοκιμασία απόδοσης καταγράφονταν ο πνευμονικός αερισμός (VE), το προσλαμβανόμενο οξυγόνο ( $VO_2$ ), το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα ( $VCO_2$ ), το αναπνευστικό ισοδύναμο για το οξυγόνο ( $VE/VO_2$ ), το αναπνευστικό ισοδύναμο για το διοξείδιο του άνθρακα ( $VE/VCO_2$ ), η τελοεκπνευστική πίεση του οξυγόνου ( $PET_{O_2}$ ), η τελοεκπνευστική πίεση του διοξειδίου του άνθρακα ( $PET_{CO_2}$ ), η αναπνευστική συχνότητα (RR) και το αναπνευστικό πηλίκο (RER).

#### 3.3.4 Μετρήσεις NIRS

Η μελέτη της τοπικής οξυγόνωσης του τετρακέφαλου μυός κατά την κυκλοεργομέτρηση πραγματοποιούνταν με οπτική κεφαλή τεχνολογίας NIRS. Η τοποθέτηση του πομπού – δέκτη γινόταν στο ίδιο ακριβώς σημείο του έξω πλαισίου του τετρακέφαλου μυός (10- 15 cm πάνω από το γόνατο και παράλληλα στον κύριο άξονα του αριστερού μηρού) και η επικόλλησή του γινόταν προσεκτικά, ώστε να εξασφαλίζεται σταθερότητα και πλήρης απομόνωση της συσκευής από το φως του περιβάλλοντος (Εικόνα 3-1).

Η συγκεκριμένη μέτρηση πραγματοποιούνταν με φορητό φασματοφωτόμετρο (In Spectra™ Tissue Spectrometer – Model 325, Hutchinson Technology, USA), το οποίο ήταν

συνδεδεμένο με φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή (Dell Computers, USA), που ήταν εφοδιασμένο με ειδικό λογισμικό πρόγραμμα (In Spectra) για τη συνεχή καταγραφή και αποθήκευση των δεδομένων.



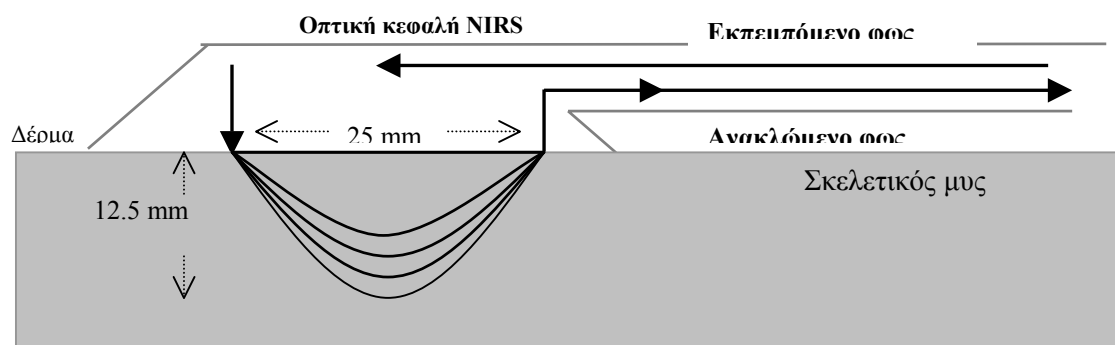
**Εικόνα 3-1:** Απεικόνιση τοποθέτησης πομπού – δέκτη NIRS στον πλάγιο μηριαίο μυ δοκιμαζόμενης.

Πριν από την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας γινόταν προσεκτική βαθμονόμηση της συσκευής. Συγκεκριμένα, η διαδικασία της βαθμονόμησης πραγματοποιούνταν με ειδικό φωτόμετρο από οπτικές ίνες, αποτελούμενο από εστιαζόμενα κάτοπτρα και πλέγμα περίθλασης για την κατεύθυνση του εκπεμπόμενου, από την οπτική κεφαλή, φωτός με  $\lambda = 600 - 800$  nm.

Η διαδικασία μέτρησης του συγκεκριμένου μηχανήματος βασίζεται στην αρχή της εκπομπής, μέσω οπτικών ινών, συγκεκριμένου μήκους κύματος ( $\lambda$ ) υπέρυθρης ακτινοβολίας (680 – 800 nm)

μέσα στο μηρό (~12.5 mm βάθος) και στην απορρόφηση ή διάχυση της ακτινοβολίας στον υποκείμενο μυϊκό ιστό (Σχήμα 3-2). Η υψηλή εξασθένιση της ακτινοβολίας εντός του ιστού, οφείλεται: α) στην οξυγονο – εξαρτώμενη απορρόφησή της από τα χρωμοφόρα μόρια του αίματος μεταβλητής συγκέντρωσης (αιμοσφαιρίνη, μυοσφαιρίνη και κυτοχρωμική οξειδάση), β) στην απορρόφησή της από χρωμοφόρα συγκεκριμένης συγκέντρωσης (μελανίνη του δέρματος), και γ) στη διάχυση του φωτός (Quaresima et al., 2003). Η μη απορροφημένη ακτινοβολία αντανάκλαται μέσω οπτικών ινών και επιστρέφει στην οπτική κεφαλή της συσκευής. Η μεταβολή της συγκέντρωσης των οξυγονομένων μορίων φαίνεται ως απορρόφηση της ακτινοβολίας α και της ανάκλασης των υπέρυθρων ακτίνων (Quaresima et al., 2003).

Οι παράμετροι που καταγράφονταν κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας ήταν το ποσοστό (%) κορεσμού της αιμοσφαιρίνης με οξυγόνο ( $\text{StO}_2$ ), οι σχετικές μεταβολές της οξυγονο-αιμοσφαιρίνης ( $\text{HbO}_2$ ), της αποξυγονομένης αιμοσφαιρίνης ( $\text{Hb}$ ), της συνολικής αιμοσφαιρίνης ( $\text{HbT}$ ) στο μυ. Η ανάλυση και σύγκριση των δεδομένων γινόταν, αφού υπολογίζονταν οι μέσες καταγραφόμενες τιμές της φάσης του ενός (1) λεπτού, και κατόπιν υπολογιζόταν η διαφορά της εκάστοτε παραμέτρου από τις τιμές ηρεμίας.



**Σχήμα 3-2:** NIRS, η αρχή της μεθόδου περιλαμβάνει την εκπομπή και απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας 680 – 800 nm από οπτική κεφαλή σε μέσο βάθος 12.5 mm εντός του υποδόριου μυϊκού ιστού (Αναστασόπουλος, 2004).

### 3.3.5 Καρδιακή συχνότητα & αρτηριακή πίεση

Η καρδιακή συχνότητα ελεγχόταν με το σύστημα της τηλεμετρίας τόσο κατά τις εργαστηριακές δοκιμασίες (Polar Sports Tester HR monitor, S810i, Finland), όσο και κατά την προπονητική διαδικασία (Polar Sports Tester HR monitor, S810i και Polar Vantage NV™, Kempele, Finland). Το σύστημα αυτό αποτελείται από μία ζώνη – ηλεκτρόδιο, που τοποθετούταν στο στήθος του δοκιμαζόμενου, έναν πομπό και έναν δέκτη, που βρισκόταν στο τιμόνι του κυκλοεργόμετρου. Ο δέκτης κατέγραφε και αποθήκευε την καρδιακή συχνότητα κάθε 5 δευτερόλεπτα. Οι καταγεγραμμένες αυτές τιμές αναλύονταν σε ειδικά λογισμικά προγράμματα (Polar Precision Performance SW, Version 4.03.041 και Precision Performance 2.0).

Η αρτηριακή πίεση μετριόταν με την αυτοματοποιημένη ακροαστική μέθοδο και, για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε αυτόματο πιεσόμετρο (Vital Signs Monitor 1846, Critikon Diana map, USA). Μέσω του συγκεκριμένου πιεσόμετρου, καταγράφονταν οι τιμές της συστολικής (SP) και της διαστολικής (DP) αρτηριακής πίεσης, ενώ για τον υπολογισμό της μέσης αρτηριακής πίεσης (MAP) χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω εξίσωση:

$$MAP = DP + 1/3 * (SP - DP) \quad [1]$$

### 3.3.6 Έλλειμμα Οξυγόνου

Κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας TF<sub>150</sub> υπολογίστηκε το έλλειμμα οξυγόνου (AOD) ξεχωριστά για κάθε δοκιμαζόμενο. Ο υπολογισμός του AOD κατά την εκτέλεση μέγιστης δοκιμασίας μέχρι εξάντλησης αποτελεί μέθοδο προσδιορισμού της αναερόβιας ικανότητας (Medbo et al., 1988). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το μονοεκθετικό μοντέλο αύξησης της VO<sub>2</sub> για τη φάση II απόκρισης, η οποία αντανάκλα την επίδραση των μεταβολικών μυϊκών αλλαγών στη VO<sub>2</sub> (Barstow and Mole, 1991). Τα δεδομένα της φάσης I, τα οποία αντανάκλουν την αύξηση της καρδιακής παροχής και της πνευμονικής αιματικής ροής εξαιρούνταν από τις αναλύσεις

(Casaburi et al., 1992). Για κάθε δοκιμασία, η απόκριση της VO<sub>2</sub> περιγραφόταν με την παρακάτω εξίσωση (Caputo et al., 2003):

$$VO_2(t) = VO_{2baseline} + A \times (1 - e^{-(t/\tau)}), \quad \text{όπου} \quad [2]$$

VO<sub>2</sub>(t) είναι η πρόσληψη οξυγόνου σε κάθε χρονική στιγμή t, VO<sub>2</sub>baseline είναι η πρόσληψη οξυγόνου στο τέλος της ηρεμίας, A είναι το εύρος της πρόσληψης οξυγόνου (VO<sub>2max</sub> – VO<sub>2</sub>baseline), και τ είναι η σταθερά χρόνου (ορίζεται ως ο χρόνος, που απαιτείται για να επιτευχθεί το 63% του A).

Κατά τη διάρκεια όλων των δοκιμασιών TF<sub>150</sub>, μελετούνταν η αντίστοιχη περιοχή, που περιλαμβάνονταν ανάμεσα στη VO<sub>2</sub> ηρεμίας (χρόνος – μηδέν) και την ασυμπτωτική VO<sub>2</sub>, ορίζοντας το συγκεντρωμένο έλλειμμα οξυγόνου (AOD) (Whipp and Ozyener, 1998):

$$AOD = A \times \tau, \quad \text{όπου} \quad [3]$$

AOD είναι το αθροιστικό έλλειμμα οξυγόνου (ml), A είναι το ασυμπτωτικό εύρος (ml/sec), και τ είναι η σταθερά χρόνου (sec). Τα A και τ προσδιορίζονταν από την εξίσωση 3.

Οι παραπάνω αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του μαθηματικού υπολογιστικού προγράμματος MATLAB 5.0.

### 3.3.7 Αιματολογικές μετρήσεις

Η συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης προσδιορίστηκε από δείγματα αίματος 10 μl σε μίνι – φωτόμετρο (Dr. Lange LP 20) σε ειδικά αντιδραστήρια (Mini – Cuvette, LKM 143, Germany) με τη μέθοδο της κυανιομεθαιμοσφαιρίνης (cyanmethemoglobin method). Η ανάλυση του αίματος γινόταν 4 – 5 λεπτά μετά την αιμοληψία, σύμφωνα με τις υποδείξεις του κατασκευαστή.

Παράλληλα, ο αιματοκρίτης προσδιοριζόταν από δείγματα αίματος περιεκτικότητας περίπου 75 μl. Τα δείγματα αυτά φυγοκεντρούνταν, μετά το τέλος της πειραματικής διαδικασίας, στις 11800 στροφές το λεπτό για διάστημα τεσσάρων (4) λεπτών (Micro Haematocrit Mk5 Centrifuge, Hawksley, UK) για το διαχωρισμό του πλάσματος από τα

έμμορφα συστατικά. Αμέσως μετά τη φυγοκέντριση προσδιοριζόταν ο αιματοκρίτης με τη χρήση ειδικής συσκευής (Haematocrit reader, Hawksley Inc., UK).

Τέλος, έγινε υπολογισμός των αλλαγών (%) του όγκου αίματος και πλάσματος από τις τιμές της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη, σύμφωνα με τις εξισώσεις των Dill and Costill (1974).

### 3.3.8 Αντιλαμβανόμενη κόπωση

Η αντιλαμβανόμενη κόπωση προσδιοριζόταν με την επίδειξη της κλίμακας του Borg (Borg, 1973) σε τακτά και προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μετρήσεων και της προπονητικής διαδικασίας (Παράρτημα Η). Οι δοκιμαζόμενοι εξέφραζαν την αντιλαμβανόμενη κόπωσή τους με την επιλογή ενός αριθμού (6 – 20) που αντιστοιχούσε σ' ένα συγκεκριμένο αίσθημα κόπωσης. Η διαδικασία αυτή γινόταν για τον προσδιορισμό τόσο της κεντρικής κόπωσης (C-RPE), όσο και της κόπωσης των κάτω άκρων (L – RPE).

## 3.4 Πειραματική διαδικασία

### 3.4.1 Ανθρωπομετρήσεις

#### 3.4.1.1 Σωματικό λίπος

Την πρώτη μέρα των μετρήσεων, οι δοκιμαζόμενοι προσήλθαν στο εργαστήριο με αθλητική περιβολή (αθλητικό σορτς ή κοντό κολάν, αθλητικό μπλουζάκι, αθλητικές κάλτσες και αθλητικά παπούτσια) τουλάχιστον τριάντα (30) λεπτά πριν από την έναρξη της δοκιμασίας. Στο ημίωρο αυτό διάστημα γίνονταν μετρήσεις για τον προσδιορισμό των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών των δοκιμαζόμενων. Συγκεκριμένα, μετρήθηκε το σωματικό τους ανάστημα και το σωματικό τους βάρος. Επίσης, έγινε υπολογισμός του δείκτη μάζας του σώματος (ΔΣΜ) σύμφωνα με τον τύπο:

$$\Delta\text{ΣΜ} = \frac{\text{Μάζα Σώματος (kg)}}{(\text{ύψος})^2(\text{m})} \quad [4]$$

Παράλληλα, έγινε πρόβλεψη του σωματικού λίπους με τη μέθοδο της μέτρησης των δερματοπτυχών. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη σχέση που υπάρχει

μεταξύ του υποδόριου και του εσωτερικού λίπους, καθώς και στη σχέση των δύο αυτών μετρήσεων με τη σωματική πυκνότητα (Heyward and Stolarczyk, 1996). Για το σκοπό αυτό λοιπόν, με ένα δερματοπτυχόμετρο (Harpenden, U.K.) μετρήθηκε με σχετική ακρίβεια το υποδόριο λίπος σε συγκεκριμένες περιοχές του σώματος. Ειδικότερα, στους άνδρες μετρήθηκαν οι πτυχώσεις λίπους στο στήθος (πρόσθιο θωρακικό τοίχωμα, πλησίον της κατάφυσης του μείζονος θωρακικού), στη μασχαλιαία κοιλότητα, στον τρικέφαλο βραχιόνιο μυ, στην υπερλαγόνια περιοχή, στο χεῖλος της ωμοπλάτης, στο παρομφαλικό τμήμα και την πρόσθια επιφάνεια του μηρού. Στις γυναίκες μετρήθηκαν οι πτυχώσεις λίπους στον τρικέφαλο βραχιόνιο μυ, την υπερλαγόνια περιοχή, το παρομφαλικό τμήμα και την πρόσθια επιφάνεια του μηρού.

Η διαδικασία για τη μέτρηση του πάχους της πτυχώσεως του λίπους περιελάμβανε το πιάσιμο μιας πτυχώσεως του δέρματος και του υποδόριου λίπους σφιχτά με τον αντίχειρα και το δείκτη, απομακρύνοντάς το από τον υποκείμενο μυϊκό ιστό, και ακολουθώντας το περίγραμμα της πτυχώσεως. Το δερματοπτυχόμετρο εφαρμόζοταν με τους σιαγόνες του να ασκούν μία συνεχή πίεση 10 g<sup>2</sup>/mm. Το πάχος του διπλού στρώματος δέρματος και του υποδόριου λίπους διαβαζόταν κατευθείαν από τη διαβάθμιση του εργαλείου και καταγραφόταν σε χιλιοστά, μερικά δευτερόλεπτα μετά την εφαρμογή του εργαλείου (μέσα στα πρώτα 4 δευτερόλεπτα). Με τον τρόπο αυτό αποφευγόταν η αναίτια συμπίκνωση του λιπώδους ιστού κατά την μέτρηση. Όλες οι μετρήσεις γίνονταν στη δεξιά πλευρά του σώματος με τους δοκιμαζόμενους σε όρθια θέση. Στη συνέχεια, με βάση τις τιμές των δερματοπτυχών γινόταν προσδιορισμός του σωματικού λίπους των δοκιμαζόμενων σύμφωνα με μαθηματικές εξισώσεις, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ των δύο φύλων. Αναλυτικά, για τον προσδιορισμό της συνολικής πυκνότητας του σώματος (Db) χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω εξισώσεις :

$Db \text{ (g/cc)} = 1.112 - 0.00043499 (\Sigma 7SKF) + 0.00000055 (\Sigma 7SKF)^2 - 0.00028826 \text{ (ηλικία)}$  (Jackson and Pollock, 1978), για τους άνδρες, όπου [5]

$\Sigma 7SKF$  = άθροισμα δερματοπτυχών (mm) στήθους, μασχαλίας κοιλότητας, τρικέφαλου, χείλους ωμοπλάτης, παρομφαλικής χώρας, υπερλαγόνιας περιοχής και πρόσθιας επιφάνειας μηρού, και

$Db \text{ (g/cc)} = 1.096095 - 0.0006952 (\Sigma 4SKF) + 0.0000011 (\Sigma 4SKF)^2 - 0.0000714 \text{ (ηλικία)}$  (Jackson et al., 1980), για τις γυναίκες, όπου, [6]

$\Sigma 4SKF$  = άθροισμα δερματοπτυχών (mm) τρικέφαλου, υπερλαγόνιας περιοχής, παρομφαλικής χώρας και πρόσθιας επιφάνειας μηρού

Κατόπιν, εφαρμόστηκαν οι παρακάτω εξισώσεις για την μετατροπή της πυκνότητας σώματος σε ποσοστό σωματικού λίπους (%BF):

$\%BF = [(4.95/Db) - 4.50] * 100$  (Siri, 1961), για τους άνδρες, και [7]

$\%BF = [(5.01/Db) - 4.57] * 100$  (Brozek et al., 1963), για τις γυναίκες [8]

Για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος από τη συγκεκριμένη μέτρηση έγιναν δύο μετρήσεις σε κάθε περιοχή και η μέση τιμή χρησιμοποιούνταν ως η μέτρηση της συγκεκριμένης πτύχωσης.

### 3.4.1.2 Μάζα τετρακέφαλου

Ο όγκος και η μάζα του τετρακέφαλου μηριαίου μυός υπολογίστηκαν με εξισώσεις πρόβλεψης. Συγκεκριμένα, το μήκος του μηριαίου οστού από την επιγονατίδα έως το πρόσθιο άνω λαγόνιο κύρτωμα (L), οι περιφέρειες σε τρία διαφορετικά σημεία του μηρού ( $O_1$ : μεσότητα μηρού,  $O_2$ : 10 εκατοστά πάνω από τη μεσότητα,  $O_3$ : 10 εκατοστά κάτω από τη μεσότητα) και τρεις δερματοπτυχές (S: στα σημεία μέτρησης των περιφερειών) χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του όγκου του τετρακέφαλου μηριαίου μυός (V) σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$V = L * (12\pi)^{-1} * (O_1^2 + O_2^2 + O_3^2) - (S - 0.4) * 2^{-1} * L * (O_1 + O_2 + O_3) * 3^{-1}$  (Jones and Pearson, 1969). [9]

Στη συνέχεια, η μάζα του τετρακέφαλου (M) υπολογίστηκε ως εξής:

$M = 0.307 * V + 0.353$  (Andersen and Saltin, 1985). [10]

Τέλος, καθώς η εξίσωση των Andersen and Saltin (1985) υπερεκτιμά τη μυϊκή μάζα του τετρακέφαλου (Radegran et al., 1999), έγινε διόρθωση σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$Mc = M * 0.882 - 0.352$  (Radegran et al., 1999). [11]

### 3.4.2 Εργαστηριακές μετρήσεις

Οι αρχικές εργαστηριακές μετρήσεις ξεκίνησαν μία εβδομάδα πριν από την έναρξη της προπόνησης. Συνολικά διεξήχθησαν τρεις (3) εργαστηριακές συνεδρίες με χρονική περίοδο ανάπαυσης μίας ημέρας η μία από την άλλη. Η πρώτη εργαστηριακή συνεδρία περιελάμβανε μία δοκιμασία για τον προσδιορισμό της  $VO_{2max}$  με κανονική αιμάτωση των δύο μηρών ( $VO_{2max}Nor$ ). Η δεύτερη συνεδρία αποτελούνταν από άλλη μία δοκιμασία για τον προσδιορισμό της  $VO_{2max}$ , αλλά με ταυτόχρονη εφαρμογή υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής πίεσης 90 mmHg στους δύο μηρούς ( $VO_{2max}Press$ ) χρησιμοποιώντας ειδικές περιμηρίδες. Η τρίτη και τελευταία εργαστηριακή συνεδρία συνίστατο από δύο υπομέγιστες δοκιμασίες στο 30% και 80% της  $VO_{2max}Nor$ , καθώς και μια βραχεία έντονη δοκιμασία απόδοσης (performance test). Οι ίδιες ακριβώς μετρήσεις επαναλήφθηκαν και μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής διαδικασίας.

Αρχικά, έγινε ενημέρωση των δοκιμαζόμενων σχετικά με τη διατροφή και τη φυσική δραστηριότητα που έπρεπε να ακολουθήσουν την παραμονή και την ημέρα των δοκιμασιών. Συγκεκριμένα, συστήθηκαν γεύματα πλούσια σε υδατάνθρακες (μακαρόνια, ψωμί, πατάτες) και άφθονη κατανάλωση υγρών πριν από τις δοκιμασίες, ενώ αποτράπηκε η κατανάλωση καφέ, αλκοολούχων ροφημάτων, καθώς και το κάπνισμα σιγαρέτων την ημέρα των δοκιμασιών. Το τελευταίο γεύμα έγινε τουλάχιστον τρεις (3) ώρες πριν από την εκτέλεση της δοκιμασίας, ενώ η κατανάλωση υγρών επιτρεπόταν να συνεχιστεί μέχρι την έναρξη της προσπάθειας για την αποφυγή αφυδάτωσης. Επίσης, αποφεύχθηκε κάθε

φυσική δραστηριότητα την παραμονή των δοκιμασιών. Οι τροφές που καταναλώθηκαν και η κάθε είδους φυσική δραστηριότητα που εκτελέστηκε έως και εικοσιτέσσερις (24) ώρες πριν από την έναρξη των δοκιμασιών καταγράφηκαν σε ειδικό έντυπο και επαναλήφθηκαν και στις υπόλοιπες αρχικές, καθώς και τελικές εργαστηριακές μετρήσεις.

Τέλος, οι γυναίκες σημείωναν τη φάση του έμμηνου κύκλου τους κατά την οποία πραγματοποίησαν την εκάστοτε δοκιμασία και επαναλάμβαναν κάτω από τις ίδιες ακριβώς πειραματικές συνθήκες και τις τελικές μετρήσεις. Συνάμα, πριν από την έναρξη των μετρήσεων ρυθμιζόταν και καταγραφόταν το ύψος της σέλας του κυκλοεργόμετρου, το οποίο διατηρούταν σταθερό καθ' όλες τις δοκιμασίες. Τέλος, μέλημα του ερευνητή ήταν η διεξαγωγή της εκάστοτε πειραματική διαδικασίας την ίδια περίπου ώρα της ημέρας.

#### **3.4.2.1 Δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης $O_2$ χωρίς εφαρμογή μηριαίας εξωτερικής πίεσης ( $VO_{2max}$ Nor tests)**

Αμέσως μετά την ολοκλήρωση των ανθρωπομετρήσεων, οι δοκιμαζόμενοι τοποθετούνταν στο ηλεκτρομαγνητικό κυκλοεργόμετρο (Lode Instrumenten N.V. Holland) για την πραγματοποίηση της προθέρμανσης. Η προθέρμανση ήταν διάρκειας τεσσάρων (4) λεπτών, με ελάχιστη επιβάρυνση 30 Watts και με συχνότητα περιστροφών 70 rpm. Με το πέρας των τεσσάρων λεπτών, οι δοκιμαζόμενοι κατέβαιναν από το ποδήλατο και είχαν πέντε (5) περίπου λεπτά στη διάθεσή τους για διατατικές ασκήσεις.

Μετά το διάλειμμα και τη διαβεβαίωση των συμμετεχόντων ότι ήταν έτοιμοι να ξεκινήσουν τη δοκιμασία, επέστρεφαν στο κυκλοεργόμετρο. Αμέσως μετά συνδέονταν με το σταθερό ηλεκτρονικό σφυγμομανόμετρο (Vital Signs Monitor 1846, Critikon Dina map, USA) για την καταγραφή της αρτηριακής πίεσης στην ηρεμία.

Στη συνέχεια, τοποθετούσαν ένας πομπός – δέκτης NIRS στην περιοχή του έξω πλάγιου μηριαίου μυός, 10 – 15 cm

πάνω από το γόνατο και παράλληλα στον κύριο άξονα του αριστερού μηρού. Στη συγκεκριμένη αυτή περιοχή είχε προηγηθεί τοπικό ξύρισμα – αποτρίχωση και απομάκρυνση των νεκρών κυττάρων της επιφάνειας του δέρματος με ελαφρύ τρίψιμο του δέρματος με τραχύ υλικό. Στόχος της προπαρασκευαστικής αυτής διαδικασίας ήταν να μειωθεί η αντίσταση της διεπαφής πομπού - δέκτη – δέρματος και να μην αλλοιωθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Κατόπιν, οι δοκιμαζόμενοι συνδέονταν με ανοιχτό κύκλωμα εργοσπιρομέτρησης μέσω ελαστικού επιστομίου και κατάλληλων καλωδίων συλλογής και μεταφοράς του εκπνεόμενου αέρα.

Αρχικά, οι δοκιμαζόμενοι ηρεμούσαν πάνω στο ποδήλατο για δύο (2) λεπτά, ενώ καταγράφονταν οι τιμές ηρεμίας στον αναλυτή αερίων και το NIRS. Αμέσως μετά, ξεκινούσαν την ποδηλάτηση με αρχική ισχύ άσκησης 30 Watts και προοδευτική αύξηση της ισχύος 20 Watts/min μέχρι εξάντλησής τους και επίτευξης της  $VO_{2max}$  (ACSM, 2000). Ως μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου οριζόταν η μέγιστη μέση τιμή των 60 δευτερολέπτων στο τελευταίο στάδιο της δοκιμασίας, εφόσον πληρούνταν τρία (3) τουλάχιστον από τα παρακάτω κριτήρια: α) κόπωση, εξάντληση και αδυναμία συνέχισης της μυϊκής προσπάθειας, β) το αναπνευστικό πηλίκο (RER) να είναι τουλάχιστον 1,15, γ) η καρδιακή συχνότητα να μη διαφέρει περισσότερο από 10 κτύπους/λεπτό από τη μέγιστη προβλεπόμενη καρδιακή συχνότητα με βάση την ηλικία του ατόμου ( $M.K.S.=220$ -ηλικία), δ) η κόπωση να προσεγγίζει το 19 ή 20 στη κλίμακα του Borg, και ε) η  $VO_2$  να εμφανίζει σταθεροποίηση (plateau) (Howley et al., 1995). Μετά την ολοκλήρωση της δοκιμασίας, οι δοκιμαζόμενοι ποδηλατούσαν για δύο (2) περίπου λεπτά στα 30 Watts για αποκατάσταση, ενώ ο αναλυτής αερίων και το NIRS συνέχιζαν να καταγράφουν τις τιμές αποκατάστασης (Σχήμα 3-3).

| ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ                  | ΗΡΕΜΙΑ | ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ<br>VO <sub>2max</sub> | ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |
|------------------------------|--------|---------------------------------|--------------|
| 4 min - 30 Watts -<br>70 rpm | 2 min  | 20 Watts / min                  | 2 min        |

**Σχήμα 3-3:** Σχεδιάγραμμα της πειραματικής διαδικασίας για τον προσδιορισμό της μέγιστης πρόσληψης O<sub>2</sub> (VO<sub>2max</sub>Nor).

#### 3.4.2.2. Δοκιμασία μέγιστης πρόσληψης O<sub>2</sub> με εφαρμογή μηριαίας εξωτερικής πίεσης (VO<sub>2max</sub>Press tests)

Η παραπάνω ακριβώς διαδικασία επαναλαμβανόταν και κατά τη δοκιμασία VO<sub>2max</sub>Press, αλλά στην περίπτωση αυτή, αμέσως μετά την φάση της προθέρμανσης και αφού οι δοκιμαζόμενοι κάθονταν στο ποδήλατο, τους τοποθετούνταν ειδική περιμηρίδα στο άνω τμήμα του κάθε μηρού. Οι περιμηρίδες ήταν συνδεδεμένες με αναλογικό σφυγμομανόμετρο για τη ρύθμιση ασκούμενης υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής πίεσης 90 mmHg στους δύο μηρούς. Συγκεκριμένα, οι περιμηρίδες φούσκωναν αμέσως μετά τα δύο (2) λεπτά ηρεμίας για διάστημα άλλων δύο (2) λεπτών, ώστε να καταγραφούν οι τιμές ηρεμίας και με εφαρμογή LPP. Στη συνέχεια, οι περιμηρίδες ξεφούσκωναν και οι δοκιμαζόμενοι ξεκινούσαν την ποδηλάτηση. Μέσα στα πρώτα δευτερόλεπτα της προσπάθειας, ο ερευνητής φούσκωνε και πάλι τις περιμηρίδες, ώστε να εφαρμόζεται η LPP των 90 mmHg. Αμέσως μετά την

ολοκλήρωση της δοκιμασίας, οι περιμηρίδες ξεφούσκωναν αμέσως και καταγράφονταν οι τιμές αποκατάστασης χωρίς την εφαρμογή εξωτερικής πίεσης (Σχήμα 3-4).

Κατά τις δύο αυτές πειραματικές συνθήκες, προσδιορίζονταν η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO<sub>2max</sub>), η μέγιστη παραγόμενη ισχύς (PPO), και γινόταν εκτίμηση του αναερόβιου αναπνευστικού κατώφλιού μέσω προσεκτικής παρατήρησης των γραφημάτων συγκεκριμένων παραμέτρων: VE, VO<sub>2</sub> - VCO<sub>2</sub>, VE/VO<sub>2</sub> - VE/VCO<sub>2</sub> και PETO<sub>2</sub> - PETCO<sub>2</sub> (Wasserman et al., 1987). Το αναερόβιο κατώφλι προσδιορίστηκε ανεξάρτητα από δύο ερευνητές, χωρίς να γνωρίζει ο εκάστοτε ερευνητής τα αποτελέσματα του άλλου. Σε περιπτώσεις μεγάλης απόκλισης μεταξύ των δύο ερευνητών, τρίτος ερευνητής προσδιόριζε με τη σειρά του το αναπνευστικό κατώφλι και αυτή κατεγραφόταν ως τελική τιμή. Ο συντελεστής μεταβλητότητας της συγκεκριμένης μέτρησης υπολογίστηκε στο 4.2 ± 1.6%.

| ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ                  | ΗΡΕΜΙΑ<br>ΧΩΡΙΣ<br>ΠΕΡΙΜΗΡΙΔΕΣ | ΗΡΕΜΙΑ ΜΕ<br>ΠΕΡΙΜΗΡΙΔΕΣ | ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ<br>VO <sub>2max</sub><br>ΜΕ<br>ΠΕΡΙΜΗΡΙΔΕΣ | ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|--------------|
| 4 min - 30 Watts -<br>70 rpm | 2 min                          | 2 min                    | 20 Watts / min                                       | 2 min        |

**Σχήμα 3-4:** Σχεδιάγραμμα της πειραματικής διαδικασίας για τον προσδιορισμό της μέγιστης πρόσληψης O<sub>2</sub> με περιμηρίδες (VO<sub>2max</sub>Press).

### 3.4.2.3. Υπομέγιστες δοκιμασίες & δοκιμασία απόδοσης (Performance test)

Κατά την τρίτη και τελευταία εργαστηριακή συνεδρία, οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποιούσαν αρχικά δύο (2) σταθερές υπομέγιστες δοκιμασίες στο κυκλοεργόμετρο (Lode Instrumenten N.V. Holland). Συγκεκριμένα, ποδηλατούσαν με σταθερή επιβάρυνση στο 30% και το 80% της  $VO_{2max}^{Nor}$ . Κατά τις υπομέγιστες αυτές δοκιμασίες, οι ασκούμενοι ήταν συνδεδεμένοι με τον αναλυτή αερίων και το NIRS. Μεταξύ των δύο δοκιμασιών μεσολαβούσε παθητική αποκατάσταση διάρκειας έξι (6) λεπτών.

Στη συνέχεια, μετά από έξι (6) λεπτά ηρεμίας πάνω στο κυκλοεργόμετρο, οι δοκιμαζόμενοι άρχιζαν την εργαστηριακή δοκιμασία απόδοσης (performance test). Ειδικότερα, η δοκιμασία αυτή ήταν μια σύντομη προσπάθεια μέχρι εξάντλησης, κατά την οποία η επιβάρυνση ήταν σταθερή (constant - power ή constant - load tests) (Hopkins et al., 2001). Η συγκεκριμένη δοκιμασία απόδοσης ( $TF_{150}$ ) έχει χρησιμοποιηθεί από τους Lindsay et al. (1996), Weston et al. (1997) και Laursen et al. (2003) και ο συντελεστής μεταβλητότητας της (C.V.) έχει υπολογιστεί να είναι 1.7 ( $\pm 1.3$ )%, 2.48 ( $\pm 1.87$ )% και 6%, αντίστοιχα στις τρεις μελέτες. Επίσης, σε έλεγχο αξιοπιστίας της συγκεκριμένης δοκιμασίας σε επτά (7) αγύμναστα άτομα στο εργαστήριο Εργοφυσιολογίας του ΤΕΦΑΑ Αθηνών ο συντελεστής μεταβλητότητας υπολογίστηκε στο 0.19 ( $\pm 0.1$ )%.

Πριν την έναρξη της δοκιμασίας απόδοσης, ο ερευνητής σταθεροποιούσε με ειδική ταινία τα πόδια των δοκιμαζόμενων στα πεντάλ του κυκλοεργόμετρου, ώστε να μην μετατοπιστούν, δυσχεραίνοντας την προσπάθεια των ασκούμενων. Η δοκιμασία ξεκινούσε με αρχική επιβάρυνση ίση με  $1 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot m_b$  για διάστημα εκατόν πενήντα (150) δευτερολέπτων, που εκτελούνταν με την προτιμώμενη από τους δοκιμαζόμενους συχνότητα περιστροφών. Στη συνέχεια, είκοσι (20) δευτερόλεπτα πριν από την ολοκλήρωση της περιόδου των 150 sec, ο ερευνητής καθοδηγούσε τους

ασκούμενους να αυξήσουν τη συχνότητα των περιστροφών πάνω από ενενήντα το λεπτό ( $\sim 90 \text{ rpm}$ ). Κατόπιν, ο ερευνητής μετρούσε αντίστροφα τα τελευταία πέντε (5) δευτερόλεπτα της περιόδου, ενώ με το πέρας των 150 sec, αυξανόταν η επιβάρυνση στο 150% της μέγιστης παραγόμενης ισχύς τους (PPO). Το PPO υπολογιζόταν από την αρχική δοκιμασία  $VO_{2max}^{Nor}$ , σύμφωνα με τον τύπο των Kuipers et al. (1985), όπου το τελευταίο ολοκληρωμένο έργο (Watts) ( $P_{final}$ ) προστίθεται στο λόγο του χρόνου (sec) του τελευταίου μη ολοκληρωμένου έργου, το οποίο πολλαπλασιάζεται με το 20 (δηλαδή, τα Watts αύξησης σε κάθε στάδιο):

$$PPO = P_{final} + [(t/60) * 20] \quad [12]$$

Ως τελική επίδοση καταγραφόταν ο χρόνος (σε δευτερόλεπτα) που ποδηλατούσαν οι δοκιμαζόμενοι με συχνότητα ίση και μεγαλύτερη από εβδομήντα περιστροφές το λεπτό ( $\geq 70 \text{ rpm}$ ).

Καθ' όλη τη διάρκεια της εξαντλητικής αυτής προσπάθειας, οι δοκιμαζόμενοι ενισχύονταν προφορικά από τον ερευνητή και παροτρύνονταν να συνεχίσουν την προσπάθεια τους μέχρι εξάντλησης. Παράλληλα, είχαν τη δυνατότητα να καταναλώνουν νερό, εφόσον το επιθυμούσαν, αφού όμως καταγραφόταν η ακριβής ποσότητα και το χρονικό σημείο κατανάλωσης. Επίσης, σημειώνεται ότι στο χώρο του εργαστηρίου επικρατούσε απόλυτη ησυχία, χωρίς μουσική υπόκρουση, που μπορούσε να επηρεάσει την προσπάθεια των δοκιμαζόμενων (Atkinson et al., 2004). Συνάμα, οι ίδιες ακριβώς δοκιμασίες (υπομέγιστες δοκιμασίες,  $TF_{150}$ ) επαναλήφθηκαν μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής παρέμβασης στον ίδιο απόλυτο έργο με τις αρχικές μετρήσεις.

Κατά τη διάρκεια της τρίτης αυτής εργαστηριακής συνεδρίας, ο ερευνητής συνέλεγε τρία (3) δείγματα μεικτού αρτηριακού - φλεβικού αίματος από το δείκτη του αριστερού χεριού των δοκιμαζόμενων για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης αιμοσφαιρίνης (Hb) και αιματοκρίτη (Hct). Η διαδικασία της αιμοληψίας πραγματοποιούνταν κατά τη φάση της ηρεμίας, κατά την εξάλεπτη

αποκατάσταση πριν από τη εκτέλεση της δοκιμασίας απόδοσης και, τέλος, αμέσως μετά την ολοκλήρωση του  $TF_{150}$ , για τον υπολογισμό των αλλαγών του όγκου αίματος και πλάσματος.

### 3.5 Προπονητική διαδικασία

Με την ολοκλήρωση των εργαστηριακών μετρήσεων ο ερευνητής χώρισε τους δοκιμαζόμενους σε δύο ομάδες. Η μία ήταν η πειραματική ομάδα (ομάδα CUFF), που εκτελούσε την προπόνηση με εφαρμογή υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής πίεσης στα κάτω άκρα, ενώ η άλλη ήταν η ομάδα ελέγχου (ομάδα CON), η οποία προπονούταν χωρίς την εφαρμογή πίεσης. Μέλημα του ερευνητή ήταν ο τυχαίος διαχωρισμός σε δύο ομάδες, όπου όμως δεν παρατηρούνταν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων ως προς την ηλικία, την υπολογιζόμενη από την αρχική μέτρηση  $VO_{2max}Nor$  και το χρόνο στη δοκιμασία απόδοσης  $TF_{150}$ .

Όλοι οι δοκιμαζόμενοι προπονούσαν τρεις (3) φορές την εβδομάδα για έξι (6) εβδομάδες σε κυκλοεργόμετρα Monark (Sweden). Η συχνότητα περιστροφών ήταν 70 rpm και το ύψος της σέλας ήταν σταθερό σ' όλες της προπονήσεις, ενώ όλοι οι δοκιμαζόμενοι ήταν συνδεδεμένοι με τηλεμετρικό καταγραφέα για την παρατήρηση της εξέλιξης της καρδιακής συχνότητας (S810, Polar και Polar Vantage NV<sup>TM</sup>, Finland). Οι προπονητικές συνεδρίες εκτελούνταν κάθε δεύτερη μέρα και επιτρεπόταν η κατανάλωση νερού και ισοτονικών ποτών κατά τη διάρκεια των προπονήσεων.

Η κάθε προπονητική συνεδρία περιελάμβανε τα εξής: πριν από την έναρξη του κύριου προπονητικού μέρους, προηγούνταν προθέρμανση διάρκειας τεσσάρων (4) λεπτών με σταθερή επιβάρυνση 0.5 κιλά για όλους τους συμμετέχοντες και χωρίς την εφαρμογή πίεσης. Στη συνέχεια, οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν διατακτικές ασκήσεις, κυρίως των κάτω άκρων τους, και κατόπιν ανέβαιναν στο ποδήλατο για την έναρξη του εξειδικευμένου προπονητικού προγράμματος.

Η ομάδα CUFF έκανε διαλειμματική προπόνηση εκτελώντας διαδοχικά δύο (2) λεπτά άσκησης στο 80% της  $VO_{2max}Press$  και δύο (2) λεπτά ενεργητικής αποκατάστασης στο 40% της  $VO_{2max}Nor$  (Warburton et al., 2004). Η διάρκεια της προπόνησης ξεκίνησε από δεκαέξι (16) λεπτά (4\*2 min στο 80% και 4\*2 min στο 40%) και σταδιακά κορυφώθηκε στα σαράντα (40) λεπτά (10\*2 min στο 80% και 10\*2 min στο 40%) άσκησης. Παράλληλα, κατά το διάλειπτο της άσκησης εφαρμόζονταν εξωτερική υπερατμοσφαιρική πίεση 90 mmHg με το φούσκωμα ειδικών περιμηρίδων στο άνω μέρος των μηρών. Οι περιμηρίδες αυτές ξεφούσκωναν κατά το διάστημα της ενεργητικής αποκατάστασης.

Από την άλλη, η ομάδα CON εκτελούσε την ίδια διαλειμματική προπόνηση, χωρίς περιμηρίδες στην ίδια σχετική ένταση. Αυτό σημαίνει ότι εκτελούσε διαδοχικά δύο (2) λεπτά στο 80% της  $VO_{2max}Nor$  και δύο (2) λεπτά ενεργητικής αποκατάστασης στο 40% της  $VO_{2max}Nor$ .

Καθ' όλη τη διάρκεια της προπόνησης η καρδιακή συχνότητα των δοκιμαζόμενων καταγραφόταν και αποθηκευόταν μέσω του συστήματος της τηλεμετρίας (Polar Sports Tester HR monitor, S810i και Polar Vantage NV<sup>TM</sup>, Kempele, Finland). Παράλληλα, ο ερευνητής σημείωνε σε ειδικό έντυπο καταγραφής (Παράρτημα Ε) στο τέλος κάθε διλήπτου την καρδιακή συχνότητα και την αντίστοιχη τιμή στην κλίμακα υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης του Borg για τον κάθε δοκιμαζόμενο ατομικά. Οι δύο αυτές παράμετροι αξιολογούνταν συστηματικά από τον ερευνητή και αποτελούσαν κριτήρια βελτίωσης και αύξησης τόσο της επιβάρυνσης όσο και του χρόνου προπόνησης. Συνάμα, σε εβδομαδιαία βάση ελεγχόταν η συνολική διάρκεια προπόνησης, το συνολικό έργο και η μέση παραγόμενη ισχύς μεταξύ των δύο ομάδων, ώστε να αξιολογείται το προπονητικό ερέθισμα και στις δύο ομάδες.

### 3.6 Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση των αναπνευστικών παραμέτρων και των μετρήσεων NIRS κατά τις δοκιμασίες  $VO_{2max}$  χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διασποράς τριών κατευθύνσεων – ομάδα προπόνησης (ομάδα CON × ομάδα CUFF) × συνθήκη (με περιμηρίδες × χωρίς περιμηρίδες) × χρόνο (πριν την προπόνηση × μετά την προπόνηση) – (3 – Way Analysis of Variance – ANOVA). Επίσης, για τις αναπνευστικές μετρήσεις και τις μετρήσεις NIRS των υπομέγιστων δοκιμασιών χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διασποράς τριών κατευθύνσεων – ομάδα προπόνησης (ομάδα CON × ομάδα CUFF) × χρόνο (πριν την προπόνηση × μετά την

προπόνηση) × διάρκεια (έξι λεπτά) –. Παράλληλα, για τη δοκιμασία απόδοσης  $TF_{150}$ , τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και τις αιματολογικές παραμέτρους χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διασποράς δύο κατευθύνσεων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις – ομάδα (ομάδα CON × ομάδα CUFF) × χρόνο (πριν την προπόνηση × μετά την προπόνηση) .

Επιπλέον, σε κάποιες περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε απλή συσχέτιση (π.χ.  $TF_{150}$  και  $VO_{2max}^{Nor}$ ), καθώς και έλεγχος t (t – test) (π.χ. χαρακτηριστικά προπόνησης). Για όλες τις στατιστικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα Statistica 5.0. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0.05$  για όλες τις στατιστικές αναλύσεις.

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παραθέτονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Αρχικά, αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων βάσει των οποίων έγινε ο διαχωρισμός των δύο ομάδων προπόνησης, ενώ στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά της προπονητικής διαδικασίας. Αμέσως μετά παραθέτονται τα ευρήματα της μελέτης αναφορικά με τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων, καθώς και τα

αποτελέσματα των αναπνευστικών μετρήσεων και των μετρήσεων NIRS κατά την εκτέλεση των δοκιμασιών  $VO_{2max}$ . Τέλος, παραθέτονται τα αποτελέσματα των υπομέγιστων δοκιμασιών σταθερής επιβάρυνσης, καθώς και της δοκιμασίας απόδοσης  $TF_{150}$ .

##### 4.1 Χαρακτηριστικά δείγματος

Στον Πίνακα 4-1 παραθέτονται τα κύρια χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων, που αποτέλεσαν τα κριτήρια διαχωρισμού των δύο ομάδων προπόνησης.

**Πίνακας 4-1:** Χαρακτηριστικά δοκιμαζόμενων πριν από την έναρξη της προπονητικής διαδικασίας.

| Ομάδα CON     |      |              |                            |                  |                         |                        |
|---------------|------|--------------|----------------------------|------------------|-------------------------|------------------------|
| Δοκιμαζόμενος | Φύλο | Ηλικία (έτη) | $VO_{2max}Nor$ (ml/kg/min) | $TF_{150}$ (sec) | A T (% $VO_{2max}Nor$ ) | $HR_{max}$ (beats/min) |
| 1             | ♂    | 21           | 39.43                      | 66.10            | 60.58                   | 178                    |
| 2             | ♂    | 20           | 42.46                      | 57.83            | 65.04                   | 166                    |
| 3             | ♂    | 33           | 36.91                      | 88.72            | 71.06                   | 194                    |
| 4             | +    | 20           | 41.28                      | 49.33            | 68.56                   | 186                    |
| 5             | +    | 20           | 38.02                      | 51.23            | 70.19                   | 199                    |
| 6             | +    | 26           | 31.85                      | 65.81            | 54.52                   | 183                    |
| 7             | +    | 19           | 48.73                      | 55.97            | 83.54                   | 187                    |
| 8             | +    | 28           | 29.45                      | 57.44            | 70.45                   | 179                    |
| 9             | +    | 19           | 36.98                      | 46.28            | 77.43                   | 184                    |
| 10            | +    | 21           | 34.95                      | 46.65            | 61.20                   | 186                    |
| M. O.         |      | 22.70        | 38.01                      | 58.54            | 68.26                   | 184.20                 |
| σ (±)         |      | 4.72         | 5.48                       | 12.73            | 8.45                    | 8.99                   |

| Ομάδα CUFF    |      |              |                            |                  |                         |                        |
|---------------|------|--------------|----------------------------|------------------|-------------------------|------------------------|
| Δοκιμαζόμενος | Φύλο | Ηλικία (έτη) | $VO_{2max}Nor$ (ml/kg/min) | $TF_{150}$ (sec) | A T (% $VO_{2max}Nor$ ) | $HR_{max}$ (beats/min) |
| 1             | ♂    | 28           | 44.05                      | 106.15           | 74.99                   | 185                    |
| 2             | ♂    | 27           | 41.62                      | 93.55            | 60.57                   | 186                    |
| 3             | ♂    | 20           | 30.77                      | 51.43            | 55.79                   | 172                    |
| 4             | +    | 21           | 40.41                      | 47.89            | 54.27                   | 192                    |
| 5             | +    | 20           | 37.76                      | 51.29            | 65.93                   | 177                    |
| 6             | +    | 29           | 34.30                      | 65.18            | 64.26                   | 178                    |
| 7             | +    | 19           | 32.22                      | 59.70            | 74.48                   | 184                    |
| 8             | +    | 21           | 28.47                      | 91.85            | 72.10                   | 177                    |
| 9             | +    | 27           | 38.24                      | 39.79            | 78.73                   | 182                    |
| 10            | +    | 21           | 39.77                      | 90.59            | 75.71                   | 176                    |
| 11            | +    | 20           | 32.03                      | 75.66            | 67.10                   | 174                    |
| M. O.         |      | 23.00        | 36.33                      | 70.28            | 67.63                   | 180.27                 |
| σ (±)         |      | 3.85         | 5.04                       | 22.40            | 8.32                    | 6.02                   |

Τα κριτήρια αυτά διαχωρισμού των δύο ομάδων ήταν το φύλο, η ηλικία, η  $\text{VO}_{2\text{max}}$  Nor και η δοκιμασία απόδοσης  $\text{TF}_{150}$ , τα οποία δεν εμφάνιζαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων ( $p = 0.87$ ,  $p = 0.47$  και  $p = 0.16$ , αντίστοιχα).

#### 4.2 Προπονητική διαδικασία

Το ποσοστό συμμετοχής των δοκιμαζόμενων στο συγκεκριμένο προπονητικό πρόγραμμα ανήλθε στο  $96.54 \pm 5.39\%$ , που αντιστοιχούσε σε  $17.38 \pm 0.97$  παρουσίες (ομάδα CON:  $96.11 \pm 7.88\%$ ,  $17.30 \pm 1.42$  παρουσίες, ομάδα CUFF:  $96.97 \pm 2.90\%$ ,  $17.45 \pm 0.52$  παρουσίες). Συγκεκριμένα, το εύρος των παρουσιών προπόνησης κυμάνθηκε από 15 – 18 παρουσίες σε διάστημα έξι (6) εβδομάδων. Χαρακτηριστικά, από την ομάδα (CON) δύο δοκιμαζόμενοι ολοκλήρωσαν 15 προπονήσεις και ένας δοκιμαζόμενος 16, ενώ οι υπόλοιποι της ομάδας έκαναν 18 προπονήσεις.

Αντίστοιχα, στην ομάδα CUFF έξι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν 17 προπονήσεις, ενώ οι άλλοι πέντε εκτέλεσαν 18.

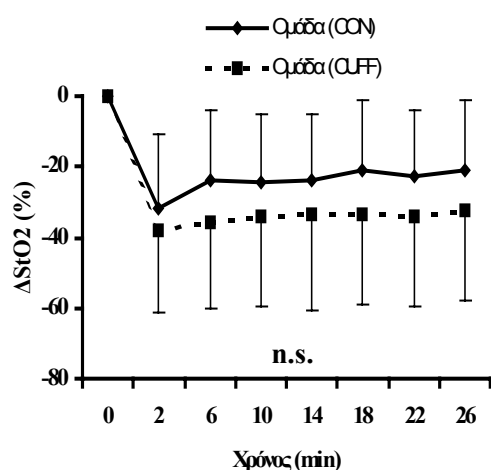
Στον Πίνακα 4-2 παραθέτονται τα χαρακτηριστικά της προπόνησης για τις δύο ομάδες. Ειδικότερα, αναφέρεται η μέση ένταση άσκησης, η μέση ένταση της ενεργητικής αποκατάστασης, η μέση συνολική ένταση της προπόνησης, καθώς και η μέση διάρκεια της προπονητικής συνεδρίας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν διαφορές ως προς τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά προπόνησης μεταξύ των δύο ομάδων. Επιπλέον, το μέσο ποσοστό αύξησης της επιβάρυνσης ανά εβδομάδα προπόνησης ήταν  $4.46 \pm 2.95\%$  (ομάδα CON:  $4.76 \pm 1.78\%$ , ομάδα CUFF:  $4.15 \pm 4.12\%$ ), ενώ το αντίστοιχο μέσο ποσοστό αύξησης της διάρκειας ήταν  $3.00 \pm 3.64$  min (ομάδα CON:  $2.73 \pm 3.71$  min, ομάδα CUFF:  $3.27 \pm 3.57$  min).

**Πίνακας 4-2:** Μέση τιμή ( $\pm \sigma$ ) χαρακτηριστικών προπονητικής διαδικασίας για τις δύο ομάδες προπόνησης.

|                                                     | Ομάδα CON          | Ομάδα CUFF        |
|-----------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Ένταση Άσκησης (% $\text{VO}_{2\text{max}}$ )       | $91.00 \pm 12.22$  | $89.53 \pm 6.75$  |
| Ένταση Αποκατάστασης (% $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) | $52.61 \pm 16.81$  | $51.30 \pm 7.51$  |
| Συνολική Μέση Ένταση (% $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) | $71.80 \pm 14.52$  | $70.41 \pm 7.13$  |
| Μέση Διάρκεια (λεπτό)                               | $33.12 \pm 2.56$   | $31.87 \pm 2.90$  |
| $\text{HR}_{\text{mean}}$ (κτύπος/λεπτό)            | $161.47 \pm 11.86$ | $155.81 \pm 7.09$ |
| Μέση C – RPE                                        | $13.58 \pm 1.17$   | $12.96 \pm 1.58$  |
| Μέση L – RPE                                        | $15.30 \pm 1.61$   | $16.33 \pm 0.92$  |

Παράλληλα, στον Πίνακα 4-2 αναφέρεται η μέση καρδιακή συχνότητα ( $\text{HR}_{\text{mean}}$ ) και οι μέσες τιμές κεντρικής (C-RPE) και τοπικής (L-RPE) αντιλαμβανόμενης κόπωσης στο δέκατο ( $10^{\circ}$ ) λεπτό της προπονητικής συνεδρίας. Μεταξύ των δύο ομάδων δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά προπόνησης.

Επίσης, κατά την εκτέλεση συγκεκριμένων προπονητικών συνεδριών ( $8^{\text{η}}$  –  $11^{\text{η}}$  συνεδρία), οι δοκιμαζόμενοι συνδέθηκαν με τη συσκευή NIRS, ώστε να καταγραφούν οι σχετικές παράμετροι μυϊκής οξυγόνωσης ( $\Delta\text{StO}_2$ ) (Σχήμα 4-1) και αιματικής ροής ( $\Delta\text{HbT}$ ,  $\Delta\text{Hb}$ ,  $\Delta\text{HbO}_2$ ). Κατόπιν στατιστικής ανάλυσης δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ως προς τις συγκεκριμένες παραμέτρους.



**Σχήμα 4-1:** Γραφική απεικόνιση των  $\Delta StO_2$  για τις δύο ομάδες προπόνησης στα 2 λεπτά άσκησης κατά τις προπονητικές συνεδρίες μέσης διάρκειας 26 min. (ns: μη σημαντικές διαφορές).

### 4.3 Ανθρωπομετρήσεις

Στον Πίνακα 4-3 παραθέτονται οι μέσοι όροι των τιμών του σωματικού βάρους, του δείκτη σωματικής μάζας, του ποσοστού σωματικού λίπους και της μάζας του τετρακέφαλου μηριαίου μυός τόσο για την ομάδα CON όσο και για την ομάδα CUFF, πριν και μετά το τέλος της προπονητικής διαδικασίας.

Ειδικότερα, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ως προς το σωματικό βάρος ( $p = 0.37$ ) και το δείκτη σωματικής μάζας ( $p = 0.19$ ) μεταξύ των δύο ομάδων προπόνησης. Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις δύο αυτές παραμέτρους πριν και μετά την προπόνηση ( $p = 0.19$  και  $p = 0.19$ , αντίστοιχα).

**Πίνακας 4-3:** Συγκεντρωτικός πίνακας μέσων όρων για το σωματικό βάρος, το δείκτη σωματικής μάζας ( $\Delta SM$ ), το ποσοστό σωματικού λίπους (%BF) και τη μάζα τετρακέφαλου μηριαίου μυός ( $M$ ) των δύο ομάδων πριν και μετά την προπόνηση. Το σύμβολο \* υποδεικνύει διαφορές πριν και μετά την προπόνηση ( $p < 0.05$ ).

| ΟΜΑΔΑ CON                                     |                    |                                  |       |        |                    |                                  |        |        |
|-----------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------|--------|--------------------|----------------------------------|--------|--------|
|                                               | ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ |                                  |       |        | ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ |                                  |        |        |
|                                               | Βάρος (kg)         | $\Delta SM$ (kg/m <sup>2</sup> ) | %BF   | M (kg) | Βάρος (kg)         | $\Delta SM$ (kg/m <sup>2</sup> ) | %BF    | M (kg) |
| <b>M. O.</b>                                  | 67.60              | 23.33                            | 19.69 | 2.57   | 67.00              | 23.13                            | 18.30* | 2.45*  |
| <b><math>\sigma</math> (<math>\pm</math>)</b> | 18.69              | 3.21                             | 5.74  | 0.70   | 18.60              | 3.20                             | 4.78   | 0.58   |
| ΟΜΑΔΑ CUFF                                    |                    |                                  |       |        |                    |                                  |        |        |
|                                               | ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ |                                  |       |        | ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ |                                  |        |        |
|                                               | Βάρος (kg)         | $\Delta SM$ (kg/m <sup>2</sup> ) | %BF   | M (kg) | Βάρος (kg)         | $\Delta SM$ (kg/m <sup>2</sup> ) | %BF    | M (kg) |
| <b>M. O.</b>                                  | 61.41              | 21.61                            | 15.08 | 2.48   | 61.40              | 21.59                            | 13.66* | 2.17*  |
| <b><math>\sigma</math> (<math>\pm</math>)</b> | 9.69               | 2.27                             | 5.85  | 0.38   | 9.77               | 2.23                             | 5.25   | 0.83   |

Αναφορικά με το ποσοστό σωματικού λίπους υπάρχει σημαντική μείωση του ποσοστού λίπους και για τις δύο ομάδες μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής διαδικασίας ( $p = 0.00$ ). Παράλληλα, η μάζα του τετρακέφαλου μηριαίου μυός

μειώθηκε σημαντικά μετά την προπονητική παρέμβαση και στις δύο ομάδες ( $p = 0.01$ ), ενώ δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων προπόνησης ( $p = 0.62$ ).

#### 4.4 Δοκιμασίες $VO_{2max}$

Στην ενότητα αυτή παραθέτονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των δοκιμασιών  $VO_{2max}$ , τόσο για τις  $VO_{2max}^{Nor}$ , όσο και για τις  $VO_{2max}^{Press}$ . Αναλυτικότερα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναπνευστικών μετρήσεων, των μετρήσεων NIRS, καθώς και οι άλλες καταγραφόμενες παράμετροι, όπως η μέγιστη παραγόμενη ισχύς, η καρδιακή συχνότητα και η αντιλαμβανόμενη κόπωση.

##### 4.4.1 Αναπνευστικές μετρήσεις

Στον Πίνακα 4-4 παραθέτονται οι μέσοι όροι των  $VO_{2max}^{Nor}$  και  $VO_{2max}^{Press}$  για τις δύο ομάδες προπόνησης, πριν και μετά την παρέμβαση. Μεταξύ των δύο συνθηκών υπάρχει σημαντική διαφορά, καθώς η  $VO_{2max}^{Press}$  είναι χαμηλότερη σε

σχέση με τη  $VO_{2max}^{Nor}$  ( $p = 0.00$ ). Παράλληλα, παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών ως προς την ομάδα μετά το τέλος της προπόνησης ( $p = 0.04$ ). Ειδικότερα, η ομάδα CON εμφανίζει μεγαλύτερη μείωση κατά τη  $VO_{2max}^{Press}$  σε σχέση με την ομάδα CUFF. Ωστόσο, η διαφορά αυτή παρατηρείται μόνο όταν η  $VO_{2max}$  εκφράζεται σε ml/kg/min ή ανά κιλό άλιπης σωματικής μάζας ( $p = 0.04$ ), ενώ εκφρασμένη σε lit/min παρατηρούνται οριακές, αλλά μη στατιστικά σημαντικές διαφορές ( $p = 0.07$ ).

Επιπλέον, η  $VO_{2max}^{Nor}$  παραμένει αμετάβλητη μετά την προπόνηση και για τις δυο προπονητικές ομάδες ( $p = 0.41$ ), καθώς καμία από τις ομάδες δεν εμφάνισε βελτίωση ή μείωση μετά το παρόν προπονητικό πρόγραμμα.

**Πίνακας 4-4:** Μέσοι όροι για τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου χωρίς περιμετρίδες ( $VO_{2max}^{Nor}$ ) και με περιμετρίδες ( $VO_{2max}^{Press}$ ) των δύο ομάδων πριν και μετά την προπόνηση εκφρασμένες σε ml/kg/min. Το σύμβολο \* υποδεικνύει διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών και το σύμβολο § διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων.

| ΟΜΑΔΑ CON    |                                  |                              |                                    |                                |                                  |                              |                                    |                                |
|--------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|              | ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ               |                              |                                    |                                | ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ               |                              |                                    |                                |
|              | $VO_{2max}^{Nor}$<br>(ml/kg/min) | $VO_{2max}^{Nor}$<br>(l/min) | $VO_{2max}^{Press}$<br>(ml/kg/min) | $VO_{2max}^{Press}$<br>(l/min) | $VO_{2max}^{Nor}$<br>(ml/kg/min) | $VO_{2max}^{Nor}$<br>(l/min) | $VO_{2max}^{Press}$<br>(ml/kg/min) | $VO_{2max}^{Press}$<br>(l/min) |
| <b>M.O.</b>  | 38.01*                           | 2.56                         | 30.48*§                            | 2.05                           | 36.43*                           | 2.45                         | 26.93*§                            | 1.78                           |
| <b>σ (±)</b> | 5.48                             | 0.78                         | 6.47                               | 0.71                           | 4.34                             | 0.78                         | 4.80                               | 0.37                           |
| ΟΜΑΔΑ CUFF   |                                  |                              |                                    |                                |                                  |                              |                                    |                                |
|              | ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ               |                              |                                    |                                | ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ               |                              |                                    |                                |
|              | $VO_{2max}^{Nor}$<br>(ml/kg/min) | $VO_{2max}^{Nor}$<br>(l/min) | $VO_{2max}^{Press}$<br>(ml/kg/min) | $VO_{2max}^{Press}$<br>(l/min) | $VO_{2max}^{Nor}$<br>(ml/kg/min) | $VO_{2max}^{Nor}$<br>(l/min) | $VO_{2max}^{Press}$<br>(ml/kg/min) | $VO_{2max}^{Press}$<br>(l/min) |
| <b>M.O.</b>  | 36.33*                           | 2.24                         | 30.36*§                            | 1.87                           | 35.34*                           | 2.19                         | 29.44*§                            | 1.82                           |
| <b>σ (±)</b> | 5.04                             | 0.50                         | 4.66                               | 0.42                           | 3.76                             | 0.47                         | 3.72                               | 0.45                           |

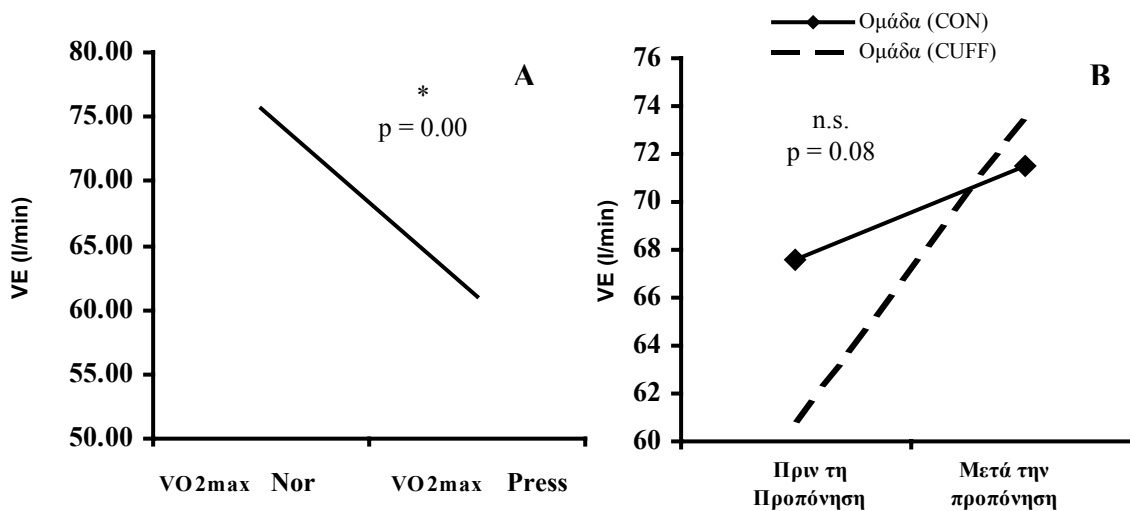
Επίσης, παρατηρείται σημαντική αύξηση των μέγιστων τιμών του  $VCO_2$  μετά από την προπόνηση ανεξάρτητα από την ομάδα (πριν:  $2669.70 \pm 714.02$  ml, μετά:  $2851.63 \pm 679.33$  ml) ( $p = 0.02$ ). Παράλληλα, οι τιμές  $VCO_2$  ήταν

σημαντικά χαμηλότερες κατά τη δοκιμασία  $VO_{2max}^{Press}$  ( $VO_{2max}^{Nor}$ :  $3104.14 \pm 746.19$  ml,  $VO_{2max}^{Press}$ :  $2417.20 \pm 647.16$  ml) ( $p = 0.00$ ), ενώ η διαφορά αυτή φαίνεται να είναι εντονότερη στην ομάδα CON (ομάδα CON:  $VO_{2max}^{Nor}$ :  $3252.35 \pm 901.71$  ml,

VO<sub>2max</sub>Press: 2420.89 ± 739.61 ml, ομάδα CUFF: VO<sub>2max</sub>Nor: 2955.92 ± 590.66 ml, VO<sub>2max</sub>Press: 2413.51 ± 554.71 ml) (p = 0.03).

Οι μέγιστες τιμές του RER δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων (p = 0.26), αλλά παρατηρείται σημαντική αύξηση των μέγιστων τιμών του μετά την προπόνηση και στις δύο ομάδες (ομάδα

CON: πριν: 1.22 ± 0.11, μετά: 1.36 ± 0.13, ομάδα CUFF: πριν: 1.23 ± 0.06, μετά: 1.43 ± 0.10) (p = 0.00). Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι, αν και οι μέγιστες τιμές του RER είναι χαμηλότερες κατά τη δοκιμασία VO<sub>2max</sub>Press, η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική (VO<sub>2max</sub> CON: 1.33 ± 0.09, VO<sub>2max</sub> CUFF: 1.29 ± 0.10) (p = 0.80).



**Σχήμα 4-2:** Αλλαγές στο μέγιστο πνευμονικό αερισμό  $VE_{max}$  μεταξύ των δύο συνθηκών (Α), και μεταξύ των δύο ομάδων, πριν και μετά την προπόνηση (Β). Το \* δηλώνει διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών ( $p < 0.05$ ), το ns: μη σημαντικές διαφορές.

Επιπλέον, δεν εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων ως προς τις μέγιστες τιμές του VE (p = 0.74). Ωστόσο, αναφορικά με τη συγκεκριμένη αναπνευστική παράμετρο υπάρχουν διαφορές μεταξύ της VO<sub>2max</sub>Nor και της VO<sub>2max</sub>Press, καθώς ο VE μειώνεται σημαντικά με την εφαρμογή περιμηρίδων (VO<sub>2max</sub>Nor: 75.63 ± 20.94 l/min, VO<sub>2max</sub>Press: 61.06 ± 16.68 l/min) (p = 0.00). Επίσης, είναι εξίσου σημαντική η αύξηση του VE μετά την προπόνηση, σε σχέση με τις αντίστοιχες αρχικές τιμές, κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας αυξανόμενης έντασης (πριν: 64.24 ± 18.30 l/min, μετά 72.45 ± 19.32 l/min) (p = 0.00). Ακόμα, αξίζει να σημειωθεί ότι η ομάδα CUFF, αν και αυξάνει περισσότερο το VE μετά την προπόνηση, η διαφορά της

με την ομάδα CON δεν είναι οριακά σημαντική (p = 0.08) (Σχήμα 4-2).

Επιπλέον, παρατηρούνται διαφορές ως προς τις μέγιστες τιμές των VE/VO<sub>2</sub> και VE/VCO<sub>2</sub>. Ειδικότερα, οι μέγιστες τιμές τόσο του VE/VO<sub>2</sub> όσο και του VE/VCO<sub>2</sub> είναι σημαντικά υψηλότερες μετά την προπόνηση σε σχέση με την αρχική φάση (VE/VO<sub>2</sub>: πριν: 36.56 ± 6.23, μετά 44.22 ± 7.78, VE/VCO<sub>2</sub> πριν: 29.73 ± 4.20, μετά: 31.68 ± 4.55) (p = 0.00). Επίσης, αναφορικά με το VE/VO<sub>2</sub> υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των ομάδων προπόνησης και του χρόνου (p = 0.03), αλλά και μεταξύ των ομάδων, των συνθηκών και του χρόνου (p = 0.05). Αυτό σημαίνει ότι οι μέγιστες τιμές της συγκεκριμένης παραμέτρου αυξήθηκαν περισσότερο στην ομάδα CUFF μετά την

ολοκλήρωση της παρέμβασης, καθώς και ότι η αύξηση στην ομάδα αυτή ήταν εντονότερη κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας  $VO_{2max}Press$ . Παράλληλα, οι μέγιστες τιμές του  $VE/VCO_2$  είναι σημαντικά υψηλότερες κατά τη δοκιμασία αυξανόμενης έντασης με περιμηρίδες ( $p = 0.04$ ), ενώ οριακά δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ ομάδας, συνθήκης και χρόνου ( $p = 0.06$ ).

Επίσης, οι μέγιστες τιμές της  $PETCO_2$  εμφανίζουν σημαντική πτώση τόσο μετά την προπόνηση (πριν:  $40.90 \pm 5.25$  mmHg, μετά:  $38.36 \pm 5.16$ ), όσο και κατά την πραγματοποίηση της δοκιμασίας  $VO_{2max}Press$  ( $VO_{2max}Nor$ :  $40.55 \pm 5.48$  mmHg,  $VO_{2max}Press$ :  $39.26 \pm 6.00$  mmHg) ( $p = 0.00$  και  $p = 0.02$ , αντίστοιχα). Συνάμα, υπάρχει υψηλή αλληλεπίδραση ως προς την ομάδα, τη συνθήκη και το

χρόνο, καθώς η πτώση των μέγιστων τιμών είναι εντονότερη μετά την προπόνηση στην ομάδα CUFF κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας με περιμηρίδες ( $p = 0.04$ ). Παράλληλα, παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών αναφορικά με τις μέγιστες τιμές  $PETCO_2$  ( $p = 0.06$ ), ενώ υπάρχει και αλληλεπίδραση μεταξύ της ομάδας, της συνθήκης και του χρόνου ( $p = 0.03$ ). Χαρακτηριστικά, οι μέγιστες τιμές της  $PETCO_2$  είναι υψηλότερες μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής περιόδου (πριν:  $119.34 \pm 5.34$ , μετά:  $121.33 \pm 5.28$ ). Επίσης, αν και η ομάδα CON μειώνει ελαφρώς τις μέγιστες τιμές της συγκεκριμένης αναπνευστικής παραμέτρου κατά τη δοκιμασία  $VO_{2max}Press$  μετά το τέλος της προπόνησης, η αντίστοιχη ομάδα CUFF τις αυξάνει σημαντικά.

**Πίνακας 4-5:** Μέσες τιμές για το αναπνευστικό κατώφλι ( $A T$ ) πριν και μετά την προπόνηση. Το \* δηλώνει διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών ( $p < 0.05$ )

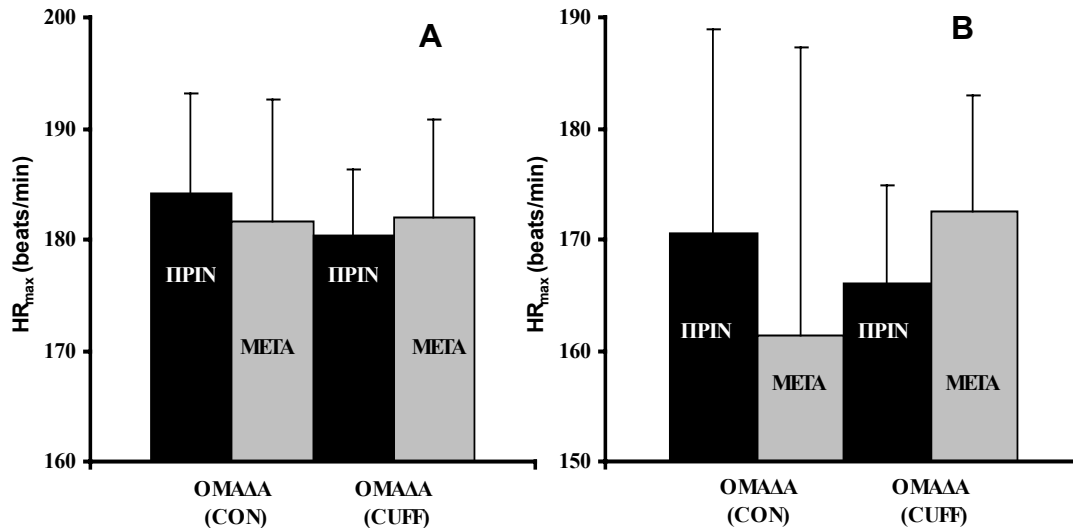
|             |                          | Ομάδα CON         |                   | Ομάδα CUFF        |                   |
|-------------|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|             |                          | Πριν              | Μετά              | Πριν              | Μετά              |
| $VO_{2max}$ | $A T (l \cdot min^{-1})$ | $1.75 \pm 0.55^*$ | $1.76 \pm 0.53^*$ | $1.52 \pm 0.40^*$ | $1.46 \pm 0.38^*$ |
| Nor         | $A T (\% VO_{2max})$     | $68.26 \pm 8.45$  | $71.72 \pm 5.17$  | $67.63 \pm 8.32$  | $66.63 \pm 9.72$  |
| $VO_{2max}$ | $A T (l \cdot min^{-1})$ | $1.43 \pm 0.50^*$ | $1.24 \pm 0.32^*$ | $1.22 \pm 0.24^*$ | $1.25 \pm 0.26^*$ |
| Press       | $A T (\% VO_{2max})$     | $69.81 \pm 7.98$  | $69.34 \pm 7.17$  | $65.81 \pm 6.69$  | $68.98 \pm 5.78$  |

Τέλος, το αναπνευστικό κατώφλι είναι χαμηλότερο κατά τη δοκιμασία  $VO_{2max}Press$  σε σχέση με τη δοκιμασία  $VO_{2max}Nor$  ( $p = 0.000$ ) σε απόλυτη ένταση, αλλά δεν παρατηρούνται διαφορές σε σχετική ένταση. Επίσης, δεν παρατηρούνται διαφορές ως προς την ομάδα, καθώς και ως προς το χρόνο, πριν και μετά την προπόνηση (Πίνακας 4-5).

#### 4.4.2 Μέγιστη καρδιακή συχνότητα, παραγόμενη ισχύς & αντιλαμβανόμενη κόπωση

Η μέγιστη καρδιακή συχνότητα είναι σημαντικά υψηλότερη κατά τη δοκιμασία

$VO_{2max}Nor$  ( $182.02 \pm 8.71$  beats/min) σε σχέση με τη δοκιμασία  $VO_{2max}Press$  ( $167.59 \pm 15.90$  beats/min) ανεξάρτητα από την ομάδα προπόνησης ( $p = 0.00$ ). Επίσης, υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ προπονητικής ομάδας και χρόνου ( $p = 0.05$ ), καθώς η ομάδα CON έχει μειωμένες τιμές μέγιστης καρδιακής συχνότητας μετά την προπόνηση, ενώ η ομάδα CUFF αυξημένες (Σχήμα 4-3).



**Σχήμα 4-3:** Αλλαγές της μέγιστης καρδιακής συχνότητας κατά τη VO<sub>2max</sub>Nor ( $p=0.00$ ) (A), και κατά τη VO<sub>2max</sub>Press ( $p=0.05$ ) (B) στις δύο ομάδες πριν και μετά την προπόνηση.

Επίσης, η μέγιστη παραγόμενη ισχύς διαφέρει μεταξύ των δύο συνθηκών, καθώς είναι μειωμένη στη VO<sub>2max</sub>Press ( $156.6 \pm 37.39$  Watts) σε σχέση με τη VO<sub>2max</sub>Nor ( $212.27 \pm 53.60$  Watts) ( $p = 0.00$ ). Συνάμα, η συγκεκριμένη παράμετρος αυξάνεται σημαντικά μετά την ολοκλήρωση της προπόνησης και για τις δύο ομάδες ( $p = 0.00$ ), αν και για την ομάδα CUFF η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη ανεξάρτητα από τη συνθήκη μέτρησης ( $p = 0.04$ ).

Επιπλέον, η κεντρική αντιλαμβανόμενη κόπωση είναι στατιστικά χαμηλότερη κατά τη δοκιμασία VO<sub>2max</sub>Press ( $13.38 \pm 1.80$ ) σε σχέση με τη δοκιμασία VO<sub>2max</sub>Nor ( $15.71 \pm 2.37$ ) ( $p = 0.00$ ). Αντίθετα όμως, η τοπική αντιλαμβανόμενη κόπωση των κάτω άκρων είναι σημαντικά υψηλότερη κατά τη δοκιμασία VO<sub>2max</sub>Press ( $18.81 \pm 1.07$ , έναντι  $17.84 \pm 1.70$  κατά τη VO<sub>2max</sub>Nor) ( $p = 0.01$ ). Επίσης, αξίζει να σημειωθεί η αλληλεπίδραση μεταξύ ομάδας, συνθήκης και χρόνου σχετικά με την αντιλαμβανόμενη κεντρική κόπωση ( $p = 0.00$ ), καθώς στην δοκιμασία VO<sub>2max</sub>Nor η ομάδα CON αισθάνεται δυσκολότερη τη δοκιμασία (πριν  $15.10 \pm 2.96$ , μετά  $16.15 \pm 2.20$ ) μετά την προπόνηση, ενώ η ομάδα CUFF εμφανίζει μια πολύ μικρή πτώση

(πριν  $15.86 \pm 2.18$ , μετά  $15.73 \pm 2.15$ ). Παράλληλα, κατά τη δοκιμασία VO<sub>2max</sub>Press η ομάδα CON παρουσιάζει μικρή μείωση των τιμών κεντρικής κόπωσης (πριν  $13.80 \pm 2.03$ , μετά  $13.45 \pm 1.26$ ), ενώ αντίθετα η ομάδα CUFF αυξάνει τις αντίστοιχες τιμές (πριν  $11.91 \pm 2.01$ , μετά  $14.36 \pm 1.90$ ) μετά την προπονητική παρέμβαση. Τέλος, αναφορικά με την αντιλαμβανόμενη κόπωση των κάτω άκρων, υπάρχουν διαφορές ως προς το χρόνο, αφού οι τιμές εμφανίζουν σημαντική άνοδο μετά την προπόνηση (πριν  $18.02 \pm 1.73$ , μετά  $18.73 \pm 1.04$ ), και επηρεάζονται από το είδος της προπόνησης ( $p = 0.02$ ).

#### 4.4.3 Μετρήσεις NIRS

Οι τελικές τιμές των ΔStO<sub>2</sub> δε διαφέρουν μεταξύ των δύο ομάδων (ομάδα CON:  $-23.55 \pm 12.40$ , ομάδα CUFF:  $-30.73 \pm 18.92$ ) και μεταξύ των δύο συνθηκών (VO<sub>2max</sub>Nor:  $-26.91 \pm 17.35$ , VO<sub>2max</sub>Press:  $-27.37 \pm 13.97$ ). Ωστόσο, ο αποκορεσμός είναι μεγαλύτερος μετά την προπόνηση σε σχέση με τις αντίστοιχες τελικές τιμές πριν από την προπονητική παρέμβαση (πριν:  $-19.19 \pm 13.27$ , μετά:  $-35.09 \pm 18.05$ ) ( $p = 0.00$ )

Οι τελικές τιμές των  $\Delta\text{HbO}_2$  δε διαφέρουν μεταξύ των δύο πειραματικών συνθηκών ( $\text{VO}_{2\text{max}}\text{Nor}$ :  $-3.86 \pm 5.76$ ,  $\text{VO}_{2\text{max}}\text{Press}$ :  $-4.83 \pm 4.74$ ), αλλά εμφανίζουν διαφορές ως προς την ομάδα ( $p = 0.01$ ) καθώς η ομάδα CUFF έχει χαμηλότερες τιμές από την ομάδα CON (ομάδα CON:  $-2.56 \pm 4.12$ , ομάδα CUFF:  $-6.13 \pm 6.38$ ). Επίσης, υπάρχουν διαφορές και ως προς το χρόνο ( $p = 0.00$ ), αφού μετά την προπόνηση η μείωση της  $\text{HbO}_2$  είναι μεγαλύτερη (πριν:  $-1.50 \pm 6.36$ , μετά:  $-7.18 \pm 4.14$ ).

Παράλληλα, οι τελικές τιμές των  $\Delta\text{Hb}$  και  $\Delta\text{HbT}$  διαφέρουν ως προς την πειραματική συνθήκη ( $p = 0.00$  και  $p = 0.00$ , αντίστοιχα), καθώς τόσο οι τελικές τιμές της  $\text{Hb}$  όσο και της  $\text{HbT}$  είναι σημαντικά υψηλότερες κατά τη  $\text{VO}_{2\text{max}}\text{Press}$  συγκριτικά με τις αντίστοιχες τιμές στη  $\text{VO}_{2\text{max}}\text{Nor}$ .

#### 4.5 Υπομέγιστες δοκιμασίες

Κατά την πρώτη 6λεπτη δοκιμασία στο 30% της  $\text{VO}_{2\text{max}}\text{Nor}$ , η μέση παραγόμενη ισχύς ήταν  $37.33 \pm 18.29$  Watts (ομάδα CON:  $42.20 \pm 24.87$  Watts, ομάδα CUFF:  $32.91 \pm 8.19$  Watts). Η ακριβής ένταση της άσκησης πριν από την προπόνηση ήταν  $31.33 \pm 4.47\%$  της  $\text{VO}_{2\text{max}}\text{Nor}$  (ομάδα CON:  $32.24 \pm 4.70\%$ , ομάδα CUFF:  $30.51 \pm 4.29\%$ ), ενώ μετά την προπόνηση ήταν  $29.91 \pm 5.60\%$  της  $\text{VO}_{2\text{max}}\text{Nor}$  (ομάδα CON:  $30.56 \pm 4.78\%$ , ομάδα CUFF:  $29.31 \pm 6.43\%$ ). Δεν υπάρχουν στατιστικά

**Πίνακας 4-6:** Μέση τιμή ( $\pm \sigma$ ) αναπνευστικών παραμέτρων κατά την εκτέλεση των δύο υπομέγιστων δοκιμασιών στο 30% και το 80% της αρχικής  $\text{VO}_{2\text{max}}\text{Nor}$  και για τις δύο ομάδες. Το σύμβολο \* δηλώνει διαφορές πριν και μετά την προπόνηση ( $p < 0.05$ ).

|                            |           | ΟΜΑΔΑ CON            |                       | ΟΜΑΔΑ CUFF           |                       |
|----------------------------|-----------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Παράμετρος                 | Δοκιμασία | Πριν                 | Μετά                  | Πριν                 | Μετά                  |
| $\text{VO}_2$<br>(ml/min)  | 30%       | 964.72 $\pm$ 458.48  | 846.56 $\pm$ 349.64*  | 816.44 $\pm$ 116.96  | 698.38 $\pm$ 151.04*  |
|                            | 80%       | 2230.34 $\pm$ 797.50 | 1956.72 $\pm$ 731.57* | 1936.43 $\pm$ 342.52 | 1699.22 $\pm$ 397.11* |
| $\text{VCO}_2$<br>(ml/min) | 30%       | 862.31 $\pm$ 434.06  | 816.90 $\pm$ 356.80   | 705.52 $\pm$ 120.87  | 643.12 $\pm$ 113.96   |
|                            | 80%       | 2518.92 $\pm$ 955.88 | 2333.17 $\pm$ 998.17* | 2234.03 $\pm$ 409.40 | 1984.80 $\pm$ 402.53* |
| $\text{VE}$<br>(l/min)     | 30%       | 19.96 $\pm$ 7.58     | 19.48 $\pm$ 6.31      | 17.81 $\pm$ 3.391    | 17.28 $\pm$ 3.36      |
|                            | 80%       | 55.44 $\pm$ 15.93    | 49.95 $\pm$ 18.67*    | 51.93 $\pm$ 8.33     | 46.96 $\pm$ 9.34*     |
| RER                        | 30%       | 0.88 $\pm$ 0.06      | 0.96 $\pm$ 0.05*      | 0.87 $\pm$ 0.08      | 0.93 $\pm$ 0.08*      |
|                            | 80%       | 1.12 $\pm$ 0.09      | 1.18 $\pm$ 0.09       | 1.16 $\pm$ 0.09      | 1.18 $\pm$ 0.10       |

σημαντικές διαφορές ως προς την ένταση της άσκησης μεταξύ των δύο φάσεων μέτρησης ( $p = 0.37$ ).

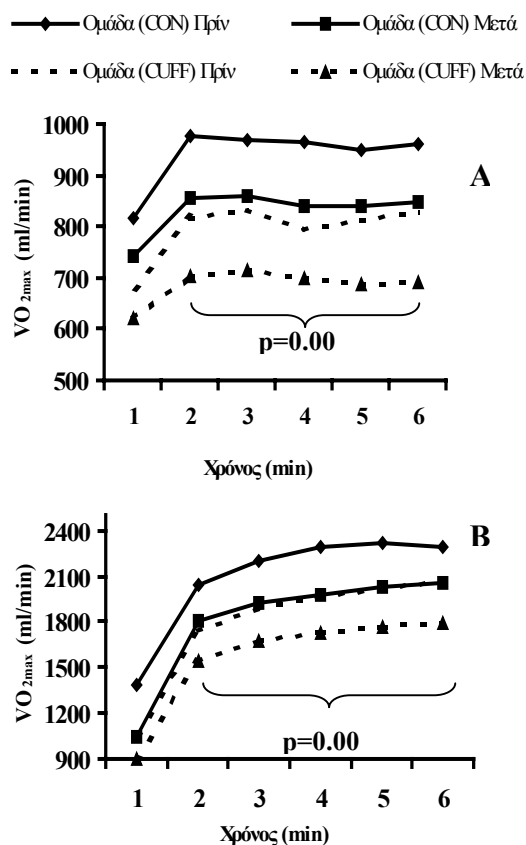
Επίσης, κατά τη δεύτερη 6λεπτη δοκιμασία στο 80% της  $\text{VO}_{2\text{max}}\text{Nor}$ , η μέση παραγόμενη ισχύς ήταν  $145.62 \pm 42.54$  Watts (ομάδα CON:  $151.30 \pm 55.28$  Watts, ομάδα CUFF:  $140.45 \pm 28.41$  Watts). Η ακριβής ένταση της άσκησης πριν από την προπόνηση ήταν  $78.38 \pm 4.69\%$  της  $\text{VO}_{2\text{max}}\text{Nor}$  (ομάδα CON:  $77.23 \pm 2.99\%$ , ομάδα CUFF:  $79.43 \pm 5.78\%$ ), ενώ μετά την προπόνηση ήταν  $71.65 \pm 5.89\%$  της  $\text{VO}_{2\text{max}}\text{Nor}$  (ομάδα CON:  $71.39 \pm 5.15\%$ , ομάδα CUFF:  $71.90 \pm 6.74\%$ ). Υπάρχει στατιστικά σημαντική μείωση της έντασης της άσκησης μετά την προπόνηση σε σχέση με την ακριβή ένταση της δοκιμασίας πριν την προπόνηση ( $p = 0.00$ ).

#### 4.5.1 Αναπνευστικές μετρήσεις

Στον Πίνακα 4-6 παραθέτονται τα δεδομένα των αναπνευστικών παραμέτρων, που κατεγράφησαν κατά την εκτέλεση των δύο σταθερών υπομέγιστων δοκιμασιών. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι μέσες τιμές από το δεύτερο έως το έκτο λεπτό ( $2^{\circ} - 6^{\circ} \text{ min}$ ) των δύο δοκιμασιών. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι για τις συγκεκριμένες παραμέτρους το δείγμα ήταν  $n = 7$  για την ομάδα CON και  $n = 8$  για την ομάδα CUFF.

Χαρακτηριστικά, κατά την 6λεπτη δοκιμασία στο 30% της  $VO_{2max}^{Nor}$  η  $VO_2$  είναι σημαντικά μειωμένη και για τις δύο ομάδες μετά την προπόνηση ( $p = 0.00$ ), χωρίς όμως να υπάρχουν διαφορές μεταξύ των ομάδων ( $p = 0.31$ ) (Σχήμα 4-4). Επίσης, κατά την ίδια δοκιμασία οριακά δεν παρατηρούνται αλλαγές ως προς το  $VCO_2$  πριν και μετά την προπόνηση ( $p = 0.06$ ), ενώ δεν υπάρχουν διαφορές και μεταξύ των δύο ομάδων. Το RER είναι αυξημένο μετά την προπόνηση συγκριτικά με το αρχικό στάδιο ( $p = 0.00$ ), ενώ το VE δεν παρουσιάζει διαφορές ( $p = 0.46$ ). Αναφορικά με τις δύο αυτές αναπνευστικές παραμέτρους δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των ομάδων προπόνησης.

Κατά την κυκλοεργομέτρηση στο 80% της  $VO_{2max}^{Nor}$ , η  $VO_2$  εμφανίζει σημαντική μείωση μετά την προπόνηση ( $p = 0.00$ ), ενώ δεν παρατηρούνται διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες ( $p = 0.33$ ) (Σχήμα 4-4).



**Σχήμα 4-4:** Η πορεία της  $VO_2$  κατά την υπομέγιστη δοκιμασία (Α) στο 30% της  $VO_{2max}^{Nor}$  και (Β) στο 80% της  $VO_{2max}^{Nor}$  πριν και μετά την προπόνηση στις δύο ομάδες. ( $p < 0.05$ ).

Παράλληλα, παρατηρείται σημαντική μείωση του VE και του  $VCO_2$  ( $p = 0.00$  και  $p = 0.00$ , αντίστοιχα) μετά το τέλος της προπονητικής παρέμβασης, χωρίς όμως να υπάρχουν διαφορές ως προς την ομάδα. Τέλος, το RER δεν διαφέρει κατά την εκτέλεση της συγκεκριμένης δοκιμασίας.

#### 4.5.2 Μετρήσεις NIRS

Κατά την υπομέγιστη δοκιμασία στο 30% της  $VO_{2max}^{Nor}$ , το  $\Delta StO_2$  μειώνεται σημαντικά με την έναρξη της άσκησης και στις δύο ομάδες, τόσο πριν όσο και μετά την προπόνηση. Αμέσως μετά το πρώτο λεπτό άσκησης το  $\Delta StO_2$  επιστρέφει σταδιακά στις τιμές ηρεμίας. Το πρότυπο αυτό αποκορεσμού και επανακορεσμού του  $O_2$  δεν διαφοροποιείται πριν και μετά την προπόνηση σε καμία από τις δύο ομάδες. Επιπλέον, κατά την εκτέλεση της συγκεκριμένης υπομέγιστης δοκιμασίας δε παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των ομάδων, πριν και μετά την προπόνηση ούτε για τις  $\Delta HbO_2$ ,  $\Delta Hb$  και  $\Delta HbT$  (Σχήμα 4-5).

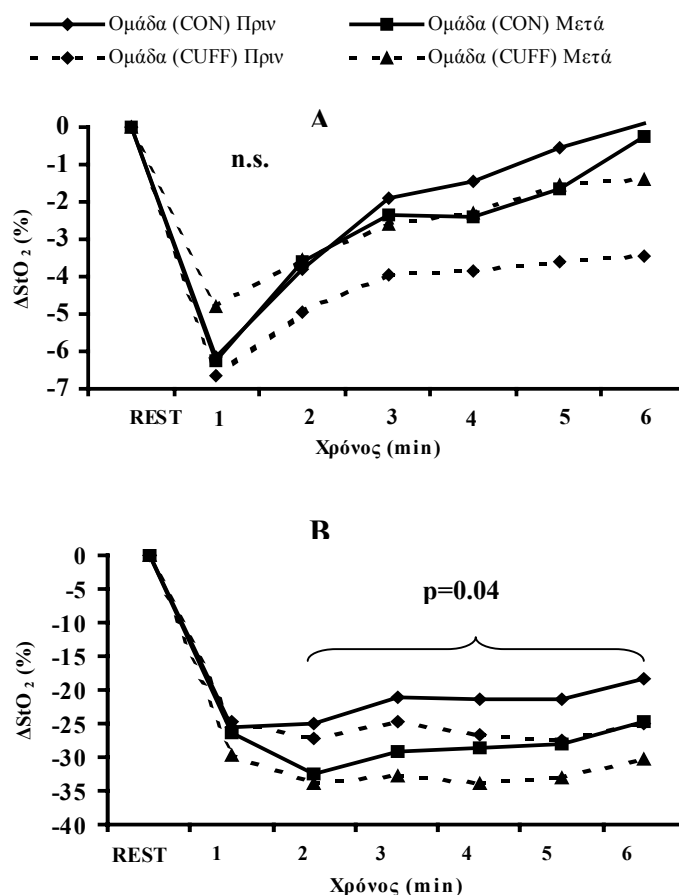
Ωστόσο, κατά τη δοκιμασία στο 80% της  $VO_{2max}^{Nor}$  το  $\Delta StO_2$  και η  $\Delta HbT$  είναι μεγαλύτερα μετά την προπόνηση ( $p = 0.04$  και  $p = 0.05$ , αντίστοιχα). Παράλληλα, οι αλλαγές στην  $\Delta HbO_2$  δε διαφέρουν οριακά μετά την προπόνηση ( $p = 0.06$ ), ενώ η  $Hb$  δεν εμφανίζει διαφορές. Επίσης, σε καμία από τις συγκεκριμένες παραμέτρους δεν παρατηρούνται διαφορές ως προς την ομάδα προπόνησης.

#### 4.6 Δοκιμασία απόδοσης $TF_{150}$

Η μέση επιβάρυνση κατά τη δοκιμασία απόδοσης  $TF_{150}$  ήταν  $288.48 \pm 75.71$  Watts (ομάδα CON:  $306.20 \pm 92.93$  Watts, ομάδα CUFF:  $272.36 \pm 55.60$  Watts). Ο χρόνος απόδοσης κατά την εκτέλεση της συγκεκριμένης δοκιμασίας βελτιώθηκε σημαντικά και στις δύο ομάδες μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής παρέμβασης (πριν  $64.41 \pm 18.98$  sec, μετά  $84.52 \pm 24.00$  sec) ( $p = 0.00$ ), αν και δεν εντοπίζονται διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων προπόνησης ( $p = 0.25$ ) (Σχήμα 4-6). Παράλληλα, δεν παρατηρούνται

αλλαγές μετά την προπονητική παρέμβαση ως προς το AOD και  $\tau$ . Ωστόσο, το  $A$  είναι μειωμένο σημαντικά μετά την παρέμβαση, ανεξάρτητα από την ομάδα προπόνησης

(Πίνακας 4-7) (ομάδα CON:  $n=6$ , ομάδα CUFF:  $n=7$ ).



**Σχήμα 4-5:** Πορεία της  $\Delta StO_2$  κατά την υπομέγιστη δοκιμασία (Α) στο 30% της  $VO_{2max}Nor$  και (Β) στο 80% της  $VO_{2max}Nor$  πριν και μετά την προπόνηση στις δύο ομάδες ( $p<0.05$ ).

**Πίνακας 4-7:** Μέσες τιμές ( $\pm \sigma$ ) των χαρακτηριστικών της δοκιμασίας απόδοσης  $TF_{150}$  πριν και μετά την προπόνηση. AOD: συγκεντρωτικό έλλειμμα οξυγόνου,  $\tau$ : σταθερά χρόνου,  $A$ : ασυμπτωτικό εύρος. Το σύμβολο \* δηλώνει διαφορές πριν και μετά την προπόνηση ( $p<0.05$ ) (Ομάδα CON:  $n=6$ , ομάδα CUFF:  $n=7$ ).

| Παράμετρος           | ΟΜΑΔΑ CON             |                      | ΟΜΑΔΑ CUFF            |                      |
|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|                      | Πριν                  | Μετά                 | Πριν                  | Μετά                 |
| Χρόνος (sec)         | 58.54 $\pm$ 12.73     | 79.89 $\pm$ 9.32*    | 70.28 $\pm$ 22.40     | 89.15 $\pm$ 32.07*   |
| AOD (ml)             | 505.93 $\pm$ 217.47   | 562.27 $\pm$ 380.43  | 597.79 $\pm$ 382.35   | 514.48 $\pm$ 282.77  |
| $\tau$ (sec)         | 13.50 $\pm$ 3.56      | 15.00 $\pm$ 5.83     | 17.43 $\pm$ 11.54     | 15.14 $\pm$ 5.87     |
| $A$ (ml/sec)         | 36.70 $\pm$ 10.79     | 35.95 $\pm$ 11.20*   | 34.50 $\pm$ 7.94      | 32.12 $\pm$ 7.18*    |
| Συνολικό $VO_2$ (ml) | 2585.40 $\pm$ 1157.90 | 2259.53 $\pm$ 747.58 | 2984.42 $\pm$ 1049.27 | 2316.36 $\pm$ 864.69 |

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ της  $VO_{2max}$  κατά τη δοκιμασία  $VO_{2max}Nor$  και του AOD με την εργαστηριακή δοκιμασία απόδοσης  $TF_{150}$  πριν και μετά την προπόνηση. Επιπλέον, δεν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στο χρόνο της δοκιμασίας  $TF_{150}$  και της  $VO_2$  της υπομέγιστης δοκιμασίας στο 80% της  $VO_{2max}Nor$ , καθώς και της PPO της  $VO_{2max}Nor$  πριν από την προπόνηση.

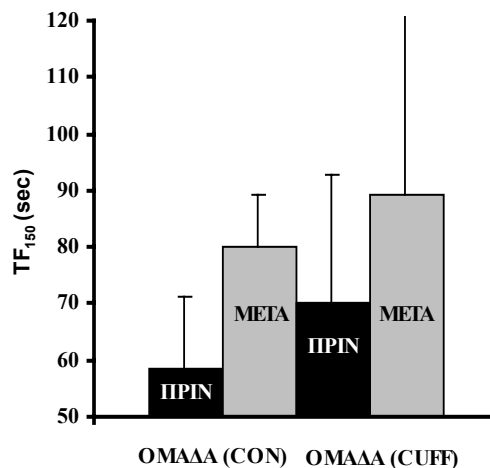
#### 4.7 Αιματολογικές μετρήσεις

Στον Πίνακα 4-8 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές ηρεμίας της Hb και του Hct για τις δύο ομάδες πριν και μετά την προπόνηση. Αναφορικά με τις συγκεκριμένες αιματολογικές παραμέτρους δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε ως προς το χρόνο ούτε ως προς την ομάδα προπόνησης.

**Πίνακας 4-8:** Μέσες τιμές της Hb και του Hct κατά την ηρεμία πριν και μετά την προπόνηση για την ομάδα CON (n = 10) και την ομάδα CUFF (n = 11) ( $p < 0.05$ ).

| Παράμετρος                    | Ομάδα CON  |            | Ομάδα CUFF |            |
|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                               | Πριν       | Μετά       | Πριν       | Μετά       |
| <b>Hb (g·dl<sup>-1</sup>)</b> | 13.24±1.56 | 13.00±1.71 | 12.80±0.91 | 13.07±1.19 |
| <b>Hct (%)</b>                | 42.06±4.79 | 42.34±6.85 | 41.34±3.09 | 41.00±2.82 |

Στο Σχήμα 4-8 παρουσιάζονται οι αλλαγές στον όγκο αίματος και πλάσματος κατά τη διαδικασία  $TF_{150}$  πριν και μετά την προπόνηση για τις δύο ομάδες. Συγκεκριμένα, πριν τη προπόνηση, από την ηρεμία μέχρι πριν την έναρξη εκτέλεσης της δοκιμασίας απόδοσης  $TF_{150}$ , οι αλλαγές των συγκεκριμένων αιματολογικών παραμέτρων δεν είναι σημαντικές για την ομάδα CON. Αντίθετα όμως, για την ομάδα CUFF οι αλλαγές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές τόσο για τον όγκο αίματος, όσο και για τον όγκο πλάσματος ( $p = 0.01$ ). Το ίδιο φαινόμενο, αναφορικά με τις αλλαγές του όγκου αίματος και πλάσματος, παρατηρείται στο χρονικό διάστημα από την ηρεμία έως την



**Σχήμα 4-6:** Αλλαγές στο χρόνο της δοκιμασίας  $TF_{150}$  πριν και μετά την προπόνηση στις δύο προπονητικές ομάδες ( $p < 0.05$ ).

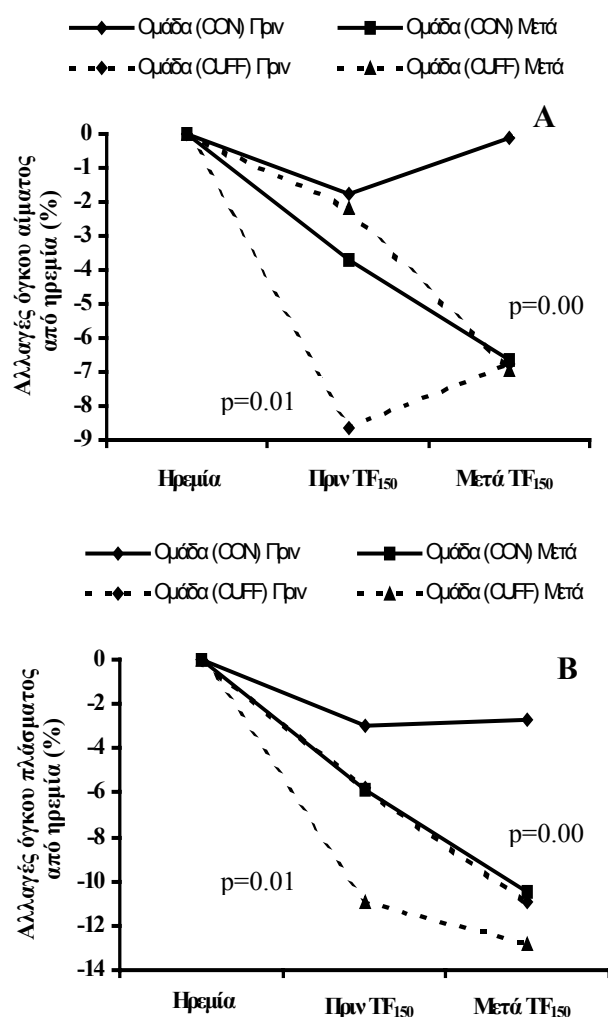
ολοκλήρωση της δοκιμασίας  $TF_{150}$ , καθώς στην ομάδα CON δεν εμφανίζονται διαφορές, ενώ στην ομάδα CUFF εντοπίζονται ( $p = 0.01$ ).

Αμέσως μετά την προπονητική περίοδο, κατά το διάστημα ηρεμίας μέχρι πριν την έναρξη της δοκιμασίας απόδοσης οι αλλαγές του όγκου αίματος και πλάσματος είναι στατιστικά σημαντικές για την ομάδα CON ( $p = 0.03$ ,  $p = 0.01$ , αντίστοιχα), ενώ για την ομάδα CUFF μόνο οι αλλαγές του αίματος είναι σημαντικές ( $p = 0.00$ ). Επίσης, κατά το χρονικό διάστημα από την ηρεμία έως μετά την ολοκλήρωση της δοκιμασίας  $TF_{150}$  οι αλλαγές των συγκεκριμένων αιματολογικών παραμέτρων είναι σημαντικές για την ομάδα CON ( $p$

=0.00), ενώ δεν είναι σημαντικές για την ομάδα CUFF.

Οι αλλαγές του όγκου αίματος και πλάσματος από την ηρεμία μέχρι πριν την εκτέλεση της εργαστηριακής δοκιμασίας απόδοσης  $TF_{150}$  δε διαφοροποιήθηκαν μετά την προπόνηση. Ωστόσο, οι αλλαγές στις αντίστοιχες αιματολογικές παραμέτρους διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μετά την ολοκλήρωση της

δοκιμασίας απόδοσης  $TF_{150}$ . Ειδικότερα, οι αλλαγές τόσο του όγκου πλάσματος, όσο και του όγκου αίματος σε σχέση με την ηρεμία είναι εντονότερες μετά την προπόνηση και για τις δύο ομάδες ( $p = 0.03$  και  $p = 0.05$ , αντίστοιχα), ενώ η ομάδα CUFF εμφανίζει μεγαλύτερες αλλαγές σε σχέση με την ομάδα CON ( $p = 0.03$  και  $p = 0.02$ , αντίστοιχα).



**Σχήμα 4-7:** Αλλαγές (A) στον όγκο πλάσματος και (B) αίματος πριν και μετά τη δοκιμασία  $TF_{150}$ .

## 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης με εφαρμογή υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής πίεσης 90 mmHg στα κάτω άκρα, στην αερόβια ικανότητα και απόδοση αθλητών ατόμων.

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει συζήτηση των αποτελεσμάτων και θα επιδιωχθεί η εξαγωγή κύριων συμπερασμάτων ως απόρροια των ευρημάτων της μελέτης. Συγκεκριμένα, η παρακάτω ενότητα περιλαμβάνει το σχολιασμό των δεδομένων αναφορικά με την αερόβια ικανότητα και απόδοση των ασκούμενων μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής παρέμβασης. Επίσης, γίνεται απόπειρα ερμηνείας των δεδομένων μυϊκής οξυγόνωσης κατά την εκτέλεση των υπομέγιστων δοκιμασιών, ενώ παράλληλα επιδιώκεται η δικαιολόγηση της απόρριψης των υποθέσεων της μελέτης. Τέλος, προτείνονται νέες πειραματικές απόπειρες και ερευνητικοί σχεδιασμοί, που δύναται να επιβεβαιώσουν τις αρχικές υποθέσεις της παρούσας έρευνας.

### 5.1 Αερόβια ικανότητα

#### 5.1.1 Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ( $VO_{2max}$ )

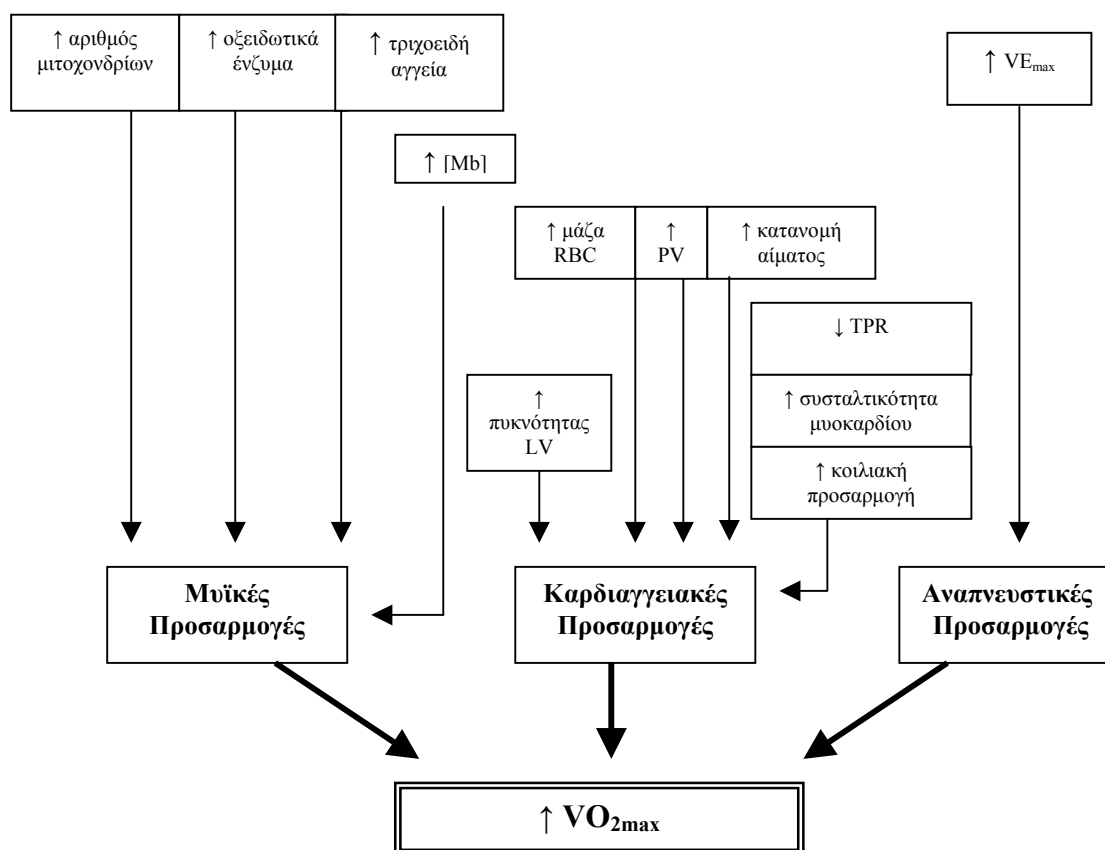
Η αερόβια ικανότητα των δοκιμαζόμενων, δεν διαφοροποιήθηκε αμέσως μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής παρέμβασης, ανεξάρτητα από τον τύπο προπόνησης (Σχήμα 4-2). Το συγκεκριμένο εύρημα απορρίπτει την βασική υπόθεση της μελέτης, αναφορικά με τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας των δοκιμαζόμενων ύστερα από πρόγραμμα διαλειμματικής προπόνησης διάρκειας έξι (6) εβδομάδων.

Σύμφωνα με την εξίσωση του Fick, η  $VO_{2max}$  είναι το γινόμενο της μέγιστης καρδιακής παροχής ( $Q_{max}$ ) επί τη μέγιστη αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου ( $max a-vO_{2dif}$ ) (Yamabe et al., 1997). Η

βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας, τουλάχιστον σε μια από τις δύο αυτές φυσιολογικές διεργασίες, ως αποτέλεσμα της προπονητικής παρέμβασης, επιφέρει αύξηση της  $VO_{2max}$  (Midgley et al., 2006) (Σχήμα 5-1). Ωστόσο, η βελτίωση των βιολογικών αυτών παραμέτρων επηρεάζεται τόσο από τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της προπόνησης (διάρκεια, ένταση), όσο και από τα ατομικά χαρακτηριστικά του ασκούμενου (π.χ. φύλο, ηλικία, αρχική  $VO_{2max}$  κτλ.) (Jones and Carter, 2000 και Hawley and Stepto, 2001).

Αναφορικά λοιπόν με το συγκεκριμένο πρόγραμμα προπόνησης, οι Warburton et al. (2001), στη μελέτη των οποίων βασίστηκε το προπονητικό πρωτόκολλο της παρούσας έρευνας, παρατήρησαν σημαντική βελτίωση της  $VO_{2max}$ , ύστερα από μια αντίστοιχη προπονητική περίοδο διάρκειας έξι (6) εβδομάδων. Οι συγγραφείς αυτοί αποδίδουν τις αλλαγές της  $VO_{2max}$  στη βελτίωση της αριστερής κοιλιακής λειτουργίας (όγκος παλμού και καρδιακή παροχή), καθώς και σε αλλαγές στην καρδιοαναπνευστική λειτουργία, που σχετίζονται με αλλαγές στους αγγειακούς όγκους (όγκος πλάσματος, αίματος και ερυθροκυττάρων).

Αντίθετα όμως, με τους παραπάνω συγγραφείς, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης επιτρέπουν να διαφανεί ότι το διάστημα των έξι (6) εβδομάδων δεν ήταν αρκετό για την πρόκληση αερόβιων προσαρμογών και, συνεπώς, για μια σημαντική βελτίωση της  $VO_{2max}$  στους συγκεκριμένους δοκιμαζόμενους. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει μια βασική διαφοροποίηση σε σχέση με την πρωτότυπη προπόνηση. Οι Baquet et al (2003) αναφέρουν ότι μικρές διαφοροποιήσεις μεθοδολογικών παραμέτρων και ειδικών χαρακτηριστικών των προπονητικών συνεδριών, δύνανται να επηρεάσουν τις προσαρμογές της προπόνησης και να καθορίσουν τις αλλαγές στη  $VO_{2max}$ .



**Σχήμα 5-1:** Φυσιολογικοί παράγοντες που επηρεάζονται από την προπόνηση, και με τη σειρά τους βελτιώνουν τη  $VO_{2max}$ . (τροποποιημένο από Midgley et al., 2006).  $[Mb]$ : συγκέντρωση μυοσφαιρίνης,  $RBC$ : ερυθροκύτταρα,  $PV$ : όγκος πλάσματος,  $TPR$ : συνολική περιφερική αντίσταση,  $LV$ : αριστερή κοιλία,  $VE$ : πνευμονικός αερισμός

Η σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο μελετών είναι το διαφορετικό φύλο των δοκιμαζόμενων. Στην έρευνα των Warburton et al. (2004) συμμετείχαν μόνο άνδρες δοκιμαζόμενοι, ενώ στην παρούσα εργασία έλαβαν μέρος άνδρες και γυναίκες. Οι Lortie et al., (1984) εντοπίζουν διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο φύλων ως προς την προπονησιμότητα της αερόβιας ικανότητας, χωρίς, ωστόσο, να υπάρχουν διαφορές ως προς τη μέγιστη αερόβια ισχύ. Αν και δεν υπάρχουν ειδικά προπονητικά πρωτόκολλα για τις γυναίκες, εντούτοις η προπονητική απόκριση είναι διαφορετική λόγω βιολογικών διαφορών, επιτείνοντας την διατομική μεταβλητότητα των προπονητικών προσαρμογών (ACSM, 1998 και Charkoudian and Joyner, 2004). Βασικοί φυσιολογικοί παράγοντες, που προσδιορίζουν τις αλλαγές της  $VO_{2max}$  στις

γυναίκες είναι η χαμηλότερη καρδιακή παροχή κατά τη μέγιστη και υπομέγιστη άσκηση, ο μικρότερος όγκος παλμού και η μικρότερη αύξησή του με την προπόνηση, καθώς και η χαμηλότερη αιμοσφαιρίνη, που συνδέεται με το  $O_2$  σε σχέση με τους άνδρες (Charkoudian and Joyner, 2004). Οι μορφολογικές και φυσιολογικές αυτές διαφορές των δύο φύλων σχετίζονται άμεσα με την πλαστικότητα του ασκούμενου και τις αλλαγές στην αθλητική απόδοση (Shephard et al., 2000).

Παράλληλα, ανεξάρτητα από το φύλο, οι διατομικές διαφορές απόκρισης και προσαρμογής του ανθρώπινου οργανισμού στο ίδιο προπονητικό πρωτόκολλο, είναι απόρροια ευαισθησίας των βασικών γονότυπων στο προπονητικό ερέθισμα (Lortie et al., 1984). Ωστόσο, ο συνδυασμός των γενετικών παραγόντων,

του προπονητικού ερεθίσματος και της προσωπικότητας του ασκούμενου αποτελούν τα χαρακτηριστικά διαμόρφωσης και βελτιστοποίησης της αθλητικής απόδοσης (Klissouras et al., 2001).

Ως προς τη δεύτερη βασική υπόθεση, τα ευρήματα της μελέτης οδηγούν σε απόρριψη, καθώς δεν παρατηρήθηκε βελτίωση της  $VO_{2max}$  στην ομάδα CUFF, η οποία πραγματοποιούσε προπόνηση με εξωτερική πίεση 90 mmHg στους μηρούς. Το συγκεκριμένο εύρημα ενδεχομένως οφείλεται στη μη αποτελεσματικότητα του εξωτερικού ερεθίσματος να προκαλέσει μερική απόφραξη της αιματικής ροής στα κάτω άκρα. Τα δεδομένα από τις μετρήσεις NIRS κατά τις προπονητικές συνεδρίες αποδεικνύουν ότι δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των ομάδων προπόνησης ως προς τον κορεσμό  $O_2$  και τους δείκτες αιματικής ροής.

Προηγούμενες μελέτες έχουν εξετάσει τα αποτελέσματα της εξωτερικής πίεσης με τη χρήση περιμηρίδων. Συγκεκριμένα, η εξωτερική πίεση των 90 mmHg έχει βρεθεί ότι προκαλεί μείωση της μυϊκής οξυγόνωσης και αύξηση της Hb κατά την εκτέλεση υπομέγιστης σταθερής έντασης άσκησης διάρκειας 6 – 10 λεπτών (Αναστασόπουλος, 2004 και Koskolou et al., 2004). Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι προσαρμογές αυτές είναι παρόμοιες με τις αντίστοιχες προσαρμογές, που προκαλούνται με εξωτερική πίεση 50 mmHg εντός υπερβαρικού θαλάμου (Koskolou et al., 2004). Ωστόσο, η διάρκεια και το είδος της άσκησης των παραπάνω δοκιμασιών είναι διαφορετικό σε σχέση με την άσκηση των προπονητικών συνεδριών της παρούσας μελέτης, καθώς η μέση διάρκεια τους ήταν σημαντικά μεγαλύτερη (ομάδα CON:  $33.12 \pm 2.56$  min, ομάδα CUFF:  $31.87 \pm 2.90$ ), ενώ οι δοκιμαζόμενοι ασκούσαν με διαλειμματικό τύπο άσκησης. Στη βιβλιογραφία δεν έχουν βρεθεί ενδείξεις για το τι ακριβώς συμβαίνει σε τοπικό επίπεδο κατά την εκτέλεση διαλειμματικής άσκησης αντίστοιχης διάρκειας με εφαρμογή εξωτερικής πίεσης.

Η αναποτελεσματικότητα της εξωτερικής πίεσης των 90 mmHg για

απόφραξη της αιματικής ροής πιθανόν οφείλεται και στην όρθια θέση του σώματος. Στη θέση αυτή, η μυϊκή αντλία ενεργεί δραστικά και η αιματική ροή δεν περιορίζεται (Rowell, 1993 και Sheriff, 2005). Οι προηγούμενες μελέτες προπόνησης με LBPP 50 mmHg πραγματοποιήθηκαν σε ύπτια θέση, κατά την οποία η μυϊκή αντλία ήταν αδύναμη λόγω της θέσης του σώματος (Kajiser et al., 1990, Sundberg et al., 1990, Sundberg et al., 1993, Esbjornsson et al., 1993 και Sundberg et al., 1994). Επιπλέον, οι Nishiyasu et al., (1998) αναφέρουν ότι η άνοδος της αρτηριακής πίεσης είναι μικρότερη κατά την άσκηση σε όρθια θέση και ταυτόχρονη εφαρμογή LBPP 50 mmHg σε σχέση με την αντίστοιχη άσκηση σε ύπτια θέση. Παράλληλα, ο όγκος παλμού και η καρδιακή παροχή αυξάνονται σημαντικά, ενώ η καρδιακή συχνότητα παραμένει αμετάβλητη.

Οι Abe et al., (2005), που πραγματοποίησαν προπόνηση χαμηλής έντασης με περιμηρίδες, εφαρμόζαν εξωτερική πίεση από 120 - 200 mmHg. Με αυτή την πίεση επιτυγχανόταν περιορισμός της φλεβικής αιματικής ροής και «λίμνασμα» του αίματος στα ενεργούντα αγγεία στην περιοχή των περιμηρίδων (Takarada et al., 2000β και Burgomaster et al., 2003). Αποτέλεσμα αυτού είναι η ενεργοποίηση των χημικών και μεταβολικών αντανάκλαστικών.

Συνάμα, ένας ακόμα πιθανός ερμηνευτικός παράγοντας της αναποτελεσματικότητας της διαλειμματικής προπόνησης με εξωτερική πίεση 90 mmHg είναι η αφαίρεση της πίεσης αυτής (ξεφούσκωμα περιμηρίδων) κατά τη διάρκεια της ενεργητικής αποκατάστασης. Συγκεκριμένα, στους ασκούντες μυς γινόταν αντιδραστική υπεραιμία στο διάστημα αυτό, λόγω της αυξημένης αρτηριακής πίεσης και της αγγειοδιαστολής (Rowell, 1993). Για το λόγο αυτό, θα ήταν ίσως σκόπιμο να γίνεται προοδευτική αύξηση της εξωτερικής πίεσης ανά 2λεπτο άσκησης.

### 5.1.2 Μέγιστη παραγόμενη ισχύς (PPO)

Παρά το γεγονός ότι η  $VO_{2max}$  δε βελτιώθηκε, βελτίωση παρατηρήθηκε στο

χρόνο διάρκειας εκτέλεσης της δοκιμασίας, καθώς και βελτίωση της μέγιστης παραγόμενης ισχύος (PPO) στις δύο ομάδες προπόνησης. Οι Weston et al., (1997) αναφέρουν ότι η αυξανόμενη έντασης δοκιμασία για τον προσδιορισμό του PPO είναι πιο χρήσιμο εργαλείο αξιολόγησης της απόδοσης σε σχέση με τη δοκιμασία  $VO_{2max}$ . Χαρακτηριστικά, έχει παρατηρηθεί σε ομοιογενές δείγμα αθλητών ότι το μέγιστο ανεκτό φορτίο κατά την εκτέλεση δοκιμασίας αυξανόμενης έντασης μέχρι εξάντλησης συσχετίζεται με την αθλητική απόδοση σε αγωνιστικό πεδίο (Hawley and Noakes, 1992).

Η αύξηση της PPO και του χρόνου άσκησης οφείλεται πιθανόν σε αυξημένη συμμετοχή του αναερόβιου μηχανισμού κατά την εκτέλεση των συγκεκριμένων δοκιμασιών. Ο Gastin (2001) αναφέρει ότι η προμήθεια ATP μέσω του αναερόβιου μηχανισμού είναι σημαντική για την υψηλή παραγωγή ισχύος. Η μεγαλύτερη PPO είναι αποτέλεσμα του υψηλότερου ρυθμού επανασύνθεσης του ATP μέσω του αγγαλακτικού και γαλακτικού αναερόβιου μηχανισμού (Gastin and Lawson, 1994).

Η βελτίωση της PPO είναι σημαντική και στις δύο ομάδες προπόνησης, αλλά όταν εξετάζεται συνολικά στη  $VO_{2max}$ , ανεξάρτητα από τη συνθήκη μέτρησης, η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη στην ομάδα CUFF. Η διαφορά αυτή μεταξύ των ομάδων, πιθανόν οφείλεται στη μεγαλύτερη αύξηση του PPO κατά τη  $VO_{2max}$  Press για την ομάδα CUFF μετά την προπόνηση. Αυτό, σε συνδυασμό με την υψηλότερη  $HR_{max}$  και την C-RPE κατά τη δοκιμασία Press, δείχνει ότι οι δοκιμαζόμενοι της ομάδας CUFF επέμεναν περισσότερο στην τελική δοκιμασία με τις περιμηρίδες. Το φαινόμενο αυτό είναι πιθανόν αποτέλεσμα της εξοικείωσης των δοκιμαζόμενων με το εξωτερικό ερέθισμα των περιμηρίδων.

Παράλληλα, οι Abe et al. (2005β) αναφέρουν σημαντική αύξηση της εγκάρσιας διατομής του μυός και υπερτροφία ύστερα από προπόνηση χαμηλής έντασης με εξωτερική πίεση στους μηρούς 120 mmHg. Η υπερτροφία αυτή αποδίδεται στην αύξηση της

αυξητικής ορμόνης και της IGF-1, καθώς και άλλων μυογενών ρυθμιστικών παραγόντων (μυοστατίνη) (Abe et al., 2005α, Abe et al., 2005γ και Yasuda et al., 2005). Ωστόσο, οι παράγοντες αυτοί δε δύναται να εξηγήσουν τα ευρήματα της παρούσας μελέτης ως προς την αύξηση του PPO, καθώς παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της μάζας του τετρακέφαλου μηριαίου μυός μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής παρέμβασης.

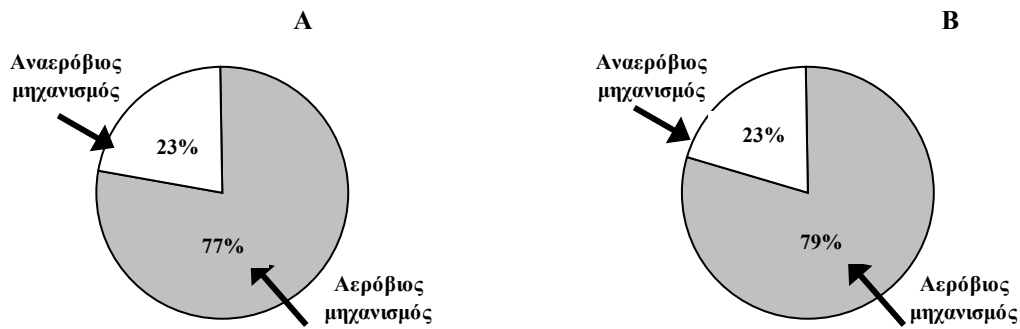
## 5.2 Αερόβια απόδοση

Η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης δεν επιφέρει πάντα αλλαγές στη  $VO_{2max}$ , αποδεικνύοντας ότι οι μεταβολές στην απόδοση είναι ανεξάρτητες από τη βελτίωση της  $VO_{2max}$  ή αλλαγές στην οξειδωτική ικανότητα των μυών (Daniels et al., 1978, Sjodin et al., 1982, Acevedo et al., 1989, Lindsay et al., 1996, Burgomaster et al., 2005 και Burgomaster et al., 2006). Επιπλέον, η εργαστηριακή δοκιμασία  $VO_{2max}$  αδυνατεί να αξιολογήσει τις αλλαγές στην απόδοση σε περιπτώσεις ταυτόχρονης συμμετοχής αερόβιων και αναερόβιων ενεργειακών μηχανισμών (Doherty et al., 2003). Παράλληλα, αδυνατεί να ανιχνεύσει μεταβολές στην απόδοση σε αθλητές υψηλού επιπέδου (Foster et al., 1993 και Jones, 1998) και αποτελεί αδύναμο δείκτη απόδοσης σε ομοιογενή δείγματα αθλητών (Noakes, 1998). Συνάμα, οι Billat et al., (1996) παρατήρησαν σε κορυφαίους ποδηλάτες, κολυμβητές, δρομείς και αθλητές καγιάκ ότι υπάρχει αντίστροφη σχέση μεταξύ της δοκιμασίας  $VO_{2max}$  και του χρόνου εξάντλησης σε εργαστηριακή δοκιμασία απόδοσης με επιβάρυνση τη μέγιστη παραγόμενη ισχύ στη  $VO_{2max}$ .

Κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας  $TF_{150}$  που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία διαπιστώθηκε ταυτόχρονη συμμετοχή και αλληλεπίδραση των δύο ενεργειακών υποστροφμάτων. Οι Gastin et al. (1995) αναφέρουν ότι κατά την εκτέλεση δοκιμασίας αντίστοιχης διάρκειας και έντασης στο 110% της  $VO_{2max}$ , το ποσοστό συμμετοχής του αερόβιου μηχανισμού αντιστοιχούσε στο 76%. Η τιμή αυτή συμφωνεί με το αντίστοιχο ποσοστό συμμετοχής του

αερόβιου μηχανισμού της παρούσας δοκιμασίας, αν και η ένταση της άσκησης είναι υψηλότερη. Η ποσοστιαία συμμετοχή των μηχανισμών, επιπλέον, δε μεταβλήθηκε μετά την ολοκλήρωση της προπόνησης (Σχήμα 5-2). Οι Lindsay et al., (1996), οι οποίοι χρησιμοποίησαν τη

δοκιμασία TF<sub>150</sub>, αποδίδουν τη σημαντική βελτίωση του χρόνου εξάντλησης στη βελτίωση του αερόβιου μηχανισμού, που θεωρούν ότι συμβάλλει στο 50% του παραγόμενου έργου παρά τη σύντομη διάρκειά της.



**Σχήμα 5-2:** Συμμετοχή ενεργειακών μηχανισμών κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας TF<sub>150</sub> (A) πριν και (B) μετά την προπόνηση

Ανεξάρτητα όμως από το αμετάβλητο ποσοστό συμμετοχής και ενεργοποίησης των ενεργειακών μηχανισμών, η απόδοση των δοκιμαζόμενων είναι σημαντικά βελτιωμένη μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής παρέμβασης, χωρίς να παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των ομάδων. Οι Hickey et al., (1992) αναφέρουν ότι οι ελάχιστες αποδεκτές μεταβολές ως αποτέλεσμα πειραματικής παρέμβασης θα πρέπει να ξεπερνάνε το 2.4% για δοκιμασίες διάρκειας περίπου ενός (1) λεπτού. Στην παρούσα μελέτη, το ποσοστό αλλαγών της απόδοσης ύστερα από διαλειμματική προπόνηση διάρκειας έξι (6) εβδομάδων, με ή χωρίς περιμηρίδες, υπερβαίνει κατά πολύ το συγκεκριμένο κριτήριο (ομάδα CON:  $40.15 \pm 23.97\%$ , ομάδα CUFF:  $30.38 \pm 36.89\%$ ).

Οι συγκεκριμένες δοκιμασίες μέχρι εξάντλησης χαρακτηρίζονται από την επίτευξη της μέγιστης παραγόμενης ισχύος στα πρώτα 5-10 δευτερόλεπτα και την προοδευτική μείωση της ισχύος έως την εθελούσια παύση της άσκησης. Παράλληλα, η VO<sub>2</sub> δε σταθεροποιείται, αλλά συνεχίζει να έχει ανοδική πορεία

μέχρι το σημείο εξάντλησης και τον τερματισμό της άσκησης (Xu and Rhodes, 1999). Η εξάντληση, στις δοκιμασίες αυτές ορίζεται ως η προσωρινή μείωση της ικανότητας των μυών να διατηρήσουν την παραγόμενη ισχύ (Gastin, 2001). Η κόπωση και ο τερματισμός της δοκιμασίας είναι αποτέλεσμα τόσο κεντρικών όσο και περιφερικών μηχανισμών. Ωστόσο, η μικρή διάρκεια της δοκιμασίας ενισχύει τις περιφερικές αλλαγές ως τον κύριο περιοριστικό παράγοντα τερματισμού της άσκησης (McLester, 1997). Η έναρξη κόπωσης κατά τις δοκιμασίες σταθερής επιβάρυνσης σχετίζεται με την ανικανότητα της αναερόβιας οδού της γλυκόλυσης να τροφοδοτεί με ATP τους ενεργούντες μυς (Gastin, 2001). Συγκεκριμένα, η μειωμένη δράση των γλυκολυτικών ενζύμων (φωσφυρυλάσης, PFK), έχει ως αποτέλεσμα το μειωμένο ρυθμό επανασύνθεσης ATP (Hermansen, 1981). Επίσης, μια εναλλακτική ερμηνεία της κόπωσης κατά τη μέγιστη άσκηση είναι ότι η μειωμένη σαρκοπλασματική συγκέντρωση της ελεύθερης AMP ελαττώνει τη δράση της φωσφορυλάσης α (Gastin, 2001). Ο μειωμένος ρυθμός

γλυκόλυσης έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ενεργειακής απαίτησης, που οδηγεί είτε σε αναστολή των κινητικών νευρώνων, σε αλλαγές στη δράση ή την ικανότητα παραγωγής ισχύος των εγκάρσιων γεφυρών είτε σε μεταβολές της ικανότητας του σαρκοπλασματικού δικτύου να γεμίζει και να απελευθερώνει  $\text{Ca}^{2+}$  (Faina et al., 1997).

Οι Weston et al., (1997) αναφέρουν ότι η βελτιωμένη απόδοση ποδηλατών στη δοκιμασία  $\text{TF}_{150}$  πιθανόν οφείλεται στην αυξημένη ρυθμιστική ικανότητα των σκελετικών μυών ύστερα από διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης. Επίσης, υποστηρίζουν ότι η βελτιωμένη αυτή απόδοση έχει να κάνει και με το υψηλό ποσοστό μυϊκών ινών τύπου II, καθώς η ρυθμιστική ικανότητα είναι υψηλότερη στο συγκεκριμένο τύπο ινών σε σχέση με τις ίνες τύπου I. Ωστόσο, οι ερευνητές δε βρήκαν συσχέτιση μεταξύ του χρόνου απόδοσης σε  $\text{TF}_{150}$  και της ρυθμιστικής ικανότητας των μυών, αποδίδοντας το συγκεκριμένο εύρημα στο συντελεστή μεταβλητότητας της δοκιμασίας ( $2.48 \pm 1.87\%$ ).

Παράλληλα, η μείωση του AOD μετά την προπόνηση σχετίζεται άμεσα και αποτελεί πιθανό παράγοντα αύξησης του χρόνου εξάντλησης κατά την εκτέλεση μέγιστης δοκιμασίας απόδοσης (Poole and Richardson, 1997 και Demarle et al., 2001). Το μειωμένο AOD αντανακλά μικρότερη συμβολή του αναερόβιου μηχανισμού και αυξημένη χρησιμοποίηση  $\text{O}_2$  μετά την προπόνηση. Ωστόσο, ο υπολογισμός του AOD στην παρούσα μελέτη φανερώνει ότι η συγκεκριμένη παράμετρος δε έχει αλλάξει, και αδυνατεί να ερμηνεύσει τις καταγραφόμενες αλλαγές στην απόδοση. Οι διατομικές διαφορές ως προς την προπονητική απόκριση, πιθανόν ερμηνεύουν τη μεταβλητότητα που παρατηρείται αναφορικά με τη βελτίωση του AOD κατά τη δοκιμασία  $\text{TF}_{150}$ . Επιπλέον, η μεταβλητότητα του AOD δύναται να ερμηνευθεί από τις διαφορές της συγκεκριμένης παραμέτρου μεταξύ των δύο φύλων, καθώς οι άνδρες έχουν υψηλότερο AOD σε σχέση με τις γυναίκες (Weber and Schneider, 2000).

Η παράμετρος, η οποία δύναται να ερμηνεύσει τη βελτιωμένη απόδοση στη δοκιμασία  $\text{TF}_{150}$  είναι η αυξημένη PPO μετά την προπόνηση. Αυτό συμβαίνει, καθώς η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε στην ίδια απόλυτη ένταση, ενώ υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της PPO και του χρόνου της  $\text{TF}_{150}$  μετά την προπόνηση.

Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι αλλαγές στη μυϊκή αποδοτικότητα και την οικονομία κίνησης κατά τις υπομέγιστες δοκιμασίες επηρεάζουν περισσότερο την απόδοση των ασκούμενων σε σχέση με βελτιώσεις στη  $\text{VO}_{2\text{max}}$  (Atkinson et al., 2003 και Faria et al., 2005β). Η αποδοτικότητα αποτελεί δείκτη αυξημένου αερόβιου μεταβολισμού και σχετίζεται με αυξημένη μυϊκή παραγόμενη ισχύ (Lucia et al., 2002β). Κατά την εκτέλεση των υπομέγιστων δοκιμασιών, η σημαντικά μειωμένη πρόσληψη  $\text{O}_2$  μετά την προπόνηση δηλώνει αποδοτικότερη διανομή και κατανάλωση  $\text{O}_2$  στους ενεργούντες μυς, φαινόμενο που εκφράζεται από την αρνητική συσχέτιση της  $\text{VO}_2$  και του χρόνου της  $\text{TF}_{150}$ . Η καλύτερη ποδηλατική οικονομία δε συνάδει πάντα με αυξημένη  $\text{VO}_{2\text{max}}$  ύστερα από συγκεκριμένο προπονητικό πρόγραμμα (Costes et al., 2001). Χαρακτηριστικά, σε ποδηλάτες παγκόσμιας κλάσης έχει διαπιστωθεί αντίστροφη σχέση ανάμεσα στη  $\text{VO}_{2\text{max}}$  και την αποδοτικότητα – οικονομία κίνησης, ενώ οι ποδηλάτες με σχετικά χαμηλή  $\text{VO}_{2\text{max}}$  αντισταθμίζουν την αδυναμία τους αυτή με υψηλή ποδηλατική οικονομία και ολική μηχανική αποδοτικότητα (Lucia et al., 2002α).

Η βελτιωμένη μυϊκή αποδοτικότητα μπορεί να είναι αποτέλεσμα είτε αλλαγών στο συντονισμό των κινήσεων είτε μεταβολικών αλλαγών μέσα στο μυ (Kuipers et al., 1985, Messonnier et al., 2002). Οι μεταβολικές αυτές αλλαγές αναφέρονται στην ικανότητα απομάκρυνσης του γαλακτικού οξέος από τους ενεργούντες μυς και την ικανότητα εξουδετέρωσης, η οποία σχετίζεται με την πυκνότητα των τριχοειδών αγγείων και τον αριθμό των τριχοειδών ανά μυϊκή ίνα τύπου I (Messonnier et al., 2002 και Faria et al., 2005α). Επιπλέον, οι Coyle et al.,

(1992) αναφέρουν ότι η ολική μηχανική αποδοτικότητα σχετίζεται με το ποσοστό μυϊκών ινών τύπου I, ενώ οι Caputo et al., (2003) αναφέρουν μικρή ενεργοποίηση των μυϊκών ινών τύπου II.

Επίσης, ένα χαρακτηριστικό των δοκιμασιών απόδοσης και πιθανός παράγοντας που θα μπορούσε να ερμηνεύσει τη βελτίωση είναι η εξοικείωση των δοκιμαζόμενων με τη δοκιμασία  $TF_{150}$  (learning effect). Ωστόσο, η αξιοπιστία της συγκεκριμένης δοκιμασίας, ενισχύεται από το χαμηλό συντελεστή μεταβλητότητας ( $0.19 \pm 0.1\%$ ), που έχει υπολογιστεί στην παρούσα μελέτη, σε συνδυασμό με τον επίσης χαμηλό συντελεστή μεταβλητότητας από άλλες μελέτες (Lindsay et al., 1996, Weston et al., 1997 & Laursen et al., 2003). Ο υπολογισμός του συντελεστή μεταβλητότητας αποτελεί τη πιο χρήσιμη μέθοδο ελέγχου της αξιοπιστίας και εντοπισμού του τυχαίου σφάλματος, καθώς επιτρέπει τη σύγκριση δοκιμασιών ανεξάρτητα από διαφορές ως προς τα χαρακτηριστικά του δείγματος (Schabort et al., 1998 & Hopkins et al., 2001). Οι Atkinson and Nevill (1998) αναφέρουν ότι το τυχαίο σφάλμα ενυπάρχει πάντα σε μια πειραματική διαδικασία, αλλά μέσω του ελέγχου αξιοπιστίας δίνεται η δυνατότητα ελέγχου του μεγέθους και της σημαντικότητας του σφάλματος, και αποδοχής ή απόρριψης των πειραματικών ευρημάτων. Επίσης, η μικρή διάρκεια της δοκιμασίας ενισχύει την αξιοπιστία της, καθώς έχει παρατηρηθεί αύξηση του συντελεστή μεταβλητότητας με την αύξηση του χρόνου διάρκειας της δοκιμασίας (Hickey et al., 1992, McLellan et al., 1995 και Jeukendrup, 2005). Επιπλέον, κατά τις αρχικές και επαναληπτικές δοκιμασίες διασφαλίστηκαν οι ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες εντός του εργαστηριακού χώρου (θερμοκρασία, υγρασία, βαρομετρική πίεση), και επίσης δίδονταν και η ίδια προφορική ενίσχυση και ενθάρρυνση προς τους δοκιμαζόμενους, παράγοντες που ασκούν επιρροή στην αξιοπιστία των δοκιμασιών (McLellan et al., 1995, Hopkins et al., 1999, Finn et al., 2000 και Grossman et al., 2005).

### 5.3 Μυϊκή οξυγόνωση

Οι φυσιολογικές προσαρμογές της προπόνησης αντοχής είναι είτε κεντρικές (καρδιοαναπνευστικές) είτε περιφερικές (μυϊκές). Η προπόνηση αντοχής φαίνεται ότι βελτιώνει την ικανότητα απελευθέρωσης  $O_2$  και το μυϊκό μεταβολισμό, καθώς δύναται να ρυθμίσει τον κορεσμό  $O_2$  στο μυ, ο οποίος επηρεάζεται από την τοπική ισορροπία απελευθέρωσης / απαίτησης (Quaresima et al., 2003). Στην παρούσα μελέτη, ενδεχόμενη προπονητική προσαρμογή της συγκεκριμένης παραμέτρου ελέγχθηκε με την εκτέλεση των δύο σταθερών υπομέγιστων δοκιμασιών στο 30% και το 80% της αρχικής  $VO_{2max}Nor$ .

Ειδικότερα, κατά την διάρκεια της 6λεπτης δοκιμασίας στο 30% της  $VO_{2max}Nor$ , που αντιστοιχεί σε ένταση χαμηλότερη από το αναερόβιο κατώφλι, η  $\Delta HbT$  εμφανίζει απότομη πτώση στην έναρξη της άσκησης, πιθανόν λόγω της δράσης της μυϊκής αντλίας, ενώ στη συνέχεια παρατηρείται ελαφριά τάση για αποκατάσταση, που μάλλον οφείλεται στην αυξημένη καρδιακή παροχή και αγγειακή αγωγιμότητα (Kowalchuk et al., 2002, DeLorey et al., 2003 και Αναστασόπουλος, 2004). Αντίστοιχα, η  $\Delta StO_2$  και η  $\Delta HbO_2$  εμφανίζουν αρχική πτώση και κατόπιν ελαφριά τάση για αποκατάσταση (Costes et al., 2001 και Kowalchuk et al., 2002).

Το συγκεκριμένο πρότυπο δεν παρουσιάζει μεταβολές μετά την ολοκλήρωση της προπονητικής παρέμβασης, ενώ δεν υπάρχουν και διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ομάδων προπόνησης. Το παρόν εύρημα του αμετάβλητου πρότυπου αποκορεσμού του  $O_2$  ύστερα από προπόνηση αντοχής κατά την εκτέλεση υπομέγιστης άσκησης χαμηλής έντασης επιβεβαιώνεται από τους Costes et al. (2001). Οι συγγραφείς αυτοί ερμηνεύουν το συγκεκριμένο εύρημα αναφέροντας ότι οι απαιτήσεις  $O_2$  σε χαμηλής έντασης άσκηση δεν είναι τόσο υψηλές ώστε να επιδεινώσουν την απελευθέρωση  $O_2$  από την Hb για κατανάλωση από τους ασκούντες μύες.

Επίσης, στην παρούσα μελέτη κατά την εκτέλεση της υπομέγιστης δοκιμασίας στο 80% της  $VO_{2max}$  Nor η  $\Delta HbO_2$  εμφανίζει αρχικά γρήγορη πτώση, που οφείλεται στη δράση της μυϊκής αντλίας και την απομάκρυνση αίματος από το σκελετικό μυ (Miura et al., 2000), ενώ στη συνέχεια ακολουθείται από μία τάση για επαναφορά στις προασκησιακές τιμές (Chuang et al., 2002). Παράλληλα, η  $\Delta HbT$  παρουσιάζει κατακόρυφη πτώση στην έναρξη της προσπάθειας, ακολουθεί εξασθένηση της πτώσης και τάση για επαναφορά στις αρχικές τιμές (Kowalchuk et al., 2002).

Το παραπάνω πρότυπο δε διαφοροποιείται, αν και εντοπίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές αναφορικά με τον εντονότερο αποκορεσμό του  $O_2$  στους ενεργούντες μυς και τις υψηλότερες τιμές  $\Delta HbT$  μετά την ολοκλήρωση της προπόνησης. Αντίθετα όμως με τα αποτελέσματα αυτά, οι Costes et al. (2001) κατά την εκτέλεση υπομέγιστης άσκησης αντίστοιχης έντασης παρατήρησαν χαμηλότερη αποξυγόνωση στους ενεργούντες μυς, αν και ο συνολικός όγκος αίματος ήταν σημαντικά αυξημένος μετά την προπόνηση. Οι ερευνητές αυτοί αναφέρουν ότι οι αλλαγές του όγκου αίματος στο μυ μπορεί να αντανakλούν την ενεργοποίηση περισσότερων τριχοειδών αγγείων και την αποδοτικότερη συμμετοχή της τριχοειδούς ροής στη μεταβολική απαίτηση. Από την άλλη, ο μειωμένος αποκορεσμός του  $O_2$  σχετίζεται με τη μειωμένη παραγωγή γαλακτικού οξέος, δηλώνοντας αυξημένο οξειδωτικό μεταβολισμό στους μυς ως αποτέλεσμα των προπονητικών προσαρμογών. Τα διαφορετικά αυτά ευρήματα αναφορικά με τις αλλαγές του αποκορεσμού μετά την

προπόνηση, πιθανόν οφείλονται στο διαφορετικό προπονητικό ερέθισμα, καθώς η ένταση στη μελέτη των Costes et al. (2001) αντιστοιχεί στο 70% της  $VO_{2max}$ , ενώ η ένταση της παρούσας μελέτης αντιστοιχεί 90% της  $VO_{2max}$ .

Ωστόσο, οι Neary et al., (2002) επιβεβαιώνουν τα ευρήματα της παρούσας μελέτης, αλλά κατά τη διάρκεια εκτέλεσης δοκιμασίας απόδοσης σταθερής επιβάρυνσης. Συγκεκριμένα, υποστηρίζουν ότι ο εντονότερος αυτός αποκορεσμός της Hb στους ασκούντες μυς μετά την προπόνηση πιθανόν οφείλεται στο Bohr effect. Ο αυξημένος αυτός αποκορεσμός του  $O_2$  και η δυνατότητα του μυ να χρησιμοποιεί περισσότερο  $O_2$  μετά την προπόνηση ως απόρροια της αυξημένης αιματικής ροής, αντανakλά περιφερικές προσαρμογές, που πιθανόν ερμηνεύουν τη βελτιωμένη απόδοση στη δοκιμασία  $TF_{150}$ .

Τέλος, η μεγάλη μεταβλητότητα, που παρατηρείται κατά τις μετρήσεις NIRS, πιθανόν οφείλεται στις έντονες διατομικές διαφορές των δοκιμαζόμενων, καθώς η απόκρισή τους στο ερέθισμα της άσκησης και της εξωτερικής πίεσης ποικίλει. Για το λόγο αυτό προφανώς, οι μελέτες που έχουν πραγματοποιήσει αντίστοιχο πρόγραμμα προπόνησης με εξωτερική πίεση, ακολούθησαν τον πειραματικό σχεδιασμό στον οποίο το ένα πόδι του ασκούμενου ασκούσαν σε συνθήκες ισχαιμίας, ενώ το άλλο πόδι ασκούσαν στο ίδιο απόλυτο έργο χωρίς εξωτερική πίεση (Kaijser et al., 1990, Sundberg et al., 1990, Sundberg et al., 1993, Esbjornsson et al., 1993 και Sundberg et al., 1994). Με τον τρόπο αυτό περιορίζονταν οι διατομικές διαφορές απόκρισης στο εξωτερικό ερέθισμα.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση ενός προγράμματος διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης με εφαρμογή υπερατμοσφαιρικής εξωτερικής πίεσης 90 mmHg στα κάτω άκρα στην αερόβια ικανότητα και απόδοση αγύμναστων ατόμων.

Συνοψίζοντας τα ευρήματα της συγκεκριμένης μελέτης αναφέρονται τα εξής συμπεράσματα:

1. Το παρόν προπονητικό πρωτόκολλο αδυνατεί να βελτιώσει τη  $\text{VO}_{2\text{max}}$  των δοκιμαζόμενων.

2. Η εξωτερική πίεση των 90 mmHg φαίνεται να είναι αναποτελεσματική για την απόφραξη της αιματικής ροής κατά τη διάρκεια διαλειμματικής άσκησης μεγάλης διάρκειας.

3. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα προπόνησης είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέγιστης παραγόμενης ισχύος, πιθανόν ως αποτέλεσμα βελτίωσης του αναερόβιου μηχανισμού.

4. Αν και δε βελτιώθηκε η  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , εντούτοις βελτιώθηκε η απόδοση των δοκιμαζόμενων κατά τη δοκιμασία απόδοσης  $\text{TF}_{150}$ , καθώς μειώθηκε και η  $\text{VO}_2$  κατά τις υπομέγιστες δοκιμασίες στο 30% και 80% της  $\text{VO}_{2\text{max}}^{\text{Nor}}$ . Η βελτίωση αυτή πιθανόν οφείλεται στις αλλαγές στην μυϊκή αποδοτικότητα και την οικονομία κίνησης.

5. Η συγκεκριμένη προπόνηση είχε ως αποτέλεσμα την αυξημένη αιματική και τον εντονότερο αποκορεσμό της Hb στους ενεργούντες μυς ως αποτέλεσμα τοπικών προσαρμογών κατά την εκτέλεση υπομέγιστης άσκησης στο 80% της  $\text{VO}_{2\text{max}}^{\text{Nor}}$ .

Η συγκεκριμένη μελέτη αποτελεί αφετηρία αναζητήσεων του κατάλληλου προπονητικού πρωτοκόλλου και της κατάλληλης εξωτερικής πίεσης για την βελτίωση της αερόβιας ικανότητας και απόδοσης. Σε μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η όρθια θέση του δοκιμαζόμενου, ώστε να εφαρμόζεται η αποτελεσματική πίεση στα κάτω άκρα

(ίσως 120 mmHg), σε συνάρτηση ίσως με εντονότερο προπονητικό ερέθισμα.

Η ανάγκη βελτιστοποίησης της αθλητικής απόδοσης επιβάλλει την καινότερη σκέψη και την καινοτόμα εφαρμογή ρηξικέλευθων προπονητικών προγραμμάτων. Η δυσκολία επιβεβαίωσης των βασικών υποθέσεων μίας πρωτότυπης μελέτης αποτελεί μέρος στο μακρύ δρόμο της αναζήτησης προς όφελος της αθλητικής επιστήμης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abe, T., M. D., Beekley, S., Hinata, K., Koizumi, & Y., Sato, (2005α). Day-to-day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days KAATSU resistance training: a case study. *International Journal of KAATSU Training Resources*, **1**, 71 – 76.
- Abe, T., C. F., Kearns, & Y., Sato, (2005β). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, KAATSU-walk training. *Journal of Applied Physiology*, υπό δημοσίευση.
- Abe, T., T., Yasuda, T., Midorikawa, Y., Sato, C. F., Kearns, K., Inoue, K., Koizumi, & N., Ishii, (2005γ). Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily “KAATSU” resistance training. *International Journal of KAATSU Training Resources*, **1**, 6 – 12.
- Acevedo, E. O., & A. H., Coldfarb, (1989). Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. (1989). *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **21**, 563 – 568.
- Adreani, C. M., J. M., Hill, & M. P. Kaufman, (1997). Responses of group III and IV muscle afferents to dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*, **82**, 6, 1811- 1817.
- Adreani, C. M., & M. P., Kaufman, (1998). Effect of arterial occlusion on responses of group III and IV afferents to dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*, **84**, 6, 1827 – 1833.
- Alpert, J. S., O. A., Larsen, & N. A., Lassen, (1969). Exercise and intermittent claudication. Blood flow in the calf muscle during walking studied by the Xenon-133 clearance method. *Circulation*, **39**, 3, 353 – 359.
- Allemeier, C. A., Fry, P., Johnson, R. S., Hikida, F. C., Hagerman, & R. S., Staron, (1994). Effects of sprint cycle training on human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, **77**, 5, 2385 – 2390.
- American College of Sports Medicine, (2000). Guidelines for exercise testing and prescription, Philadelphia: Lea and Febiger.
- Αναστασόπουλος, Σ., (2004). Η επίδραση της μηριαίας εξωτερικής πίεσης στη μυϊκή και συστηματική κατανάλωση οξυγόνου κατά την άσκηση. *Μεταπτυχιακή Διατριβή*, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Anastassopoulos S., G. Nassis, M. Koskolu, S. Kounalakis, & N. Geladas, (2005). Effects of different levels of leg external pressure application on local and systemic responses during upright cycling. *ECCS Congress* (abstract), Beograd, Serbia.
- Andersen, J., H., Klitgaard, & B., Saltin, (1994). Myosin heavy chain isoforms in single fibres from m. vastus lateralis of sprinters: influence of training. *Acta Physiologica Scandinavica*, **151**, 2, 135 – 142.
- Andersen, P., & B., Saltin, (1985). Maximal perfusion of skeletal muscle in man. *Journal of Physiology*, **366**, 233-49.
- Asmussen, E., & M., Nielsen, (1964). Experiments on nervous factors controlling respiration and circulation during exercise employing blocking on the blood flow. *Acta Physiologica Scandinavica*, **60**, 103 – 111.
- Atkinson, G., & A. M., Nevill, (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, **26**, 4, 217 – 238.
- Atkinson, G., R., Davison, A., Jeukendrup, & L., Passfield, (2003). Science and cycling: current knowledge and future directions for research. *Journal of Sports Sciences*, **21**, 767 – 787.
- Atkinson, G., D., Wilson, & M., Eubank, (2004). Effects of music on work – rate distribution during a cycling time trial. *International Journal of Sports Medicine*, **25**, 1 – 5.

- Bae, S. Y., T. K., Hamaoka, T., Katsumura, T., Shiga, H., Ohno, & S., Haga, (2000). Comparison of muscle oxygen consumption measured by near infrared continuous wave spectroscopy during supramaximal and intermittent pedaling exercise. *International Journal of Sports Medicine*, **21**, 3, 168 – 174.
- Baquet, G., E., van Praagh, & S., Berthoin, (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Medicine*, **33**, 15, 1127 – 1143.
- Barstow T. J., & P. A., Mole, (1991). Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *Journal of Applied Physiology*, **71**, 2099 – 2106.
- Belardinelli, R., T. J., Barstow, J., Porszasz, & K., Wasserman, (1995). Changes in skeletal muscle oxygenation during incremental exercise measured with near infrared spectroscopy. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **70**, 6, 487 – 492.
- Bevegard S., J., Castenfors, & L. E., Lindblad, (1977). Effects of changes in blood volume distribution on circulatory variables and plasma rennin activity in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, **99**, 237 – 245.
- Bhambhani, Y. N., (2004). Muscle oxygenation trends during dynamic exercise measured by near infrared spectroscopy. *Canadian Journal of Applied Physiology*, **29**, 4, 504 – 523.
- Bhambhani, Y., R., Maikala, & S., Esmail, (2001). Oxygenation trends in vastus lateralis muscle during incremental and intense anaerobic cycle exercise in young men and women. *European Journal of Applied Physiology*, **84**, 6, 547 – 556.
- Bhambhani, Y. N., S. Norris, & G. J., Bell, (1994). Prediction of stroke volume from oxygen pulse measurements in untrained and trained men. *Canadian Journal of Applied Physiology*, **19**, 49 – 59.
- Billat, L. V., (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice: special recommendations for middle- and long- distance running. Part II: anaerobic interval training. *Sport Medicine*, **31**, 2, 75 – 90.
- Billat, V., M., Faina, F., Sardella, C., Marini, F., Fanton, S., Lupo, P., Faccini, M., de Angelis, J. P., Koralsztejn, & A., Dalmonte, (1996). A comparison of time to exhaustion at  $VO_{2max}$  in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics*, **39**, 2, 267 – 277.
- Binzoni, T., V., Quaresima, G., Barattelli, E., Hiltbrand, L., Gurke, F., Terrier, P., Cerretelli, & M., Ferrari, (1998). Energy metabolism and interstitial fluid displacement in human gastrocnemius during short ischemic cycles. *Journal of Applied Physiology*, **85**, 4, 1244 – 1251.
- Bishop, D., (1997). Reliability of a 1 –h endurance performance test in trained female cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **29**, 4, 554 – 559.
- Bonde – Petersen, F., L. B., Rowell, R. G., Murray, G. G., Blomqvist, R., White, E., Karlsson, W., Campbell, & J. H., Mitchell, (1978). Role of cardiac output in the pressor responses to graded muscle ischemia in man. *Journal of Applied Physiology: Respiratory Environmental Exercise Physiology*, **45**, 4, 574 – 580.
- Bonen, A., K. J., McCullagh, C. T. Putman, E., Hultman, N. L., Jones, & C. J., Heigenhauser, (1998). Short – term training increases human muscle MCT1 and femoral venous lactate in relation to muscle lactate. *American Journal of Physiology*, **274**, E102 – E107.
- Borg, G.A. (1973). Perceived exertion: a note on "history" and methods. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **5**, 90-3.
- Bosquet, L., L., Leger, & P., Legros, (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Medicine*, **32**, 11, 675 – 700.
- Bouchard, C., M. R., Boulay, J., Simoneau, G., Lortie, & L., Perusse, (1988). Heredity and trainability of

- aerobic and anaerobic performances: an update. *Sports Medicine*, **5**, 69 – 73.
- Boushel, R., F., Pott, P., Madsen, G., Radegran, M., Nowak, B., Quistorff, & N., Secher, (1998). Muscle metabolism from near infrared spectroscopy during rhythmic handgrip in humans. *European Journal of Applied Physiology*, **79**, 41 – 48.
- Brozek, J., F., Grande, J. T., Anderson, & A., Keys, (1963). Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **110**, 113 – 140.
- Burgomaster K. A., D. R. Moore, L. M. Schofield, S. M. Phillips, D. G. Sale, & M. J. Gibala, (2003). Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **35**, 7, 1203 – 1208.
- Burgomaster, K. A., S. C., Hughes, G. J. F., Heigenhauser, S. N., Bradwell, & M. J., Gibala, (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of Applied Physiology*, **98**, 1985 – 1990.
- Burgomaster, K. A., G. J. F., Heigenhauser, & M. J. Gibala, (2006). Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time trial performance. *Journal of Applied Physiology*, υπό δημοσίευση.
- Burke, L. M., A., Claassen, J. A., Hawley, & T. D., Noakes, (1998). No effect of glycemic index of pre – exercise meals with carbohydrate intake during exercise. *Journal of Applied Physiology*, **85**, 2220 – 2226.
- Caputo, F., M. T., Mello, & B. S., Denadai, (2003). Oxygen uptake kinetics and time to exhaustion in cycling and running: a comparison between trained and untrained subjects. *Archives of physiology and Biochemistry*, **111**, 5, 461 – 466.
- Carlson, L.A., & B., Pernow, (1959). Oxygen utilization and lactic acid formation in the legs at rest and during exercise in normal subjects and in patients with arteriosclerosis obliterans. *Acta Medica Scandinavica*, **164**, 39 – 52.
- Casaburi, R., T. J., Barstow, T., Robinson, & K., Wasserman, (1992). Dynamic and steady-state ventilatory and gas exchange responses to arm exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **24**, 1365 – 1374.
- Chance, B., M. T., Dait, C., Zhang, T., Hamaoka, & F., Hagerman, (1992). Recovery from exercise induced – desaturation in the quadriceps muscles of elite competitive rowers. *American Journal of Physiology*, **262** (Cell Physiology, 31), C766 – C775.
- Charkoudian, N., M. J., Joyner, (2004). Physiologic considerations for exercise performance in women. *Clinics in Chest Medicine*, **25**, 247 – 255.
- Chuang, M. – L., H., Ting, T., Otsuka, X. – G., Sun, F., Y-L., Chiu, J. E., Hansen, & K., Wasserman, (2002). Muscle deoxygenation as related to work rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **34**, 10, 1614 – 1623.
- Clark, V. R., W. G., Hopkins, J. A., Hawley, & L. M., Burke, (1998). The size of the placebo effect of a sport drinks in endurance cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **30**, S61, 1998.
- Convertino, V. A., (1991). Blood volume: its adaptation to endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **23**, 1338 – 1348.
- Costes, F., F., Prieur, L., Feasson, A., Geyssant, J. – C., Barthelemy, & C., Denis, (2001). Influence of training on NIRS muscle oxygen saturation during submaximal exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **33**, 9, 1484 – 1489.
- Coyle, E. F., L. S., Sidossis, J. F., Horowitz, & J. D., Beltz, (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers.

- Medicine and Science in Sports and Exercise*, **24**, 782 – 78.
- Dahllof A. G., P. Bjorntorp, J. Holm, & T. Schersten, (1974). Metabolic activity of skeletal muscle in patients with peripheral arterial insufficiency. Effect of physical training. *European Journal of Clinical Investigation*, **4**, 1, 9 – 15.
- Daley, J. C., M. H., Khan, C. S., Hogeman, & L. I., Sinoway, (2003). Autonomic and vascular responses to reduced limb perfusion. *Journal of Applied Physiology*, **95**, 1493 – 1498.
- Daniels, J. T., R. A., Yarbrough, & C., Foster, (1978). Changes in  $\text{VO}_{2\text{max}}$  and running performance with training. *European Journal of Applied Physiology*, **39**, 249 – 254.
- Dawson, B., M., Fitzsimons, S., Green, C., Goodman, M., Carey, & K., Cole, (1998). Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **78**, 2, 163 – 169.
- DeLorey, D. S., J. M., Kowalchuk, & D. H., Paterson, (2003). Relationship between pulmonary  $\text{O}_2$  uptake kinetics and muscle deoxygenation during moderate – intensity exercise. *Journal of Applied Physiology*, **95**, 113 – 120.
- Demarle, A. P., J. J., Slawinski, L. P., Laffite, V. G., Bocquet, J. P., Kolasztein, & V. L., Billat, (2001). Decrease of  $\text{O}_2$  deficit is a potential factor in increased time to exhaustion after specific endurance training. *Journal of Applied Physiology*, **90**, 947 – 953.
- Dill, D. B., & D. L., Costill, (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *Journal of Applied Physiology*, **37**, 2, 247 – 248.
- Doherty, M., J., Balmer, R. C. R., Davison, L., Robison, & P. M., Smith, (2003). Reliability of a combined 3-min constant load and performance cycling test. *International Journal of Sports Medicine*, **24**, 366 – 371.
- Edwards, A. D., C., Richardson, P., van der Zee, C., Elwell, J. S., Wyatt, M., Cope, D. T., Delpy, & E. O., Reynolds, (1993). Measurement of hemoglobin flow and blood flow by near – infrared spectroscopy. *Journal of Applied Physiology*, **75**, 4, 1884 – 1889.
- Egun, A., V., Faroog, F., Torella, R., Cowley, M., Thorniley, & C., McCollum, (2002). The severity of muscle ischemia during intermittent claudication. *Journal of Vascular Surgery*, **36**, 1, 89 – 93.
- Eiken, O., & H., Bjurstedt, (1987). Dynamic exercise in man as influenced by experimental restriction of blood flow in the working muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, **131**, 339 – 345.
- Elander, A., J.-P., Idstrom, S., Holm, T., Schersten, & A.-C., Bylund-Fellenius, (1985). Metabolic adaptations to reduced muscle blood flow. II. Mechanisms and beneficial effect. *American Journal of Physiology*, **249** (Endocrinology Metabolism 12), E70 – E76.
- Esbjornsson, M., Y., Hellsten – Westing, P. D., Balsom, B., Sjodin, & E., Jansson, (1993). Muscle fibre types changes with sprint training: effects of training pattern. *Acta Physiologica Scandinavica*, **149**, 2, 245 – 246.
- Esbjornsson, M., E., Jansson, C. J., Sundberg, C., Sylven, O., Eiken, A., Nygren, & L., Kaijser, (1993). Muscle fibre types and enzyme activities after training with local leg ischaemia in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, **148**, 233 – 241.
- Faina, M., V., Billat, R., Squadrone, M., De Angelis, J. P., Koralsztein, & A., Dal Monte (1997). Anaerobic contribution to the time to exhaustion at the minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakists and swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, **76**, 13 – 20.
- Faria, E. W., D. L., Parker, & I. E., Faria, (2005a). The science of cycling. Physiology and training-Part 1. *Sports Medicine*, **35**, 4, 1.

- Faria, E. W., D. L., Parker, & I. E., Faria, (2005β). The science of cycling. Factors affecting performance-Part 2. *Sports Medicine*, **35**, 4, 1 - 25.
- Ferrari, M., T., Binzoni, & V., Quaresima, (1997). Oxidative metabolism in muscle. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, **352**, 677 – 683.
- Finn, J. P., B. F., Maxwell, & R. T., Withers, (2000). Air – braked cycle ergometer: validity of the correction factor for barometric pressure. *International Journal of Sports Medicine*, **21**, 488 – 491.
- Foster, C., M. A., Green, A. C., Snyder, N. N., Thompson, (1993). Physiological responses during simulated competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **25**, 7, 877 – 882.
- Fu, Q., Y., Suiyama, A., Kamiya, A. S. M., Shamsuzzaman, & T., Mano, (1998). Responses of muscle sympathetic nerve activity to lower body positive pressure. *American Journal of Physiology*, **275**, (Heart Circ. Physiol. 44), H1254 – H1259.
- Gallagher, K. M., P. J., Fadel, S. A., Smith, K. H., Norton, R. G., Querry, A., Olivencia – Yurvati, & P. B., Raven, (2001). Increases in intramuscular pressure raise arterial blood pressure during dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*, **91**, 2351 – 2358.
- Gastin, P. B., (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, **31**, 10, 725 – 741.
- Gastin, P. B., D. L., Costill, D. L., Lawson, K., Krzeminski, & G. K., McConell, (1995). Accumulated oxygen deficit during supramaximal all-out and constant intensity exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **27**, 2, 255 – 263.
- Gledhill, N., D., Warburton, & V., Jamnik, (1999). Haemoglobin, blood volume, cardiac function, and aerobic power. *Canadian Journal of Applied Physiology*, **24**, 1, 54 – 65.
- Gorostiaga, E. M., C. B., Walter, C. Foster, & R. C. Hickson, (1991). Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, **63**, 101 – 107.
- Grassi, B., V., Quaresima, C., Marconi, M., Ferrari, & P., Cerretelli, (1999). Blood lactate accumulation and muscle deoxygenation during incremental exercise. *Journal of Applied Physiology*, **87**, 1, 348 – 355.
- Green, H., A., Dahly, K. Shoemaker, C., Goreham, E., Bombardier, & M., Ball – Burnett, (1999). Serial effects of high-resistance and prolonged endurance training on Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> pump concentration and enzymatic activities in human vastus lateralis. *Acta Physiologica Scandinavica*, **165**, 177 – 184.
- Green, H., F., Grange, E., Chin, Goreham, & Ranney, (1998). Exercise induced decreases in sarcoplasmic reticulum Ca<sup>++</sup> ATPase activity attenuated by high – resistance training. *Acta Physiologica Scandinavica*, **164**, 141 – 146.
- Green, H. J., J. A., Thomson, M. E., Ball, R. C., Hughson, M. E., Houston, & M. T., Sharratt, (1984). Alterations in blood volume following short - term supramaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, **56**, 145 – 149.
- Grossman, P., M. J., Gibala, K. A., Burgomaster, & G. J. F., Heigenhauser, (2005). A comment on Burgomaster et al. and a general plea to consider behavioral influences in human physiology studies. *Journal of Applied Physiology*, **99**, 2473 – 2475.
- Hammarsten, J., A. – C., Bylund – Fellenius, J., Holm, T., Schersten, & M., Krotkiewski, (1980). Capillary supply and muscle fibre types in patients with intermittent claudication: relationships between morphology and metabolism. *European Journal of Clinical Investigation*, **10**, 4, 301 – 305.
- Hampson, N. B., & C. A., Piantadosi, (1988). Near – infrared monitoring of human skeletal muscle oxygenation during forearm ischemia. *Journal of*

- Applied Physiology*, **64**, 6, 2449 – 2457.
- Harmer, A. R., M. J., McKenna, J. R., Sutton, R. J. Snow, P. A., Ruell, J., Booth, M. W., Thompson, N. A., Mackay, C. G., Stathis, R. M., Cramer, M. F., Carey, & D. M. Eager, (2000). Skeletal muscle metabolic and ionic adaptations during intense exercise following sprint training in humans. *Journal of Applied Physiology*, **89**, 1793 – 1803.
- Harridge, S., R., Bottinelli, M., Canepari, M., Pellegrino, C., Reggiani, M., Esbjornsson, P. D., Balsom, & B., Saltin, (1998). Sprint training, in vitro and in vivo muscle function, and myosin heavy chain expression. *Journal of Applied Physiology*, **84**, 2, 442 – 449.
- Hawley, J. A., & T. D., Noakes, (1992). Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, **65**, 79 – 83.
- Hawley, J. A., & N. K., Sefton, (2001). Adaptations to training in endurance cyclists: implications for performance. *Sports Medicine*, **31**, 7, 511 – 520.
- Henriksson, J., E., Nygaard, J., Andersson, & B., Eklof, (1980). Enzyme activities, fibre types and capillarization in calf muscles of patients with intermittent claudication. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, **40**, 4, 361 – 369.
- Hermansen, L., (1981). Muscular fatigue during maximal exercise of short duration. *Medicine in Science in Sports and Exercise*, **13**, 45 – 52.
- Heyward, Vivian, H., & Stolarczyk, Lisa M., (1996). *Applied Body Composition Assessment*. Human Kinetics.
- Hiatt, W. R., J. G., Regensteiner, M. E., Hargarten, E. E., Wolfel, & E. P., Brass, (1990). Benefit of exercise conditioning for patients with peripheral arterial disease. *Circulation*, **81**, 2, 602 – 609.
- Hiatt, W. R., J. G., Regensteiner, E. E., Wolfel, M. R., Carry, & E. P., Brass, (1996). Effect of exercise training on skeletal muscle histology and metabolism in peripheral arterial disease. *Journal of Applied Physiology*, **81**, 2, 780 – 788.
- Hickey, M. S., D. L., Costill, G. K., McConell, J. J., Widrick, & H. Tanaka, (1992). Day to day variation in time trial cycling performance. *International Journal of Sports medicine*, **13**, 6, 467 – 470.
- Holloszy, J. O., & E. F., Coyle, (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology: Respiratory Environmental Exercise Physiology*, **56**, 4, 831 – 838.
- Hopkins, W. G., (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, **30**, 1, 1 – 15.
- Hopkins, W. G., J. A., Hawley, & L. M., Burke, (1999). Design and analysis of research on sport performance enhancement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **31**, 3, 472 – 485.
- Hopkins, W., E., Schabert, & J., Hawley, (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports Medicine*, **31**, 3, 211 – 234.
- Hopkins, W. G., & R. D., Wolfinger, (1998). Estimating “individual differences” in the response to an experimental treatment. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **30**, S125.
- Howley, E.T., D. R. Jr., Bassett, & H. G., Welch, (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **27**, 1292-1301.
- Jackson, A. S., & M. L., Pollock, (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, **40**, 497 – 504.
- Jackson, A. S., M. L., Pollock, & A. Ward, (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports Exercise*, **12**, 175 – 182.
- Jacobs, I., M. Esbjornsson, C., Sylven, I., Holm, & E., Jansson, (1987). Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood

- lactate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **19**, 4, 368 – 374.
- Jansson, E., M., Esbjornsson, I., Holm, & I., Jacobs, (1990). Increase in the proportion of fast – twitch muscle fibres by sprint training in males. *Acta Physiologica Scandinavica*, **140**, 3, 359 – 363.
- Jansson, E., J., Johansson, C., Sylven, & L., Kaijser, (1988). Calf muscle adaptation in intermittent claudication. Side – differences in muscle metabolic characteristics in patients with unilateral arterial disease. *Clinical Physiology (Oxford, England)*, **8**, 1, 17 – 29.
- Jeukendrup, A. E., (2005). Should time trial performance be predicted from three serial time – to – exhaustion tests? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **37**, 10, 1820.
- Jeukendrup, A., W. H. M., Saris, F., Brouns, & A. D. M., Kester, (1996). A new validated endurance performance test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **28**, 2, 266 – 270.
- Jones, A. M., (1998). A five year physiological cases study of an Olympic runner. *British Journal of Sports Medicine*, **32**, 39 – 43.
- Jones, A. M., & H., Carter, (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, **29**, 6, 373 – 386.
- Juel, C., C., Klarskov, J. J., Nielsen, P., Krstrup, M., Mohr, & J., Bangsbo, (2004). Effect of high – intensity intermittent training on lactate and H<sup>+</sup> release from human skeletal muscle. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, **286**, 2, E245 – E251.
- Kaijser, L., C. J., Sundberg, O., Eiken, A., Nygren, M., Esbjornsson, C., Sylven, & E., Jansson, (1990). Muscle oxidative capacity and work performance after training under local leg ischemia. *Journal of Applied Physiology*, **69**, 2, 785 – 787.
- Kaufman, M. P., K. J., Rybicki, T. G., Waldrop, & G. A., Ordway, (1984). Effect of ischaemia on responses of group III and IV afferents to contraction. *Journal of Applied Physiology: Respiratory Environmental Exercise Physiology*, **57**, 3, 644 – 650.
- Kawada, S., and N., Ishii, (2005). Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **37**, 7, 1144 – 1150.
- Kawaguchi, K., M., Tabusadani, K., Sekikawa, Y., Hayashi, & K., Onari, (2001). Do the kinetics of peripheral muscle oxygenation reflect systemic oxygen intake? *European Journal of Applied Physiology*, **84**, 158 – 161.
- Klissouras, V., B., Casini, V., Di Salvo, M., Faina, C., Marini, F., Pigozzi, M., Pittaluga, A., Spataro, F., Taddei, & P., Parisi, (2001). Genes and olympic performance. *International Journal of Sports Medicine*, **21**, 250 – 255.
- Komi, P. V., & J., Karlsson, (1979). Physical performance, skeletal muscle enzyme activities and fiber types in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta Physiologica Scandinavica*, Suppl. **462**, 1 – 28.
- Koskolou, M., G., Nassis, S., Kounalakis, & N., Geladas, (2004). External pressure application on thighs and muscle de – oxygenation during upright exercise. *ECSS Congress (abstract)*, Clermont – Ferrand, France.
- Kowalchuk, J. M., H. B., Rossiter, S. A., Ward, & B. J., Whipp, (2002). The effect of resistive breathing on leg muscle oxygenation using near – infrared spectroscopy during exercise in men. *Experimental Physiology*, **87.5**, 601 – 611.
- Krip, B., N., Gledhill, V., Jamnik, & D., Warburton, (1997). Effect of alterations in blood volume on cardiac function during maximal exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **29**, 1469 – 1476.
- Kubukeli, Z. N., T. D., Noakes, & S. C., Dennis, (2002). Training techniques to improve endurance exercise performances. *Sports Medicine*, **32**, 8, 489 – 509.

- Kuipers, H., T., Brouwer, S., Dubravcic – Simunjak, J., Moran, D., Mitchel, J., Shobe, H., Sakai, J., Stray – Gundersen, & S., van Houtvin, (2005). Hemoglobin and hematocrit values after saline infusion and tourniquet. *International Journal of Sports Medicine*, **26**, 6, 405 – 408.
- Kuipers, H., F. T. J., Verstappen, H. A., Keizer, P., Guerten, & G., Van Kraneberg, (1985). Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. *International Journal of Sports Medicine*, **6**, 197 – 201.
- Laursen, P. B., S. M., Ahern, P. J., Herzig, C. M., Shing, & D. G., Jenkins, (2003). Physiological responses to repeated bouts of high – intensity ultraendurance cycling – a field study case report. *Journal of Science and Medicine in Sport*, **6**, 2, 38 – 48.
- Laursen, P. B., & D. G., Jenkins, (2002). The scientific basis for high – intensity interval training: optimising training programmes and maximizing performance and highly trained endurance athletes. *Sports Medicine*, **32**, 1, 53 – 73.
- Larsen, O. A., & Lassen, N. A., (1966). Effect of daily muscular exercise in patients with intermittent claudication. *Lancet*, **2**, 1093 – 1096.
- Lassen, N. A., & M., Kampp, (1965). Calf muscle blood flow during walking studied by the  $Xe^{133}$  method in normal and in patients with intermittent claudication. *Scandinavian Journal of Clinical Laboratory Investigation*, **17**, 447 – 453.
- Lindsay, F. H., J. A., Hawley, K. H., Myburgh, H. H., Schomer, T. D., Noakes, & S. C., Dennis, (1996). Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **28**, 11, 1427 – 1434.
- Linossier, M., C., Denis, D., Dormois, A., Geyssant, & J. R., Lacour, (1993). Ergometric and metabolic adaptation to a 5-s sprint-training program. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **67**, 5, 408 – 414.
- Linossier, M., D., Dormois, A., Geyssant, & C., Denis, (1997). Performance and fibre characteristics of human skeletal muscle during short sprint training and detraining on a cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **75**, 6, 491 – 498.
- Lortie, G., J. A., Simoneau, P., Hamel, M. R., Boulay, F., Landry & C., Bouchard, (1984). *International Journal of Sports Medicine*, **5**, 5, 232 – 236.
- Lucia, A., J., Hoyos, M., Perez, A., Santalla, & J. L., Chicharro, (2002a). Inverse relationship between  $VO_{2max}$  and economy / efficiency in world-class cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **34**, 12, 2079 – 2084.
- Lucia, A., J., Hoyos, A., Santalla, M., Pesez, & J. L., Chicharro, (2002b). Kinetics of  $VO_2$  in professional cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **34**, 2, 320 – 325.
- Lundberg, G., P., Olofsson, U., Ungerstedt, E., Jansson, & C. J., Sundberg, (2002). Lactate concentrations in human skeletal muscle biopsy, microdialysate and venous blood during dynamic exercise under blood flow restriction. *Pflugers Archiv – European Journal of Physiology*, **443**, 3, 458 – 465.
- MacDougall, J. D., A. L., Hicks, J. R., MacDonald, R. S., McKelvie, H. J., Green, & K. M., Smith, (1998). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *Journal of Applied Physiology*, **84**, 6, 2138 – 2142.
- McLellan, T. M., S. S., Cheung, & I., Jacobs, (1995). Variability of time to exhaustion during submaximal exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, **20**, 1, 39 – 51.
- Madsen, K., J., Franch, & T., Clausen, (1994). Effects of intensified endurance training on the concentration of  $Na^+$ ,  $K^+$ -ATPase and  $Ca^{2+}$ -ATPase

- in human skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, **150**, 3, 251 – 258.
- Madsen, K., D. A., Maclean, B., Kiens, & D., Christensen, (1996). Effects of glucose, glucose plus branched – chain amino – acids, or placebo on bike performance over 100 km. *Journal of Applied Physiology*, **81**, 2644 – 2650.
- Maixner, W., R. H., Gracely, J. R., Zuniga, C. B., Humphrey, & G. R., Bloodworth, (1990). Cardiovascular and sensory responses to forearm ischemia and dynamic hand exercise. *American Journal of Physiology*, **259**, (Regulatory Integrative Comp. Physiology 28), R1156 – R1163.
- Manchini, D. M., L., Bolinger, H., Li, K., Kendrick, B., Chance, & J. R., Wilson, (1994). Validation of near – infrared spectroscopy in humans. *Journal of Applied Physiology*, **77**, 6, 2740 – 2747.
- Mannion, A., P., Jakeman, P., William, (1994). Effects of isokinetic training of the knee extensors on high - intensity exercise performance and skeletal muscle buffering. *European Journal Applied Physiology*, **68**, 356 – 361.
- McCully, K. K., & T., Hamaoka, (2000). Near – infrared spectroscopy: what can it tell us about oxygen saturation in skeletal muscle? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, **28**, 123 – 127.
- McKenna, M. J., G. J., Heigenhauser, R. S., McKelvie, G., Obminski, J. D., MacDougall, & N. L., Jones, (1997). Enhanced pulmonary and active skeletal muscle gas exchange during intense exercise after sprint training in men. *Journal of Physiology*, **501**, 703 – 716.
- Medbø, J. I., A-C., Mohn, I., Tabata, R., Bahr, O., Vaage, & O. M., Sejersted, (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. *Journal of Applied Physiology*, **64**, 1, 50 – 60.
- Messonnier, L., H., Freund, C., Denis, D., Dormois, A. B., Dufour, & J. R., Lacour, (2002). Time to exhaustion at VO<sub>2max</sub> is related to the lactate exchange and removal abilities. *International Journal of Sports Medicine*, **23**, 433 – 438.
- Midgley, A. W., L. R., McNaughton, & M., Wilkinson, (2006). Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? Empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Medicine*, **36**, 2, 117-132.
- Miura, H., H., Araki, H., Matoba, & K., Kitagawa(2000). Relationship among oxygenation, myoelectric activity, and lactic acid accumulation in vastus lateralis muscle during exercise with constant work rate. *International Journal of Sports Medicine*, **21**, 3, 180 – 184.
- Moritani, T., W. M., Sherman, M., Shibata, T., Matsumoto, & M., Shinohara, (1992). Oxygen availability and motor unit activity in humans. *European Journal of Applied Physiology*, **64**, 552 – 556.
- Moore, D. R., K. A., Burgomaster, L. M., Schofield, M. J., Gibala, D. G., Sale, & S. M., Phillips, (2004). Neuromuscular adaptations in human muscle following low intensity resistance training with vascular occlusion. *European Journal of Applied Physiology*, **92**, 399 – 406.
- Mostoufi – Moab, S., E. J., Widmaier, J. A., Cornett, K., Gray, & L. I., Sinoway, (1998). Forearm training reduces the exercise pressor reflex during ischemic rhythmic handgrip. *Journal of Applied Physiology*, **84**, 1, 277 – 283.
- Nawaz, S., R. D., Walker, C. H., Wilkinson, J. M., Saxton, A. G., Pockley, & R. F. M., Wood, (2001). The inflammatory response to upper and lower limb exercise and the effects of exercise training in patients with claudication. *Journal of Vascular Surgery*, **33**, 392 – 399.
- Neary, J. P., (2004). Application of near infrared spectroscopy to exercise sports science. *Canadian Journal of Applied Physiology*, **29**, 4, 488 – 503.

- Neary, J. P., D. C., McKenzie, & Y. N., Bhambhani, (2002). Effects of short – term endurance training on muscle deoxygenation trends using NIRS. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **34**, 11, 1725 – 1732.
- Neary, J. P., D. C., McKenzie, & Y. N., Bhambhani, (2005). Muscle oxygenation trends after tapering in trained cyclists. *Dynamic Medicine*, **4**, 4.
- Nevill, M., L., Boobis, S., Brooks, & C., Williams, (1989). Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. *Journal of Applied Physiology*, **67**, 6, 2376 – 2382.
- Nielsen, H. V., (1983). External pressure – blood flow relations during limb compression in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, **119**, 253 – 260.
- Nishiyasu, T., K., Nagashima, E. R., Nadel, & G. W., Mack, (1998). Effects of posture on cardiovascular responses to lower body positive pressure at rest and during dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*, **85**, 1, 160 – 167.
- Nishiyasu, T., N., Tan, N., Kondo, M., Nishiyasu, & H., Ikegami, (1999). Near – infrared monitoring of tissue oxygenation during application of lower body positive pressure at rest and during dynamical exercise in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, **166**, 123 – 130.
- Nishiyasu, T., N., Tan, K., Morimoto, R., Sone, & N., Murakami, (1998). Cardiovascular and humoral responses to sustained muscle metaboreflex activation in humans. *Journal of Applied Physiology*, **84**, 1, 116 – 122.
- Nishiyasu, T., H., Ueno, M., Nishiyasu, N., Tan, K., Morimoto, A., Morimoto, T., Deguchi, & N., Murakami, (1994). Relationship between mean arterial pressure and muscle cell pH during forearm ischaemia after sustained handgrip. *Acta Physiologica Scandinavica*, **151**, 143 – 148.
- Noakes, T. D., (1998). Maximal oxygen uptake: “classical” versus “contemporary” viewpoints: a rebuttal. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **30**, 1381 – 1398.
- Nygren, A. T., C. J., Sundberg, H., Goransson, M., Esbjornsson – Loljedahl, E., Jansson, & L., Kaijser, (2000). Effects of dynamic ischaemic training on human skeletal muscle dimensions. *European Journal of Applied Physiology*, **82**, 137 – 141.
- Oelberg, D. A., A. B., Evans, M. I., Hrovat, P. P., Pappagianopoulos, S., Patz, & D. M., Systrom, (1998). Skeletal muscle chemoreflex and pH<sub>i</sub> in exercise ventilatory control. *Journal of Applied Physiology*, **84**, 676 – 682.
- Ortenblad, N., P. K., Lunde, K., Levin, J. L., Andersen, & P. K., Pedersen, (2000). Enhanced sarcoplasmic reticulum Ca<sup>2+</sup> release following intermittent sprint training. *American Journal of Physiology Regulatory Integr Comp Physiology*, **279**, 1, R152 – R160.
- Palmer, G. S., J. A., Hawley, S. C., Dennis, & T. D., Noakes, (1994). Heart rate responses during a 4-d cycle stage race. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **26**, 10, 1278 – 1283.
- Palmer, G. S., S. C., Dennis, T. D., Noakes, & J. A., Hawley, (1996). Assessment of the reproducibility of performance testing on an air-braked cycle ergometer. *International Journal of Sports Medicine*, **17**, 4, 293 – 298.
- Patton, C. D., & W. G., Hopkins, (2001). Tests of cycling performance. *Sports Medicine*, **31**, 7, 489 – 496.
- Pilegaard, H., K., Domino, T., Noland, C., Juel, Y., Hellsten, A. P., Halletrap, & J., Bangsbo, (1999). Effects of high – intensity training on lactate/H<sup>+</sup> transport capacity in human skeletal muscle. *The American Journal of Physiology*, **276**, E255 – E261.
- Poole, D. C., & R. S., Richardson, (1997). Determinants of oxygen uptake. Implications for exercise testing. *Sports Medicine*, **24**, 308 – 320.
- Puente – Maestu, L., T., Tena, C., Trascasa, J., Perez – Parra, R., Godoy, M. J., Garcia, & W. W., Stringer, (2003). Training improves muscle

- oxidative capacity and oxygenation recovery kinetics in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *European Journal of Applied Physiology*, **88**, 580 – 587.
- Quaresima, V., R., Lepanto, M., & Ferrari, (2003). The use of near infrared spectroscopy in sports medicine. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, **43**, 1 – 13.
- Radegran, G., E., Blomstrand, & B., Saltin, (1999). Peak muscle perfusion and oxygen uptake in humans: importance of precise estimates of muscle mass. *Journal of Applied Physiology*, **87**, 2375-80.
- Richardson, R. S., D., Verstraete, S. C., Johnson, M. J., Luetkemeier, & J., Stray – Gundersen, (1996). Evidence of a secondary hypervolemia in trained man following acute high intensity exercise. *International Journal of Sports Medicine*, **17**, 4, 243 – 247.
- Rodas, G., J. L., Ventura, J. A., Cadefau, R., Cusso, & J. Parra, (2000). A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *European Journal of Applied Physiology*, **82**, 480 – 486.
- Rowell, L. B., (1993). Human cardiovascular control. Oxford University Press. New York, Oxford.
- Rowel, L. B., M. V., Savage, J., Chambers, & J. R., Blackmon, (1991). Cardiovascular responses to graded restrictions in leg perfusion in exercising humans. *American Journal of Physiology*, **261**, (Heart Circulatory Physiology 30), H1545 – H1553.
- Sahlin, K., (1992). Non – invasive measurements of O<sub>2</sub> availability in human skeletal muscle with near – infrared spectroscopy. *International Journal of Sports Medicine*, **13**, S157 – S160.
- Schabort, E. J., J. A., Hawley, W. G., Hopkins, I., Mujika, & T. D., Noakes, (1998). A new reliable laboratory test of endurance performance for road cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **30**, 12, 1744 – 1750.
- Schabort, E. J., W. G., Hopkins, J. A., Hawley, & H., Blum, (1999). High reliability of performance of well – trained rowers on a rowing ergometer. *Journal of Sports Science*, **17**, 627 – 632.
- Sharp, R. L., D. L., Costill, W. G., Fink, & D. S., King, (1986). Effects of eight weeks of bicycle ergometer sprint training on human muscle buffer capacity. *International Journal of Sports Medicine*, **7**, 13 – 17.
- Shephard, R. J., (2000). Exercise and training in women, Part I: Influence of gender on exercise and training responses. *Canadian Journal of Applied Physiology*, **25**, 1, 19 – 34.
- Sheriff, D., (2005). Point: The muscle pump raises blood flow during locomotion. *Journal of Applied Physiology*, **99**, 371 – 375.
- Shi, X., C. G., Crandal, & P. B., Raven, (1993). Hemodynamic responses to graded lower body positive pressure. *American Journal of Physiology*, **265**, (Heart Circulatory Physiology 34), H69 – H73.
- Shinohara, M., M., Kouzaki, T., Yoshihisa, & T., Fukunaga, (1998). Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *European Journal of Applied Physiology*, **77**, 189 – 191.
- Simoneau, J.-A., G., Lortie, M. R., Boulay, M., Marcotte, M.-C., Thibault, & C. Bouchard, (1985). Human skeletal muscle fiber type alteration with high – intensity intermittent training. *European Journal of Applied Physiology*, **54**, 250 – 253.
- Siri, W. E., (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In J. Brozek and A. Henschel (Eds.), *Techniques for measuring body composition* (pp. 223 – 244). Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Sjodin, B., I., Jacobs, J., Svedenhag, (1982). Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. *European Journal of Applied Physiology*, **49**, 45 – 57.

- Slordahl, S. A., E., Wang, J., Hoff, O. J., Kemi, B. H., Amundsen, & J., Helgerud, (2005). Effective training for patients with intermittent claudication. *Scandinavian Cardiovascular Journal*, **39**, 244 – 249.
- Smith, M. F., R. C. R., Davison, J., Balmer, & S. R., Bird, (2001). Reliability of mean power recorded during indoor and outdoor self – paced 40 km cycling time – trials. *International Journal of Sports Medicine*, **22**, 270 – 274.
- Stanley, W. C., W. R., Lee, & G. A., Brooks, (1985). Ventilation studied with circulatory occlusion during two intensities of exercise. *European Journal of Applied Physiology*, **54**, 269 – 277.
- Strandell, T. & J., Wahren, (1963). Circulation in the calf at rest, after arterial occlusion and after exercise in normal subjects and in patients with intermittent claudication. *Acta Medica Scandinavica*, **173**, 1, 99 – 105.
- Sundberg, C. J., (1994). Exercise and training during graded leg ischaemia in healthy man with special reference to effects on skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, Suppl. **615**, 1 – 50.
- Sundberg, C. J., O., Eiken, M., Esbjornsson, A., Nygren, E., Jansson, & L., Kaijser, (1990). Effect of one – legged ischemic cycle training on dynamic muscle performance and glycogen storage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **22**, 2, S58.
- Sundberg, C. J., O., Eiken, A., Nygren, & L., Kaijser, (1993). Effects of ischaemic training on local aerobic muscle performance in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, **148**, 13 – 19.
- Sundberg, C. J., & L., Kaijser, (1992). Effects of graded restriction of perfusion on circulation and metabolism in the working leg; quantification of a human ischaemia – model. *Acta Physiologica Scandinavica*, **146**, 1 – 9.
- Suzuki, J., T., Kobayashi, T., Uruma, & T., Koyama, (2002). Strength training with partial ischaemia stimulates microvascular remodeling in rat calf muscles. *European Journal of Applied Physiology*, **82**, 215 – 222.
- Takarada, Y., Y., Nakamura, S., Aruga, T., Onda, S., Miyazaki, & N., Ishii, (2000a). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology*, **88**, 61 – 65.
- Takarada, Y., H., Takazawa, Y., Sato, S., Takebayashi, Y., Tanaka, & N., Ishii, (2000b). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*, **88**, 2097 – 2106.
- Takarada, Y., Y., Sato, & N., Ishii, (2002). Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, **86**, 308 – 314.
- Takarada, Y., T., Tsuruta, & N., Ishii, (2005). Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low – intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *The Japanese Journal of Physiology*, **54**, 585 – 592.
- Tan, K. H., D., Cotterrell, K., Sykes, G. R. J., Sissons, L., de Cossart, & P. R., Edwards, (2000). Exercise training for claudicants: changes in blood flow, cardiorespiratory status, metabolic functions, blood rheology and lipid profile. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **20**, 72 – 78.
- Terjung R. .L., G. M., Mathien, T. P., Erney, & R. W., Ogilvie, (1988). Peripheral adaptations to low blood flow in muscle during exercise. *The American Journal of Cardiology*, **62**, 8, 15E – 19E.
- Timmons, J. A., T., Gustafsson, C. J., Sundberg, E., Jansson, E., Hultman, L., Kaijser, J., Chwalbinska – Moneta, D., Constantin – Theodosiu, I. A., Macdonald, & P. L., Greenhaff,

- (1998). Substrate availability limits human skeletal muscle oxidative ATP regeneration at the onset of ischemic exercise. *Journal of Clinical Investigations*, **101**, 79 – 85.
- Ulijaszek, Stanley, J., & Kerr, Deborah, A., (1999). Anthropometric Measurement Error And The Assessment Of Nutritional Status. *British Journal Of Nutrition*, **82**, 165–177.
- Usaj, A., (2001). The endurance training effect on the oxygenation status of an isometrically contracted forearm muscle. *Pflugers Arch – European Journal of Physiology*, **442**, Suppl. 1, R155 – R156.
- Viru, M., E., Jansson, A., Viru, & C. J., Sundberg, (1998). Effect of restricted blood flow on exercise – induced hormone changes in healthy men. *European Journal of Applied Physiology*, **77**, 517 – 522.
- Walker, R. D., S., Nawaz, C. H., Wilkinson, J. M., Saxton, A. G., Pockley, & R. F. M., Wood, (2000). Influence of upper- and lower- limb exercise training on cardiovascular function and walking distances in patients with intermittent claudication. *Journal of Vascular Surgery*, **31**, 662 – 669.
- Walsh, M. L., A., Takahashi, M., Endo, A., Miura, & Y., Fukuba, (2002). Effects of ischaemia on subsequent exercise – induced oxygen uptake kinetics in healthy adult humans. *Experimental Physiology*, **87**, 2, 227 – 235.
- Warburton, D. E., N., Gledhill, & H. A., Quinney, (2000). Blood volume, aerobic power, and endurance performance: potential ergogenic effect of volume lading. *Clinical Journal of Sports Medicine*, **10**, 59 – 66.
- Warburton, D. E. R., M. J., Haykowsky, H. A., Quinney, D., Blackmore, K. K., Teo, D. A., Taylor, J., McGavock, & D. P., Humen, (2004). Blood volume expansion and and cardiorespiratory function: effects of training modality. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **36**, 6, 991 – 1000.
- Wasserman, K., J. E., Hansen, D. Y., Sue, & B. J., Whipp, (1987). *Principles of exercise testing and interpretation*. Lea and Febiger, Philadelphia.
- Weber, C. L., & D. A., Schneider, (2000). Maximal accumulated oxygen deficit expressed relative to the active muscle mass for cycling in untrained male and female subjects. *European Journal of Applied Physiology*, **82**, 255 – 261.
- Weston, A. R., K. H., Myburgh, F. H., Lindsay, S. C., Dennis, T. D., Noakes, & J. A., Hawley, (1997). Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high – intensity interval training by well – trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, **75**, 7 – 13.
- Whipp, B. J., & F., Ozyener, (1998). The kinetics of exertional oxygen uptake: assumptions and inferences. *Medicine in Sports*, **51**, 139 – 149.
- Williamson, J. W., C. G., Crandall, J. T., Potts, & P. B., Raven, (1994). Blood pressure responses to dynamic exercise with lower – body positive pressure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **26**, 6, 701 – 708.
- Williamson, J. W., J. H., Mitchell, H. L., Olesen, P. B., Raven, & N. H., Secher, (1994). Reflex increase in blood pressure induced by leg compression in man. *Journal of Physiology*, **475**, 2, 351 – 357.
- Williamson, J. W., P. B., Raven, & B. J., Whipp, (1996). Unaltered oxygen uptake kinetics at exercise onset with lower – body positive pressure in humans. *Experimental Physiology*, **81**, 695 – 705.
- Wilson, J. W., D. M., Manchini, K., McCully, N., Ferraro, V., Lancoco, & B., Chance, (1989). Noninvasive detection of skeletal muscle underperfusion with near infrared spectroscopy in patients with heart failure. *Circulation*, **80**, 6, 1668 – 1703.
- Womack, C. J., D. J., Sieminski, L. I., Katzel, A., Yatago, & A. W., Gardner, (1997). Improved walking economy in patients with peripheral arterial

- occlusive disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **29**, 1286 – 1290.
- Xu, F., E. C., Rhodes, (1999). Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sports Medicine*, **27**, 5, 313 –327.
- Yamabe, H., K., Itho, Y., Yasaka, & M., Yokoyama (1997). Clinical application of cardiac output during ramp exercise calculated using the Fick equation: comparison with the 2-stage bicycle ergometer exercise protocol in the supine position. *Japanese Circulation Journal*, 61, 488 – 494.
- Yasuda, T., T., Abe, Y., Sato, T., Midorikawa, C. F., Kearns, K., Inoue, T., Ryushi, & N., Ishii, (2005). Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training. *International Journal of KAATSU Training Resources*, **1**, 65 – 70.
- Zetterquist S., (1970). The effect of active training on the nutritive flow in exercising ischemic legs. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, **25**, 1, 101 – 111

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**  
**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΥΓΕΙΑΣ**

Ημερομηνία: ...../...../.....

## ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ  
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΤΟΜΕΑΣ  
ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ & ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη 172 37, Τηλ./ Fax: + 30 1 9766819  
E-mail: gradbio @ atlas.uoa.gr

### ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΥΓΕΙΑΣ

Πριν την έναρξη οποιασδήποτε φυσικής δραστηριότητας πρέπει να γνωρίζουμε την καλή κατάσταση της υγείας σας. Για το λόγο αυτό καλείστε να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις, ώστε η συμμετοχή σας στην έρευνα να γίνει με την μεγαλύτερη δυνατή ασφάλεια. Παρακαλώ να διαβάσετε τις ερωτήσεις προσεκτικά και να απαντήσετε με ειλικρίνεια σημειώνοντας το *ΝΑΙ* ή το *ΟΧΙ*.

#### ΝΑΙ ΟΧΙ

- |                          |                          |                                                                                                                                                                     |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1. Σας έχει πει ποτέ ο γιατρός ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα με την καρδιά σας και ότι θα πρέπει να εκτελείτε φυσική δραστηριότητα που προτείνεται από κάποιο γιατρό; |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2. Αισθάνεστε πόνο στο στήθος όταν εκτελείτε φυσική δραστηριότητα;                                                                                                  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 3. Το περασμένο μήνα αισθανθήκατε πόνο στο στήθος όταν κάνατε οποιαδήποτε φυσική δραστηριότητα;                                                                     |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 4. Χάνετε την ισορροπία σας λόγω ζαλάδας ή έχετε χάσει ποτέ τις αισθήσεις σας;                                                                                      |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5. Έχετε κάποιο πρόβλημα με τα οστά ή τις αρθρώσεις σας που χειροτερεύει όταν εκτελείτε φυσική δραστηριότητα;                                                       |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6. Μήπως είσατε υπερτασικός;                                                                                                                                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6. Σας έχει προτείνει ο γιατρός χάπια για την πίεση ή την καρδιά σας;                                                                                               |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 7. Γνωρίζετε <u>οποιοδήποτε άλλο λόγο</u> για τον οποίο δεν πρέπει να εκτελέσετε φυσική δραστηριότητα;                                                              |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 8. Έχετε οικογενειακό ιστορικό καρδιαγγειακού νοσήματος (π.χ. έμφραγμα, υπέρταση);                                                                                  |

- ☐ ☐ 9. Καπνίζετε; Εάν ναι, πόσα τσιγάρα καπνίζετε την ημέρα;.....
- ☐ ☐ 10. Είστε αναιμικός;
- ☐ ☐ 11. Κάνετε χρήση φαρμάκων ή διατροφικών συμπληρωμάτων; Εάν ναι, ποια;.....
- ☐ ☐ 12. Έχετε πρόβλημα με τη λήψη αίματος;
- ☐ ☐ 13. Γυμνάζεστε συστηματικά; Πόσες φορές την εβδομάδα; Για πόσα έτη;.....
14. Θεωρείτε ότι η φυσική σας κατάσταση είναι:  
α. Χαμηλή    β. Μέτρια    γ. Καλή    δ. Πολύ Καλή    ε. Άριστη

Διάβασα, κατανόησα και συμπλήρωσα το παρόν ερωτηματολόγιο. Όλες μου οι απορίες απαντήθηκαν ικανοποιητικά.

---

*Υπογραφή Ερευνητή*

---

*Υπογραφή Δοκιμαζόμενου*

---

*Υπογραφή Μάρτυρα*

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ**  
**ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ**

Ημερομηνία: ...../...../.....

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ  
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΤΟΜΕΑΣ  
ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ & ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη 172 37, Τηλ./ Fax: + 30 1 9766819  
E-mail: gradbio @ atlas.uoa.gr

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Ονοματεπώνυμο: .....

Ηλικία: .....

Φύλο: α. Άνδρας β. Γυναίκα

Γυμνάζεσαι Σήμερα: α. ΝΑΙ β. ΟΧΙ

➤ Συχνότητα .....

Άσκησης:

➤ Είδος Άσκησης: .....

Γυμναζόσουν στο Παρελθόν: α. ΝΑΙ β. ΟΧΙ

➤ Μέχρι πότε .....

γυμναζόσουν:

➤ Συχνότητα .....

Άσκησης:

➤ Είδος Άσκησης: .....

Ελεύθερες Ημέρες: .....

Ελεύθερες Ώρες: .....

Είστε Αποφασισμένοι: α. ΝΑΙ β. ΟΧΙ

Υπογραφή Ερευνητή

Υπογραφή Δοκιμαζόμενου

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ**

**ΕΝΤΥΠΟ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΩΝ**  
**&**  
**ΔΗΛΩΣΗΣ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ**

Ημερομηνία: ...../...../.....

## ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ  
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ  
& ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΤΟΜΕΑΣ  
ΑΘΛΗΤΙΑΤΡΙΚΗΣ & ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Εθνικής Αντίστασης 41, Δάφνη 172 37, Τηλ./ Fax: + 30 1 9766819  
E-mail: gradbio @ atlas.uoa.gr

### ΕΝΤΥΠΟ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ – ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΩΝ

Η έρευνα στην οποία πρόκειται να συμμετάσχετε διεξάγεται στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος σπουδών “Βιολογία της Άσκησης” του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών. Το σύνολο των μετρήσεων θα πραγματοποιηθεί στο εργαστήριο της Εργοφυσιολογίας του Τ.Ε.Φ.Α.Α. Αθηνών. Σκοπός της έρευνας είναι να διερευνήσει νέες προπονητικές μεθόδους για την ανάπτυξη της αερόβιας ικανότητας.

Ειδικότερα, θα σας ζητηθεί να συμμετάσχετε σε ένα προπονητικό πρόγραμμα ποδηλάτησης, υψηλής έντασης, διάρκειας δύο μηνών και συχνότητας τριών συνεδριών την εβδομάδα. Κατά τη διάρκεια της προπόνησης θα προκαλείται τεχνητά αύξηση της ενδομυϊκής πίεσης του τετρακέφαλου μυός με την εφαρμογή περιμηρίδων, ενώ παράλληλα, θα καταγράφεται η καρδιακή συχνότητα (μέθοδος τηλεμετρίας). Συνάμα, πριν την έναρξη και μετά το τέλος της προπονητικής περιόδου θα πραγματοποιηθούν δοκιμασίες που θα έχουν να κάνουν με τον προσδιορισμό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ), και την αξιολόγηση της αγωνιστικής απόδοσης με προσομοίωση αγωνιστικών συνθηκών στο εργαστήριο (performance test).

Θα πρέπει να γνωρίζετε ότι τόσο κατά τη διάρκεια του προπονητικού προγράμματος, όσο και κατά τις επιμέρους εργαστηριακές δοκιμασίες υπάρχουν ελάχιστες πιθανότητες υπέρμετρης καταπόνησης του καρδιαγγειακού συστήματος με συνέπεια τη διαταραχή της φυσιολογικής αρτηριακής πίεσης του αίματος, λιποθυμία

και καρδιακή προσβολή. Το εργαστήριο Εργοφυσιολογίας διαθέτει πλήρη μηχανισμό πρώτων βοηθειών και εξειδικευμένο προσωπικό για την πρόληψη και την αντιμετώπιση τέτοιων σπάνιων καταστάσεων. Ωστόσο, είναι υποχρέωσή σας να μας ενημερώσετε σχετικά με την κατάσταση της υγείας σας ή πρότερη ατυχή εμπειρία σας κατά τη διάρκεια άσκησης.

Ενώ είναι ζωτικής σημασίας να συμπληρώσετε ολόκληρη την πειραματική διαδικασία μπορείτε να σταματήσετε ή να αποσυρθείτε οποιαδήποτε στιγμή και για οποιονδήποτε λόγο. Παρ' όλο που δικαιούστε να αποχωρήσετε οποιαδήποτε στιγμή, θα εκτιμούσαμε απεριόριστα να συναινέσετε μόνο εάν έχετε υψηλή διάθεση συμμετοχής και περάτωσης της όλης δοκιμασίας.

Μη διστάσετε να κάνετε ερωτήσεις γύρω από την εργομετρική διαδικασία ή να διατυπώσετε προβληματισμούς και ενστάσεις αναφορικά με την εκτέλεση του πρωτοκόλλου. Αποδέκτες των ερωτημάτων αυτών είμαι εγώ ο ίδιος, ο επιβλέπωντας της έρευνας Αναπληρωτής Καθηγητής κ. Νίκος Γελαδάς και η Λέκτορας κ. Μαρία Κοσκολού. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα των μετρήσεων είναι άκρως εμπιστευτικά (σε περίπτωση δημοσιοποίησής τους, αυτή θα είναι ανώνυμη) και αποκλειστικά διαθέσιμα στα μέλη της ερευνητικής ομάδας, καθώς και εσάς τους ίδιους μετά το πέρας των μετρήσεων.

Σας ευχαριστώ θερμά,

*Κεραμιδάς Ε. Μιχαήλ*

Μεταπτυχιακός Φοιτητής “Βιολογίας της Άσκησης”

*Διάβασα το παρόν έντυπο και κατανόησα πλήρως τις διαδικασίες που πρόκειται να εκτελέσω. Συναινώ να συμμετάσχω αβίαστα στην εργομέτρηση και διατηρώ το δικαίωμα να σταματήσω ή να αποσυρθώ σύμφωνα με την προσωπική μου κρίση.*

---

*Υπογραφή Ερευνητή*

---

*Υπογραφή Δοκιμαζόμενου*

---

*Υπογραφή Μάρτυρα*

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ**  
**ΕΝΤΥΠΟ ΔΟΚΙΜΑΣΙΩΝ  $\text{VO}_{2\text{max}}$**

ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΣ \_\_\_\_\_

ΗΛΙΚΙΑ \_\_\_\_\_

ΎΨΟΣ \_\_\_\_\_

Σ. ΜΑΖΑ \_\_\_\_\_ BP<sub>(SYS/DIA)</sub> \_\_\_\_\_Σ. ΜΑΖΑ \_\_\_\_\_ BP<sub>(SYS/DIA)</sub> \_\_\_\_\_

TEMP/BarP \_\_\_\_\_ RH% \_\_\_\_\_

TEMP/BarP \_\_\_\_\_ RH% \_\_\_\_\_

| VO <sub>2</sub> MAX (NO) |     |    |     |     |      |
|--------------------------|-----|----|-----|-----|------|
| min                      | W   | HR | VO2 | RPE | StO2 |
| 0                        | 0   |    |     |     |      |
| 1                        | 30  |    |     |     |      |
| 2                        | 50  |    |     |     |      |
| 3                        | 70  |    |     |     |      |
| 4                        | 90  |    |     |     |      |
| 5                        | 110 |    |     |     |      |
| 6                        | 130 |    |     |     |      |
| 7                        | 150 |    |     |     |      |
| 8                        | 170 |    |     |     |      |
| 9                        | 190 |    |     |     |      |
| 10                       | 210 |    |     |     |      |
| 11                       | 230 |    |     |     |      |
| 12                       | 250 |    |     |     |      |
| 13                       | 270 |    |     |     |      |
| 14                       | 290 |    |     |     |      |
| 15                       | 310 |    |     |     |      |
| 16                       | 330 |    |     |     |      |

| VO <sub>2</sub> MAX (O) |     |    |     |     |      |
|-------------------------|-----|----|-----|-----|------|
| min                     | W   | HR | VO2 | RPE | StO2 |
| 0                       | 0   |    |     |     |      |
| 1                       | 30  |    |     |     |      |
| 2                       | 50  |    |     |     |      |
| 3                       | 70  |    |     |     |      |
| 4                       | 90  |    |     |     |      |
| 5                       | 110 |    |     |     |      |
| 6                       | 130 |    |     |     |      |
| 7                       | 150 |    |     |     |      |
| 8                       | 170 |    |     |     |      |
| 9                       | 190 |    |     |     |      |
| 10                      | 210 |    |     |     |      |
| 11                      | 230 |    |     |     |      |
| 12                      | 250 |    |     |     |      |
| 13                      | 270 |    |     |     |      |
| 14                      | 290 |    |     |     |      |
| 15                      | 310 |    |     |     |      |
| 16                      | 330 |    |     |     |      |

| ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ |      |     |       |             |       |      | O1            | O2 | O3 |
|---------------|------|-----|-------|-------------|-------|------|---------------|----|----|
| ΜΗΚΟΣ         |      |     | O1SKF |             | O2SKF |      | O3SKF         |    |    |
| ΣΤΗΘ          | ΚΟΙΛ | ΜΗΡ | ΜΑΣΧ  | ΤΡΙΚ        | ΥΠΟ   | ΥΠΕΡ | ΣΕΛΑ ΝΟΥΜΕΡΟ: |    |    |
|               |      |     |       |             |       |      |               |    |    |
|               |      |     |       |             |       |      |               |    |    |
| VO2 max (NO)  |      |     |       | VO2 max (O) |       |      |               |    |    |
| A.T. (NO)     |      |     |       | A.T. (O)    |       |      |               |    |    |

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

ΦΑΣΗ ΕΜΜΗΝΟΥ ΚΥΚΛΟΥ:

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε**  
**ΕΝΤΥΠΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ**  
**ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗΣ ΣΥΝΕΔΡΙΑΣ**



WEEK:

HR<sub>expected</sub>:

## ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΣ

| DATE: |      | TIME: |     | No:              | DATE: |      | TIME: |     | No:              | DATE: |      | TIME: |     | No:              |
|-------|------|-------|-----|------------------|-------|------|-------|-----|------------------|-------|------|-------|-----|------------------|
| TIME  | WORK | HR    | RPE | StO <sub>2</sub> | TIME  | WORK | HR    | RPE | StO <sub>2</sub> | TIME  | WORK | HR    | RPE | StO <sub>2</sub> |
| REST  |      |       |     |                  | REST  |      |       |     |                  | REST  |      |       |     |                  |
| 1     |      |       |     |                  | 1     |      |       |     |                  | 1     |      |       |     |                  |
| 2     |      |       |     |                  | 2     |      |       |     |                  | 2     |      |       |     |                  |
| 3     |      |       |     |                  | 3     |      |       |     |                  | 3     |      |       |     |                  |
| 4     |      |       |     |                  | 4     |      |       |     |                  | 4     |      |       |     |                  |
| 5     |      |       |     |                  | 5     |      |       |     |                  | 5     |      |       |     |                  |
| 6     |      |       |     |                  | 6     |      |       |     |                  | 6     |      |       |     |                  |
| 7     |      |       |     |                  | 7     |      |       |     |                  | 7     |      |       |     |                  |
| 8     |      |       |     |                  | 8     |      |       |     |                  | 8     |      |       |     |                  |
| 9     |      |       |     |                  | 9     |      |       |     |                  | 9     |      |       |     |                  |
| 10    |      |       |     |                  | 10    |      |       |     |                  | 10    |      |       |     |                  |
| 11    |      |       |     |                  | 11    |      |       |     |                  | 11    |      |       |     |                  |
| 12    |      |       |     |                  | 12    |      |       |     |                  | 12    |      |       |     |                  |
| 13    |      |       |     |                  | 13    |      |       |     |                  | 13    |      |       |     |                  |
| 14    |      |       |     |                  | 14    |      |       |     |                  | 14    |      |       |     |                  |
| 15    |      |       |     |                  | 15    |      |       |     |                  | 15    |      |       |     |                  |
| 16    |      |       |     |                  | 16    |      |       |     |                  | 16    |      |       |     |                  |
| 17    |      |       |     |                  | 17    |      |       |     |                  | 17    |      |       |     |                  |
| 18    |      |       |     |                  | 18    |      |       |     |                  | 18    |      |       |     |                  |
| 19    |      |       |     |                  | 19    |      |       |     |                  | 19    |      |       |     |                  |
| 20    |      |       |     |                  | 20    |      |       |     |                  | 20    |      |       |     |                  |
| 21    |      |       |     |                  | 21    |      |       |     |                  | 21    |      |       |     |                  |
| 22    |      |       |     |                  | 22    |      |       |     |                  | 22    |      |       |     |                  |
| 23    |      |       |     |                  | 23    |      |       |     |                  | 23    |      |       |     |                  |
| 24    |      |       |     |                  | 24    |      |       |     |                  | 24    |      |       |     |                  |
| 25    |      |       |     |                  | 25    |      |       |     |                  | 25    |      |       |     |                  |
| 26    |      |       |     |                  | 26    |      |       |     |                  | 26    |      |       |     |                  |
| 27    |      |       |     |                  | 27    |      |       |     |                  | 27    |      |       |     |                  |
| 28    |      |       |     |                  | 28    |      |       |     |                  | 28    |      |       |     |                  |
| 29    |      |       |     |                  | 29    |      |       |     |                  | 29    |      |       |     |                  |
| 30    |      |       |     |                  | 30    |      |       |     |                  | 30    |      |       |     |                  |
| 31    |      |       |     |                  | 31    |      |       |     |                  | 31    |      |       |     |                  |
| 32    |      |       |     |                  | 32    |      |       |     |                  | 32    |      |       |     |                  |
| 33    |      |       |     |                  | 33    |      |       |     |                  | 33    |      |       |     |                  |
| 34    |      |       |     |                  | 34    |      |       |     |                  | 34    |      |       |     |                  |
| 35    |      |       |     |                  | 35    |      |       |     |                  | 35    |      |       |     |                  |
| 36    |      |       |     |                  | 36    |      |       |     |                  | 36    |      |       |     |                  |
| 37    |      |       |     |                  | 37    |      |       |     |                  | 37    |      |       |     |                  |
| 38    |      |       |     |                  | 38    |      |       |     |                  | 38    |      |       |     |                  |
| 39    |      |       |     |                  | 39    |      |       |     |                  | 39    |      |       |     |                  |
| 40    |      |       |     |                  | 40    |      |       |     |                  | 40    |      |       |     |                  |

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ**  
**ΕΝΤΥΠΟ**  
**ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ**

ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΣ \_\_\_\_\_ ΗΛΙΚΙΑ \_\_\_\_\_

Σ. ΜΑΖΑ \_\_\_\_\_  
TEMP/BarP \_\_\_\_\_ RH% \_\_\_\_\_

| PRE - TRAINING |       |
|----------------|-------|
| WARM UP        |       |
| POWER:         | _____ |
| TF 150         |       |
| PPO:           | _____ |
| TF:            | _____ |
| HR:            | _____ |

| POST - TRAINING |       |
|-----------------|-------|
| WARM UP         |       |
| POWER:          | _____ |
| TF 150          |       |
| PPO:            | _____ |
| TF:             | _____ |
| HR:             | _____ |

| PRE TRAINING |     |     |     |     |
|--------------|-----|-----|-----|-----|
|              | Hb  |     | Hct |     |
|              | 1st | 2nd | 1st | 2nd |
| REST         |     |     |     |     |
| PRE TF150    |     |     |     |     |
| POST TF150   |     |     |     |     |

| POST TRAINING |     |     |     |     |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
|               | Hb  |     | Hct |     |
|               | 1st | 2nd | 1st | 2nd |
| REST          |     |     |     |     |
| PRE TF150     |     |     |     |     |
| POST TF150    |     |     |     |     |

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ**  
**ΗΜΕΡΟΛΟΓΙΟ ΠΑΡΟΥΣΙΩΝ**  
**ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ**

[illegible][illegible]

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η**  
**ΚΛΙΜΑΚΑ BORG**

|           |                          |
|-----------|--------------------------|
| <b>6</b>  |                          |
| <b>7</b>  | <b>ΠΟΛΥ ΠΟΛΥ ΕΛΑΦΡΙΑ</b> |
| <b>8</b>  |                          |
| <b>9</b>  | <b>ΠΟΛΥ ΕΛΑΦΡΙΑ</b>      |
| <b>10</b> |                          |
| <b>11</b> | <b>ΛΙΓΟΤΕΡΟ ΕΛΑΦΡΙΑ</b>  |
| <b>12</b> |                          |
| <b>13</b> | <b>ΚΑΠΩΣ ΣΚΛΗΡΗ</b>      |
| <b>14</b> |                          |
| <b>15</b> | <b>ΣΚΛΗΡΗ</b>            |
| <b>16</b> |                          |
| <b>17</b> | <b>ΠΟΛΥ ΣΚΛΗΡΗ</b>       |
| <b>18</b> |                          |
| <b>19</b> | <b>ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ ΣΚΛΗΡΗ</b>  |
| <b>20</b> |                          |

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ**

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΞΕΡΤΗΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ**

| ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΕΣ<br>ΜΕΤΑΒΑΗΤΕΣ                | ΟΡΓΑΝΑ<br>ΜΕΤΡΗΣΗΣ                    | ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ     |                            |       |                                  |                                  |
|------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                          |                                       | VO <sub>2</sub> max<br>(NO) | VO <sub>2</sub> max<br>(O) | TF150 | Υπομέγιστη<br>Δοκιμασία<br>(30%) | Υπομέγιστη<br>Δοκιμασία<br>(80%) |
| VO <sub>2</sub> (ml·min <sup>-1</sup> )  | Medgraphics CPX -D                    | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| VCO <sub>2</sub> (ml·min <sup>-1</sup> ) | Medgraphics CPX -D                    | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| VE (l·min <sup>-1</sup> )                | Medgraphics CPX -D                    | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| PETO <sub>2</sub> (mmHg)                 | Medgraphics CPX -D                    | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| PETCO <sub>2</sub> (mmHg)                | Medgraphics CPX -D                    | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| VE/VO <sub>2</sub>                       | Medgraphics CPX -D                    | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| RER                                      | Medgraphics CPX -D                    | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| ΔHbO <sub>2</sub>                        | NIRS                                  | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| ΔHb                                      | NIRS                                  | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| ΔHbt                                     | NIRS                                  | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| ΔStO <sub>2</sub> (%)                    | NIRS                                  | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| Hb (g·dl <sup>-1</sup> )                 | Dr Lange LP20                         |                             |                            | *     | *                                | *                                |
| Hct (%)                                  | Micro Haematocrit Mk5                 |                             |                            | *     | *                                | *                                |
| HR (beat·min <sup>-1</sup> )             | Polar S810i                           | *                           | *                          | *     | *                                | *                                |
| MAP (mmHg)*                              | Criticon Dynamap                      | *                           |                            |       |                                  |                                  |
| RPE (6 – 20)                             | Borg Scale                            | *                           | *                          |       |                                  |                                  |
| Χρόνος (sec)                             | Χρονόμετρο χειρός,<br>Firefly         |                             |                            | *     |                                  |                                  |
| PPO (Watts)                              | Υπολογισμός<br>(Kuipers et al., 1985) | *                           | *                          |       |                                  |                                  |

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**  
**ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΩΝ

| SUB | GR   | SEX | AGE | BM_PRE | BM_POST | HGHT   | BMI_PRE | BMI_POST | %FAT_PRE | %FAT_POST |
|-----|------|-----|-----|--------|---------|--------|---------|----------|----------|-----------|
| SP  | CON  | A   | 21  | 101.10 | 100.05  | 189.50 | 28.15   | 27.86    | 16.92    | 16.93     |
| DX  | CON  | A   | 20  | 70.00  | 68.75   | 183.00 | 20.90   | 20.53    | 6.74     | 6.22      |
| KS  | CON  | A   | 33  | 102.50 | 102.30  | 186.00 | 29.63   | 29.57    |          |           |
| SX  | CON  | Γ   | 20  | 53.45  | 52.85   | 159.00 | 21.14   | 20.91    | 22.65    | 18.28     |
| MN  | CON  | Γ   | 20  | 55.10  | 55.80   | 159.30 | 21.71   | 21.99    | 24.34    | 21.39     |
| TA  | CON  | Γ   | 26  | 64.40  | 63.55   | 162.00 | 24.54   | 24.22    | 25.94    | 21.41     |
| AM  | CON  | Γ   | 19  | 55.40  | 54.80   | 162.50 | 20.98   | 20.75    | 16.79    | 19.04     |
| GM  | CON  | Γ   | 28  | 56.00  | 56.05   | 164.00 | 20.82   | 20.84    | 20.55    | 20.09     |
| KE  | CON  | Γ   | 19  | 59.15  | 58.30   | 165.50 | 21.60   | 21.28    | 22.66    | 21.28     |
| TGG | CON  | Γ   | 21  | 58.85  | 57.55   | 157.00 | 23.88   | 23.35    | 20.66    | 20.01     |
| KK  | CUFF | A   | 28  | 69.15  | 69.50   | 168.00 | 24.50   | 24.62    | 7.09     | 8.98      |
| BP  | CUFF | A   | 27  | 72.80  | 72.45   | 178.50 | 22.85   | 22.74    | 5.51     | 4.75      |
| SG  | CUFF | A   | 20  | 76.90  | 76.35   | 175.00 | 25.11   | 24.93    | 14.25    | 13.48     |
| KMI | CUFF | Γ   | 21  | 50.05  | 49.65   | 158.50 | 19.92   | 19.76    | 13.57    | 11.24     |
| FS  | CUFF | Γ   | 20  | 57.80  | 56.75   | 168.00 | 20.48   | 20.11    | 19.57    | 18.59     |
| KM  | CUFF | Γ   | 29  | 50.60  | 50.75   | 162.00 | 19.28   | 19.34    | 13.50    | 12.67     |
| TG  | CUFF | Γ   | 19  | 63.75  | 66.80   | 172.70 | 21.37   | 22.40    | 22.84    | 20.49     |
| SE  | CUFF | Γ   | 21  | 47.90  | 47.55   | 161.50 | 18.36   | 18.23    |          | 10.63     |
| GN  | CUFF | Γ   | 27  | 63.90  | 61.80   | 164.00 | 23.76   | 22.98    | 17.81    | 13.05     |
| TK  | CUFF | Γ   | 21  | 56.05  | 56.95   | 169.00 | 19.62   | 19.94    | 13.98    | 13.39     |
| RM  | CUFF | Γ   | 20  | 66.65  | 66.85   | 172.50 | 22.40   | 22.47    | 22.68    | 22.99     |

SUB: δοκιμαζόμενος

GR: ομάδα

SEX: φύλο

CON: ομάδα ελέγχου

CUFF: πειραματική ομάδα

BM: σωματικό βάρος

HGHT: ύψος

BMI: δείκτης σωματικής μάζας

%FAT: ποσοστό σωματικού λίπους

A: άνδρας

Γ: γυναίκα

| SUB | TF150_PRE | TF150_POST |
|-----|-----------|------------|
| SP  | 66.10     | 88.28      |
| DX  | 57.83     | 80.04      |
| KS  | 88.72     | 82.43      |
| SX  | 49.33     | 81.49      |
| MN  | 51.23     | 74.65      |
| TA  | 65.81     | 84.26      |
| AM  | 55.97     | 69.75      |
| GM  | 57.44     | 95.33      |
| KE  | 46.28     | 80.44      |
| TGG | 46.65     | 62.18      |
| KK  | 106.15    | 79.50      |
| BP  | 93.55     | 156.17     |
| SG  | 51.43     | 52.76      |
| KMI | 47.89     | 53.75      |
| FS  | 51.29     | 71.54      |
| KM  | 65.18     | 87.10      |
| TG  | 59.70     | 125.26     |
| SE  | 91.85     | 115.55     |
| GN  | 39.79     | 60.69      |
| TK  | 90.59     | 89.16      |
| RM  | 75.66     | 89.15      |

### ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ VO2max

| SUB | VO2maxNor_Pre | VO2maxNor_Post | VO2maxPress_Pre | VO2maxPress_Post |
|-----|---------------|----------------|-----------------|------------------|
| SP  | 39.43         | 41.71          | 35.15           | 20.68            |
| DX  | 42.46         | 39.62          | 36.01           | 32.50            |
| KS  | 36.91         | 33.56          | 24.76           | 23.33            |
| SX  | 41.28         | 35.19          | 29.77           | 27.68            |
| MN  | 38.02         | 38.95          | 34.22           | 29.63            |
| TA  | 31.85         | 33.48          | 29.39           | 20.56            |
| AM  | 48.73         | 43.35          | 42.27           | 35.58            |
| GM  | 29.45         | 31.79          | 22.97           | 26.73            |
| KE  | 36.98         | 36.37          | 21.74           | 26.65            |
| TGG | 34.95         | 30.31          | 28.51           | 25.99            |
| KK  | 44.05         | 34.70          | 38.81           | 34.43            |
| BP  | 41.62         | 39.25          | 27.33           | 31.10            |
| SG  | 30.77         | 37.87          | 31.06           | 34.16            |
| KMI | 40.41         | 34.08          | 31.14           | 27.05            |
| FS  | 37.76         | 37.50          | 33.26           | 26.71            |
| KM  | 34.30         | 33.96          | 29.48           | 29.13            |
| TG  | 32.22         | 33.01          | 26.54           | 25.01            |
| SE  | 28.47         | 31.02          | 25.08           | 27.46            |
| GN  | 38.24         | 40.35          | 31.30           | 33.97            |
| TK  | 39.77         | 38.75          | 36.39           | 30.76            |
| RM  | 32.03         | 28.24          | 23.53           | 24.03            |

| SUB | PPO_Nor_Pre | PPO_Nor_Post | PPO_Press_Pre | PPO_Press_Post |
|-----|-------------|--------------|---------------|----------------|
| SP  | 340.00      | 420.00       | 290.00        | 170.00         |
| DX  | 216.67      | 270.00       | 170.00        | 170.00         |
| KS  | 275.00      | 310.00       | 180.00        | 210.00         |
| SX  | 176.67      | 190.00       | 130.00        | 173.33         |
| MN  | 180.00      | 210.00       | 135.00        | 150.00         |
| TA  | 188.33      | 210.00       | 143.33        | 130.00         |
| AM  | 226.67      | 226.67       | 143.33        | 170.00         |
| GM  | 140.00      | 170.00       | 110.00        | 150.00         |
| KE  | 158.33      | 190.00       | 93.33         | 120.00         |
| TGG | 170.00      | 180.00       | 120.00        | 130.00         |
| KK  | 254.33      | 290.00       | 203.33        | 210.00         |
| BP  | 211.67      | 270.00       | 143.33        | 210.00         |
| SG  | 190.00      | 250.00       | 170.00        | 230.00         |
| KMI | 170.00      | 190.00       | 116.67        | 130.00         |
| FS  | 157.33      | 210.00       | 153.33        | 155.00         |
| KM  | 163.33      | 210.00       | 130.00        | 143.33         |
| TG  | 151.67      | 230.00       | 136.67        | 170.00         |
| SE  | 110.00      | 160.00       | 100.00        | 123.33         |
| GN  | 220.00      | 230.00       | 158.33        | 190.00         |
| TK  | 195.00      | 230.00       | 180.00        | 190.00         |
| RM  | 163.33      | 190.00       | 113.33        | 136.67         |

### ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ VO2max

| SUB | HRmax_Nor_Pre | HRmax_Nor_Post | HRmax_Press_Pre | HRmax_Press_Post |
|-----|---------------|----------------|-----------------|------------------|
| SP  | 178           | 176            | 173             | 114              |
| DX  | 166           | 158            | 128             | 126              |
| KS  | 194           | 191            | 180             | 179              |
| SX  | 186           | 182            | 181             | 178              |
| MN  | 199           | 194            | 185             | 188              |
| TA  | 183           | 179            | 183             | 141              |
| AM  | 187           | 192            | 185             | 188              |
| GM  | 179           | 172            | 171             | 164              |
| KE  | 184           | 182            | 149             | 164              |
| TGG | 186           | 190            | 170             | 172              |
| KK  | 185           | 174            | 170             | 178              |
| BP  | 186           | 181            | 147             | 179              |
| SG  | 172           | 196            | 158             | 183              |
| KMI | 192           | 189            | 182             | 178              |
| FS  | 177           | 181            | 167             | 173              |
| KM  | 178           | 189            | 170             | 190              |
| TG  | 184           | 191            | 170             | 156              |
| SE  | 177           | 185            | 165             | 172              |
| GN  | 182           | 169            | 164             | 165              |
| TK  | 176           | 173            | 171             | 161              |
| RM  | 174           | 174            | 162             | 162              |

| SUB | C-RPEmax_Nor_Pre | C-RPEmax_Nor_Post | C-RPEmax_Press_Pre | C-RPEmax_Press_Post |
|-----|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| SP  | 20.0             | 18.0              | 16.0               | 13.0                |
| DX  | 15.0             | 16.5              | 11.0               | 13.0                |
| KS  | 18.0             | 15.0              | 17.0               | 14.0                |
| SX  | 15.0             | 17.0              | 13.0               | 13.0                |
| MN  | 13.0             | 14.5              | 13.5               | 11.0                |
| TA  | 13.0             | 14.0              | 13.0               | 14.0                |
| AM  | 14.0             | 19.5              | 15.5               | 15.0                |
| GM  | 13.0             | 13.0              | 15.0               | 15.5                |
| KE  | 11.0             | 15.0              | 11.0               | 13.0                |
| TGG | 19.0             | 19.0              | 13.0               | 13.0                |
| KK  | 16.0             | 15.0              | 15.0               | 13.0                |
| BP  | 18.0             | 16.0              | 12.5               | 15.0                |
| SG  | 13.5             | 15.0              | 10.0               | 14.5                |
| KMI | 17.0             | 19.0              | 12.0               | 15.0                |
| FS  | 15.5             | 16.0              | 14.5               | 14.0                |
| KM  | 16.0             | 16.0              | 11.0               | 14.5                |
| TG  | 19.0             | 19.0              | 12.0               | 17.0                |
| SE  | 11.0             | 11.0              | 9.0                | 12.0                |
| GN  | 15.0             | 16.0              | 13.0               | 18.0                |
| TK  | 16.5             | 15.0              | 13.0               | 13.0                |
| RM  | 17.0             | 15.0              | 9.0                | 12.0                |

### ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ VO2max

| SUB | L-RPEmax_Nor_Pre | L-RPEmax_Nor_Post | L-RPEmax_Press_Pre | L-RPEmax_Press_Post |
|-----|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| SP  | 17               | 18.0              | 19.5               | 20.0                |
| DX  | 17.00            | 19.5              | 14.5               | 20.0                |
| KS  | 20.0             | 19.0              | 20.0               | 20.0                |
| SX  | 19.0             | 18.0              | 19.0               | 19.0                |
| MN  | 12.0             | 17.0              | 19.0               | 19.0                |
| TA  | 19.0             | 18.0              | 17.0               | 19.0                |
| AM  | 15.0             | 19.5              | 17.0               | 20.0                |
| GM  | 17.0             | 18.0              | 20.0               | 20.0                |
| KE  | 15.0             | 15.0              | 17.0               | 20.0                |
| TGG | 17.0             | 19.0              | 19.0               | 19.0                |
| KK  | 17.0             | 20.0              | 18.0               | 20.0                |
| BP  | 19.0             | 19.0              | 18.5               | 19.0                |
| SG  | 17.0             | 18.0              | 19.0               | 19.0                |
| KMI | 20.0             | 20.0              | 18.5               | 19.0                |
| FS  | 17.5             | 18.0              | 17.5               | 19.0                |
| KM  | 19.0             | 19.0              | 15.0               | 19.0                |
| TG  | 19.0             | 16.0              | 18.5               | 18.0                |
| SE  | 15.0             | 15.0              | 19.0               | 20.0                |
| GN  | 20.0             | 19.0              | 20.0               | 20.0                |
| TK  | 19.0             | 17.0              | 19.0               | 18.0                |
| RM  | 19.0             | 18.5              | 19.0               | 19.0                |

| SUB | VCO2max_Nor_Pre | VCO2max_Nor_Post | VCO2max_Press_Pre | VCO2max_Press_Post |
|-----|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|
| SP  | 4443.00         | 5282.00          | 4502.83           | 2200.83            |
| DX  | 3753.00         | 3833.67          | 2815.17           | 2625.67            |
| KS  | 4645.67         | 4823.50          | 3263.50           | 3763.17            |
| SX  | 2827.00         | 2708.17          | 2024.57           | 2145.33            |
| MN  | 2509.83         | 3022.00          | 2102.17           | 2097.67            |
| TA  | 2730.17         | 2853.33          | 2489.67           | 1651.00            |
| AM  | 2950.00         | 3145.17          | 2425.50           | 2513.83            |
| GM  | 2273.50         | 2568.83          | 1827.33           | 2118.17            |
| KE  | 2496.40         | 2691.83          | 1369.33           |                    |
| TGG | 2705.67         | 2784.33          | 2031.67           | 2093.83            |
| KK  | 3996.33         | 3761.50          | 3231.83           | 3302.83            |
| BP  | 3617.00         | 4003.50          | 2309.00           | 3220.67            |
| SG  | 2863.33         | 3739.50          | 2893.83           | 3585.33            |
| KMI | 2795.50         | 2614.17          | 1909.83           | 2137.83            |
| FS  | 2590.67         | 2778.50          | 2451.83           | 2234.50            |
| KM  | 2103.50         | 2588.33          | 1693.67           | 1998.00            |
| TG  | 2515.33         | 3330.17          | 2037.17           | 2632.00            |
| SE  | 1836.00         | 2280.83          | 1507.83           | 1785.83            |
| GN  | 3010.00         | 3288.33          | 2322.33           | 2810.17            |
| TK  | 2872.33         | 3140.33          | 2556.50           | 2466.83            |
| RM  | 2716.33         | 2588.67          | 1832.17           | 2177.17            |

### ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ VO2max

| SUB | RERmax_Nor_Pre | RERmax_Nor_Post | RERmax_Press_Pre | RERmax_Press_Post |
|-----|----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| SP  | 1.12           | 1.27            | 1.26             | 1.06              |
| DX  | 1.26           | 1.41            | 1.12             | 1.18              |
| KS  | 1.23           | 1.40            | 1.28             | 1.57              |
| SX  | 1.28           | 1.44            | 1.29             | 1.48              |
| MN  | 1.20           | 1.37            | 1.12             | 1.28              |
| TA  | 1.33           | 1.34            | 1.31             | 1.27              |
| AM  | 1.10           | 1.33            | 1.04             | 1.28              |
| GM  | 1.38           | 1.45            | 1.42             | 1.41              |
| KE  | 1.14           | 1.27            | 1.09             |                   |
| TGG | 1.31           | 1.58            | 1.22             | 1.42              |
| KK  | 1.30           | 1.52            | 1.21             | 1.38              |
| BP  | 1.20           | 1.40            | 1.15             | 1.41              |
| SG  | 1.21           | 1.30            | 1.21             | 1.37              |
| KMI | 1.38           | 1.55            | 1.23             | 1.59              |
| FS  | 1.18           | 1.31            | 1.27             | 1.47              |
| KM  | 1.22           | 1.52            | 1.12             | 1.33              |
| TG  | 1.22           | 1.51            | 1.21             | 1.58              |
| SE  | 1.35           | 1.55            | 1.25             | 1.36              |
| GN  | 1.23           | 1.30            | 1.15             | 1.35              |
| TK  | 1.29           | 1.42            | 1.25             | 1.41              |
| RM  | 1.25           | 1.36            | 1.19             | 1.36              |

| SUB | VEmax_Nor_Pre | VEmax_Nor_Post | VEmax_Press_Pre | VEmax_Press_Post |
|-----|---------------|----------------|-----------------|------------------|
| SP  | 115.28        | 137.55         | 104.85          | 47.07            |
| DX  | 92.52         | 95.90          | 63.98           | 59.03            |
| KS  | 112.12        | 130.78         | 71.20           | 92.23            |
| SX  | 52.33         | 52.27          | 42.37           | 55.62            |
| MN  | 45.48         | 57.92          | 42.18           | 45.38            |
| TA  | 60.87         | 66.80          | 64.22           | 38.45            |
| AM  | 76.33         | 92.07          | 84.60           | 77.42            |
| GM  | 66.18         | 75.00          | 58.43           | 70.08            |
| KE  | 54.44         | 60.63          | 35.53           |                  |
| TGG | 62.28         | 70.52          | 46.70           | 46.37            |
| KK  | 91.32         | 85.40          | 77.45           | 76.00            |
| BP  | 84.55         | 89.53          | 46.17           | 79.32            |
| SG  | 58.67         | 99.03          | 66.28           | 93.85            |
| KMI | 89.03         | 85.90          | 50.27           | 67.02            |
| FS  | 63.57         | 70.83          | 59.72           | 63.27            |
| KM  | 53.38         | 65.68          | 47.72           | 49.95            |
| TG  | 57.38         | 72.52          | 48.18           | 66.53            |
| SE  | 46.37         | 61.67          | 42.02           | 48.68            |
| GN  | 81.38         | 90.25          | 60.40           | 98.90            |
| TK  | 58.77         | 70.02          | 57.15           | 67.55            |
| RM  | 57.20         | 60.38          | 42.68           | 52.32            |

### ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ Submaximal\_30%

| SUB | VO2_1min_Pre | VO2_2min_Pre | VO2_3min_Pre | VO2_4min_Pre | VO2_5min_Pre | VO2_6min_Pre |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SP  | 1333.67      | 1780.67      | 1890.83      | 1883.83      | 1867.00      | 1836.67      |
| DX  | 869.83       | 1419.50      | 1298.67      | 1298.83      | 1279.83      | 1327.67      |
| KS  | 871.17       | 827.17       | 859.17       | 805.17       | 831.33       | 801.14       |
| AM  | 756.17       | 728.83       | 769.50       | 770.67       | 729.00       | 745.33       |
| GM  | 671.17       | 615.67       | 601.83       | 580.67       | 585.00       | 592.17       |
| KE  | 593.83       | 715.50       | 704.50       | 723.50       | 693.67       | 752.14       |
| TGG | 605.50       | 746.00       | 668.00       | 684.50       | 668.17       | 683.17       |
| KK  | 665.67       | 993.50       | 1101.83      | 981.83       | 998.50       | 1001.43      |
| SG  | 842.83       | 864.33       | 944.33       | 882.17       | 954.83       | 943.00       |
| KMI | 644.00       | 777.83       | 779.50       | 743.17       | 751.33       | 818.00       |
| TG  | 713.33       | 792.33       | 804.50       | 806.33       | 790.67       | 830.75       |
| SE  | 648.33       | 810.17       | 704.83       | 696.83       | 683.00       | 687.67       |
| GN  | 606.00       | 845.17       | 832.33       | 806.33       | 845.33       | 821.83       |
| TK  | 679.00       | 763.50       | 839.00       | 796.33       | 853.33       | 873.83       |
| RM  | 627.83       | 679.00       | 654.00       | 616.17       | 637.50       | 651.14       |

| SUB | VO2_1min_Post | VO2_2min_Post | VO2_3min_Post | VO2_4min_Post | VO2_5min_Post | VO2_6min_Post |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| SP  | 922.67        | 1536.33       | 1571.67       | 1541.50       | 1573.33       | 1537.50       |
| DX  | 1070.33       | 1037.33       | 1078.17       | 1061.00       | 1032.40       | 1102.82       |
| KS  | 803.67        | 830.00        | 834.33        | 743.33        | 737.00        | 749.50        |
| AM  | 590.83        | 685.33        | 680.17        | 676.33        | 639.00        | 650.40        |
| GM  | 476.50        | 614.50        | 576.67        | 576.00        | 595.83        | 588.60        |
| KE  | 592.50        | 625.17        | 603.33        | 604.83        | 599.50        | 615.43        |
| TGG | 727.50        | 670.17        | 673.67        | 675.83        | 704.50        | 678.23        |
| KK  | 733.17        | 1029.67       | 964.83        | 966.00        | 966.67        | 1051.00       |
| SG  | 691.67        | 760.33        | 809.33        | 733.50        | 790.00        | 738.50        |
| KMI | 529.50        | 663.50        | 661.33        | 637.17        | 652.83        | 619.71        |
| TG  | 586.50        | 598.33        | 560.67        | 618.00        | 564.67        | 578.43        |
| SE  | 520.67        | 578.33        | 605.00        | 618.50        | 603.00        | 526.67        |
| GN  | 772.17        | 732.17        | 834.33        | 756.00        | 744.50        | 723.20        |
| TK  | 611.33        | 717.83        | 700.33        | 755.67        | 696.83        | 726.80        |
| RM  | 520.83        | 544.50        | 581.67        | 497.83        | 471.50        | 556.00        |

### ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ Submaximal\_80%

| SUB | VO2_1min_Pre | VO2_2min_Pre | VO2_3min_Pre | VO2_4min_Pre | VO2_5min_Pre | VO2_6min_Pre |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SP  | 1955.67      | 3394.67      | 3728.00      | 3823.83      | 3878.17      | 3931.60      |
| DX  | 1094.83      | 2168.17      | 2303.17      | 2430.00      | 2460.50      | 2486.00      |
| KS  | 2243.67      | 2429.17      | 2546.67      | 2652.33      | 2700.43      | 2855.42      |
| AM  | 1900.17      | 1933.67      | 2026.33      | 2048.00      | 2078.67      | 2117.50      |
| GM  | 728.50       | 1232.50      | 1315.83      | 1408.83      | 1472.00      | 1419.00      |
| KE  | 753.17       | 1548.00      | 1710.83      | 1784.83      | 1741.17      | 1762.67      |
| TGG | 1028.33      | 1625.17      | 1793.67      | 1840.00      | 1917.00      | 1498.00      |
| KK  | 905.17       | 2074.67      | 2456.00      | 2623.17      | 2716.33      | 2774.17      |
| SG  | 2009.67      | 2007.50      | 2142.00      | 2122.67      | 2222.00      | 2262.70      |
| KMI | 845.50       | 1601.50      | 1724.17      | 1764.33      | 1789.00      | 1804.29      |
| TG  | 1072.17      | 1607.00      | 1725.83      | 1809.33      | 1825.14      | 2000.06      |
| SE  | 816.33       | 1495.50      | 1552.17      | 1566.17      | 1592.00      | 1657.70      |
| GN  | 1082.67      | 1802.50      | 2049.33      | 2177.00      | 2246.83      | 2345.33      |
| TK  | 744.33       | 1838.00      | 1972.67      | 2034.83      | 2152.17      | 2090.00      |
| RM  | 960.67       | 1461.67      | 1464.33      | 1557.67      | 1557.17      | 1552.38      |

| SUB | VO2_1min_Post | VO2_2min_Post | VO2_3min_Post | VO2_4min_Post | VO2_5min_Post | VO2_6min_Post |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| SP  | 1414.50       | 2938.33       | 3181.00       | 3312.67       | 3395.50       | 3409.40       |
| DX  | 1177.33       | 1944.17       | 2064.17       | 2103.67       | 2109.17       | 2145.88       |
| KS  | 1222.17       | 2272.33       | 2418.33       | 2558.17       | 2672.00       | 2754.57       |
| AM  | 1145.83       | 1627.00       | 1675.33       | 1691.50       | 1718.60       | 1779.98       |
| GM  | 637.17        | 1100.17       | 1185.00       | 1201.50       | 1240.33       | 1252.20       |
| KE  | 769.50        | 1226.33       | 1301.00       | 1255.17       | 1329.33       | 1269.80       |
| TGG | 930.83        | 1510.83       | 1634.00       | 1685.00       | 1739.17       | 1783.50       |
| KK  | 1289.67       | 2138.17       | 2326.17       | 2478.33       | 2543.17       | 2506.25       |
| SG  | 1007.50       | 1719.50       | 1823.33       | 1827.17       | 1913.17       | 1922.20       |
| KMI | 868.33        | 1454.33       | 1491.50       | 1534.83       | 1517.50       | 1508.67       |
| TG  | 755.17        | 1343.17       | 1464.83       | 1478.50       | 1505.83       | 1536.75       |
| SE  | 676.33        | 1132.33       | 1213.67       | 1261.83       | 1274.33       | 1333.25       |
| GN  | 989.83        | 1831.67       | 2026.83       | 2124.67       | 2172.00       | 2229.00       |
| TK  | 886.17        | 1565.00       | 1692.50       | 1754.67       | 1804.17       | 1907.60       |
| RM  | 762.33        | 1199.33       | 1322.17       | 1341.67       | 1343.67       | 1405.00       |

### ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ Submaximal\_30%\_NIRS

| SUB | StO2_1_Pre | StO2_2_Pre | StO2_3_Pre | StO2_4_Pre | StO2_5_Pre | StO2_6_Pre |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| KK  | -13.11     | -7.44      | -6.89      | -6.28      | -10.56     | -11.58     |
| BP  | -9.33      | -3.78      | -3.56      | -2.61      | -2.61      | -1.23      |
| SG  | -6.78      | -5.39      | -4.94      | -2.83      | -2.17      | -1.28      |
| KMI | -7.50      | -8.61      | -6.22      | -7.00      | -6.33      | -5.89      |
| FS  | -2.44      | -0.67      | -0.56      | -2.33      | -2.33      | -2.29      |
| KM  | -3.46      | -1.35      | -0.68      | -1.30      | -0.07      | -2.13      |
| TG  | -5.51      | -2.34      | -4.95      | -3.17      | -3.67      | 1.88       |
| SE  | -12.13     | -7.41      | -4.35      | -4.24      | -2.91      | -5.47      |
| GN  | -1.33      | -9.80      | -6.44      | -6.83      | -4.06      | -3.83      |
| RM  | -4.91      | -2.63      | -1.13      | -2.08      | -1.41      | -2.91      |
| SP  | -11.09     | -4.36      | -0.86      | 2.36       | 5.41       | 5.56       |
| DX  | 1.89       | 14.67      | 16.17      | 14.00      | 14.89      | 16.04      |
| KS  | 3.61       | 3.50       | 4.00       | 5.39       | 5.50       | 5.11       |
| SX  | -16.85     | -15.30     | -12.91     | -10.91     | -9.85      | -10.39     |
| MN  | -12.08     | -12.36     | -8.58      | -8.92      | -6.86      | -6.58      |
| TA  | -11.51     | -14.57     | -8.68      | -9.07      | -4.51      | -2.01      |
| AM  | -1.61      | -0.78      | -0.56      | -0.67      | -0.83      | 1.56       |
| GM  | -3.60      | -1.88      | -1.60      | -0.54      | -1.60      | -3.20      |
| KE  | -3.78      | -1.78      | -2.22      | -2.50      | -3.94      | -1.67      |
| TGG | -6.65      | -4.94      | -3.97      | -3.87      | -3.61      | -3.47      |

| SUB | StO2_1_Post | StO2_2_Post | StO2_3_Post | StO2_4_Post | StO2_5_Post | StO2_6_Post |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| KK  | -2.32       | 0.46        | 1.24        | -0.88       | 3.12        | 6.17        |
| BP  | -3.61       | -7.28       | -4.83       | -3.39       | -3.11       | -3.00       |
| SG  | 1.31        | 0.98        | 1.64        | 2.31        | 3.98        | 2.98        |
| KMI | -16.29      | -12.73      | -9.40       | -9.01       | -7.73       | -6.87       |
| FS  | -7.66       | -8.21       | -5.49       | -5.33       | -6.21       | -5.10       |
| KM  | -1.29       | -2.29       | -2.84       | -2.34       | -4.23       | -3.59       |
| TG  | 1.14        | 3.25        | 3.92        | 7.69        | 8.19        | 1.86        |
| SE  | -9.57       | -5.90       | -5.57       | -5.18       | -3.07       | -1.48       |
| GN  | -0.94       | 1.73        | 0.84        | -1.16       | -0.55       | 0.40        |
| RM  | -8.61       | -5.50       | -5.61       | -5.89       | -5.77       | -5.24       |
| SP  | -20.12      | -18.12      | -16.01      | -17.18      | -16.57      | -11.96      |
| DX  | -2.00       | -1.56       | -0.28       | 0.22        | 1.56        | 2.61        |
| KS  | 10.29       | 9.29        | 10.46       | 11.40       | 11.64       | 9.65        |
| SX  | -11.92      | -9.15       | -7.20       | -7.54       | -5.48       | -6.55       |
| MN  | -14.83      | -11.83      | -10.33      | -10.16      | -9.66       | -5.45       |
| TA  | -7.69       | -2.58       | -1.91       | -1.30       | -2.52       | -2.02       |
| AM  | 0.12        | 3.34        | 4.84        | 4.56        | 5.34        | 5.70        |
| GM  | -1.71       | 1.85        | 1.40        | 0.85        | 1.85        | -0.53       |
| KE  | -0.22       | 0.61        | -1.22       | -3.44       | -2.28       | 3.05        |
| TGG | -14.20      | -7.81       | -3.20       | -1.20       | -0.31       | 3.14        |

### ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ Submaximal\_80%\_NIRS

| SUB | StO2_1_Pre | StO2_2_Pre | StO2_3_Pre | StO2_4_Pre | StO2_5_Pre | StO2_6_Pre |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| KK  | -35.11     | -58.17     | -63.22     | -76.72     | -72.89     | -61.58     |
| BP  | -22.76     | -35.94     | -25.22     | -28.89     | -27.53     | -24.06     |
| SG  | -25.39     | -25.61     | -23.61     | -22.33     | -25.28     | -28.78     |
| KMI | -18.11     | -19.17     | -14.22     | -13.50     | -15.72     | -16.61     |
| FS  | -16.89     | -37.33     | -38.44     | -38.06     | -38.50     | -35.63     |
| KM  | -21.96     | -19.68     | -18.85     | -21.07     | -21.91     | -19.28     |
| TG  | -6.56      | -5.62      | -4.45      | -9.17      | -13.67     | -11.34     |
| SE  | -34.52     | -25.41     | -21.91     | -21.13     | -20.38     | -22.21     |
| GN  | -21.06     | -21.28     | -15.56     | -17.33     | -16.94     | -10.67     |
| RM  | -44.25     | -24.86     | -22.63     | -19.52     | -21.41     | -21.00     |
| SP  | -45.14     | -30.70     | -25.31     | -26.14     | -23.20     | -20.86     |
| DX  | -4.22      | -0.50      | 1.72       | 1.72       | -0.61      | 6.37       |
| KS  | -7.72      | -14.72     | -13.67     | -16.94     | -19.00     | -21.21     |
| SX  | -47.69     | -40.46     | -35.35     | -34.52     | -32.52     | -22.46     |
| MN  | -36.97     | -32.14     | -28.08     | -26.47     | -25.81     | -22.95     |
| TA  | -16.51     | -37.73     | -32.18     | -31.07     | -33.16     | -32.14     |
| AM  | -19.39     | -16.72     | -15.61     | -14.83     | -14.33     | -14.00     |
| GM  | -24.16     | -20.82     | -18.82     | -21.04     | -21.49     | -15.37     |
| KE  | -28.44     | -27.61     | -19.05     | -18.72     | -15.22     | -14.77     |
| TGG | -24.66     | -27.31     | -24.81     | -26.77     | -27.42     | -25.11     |

| SUB | StO2_1_Post | StO2_2_Post | StO2_3_Post | StO2_4_Post | StO2_5_Post | StO2_6_Post |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| KK  | -43.88      | -54.60      | -57.76      | -58.26      | -58.32      | -63.96      |
| BP  | -58.33      | -67.61      | -64.94      | -68.50      | -65.83      | -47.67      |
| SG  | -17.91      | -16.91      | -13.97      | -15.74      | -18.63      | -13.36      |
| KMI | -13.40      | -25.35      | -21.90      | -27.62      | -23.79      | -21.55      |
| FS  | -26.60      | -32.33      | -37.44      | -38.55      | -38.83      | -38.05      |
| KM  | -23.68      | -19.90      | -18.90      | -19.57      | -19.57      | -11.73      |
| TG  | -12.75      | -17.58      | -12.31      | -15.42      | -14.03      | -7.47       |
| SE  | -39.18      | -35.23      | -31.29      | -29.84      | -33.07      | -32.73      |
| GN  | -29.16      | -31.21      | -31.16      | -26.38      | -19.99      | -27.19      |
| RM  | -33.44      | -39.16      | -37.55      | -38.39      | -38.89      | -38.89      |
| SP  | -30.12      | -63.62      | -63.07      | -63.01      | -65.57      | -54.13      |
| DX  | -23.44      | -16.39      | -11.67      | -10.22      | -11.39      | -4.00       |
| KS  | -1.27       | -3.49       | 0.07        | -3.27       | -3.93       | -1.55       |
| SX  | -24.59      | -28.76      | -24.20      | -23.76      | -26.15      | -22.73      |
| MN  | -47.05      | -44.71      | -42.77      | -41.55      | -34.21      | -29.77      |
| TA  | -53.74      | -58.44      | -52.69      | -54.02      | -54.30      | -51.02      |
| AM  | -12.27      | -16.94      | -14.88      | -14.77      | -12.68      | -14.11      |
| GM  | -24.88      | -29.04      | -28.82      | -28.15      | -29.49      | -28.01      |
| KE  | -17.00      | -26.83      | -21.06      | -16.28      | -13.06      | -12.98      |
| TGG | -28.64      | -35.97      | -31.42      | -31.31      | -30.20      | -27.70      |