

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ 30SEC ΚΑΙ 2,5MIN-4MIN
ΣΤΗ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ
ΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ
ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

του
Ζαλαβρά Αθανασίου

Μεταπτυχιακή διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Άσκηση και Ποιότητα Ζωής» των Τμημάτων Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης και του Παν/μίου Θεσσαλίας στην κατεύθυνση «Μεγιστοποίηση της Απόδοσης».

ΤΡΙΚΑΛΑ

2007

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό Σώμα:

1^{ος} Επιβλέπων: Σούλας Δημήτριος, Επίκ. Καθηγητής

2^{ος} Επιβλέπων: Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής

3^{ος} Επιβλέπων: Τζιαμούρτας Αθανάσιος Επίκ. Καθηγητής



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 5364
Ημερ. Εισ.: 13-06-2007
Δωρεά: _____
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
796.077
ΖΑΛ



© 2007
Ζαλαβράς Αθανάσιος
ALL RIGHTS RESERVED

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ζαλαβράς Αθανάσιος: Συγκριτική μελέτη μεταξύ των 30sec και 2,5min-4min στη διαλειμματική προπόνηση ως προς την αποτελεσματικότητά τους στη βελτίωση της μέγιστης αερόβιας ικανότητας.

(Κάτω από την επίβλεψη του Αναπλ. Καθηγητή κ. Σούλα Δημητρίου)

Σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνήσει την αποτελεσματικότητα δύο διαφορετικών διαλειμματικών προπονήσεων, της μικρής διάρκειας (30sec ομάδα Α) και της μέσης διάρκειας (2.5-4min ομάδα Β) όσον αφορά τις καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές [μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}), την ταχύτητα που συμβαίνει στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (vVO_{2max}), το αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι (AT), τη δρομική οικονομία (RE) καθώς και το χρόνο διατήρησης στη vVO_{2max} (Tlimit)]. Μέθοδος: Στην έρευνα πήραν μέρος 11 μέτρια προπονημένοι ($VO_{2max}=51.63\pm 7.14$ ml/kg/min) φοιτητές φυσικής αγωγής (ηλικία: 19 ± 0.85 yr ύψος: 177.3 ± 4.4 cm, βάρος: 67.4 ± 6.7 kg και σωματικό λίπος: $10.53\pm 3.2\%$). Οι φοιτητές αφού χωρίστηκαν σε δυο ομάδες εκτέλεσαν για 4 εβδομάδες ένα εβδομαδιαίο προπονητικό πρόγραμμα το οποίο περιλάμβανε για την ομάδα Α (n=6) δυο διαλειμματικές προπονήσεις μικρού χρόνου (30sec) στη vVO_{2max} και μία προπόνηση συνεχόμενου τρεξίματος στο 70% της vVO_{2max} και για την ομάδα Β (n=5) δύο διαλειμματικές προπονήσεις μεσαίου χρόνου που αντιστοιχούσαν στο 1/2 του ατομικού Tlimit (2.5-4min) στη vVO_{2max} καθώς και μία προπόνηση συνεχόμενου τρεξίματος 30min στο 70% της vVO_{2max} . Αποτελέσματα: Τόσο η ομάδα Α όσο και η ομάδα Β παρουσίασαν σημαντική αύξηση της VO_{2max} (11.1% και 17.8% αντίστοιχα) και της vVO_{2max} (4.9% και 11.4% αντίστοιχα) ($p<0.05$). Αύξηση παρατηρήθηκε στο AT της ομάδας Α (5.53% στο ποσοστό του AT σε σχέση με τη VO_{2max} και 4.8% της vAT) και της ομάδας Β (6.53% και 10% για τις αντίστοιχες παραμέτρους) ($p<0.05$). Η RE της ομάδας Α δεν παρουσίασε σημαντική βελτίωση (5.7%) ($p>0.05$) ενώ η RE της ομάδας Β παρέμεινε η ίδια. Τέλος η μεταβολή του Tlimit (+15%) στην ομάδα Α δεν ήταν σημαντική ενώ στη Β (-17%) ήταν σημαντική ($p<0.05$). Συμπέρασμα: Οι δύο διαλειμματικές προπονήσεις φαίνεται ότι είναι σχεδόν το ίδιο αποτελεσματικές ως προς τη βελτίωση των καρδιοαναπνευστικών δεικτών αντοχής VO_{2max} , vVO_{2max} , AT, RE και Tlimit.

Λέξεις-Κλειδιά: Αερόβια διαλειμματική προπόνηση, αποτελεσματικότητα, καρδιοαναπνευστικοί δείκτες.

ABSTRACT

Zalavras Athanasios: The effects of two different methods of interval training on cardiorespiratory fitness (VO_{2max} , vVO_{2max} , AT, T_{limit}) and running economy (RE) (Under the supervision of Assistant Professor Soulas Dimitrios)

The purpose of this study was to examine the effectiveness of interval training and more specifically the effect of two different types of interval training (30sec and $1/2T_{limit}=2.5-4min$) with regard to cardiorespiratory adaptations (VO_{2max} , vVO_{2max} , AT, T_{limit} , RE) after a four week period of training intervention. Methods: Eleven moderately trained sports science male students ($VO_{2max}= 51.63\pm 7.14$ ml/kg/min) with the following characteristics: age 19 ± 0.85 yrs, height 177.3 ± 4.4 cm, weight 67.4 ± 6.7 kg and body fat $10.53\pm 3.2\%$ were separated into two groups (A and B) and performed two types of interval training during a four week period. Subjects in both groups had three training sessions per week. Group A (n=6) performed two interval training sessions of 30 – 30 sec ($100\% vVO_{2max}$ - $50\% vVO_{2max}$, work:rest=1:1, $2XT_{limit}$) and one session of continuous running (30min $70\% vVO_{2max}$) per week. Group B (n=5) performed two interval training sessions of $1/2 T_{limit} - 1/2 T_{limit}$ ($100\% vVO_{2max}$ - $50\% vVO_{2max}$, work:rest=1:1, $2XT_{limit}$) and one session of continue running (30min $70\% vVO_{2max}$). Results: Our study showed a significant increase in both groups (A and B) in VO_{2max} (11.1% and 17.8% respectively), in vVO_{2max} (4.9% and 11.4%) in %AT (5.53% and 6.5% respectively) and in vAT (4.8% and 10%) ($p<0.05$). However the change of T_{limit} in group A, (+15%) was no significant ($p>0.05$) but in group B (-17%) was significant ($p<0.05$). Finally, RE improved in group A (5.7%) ($p>0.05$) and remained at the initial level in group B. Conclusion: It appears that both interval methods have the same effectiveness concerning improvements in the cardiorespiratory adaptations (VO_{2max} , vVO_{2max} , AT, T_{limit} , RE).

Key words: interval training, effectiveness, cardiorespiratory adaptations.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ii
ABSTRACT	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ	viii
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
Λειτουργικοί ορισμοί.....	3
Περιορισμοί-Οριοθετήσει.....	4
Ερευνητικές υποθέσεις.....	5
Μηδενικές υποθέσεις.....	6
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	7
Μέθοδος διάρκειας (συνεχόμενη).....	7
Ιστορική εξέλιξη της προπόνησης με τη διαλειμματική μέθοδο.....	10
Διαλειμματική μέθοδος.....	12
Αερόβια διαλειμματική προπόνηση.....	13
Αναερόβια διαλειμματική προπόνηση.....	20
Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου.....	25
$\dot{V}_{Iim\dot{I}t}$ και $\dot{V}O_{2max}$	28
Αναερόβιο κατώφλι.....	30
Δρομική Οικονομία.....	33
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	38
Εξεταζόμενοι.....	38
Πειραματικός σχεδιασμός-διαδικασία μετρήσεων.....	39
Προπονητική παρέμβαση.....	40
Περιγραφή δοκιμασιών.....	43
Στατιστική ανάλυση.....	46
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	47
Αποτελέσματα $\dot{V}O_{2max}$ και $\dot{V}O_{2max}$	47
Αποτελέσματα αναπνευστικού αναερόβιου κατωφλιού (ΑΤ) (ταχύτητα και ποσοστό της $\dot{V}O_{2max}$).....	48

Αποτελέσματα δρομικής οικονομίας (RE) στο 70% της vVO_{2max}	49
Αποτελέσματα της δοκιμασίας Tlimit(χρόνος διατήρησης στη vVO_{2max}) ...	50
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	52
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	60
VII. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	62
VIII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	63

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Σωματομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στην έρευνα.....	39
Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά των δύο πρωτοκόλλων της προπονητικής παρέμβασης.....	42
Πίνακας 3. Στοιχεία επιβάρυνσης των δύο διαλειμματικών προπονήσεων ανά προπονητική μονάδα (ένταση ,ποσότητα, κ.τ.λ.) ύστερα από μετρήσεις της VO_2 , της διάρκειας των ερεθισμάτων επιβάρυνσης, της διάρκειας των διαλειμάτων κατά την διάρκεια της προπόνησης, στην ομάδα A και στην ομάδα B.....	42
Πίνακας 4. Συνολικά αποτελέσματα των συμμετεχόντων στη δοκιμασία VO_{2max} , στη δοκιμασία RE και στη δοκιμασία Tlimit πριν και μετά την προπονητική παρέμβαση.....	51

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}).....	48
Σχήμα 2. Ταχύτητα στη VO_{2max} (vVO_{2max}).....	48
Σχήμα 3. Ποσοστό του αναερόβιου αναπνευστικού κατωφλιού (AT) σε σχέση με τη VO_{2max}	49
Σχήμα 4. Ταχύτητα στο AT (vAT).....	49
Σχήμα 5. Δρομική οικονομία (RE) στο 70% της vVO_{2max}	50
Σχήμα 6. Συνολικός χρόνος διατήρησης της vVO_{2max} (T_{limit}).....	51

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

VO_{2max}	[Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου]
vVO_{2max}	[Ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου]
AT	[Αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι]
vAT	[Ταχύτητα στο αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι]
%AT	[Ποσοστό του AT σε σχέση με τη VO_{2max}]
RE	[Δρομική οικονομία]
T _{limit}	[Χρόνος διατήρησης της vVO_{2max}]
M.H.R	[Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα]

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ 30SEC ΚΑΙ 2,5 MIN-4MIN ΣΤΗ ΔΙΑΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Αντοχή είναι η ικανότητα διατήρησης μιας συγκεκριμένης απόδοσης, για όσο το δυνατό μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Dietrich Klaus & Klaus, 1995). Η αντοχή χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, την αερόβια και την αναερόβια αντοχή. Αφετηριακό σημείο αυτού του διαχωρισμού είναι το είδος της παραγόμενης ενέργειας για το μυϊκό έργο. Ωστόσο, στην αγωνιστική μορφή των αγωνισμάτων αντοχής, αυτές οι μορφές έκφρασης παρουσιάζονται σπάνια στην καθαρή τους μορφή (Zintl, 1993). Έτσι, ανάλογα με την διάρκεια των αγωνισμάτων αντοχής η ποσοστιαία συμμετοχή του ενός ή του άλλου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας δημιουργεί την ανάγκη για την ανάπτυξη σε μεγαλύτερο βαθμό της αερόβιας (5000m,10000m, μααραθώνιος) ή της αναερόβιας ικανότητας (200m,400m) μέσω της προπόνησης, ενώ σε μερικές περιπτώσεις απαιτείται μια σχεδόν ισόρροπη ανάπτυξη και των δύο μορφών αντοχής (800m,1500m) (Foss & Kateyian, 1998).

Δύο από τις βασικότερες μεθόδους προπόνησης που χρησιμοποιούνται για την βελτίωση των διαφόρων μορφών αντοχής είναι η συνεχόμενη (διάρκειας) και η διαλειμματική. Η συνεχόμενη μέθοδος με εντάσεις 60-80% της αγωνιστικής ταχύτητας στη περιοχή του αερόβιου κατωφλιού και διάρκειας από 30-120min συντελούν στην ανάπτυξη της αερόβιας αντοχής αγύμναστων ή μέτρια γυμνασμένων αθλητών, ενώ βοηθούν στην αποκατάσταση και σταθεροποίηση των αερόβιων προσαρμογών αθλητών αντοχής υψηλού επιπέδου (Zintl, 1993). Η συνεχόμενη μέθοδος όταν εφαρμόζεται σε ακόμη υψηλότερες εντάσεις (90-95% της αγωνιστικής ταχύτητας στην περιοχή του αναερόβιου κατωφλιού με διάρκεια 30-60min), χρησιμοποιείται στον πρωταθλητισμό με σκοπό την ανάπτυξη της αερόβιας ικανότητας με τη βελτίωση της VO_{2max} , τη βελτίωση της ταχύτητας του αναερόβιου κατωφλιού (vAT) (δεξιά μετατόπιση) κ.λ.π. (Zintl, 1993).

Οι Billat et al. (1998) παρά το γεγονός ότι χρησιμοποίησαν ταχύτητες, μεταξύ της vAT και της vVO_{2max} (περίπου 90% της vVO_{2max}) με τη συνεχόμενη μέθοδος της $vD50=vLT+50\%(vLT-vVO_{2max})$ σε δρομείς αντοχής υψηλού επιπέδου ($VO_{2max}=74.9\pm 3ml/kg/min$, αναερόβιο κατώφλι=83% vVO_{2max}) δεν τους οδήγησαν στην ενεργοποίηση του 100% της μέγιστης αερόβιας ικανότητας, αλλά προκάλεσαν την σταθεροποίησή τους σε μια πρόσληψη ίση με $69.5ml/kg/min$ (93% VO_{2max}). Για να προκληθούν υψηλές καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές οι οποίες θα οδηγήσουν στη βελτίωση της μέγιστης αερόβιας ικανότητας, η Billat (2001a), θεωρεί καθοριστικό παράγοντα τον χρόνο διατήρησης σε όσο το δυνατό υψηλότερα ποσοστά της VO_{2max} (90%-100% της VO_{2max}) κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Και ενώ η συνεχόμενη μέθοδος, όπως φαίνεται από τα παραπάνω, δεν μπορεί να ενεργοποιήσει πλήρως τον αερόβιο μηχανισμό και να προκαλέσει μέγιστες προσαρμογές σε αθλητές υψηλού επιπέδου, μια άλλη επίσης βασική μέθοδο προπόνησης, η διαλειμματική, διαπιστώθηκε ότι δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες και προϋποθέσεις, έτσι ώστε ο ασκούμενος να ενεργοποιήσει μέγιστα τον αερόβιο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε σχέση με τη συνεχόμενη μέθοδο (Astrad & Rodahl, 1970; Christensen, Hedman & Saltin, 1960).

Η διαλειμματική μέθοδος όμως, δεν είναι κατάλληλη μόνο για την μεγιστοποίηση της αερόβιας ικανότητας, αλλά θεωρείται και ως μια από τις αποτελεσματικότερες μεθόδους (με την κατάλληλη δόμηση) για τη βελτίωση της αναερόβιας ικανότητας (Billat, 2001a; Billat, 2001b). Πράγματι, πρωτόκολλα πολύ υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας (5sec έως 15sec) (γνωστά ως επαναλαμβανόμενη μέγιστη προπόνηση ταχύτητας (Billat, 2001a) όπου χρησιμοποιήθηκαν μεγάλα διαστήματα ανάληψης (1-3min) οδήγησαν στη βελτίωση του αναερόβιου γαλακτικού μηχανισμού παραγωγής ενέργειας. Σε αυτού του είδους τη διαλειμματική προπόνηση η διάρκεια του διαλείμματος παίζει καθοριστικό ρόλο στο ποσοστό συμμετοχής των μηχανισμών παραγωγής ενέργειας. Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η φάση του διαλείμματος τόσο μεγαλύτερη είναι η συμμετοχή του αναερόβιου μηχανισμού και αντίστροφα. (Bogdanis, Navill, Boobis & Lacomby, 1996). Οι Margaria, Oliva, Di Prampero και Carretelli, (1969) αναφέρουν ότι ο ελάχιστος χρόνος ανάληψης για να αποφευχθεί η έναρξη συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος σε μέγιστα ερεθίσματα 10sec δεν πρέπει να είναι μικρότερος από 30sec. Πέρα όμως από τις αναερόβιες προσαρμογές η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (170% VO_{2max}) και μικρής διάρκειας (20sec) προκαλεί ταυτόχρονα τη μέγιστη

κινητοποίηση του αερόβιου μηχανισμού μέτρια γυμνασμένων αθλητών, οδηγώντας σε σημαντικές αερόβιες προσαρμογές (Tabata, 1997; Tabata, 1996). Πρωτόκολλα διάρκειας 30sec και πολύ υψηλής έντασης με μεγάλα διαλείμματα 4min φαίνεται να είναι κατάλληλα όχι μόνο για την βελτίωση της αναερόβιας γαλακτικής ικανότητας αθλητών 400m αλλά και αθλητών μεσαίων αποστάσεων, όπως 800-1500m. Οι Jenkins και Quigley, (1993) αναφέρουν ότι ερεθίσματα υψηλής έντασης (130% vVO_{2max}) διάρκειας 1min θεωρούνται αποτελεσματικά για την βελτίωση της αναερόβιας ικανότητας σε δρομείς μεγάλων αποστάσεων. Και ενώ από τα παραπάνω βλέπουμε ότι πολλά αναερόβια διαλειμματικά πρωτόκολλα προκαλούν ταυτόχρονα με τις αναερόβιες προσαρμογές πολύ σημαντικές αερόβιες προσαρμογές (Tabata, et al., 1997), δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι η διαλειμματική προπόνηση που συντελεί στη κατεξοχήν βελτίωση της αερόβιας ικανότητας είναι η αερόβια διαλειμματική (Billat, 2001a).

Από τα πολλά πρωτόκολλα μικρού χρόνου που έχουν μελετηθεί η διαλειμματική προπόνηση διάρκειας 30sec, έντασης 100% vVO_{2max} και 30sec ενεργητικού διαλείμματος (50% vVO_{2max}) φαίνεται να ενεργοποιεί μέγιστα τον αερόβιο μεταβολισμό από τις πρώτες επαναλήψεις, ενώ η μέση συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα ήταν ίση με 7.4 ± 1.8 mmol/L (Billat et al., 2000). Δεν φαίνεται, όμως, να συμβαίνει το ίδιο, όταν χρησιμοποιούνται ίδιας διάρκειας και έντασης πρωτόκολλα ή ακόμα και υψηλότερης έντασης (120% vVO_{2max}) αλλά με παθητικό διάλειμμα αφού προκαλούν μια επιβάρυνση του αερόβιου μηχανισμού ίση με το 70% VO_{2max} , ενώ η συγκέντρωση γαλακτικού ήταν σχεδόν διπλάσια 14 mmol/L (Fox, 1977; Gorostiaga, 1991). Αυτού του είδους όμως οι διαλειμματικές προπονήσεις έχει αποδειχθεί ότι προκαλούν αύξηση της VO_{2max} ως αποτέλεσμα της σημαντικής αύξησης της πυκνότητας των μιτοχονδρίων (Brooks, Fuhey & Whine, 1996).

Πολλοί επίσης ερευνητές ασχολήθηκαν με την μελέτη διαλειμματικών πρωτοκόλλων που η διάρκεια του ερεθίσματος ήταν βασισμένη σε κάποιο ποσοστό (συνήθως 50%-60%) του μέγιστου χρόνου διατήρησης της vVO_{2max} (T_{limit}). Η εφαρμογή τέτοιων διαλειμματικών πρωτοκόλλων διάρκειας 50%-60% του T_{limit} και έντασης 100% vVO_{2max} σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα 4-6 εβδομάδες και με συχνότητα 1-2 φορές την εβδομάδα φαίνεται να βελτιώνουν σημαντικά τη VO_{2max} , τη vVO_{2max} , σε μερικές περιπτώσεις το T_{limit} και τη (RE) μέτρου αλλά και υψηλού επιπέδου αθλητών (Billat, Flechet & Koralsztejn, 1999b; Smith, Mc Naughton &

Marsall,1999).

Οι Millet, Candau, Fattori, Bignet και Varray, (2003) συγκρίνοντας ωστόσο πρωτόκολλα βασισμένα στο Tlimit (ως προς την διάρκεια ερεθίσματος ή τη συνολική διάρκεια) με διαλειμματικά πρωτόκολλα μικρού χρόνου (30sec) διαπίστωσαν ότι η χρησιμοποίηση ως διάρκεια ερεθίσματος του 50% του Tlimit σε μια διαλειμματική προπόνηση έντασης 100% vVO_{2max} με αναλογία ερεθίσματος-διαλείμματος 1:1, ενεργητικό διάλειμμα 60% vVO_{2max} και συνολική ποσότητα 3 X Tlimit, έδινε τη δυνατότητα στον ασκούμενο να εργαστεί για περισσότερο χρόνο κοντά στη VO_{2max} (και κατά αυτό τον τρόπο να είναι πιο αποτελεσματική) από ό,τι μια διαλειμματική προπόνηση με παρόμοια χαρακτηριστικά αλλά διάρκεια ερεθίσματος 30sec.

Παρά, όμως, τις εκτεταμένες αναφορές για τις οξείες και χρόνιες επιδράσεις των διαφόρων αερόβιων τύπων διαλειμματικής προπόνησης σε ενήλικες αθλητές ή μη αθλητές παρατηρήθηκε έλλειψη βιβλιογραφικών δεδομένων όσον αφορά στις καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές [μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}), ταχύτητα στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (vVO_{2max}), αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι (AT), δρομική οικονομία (RE) και χρόνος διατήρησης της vVO_{2max} (Tlimit)] που μπορούν να προκαλέσουν δυο συγκεκριμένοι τύποι αερόβιας διαλειμματικής (μικρού χρόνου 30sec και μεσαίου χρόνου 1/2Tlimit) μέσα σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα 4 εβδομάδων σε μέτρια προπονημένους ενήλικες.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνήσει την αποτελεσματικότητα δύο διαφορετικών ειδών διαλειμματικής προπόνησης, αυτή της μικρής διάρκειας (30sec) και αυτή της μέσης διάρκειας (2.5min-4min), όσον αφορά στις καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές (VO_{2max} , vVO_{2max} , AT, RE και Tlimit).

Λειτουργικοί ορισμοί

vVO_{2max} : Η ταχύτητα στην οποία επιτυγχάνεται η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου.

TLimit: Αντοχή στην ταχύτητα στη vVO_{2max} ή ο μέγιστος χρόνος διατήρησης στη vVO_{2max} .

VD50%: Η ταχύτητα ανάμεσα στην ταχύτητα της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και του αναερόβιου κατωφλιού (Billat et al.,1999).

vAT: Η ταχύτητα που συμβαίνει στην περιοχή του αναερόβιου κατωφλιού.

Δρομική οικονομία (RE): Η κατανάλωση οξυγόνου που μετρήθηκε σε μια δοσμένη υπομέγιστη ταχύτητα (Zavorsky, Montgomery, Pearsall, 1998).

Αερόβια διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου: Τύπος διαλειμματικής

προπόνησης που χαρακτηρίζεται από ερεθίσματα άσκησης μικρής διάρκειας (10-30sec) με ένταση στο 100%-120% της vVO_{2max} και μικρά διαλείμματα ανάληψης (30sec-1min), (Billat, 2001).

Αερόβια διαλειμματική προπόνηση μεσαίου χρόνου: Τύπος διαλειμματικής προπόνησης που χαρακτηρίζεται από ερεθίσματα άσκησης μέσης διάρκειας (2-4min) και έντασης 90%-100% της vVO_{2max} καθώς και μεγάλα διαλείμματα ανάληψης (Billat, 2001).

Αναερόβια διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου: Τύπος διαλειμματικής προπόνησης που χαρακτηρίζεται από ερεθίσματα άσκησης πολύ μικρής διάρκειας (5-10sec) και μέγιστης έντασης 150-170% της vVO_{2max} με μεγάλα διαστήματα ανάληψης (1-4min) (Billat, 2001).

Αναερόβια ικανότητα: Η ικανότητα παραγωγής ενέργειας κατά τη διάρκεια άσκησης υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας, κατά την οποία δεν απαιτείται παρουσία οξυγόνου και δεν παρατηρείται χρέος οξυγόνου (Brooks, Fahey & White, 1996).

Αερόβια ικανότητα: Η ικανότητα του καρδιοαναπνευστικού συστήματος για μεταφορά οξυγόνου από την ατμόσφαιρα στους εργαζόμενους μύες καθώς και η ικανότητα χρησιμοποίησης του οξυγόνου από αυτούς (Shephard, 1994).

Περιορισμοί-Οριοθετήσεις

1) Τα συμπεράσματα της έρευνα αφορούσαν μέτρια προπονημένους (VO_{2max} =52ml/kg/min) φοιτητές ενός Πανεπιστημιακού Τμήματος (Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, ΤΕΦΑΑ).

2) Η ηλικία των συμμετεχόντων ήταν $20\pm 0,9$ yrs.

3) Οι συμμετέχοντες δεν ήταν υπέρβαροι, δεν αντιμετώπιζαν προβλήματα υγείας και ούτε μετείχαν σε οποιαδήποτε μορφή φαρμακευτικής αγωγής.

4) Οι συμμετέχοντες δεν είχαν ιστορικό σοβαρών τραυματισμών κατά την διάρκεια της προηγούμενης αθλητικής τους ενασχόλησης.

5) Οι συμμετέχοντες απείχαν τουλάχιστον 2 μήνες από συστηματική αθλητική προπόνηση.

6) Οι συμμετέχοντες είχαν ασχοληθεί παλαιότερα με κάποιο άθλημα-αγώνισμα. (4-5προπονήσεις/εβδομάδα).

7) Οι συμμετέχοντες έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον για την εκμάθηση των μεθόδων μέτρησης και επιστημονικής αξιολόγησης της αερόβιας αντοχής

(προηγήθηκε ατομική συζήτηση με κάθε υποψήφιο πριν ενταχτεί στην ερευνητική ομάδα) έτσι ώστε η δέσμευση τους για την υλοποίηση του δύσκολου και επίπονου προπονητικού προγράμματος να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη.

8) Οι συμμετέχοντες κατά το διάστημα της συμμετοχής τους στο ερευνητικό πρόγραμμα απείχαν από οποιαδήποτε αθλητική δραστηριότητα καθώς και από τα πρακτικά μαθήματα του Τ.Ε.Φ.Α.Α.

Ερευνητικές υποθέσεις

1. Με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου μικρής διάρκειας (ΜΙ.Δ) αναμένεται σημαντική βελτίωση στη VO_{2max} .
2. Με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΙ.Δ. αναμένεται σημαντική βελτίωση στη vVO_{2max} .
3. Με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΙ.Δ. αναμένεται σημαντική βελτίωση στο ΑΤ.
4. Με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΙ.Δ. δεν αναμένεται σημαντική βελτίωση στη RE.
5. Με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΙ.Δ. δεν αναμένεται σημαντική βελτίωση του T_{limit} .
6. Με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου μέσης διάρκειας (ΜΕ.Δ.) αναμένεται σημαντική βελτίωση στη VO_{2max} .
7. Με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΕ.Δ. αναμένεται σημαντική βελτίωση στη vVO_{2max} .
8. Με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΕ.Δ. αναμένεται σημαντική βελτίωση στο ΑΤ.
9. Με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΕ.Δ. δεν αναμένεται σημαντική βελτίωση στη RE.
10. Με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΕ.Δ. αναμένεται σημαντική μείωση του T_{limit} .



Μηδενικές υποθέσεις

1^η Μηδενική υπόθεση: Δεν θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΙ.Δ. στη VO_{2max} .

2^η Μηδενική υπόθεση: Δεν θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΙ.Δ. στη vVO_{2max} .

3^η Μηδενική υπόθεση: Δεν θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΙ.Δ. στο ΑΤ.

4^η Μηδενική υπόθεση: Θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΙ.Δ. στη RE.

5^η Μηδενική υπόθεση: Θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΙ.Δ. στον Tlimit.

6^η Μηδενική υπόθεση: Δεν θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΕ.Δ. στη VO_{2max} .

7^η Μηδενική υπόθεση: Δεν θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΕ.Δ. στη vVO_{2max} .

8^η Μηδενική υπόθεση: Δεν θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΕ.Δ. στο ΑΤ.

9^η Μηδενική υπόθεση: Θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΕ.Δ. στη RE.

10^η Μηδενική υπόθεση: Δεν θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές με την εφαρμογή της διαλειμματικής μεθόδου ΜΕ.Δ. στον Tlimit.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η ανάπτυξη της φυσικής ικανότητας της αντοχής είναι ευρέως γνωστό ότι δεν επιτυγχάνεται με μια και μόνο προπονητική μέθοδο. Οι διαφορετικές μορφές και τύποι αντοχής (περιφερειακή-τοπική, γενική-ειδική, κυκλική-άκυκλη) με τους οποίους αυτή προσδιορίζεται καθώς και οι διαφορετικές ενεργειακές απαιτήσεις (αερόβιες-αναερόβιες) που κατά περίπτωση θέτουν στον οργανισμό, δημιουργεί την ανάγκη για τη χρήση περισσότερων από μια προπονητικών μεθόδων για την ανάπτυξη και μεγιστοποίησή της.

Άλλοι παράγοντες όπως το είδος του αγωνίσματος, η βιολογική και προπονητική ηλικία, το επίπεδο απόδοσης, το σημείο στο οποίο βρίσκεται στον περιοδικό κύκλο (γενική περίοδος, ειδική, προαγωνιστική κτλ) καθώς και οι αγωνιστικοί στόχοι του αθλητή καθιστούν αναγκαίο τον συνδυασμό περισσότερων από μια προπονητικών μεθόδων για την ανάπτυξη του ιδανικού επιπέδου της φυσικής ικανότητας της αντοχής.

Κατά αυτό τον τρόπο οι βασικότεροι μέθοδοι για την ανάπτυξη της αντοχής είναι η συνεχόμενη και η διαλειμματική μέθοδος καθώς και πολλές παραλλαγές που απορρέουν από αυτές.

Συνεχόμενη Μέθοδος

Κατά την εφαρμογή της συνεχόμενης μεθόδου υπάρχει μια αδιάκοπη επιβάρυνση προπονητικά αποτελεσματική για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Το προπονητικό κέρδος αναμένεται κυρίως από τη σχετικά μεγάλη χρονική διάρκεια, στην οποία διεξάγονται αρκετά σταθερά οι φυσιολογικές διαδικασίες και προκύπτει μια οικονομικότερη διεξαγωγή των κινητικών επιδόσεων καθώς και μια διεύρυνση των λειτουργιών των συστημάτων του οργανισμού (Zintl, 1993). Η συνεχόμενη μέθοδος ανάλογα με τον επιδιωκόμενο προπονητικό στόχο μπορεί να εφαρμόζεται είτε με χαμηλή ένταση (αργός ρυθμός), είτε με μέση ένταση (μέσος ρυθμός) είτε με

υψηλή ένταση (γρήγορος ρυθμός).

Πιο συγκεκριμένα η συνεχόμενη μεθόδος, με χαμηλή ένταση, εκτελείται με μια ένταση ίση με το 45%-65% της VO_{2max} (ποσοστό 60-80% της αγωνιστικής ταχύτητας στη περιοχή του αερόβιου κατωφλιού) και έχει διάρκεια 30-120min. Είναι κατάλληλη για την βελτίωση της αερόβιας ικανότητας των αθλουμένων του μαζικού αθλητισμού. Χρησιμοποιείται όμως και σε επίπεδο πρωταθλητισμού με σκοπό την επιτάχυνση της αποκατάστασης μετά από προπονήσεις υψηλής έντασης, καθώς και για τη σταθεροποίηση των αερόβιων προσαρμογών. Γενικότερα η συνεχόμενη μεθόδος με χαμηλή ένταση προκαλεί μια διεύρυνση του αερόβιου μεταβολισμού συμπεριλαμβανομένης και της αύξησης των καύσεων των λιπών, πολλαπλασιασμού των μιτοχονδρίων, δραστηριοποίησης της β- οξειδωσης και σε μικρότερη έκταση βελτίωση της αποδόμησης του γλυκογόνου, οικονομικότερης καρδιακής εργασίας (μείωση της καρδιακής συχνότητας κατά την επιβάρυνση και στην ηρεμία), μικρής υπερτροφίας του καρδιακού μυός (περίπου μετά τους 140 σφυγμούς ανά λεπτό) και βελτίωσης της περιφερικής αιμάτωσης (Zintl, 1993). Η συνεχόμενη μεθόδος με μεσαία ένταση εκτελείται με μια ένταση ίση με το 70%-75% της VO_{2max} και διαρκεί 45- 90min (Soulas, 1993; Soulas, 2004). Οι προσαρμογές αυτής της μεθόδου είναι περίπου παρόμοιες με αυτές που συμβαίνουν και στη συνεχόμενη μεθόδο με χαμηλή ένταση.

Αντίθετα, η έντονη συνεχόμενη μεθόδος η οποία εκτελείται σε μια ένταση ίση με το 60%-90% της VO_{2max} (90-95% της αγωνιστικής ταχύτητας, στην περιοχή του αναερόβιου κατωφλιού) και διαρκεί 30-60min (σε ιδιαίτερες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και τα 90min) χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στον αθλητισμό υψηλών επιδόσεων με σκοπό την ανάπτυξη της αερόβιας ικανότητας. Η κατάλληλη εφαρμογή της διευρύνει τη VO_{2max} μέσω της αύξησης της τριχοειδούς αγγείωσης και της καλύτερης καρδιακής απόδοσης (υπερτροφία του καρδιακού μυός) μετατοπίζει προς τα δεξιά την ταχύτητα του αναερόβιου κατωφλιού, ενεργοποιεί τον μεταβολισμό του γλυκογόνου, αυξάνει της αποθήκες γλυκογόνου, προκαλεί συμψηφισμό του γαλακτικού οξέος κατά την επιβάρυνση, και τέλος συντελεί στον πολλαπλασιασμό του όγκου αίματος (Zintl, 1993).

Πέρα από τις παραπάνω συνεχόμενες μεθόδους τα τελευταία χρόνια αρκετοί ερευνητές προτείνουν τη χρήση ακόμη υψηλότερης έντασης σε δρόμους διάρκειας, με ταχύτητες ίσες με τη $vD50$ (ταχύτητες μεταξύ αυτής που αντιστοιχεί στο αναερόβιο κατώφλι και της vVO_{2max} περίπου 90% της vVO_{2max}) ή την «κρίσιμη

ταχύτητα» (που ως κρίσιμη ταχύτητα ορίζεται η ταχύτητα της άσκησης που βρίσκεται λίγο κάτω από τη vVO_{2max} στην οποία ο ασκούμενος μπορεί να πετύχει τη VO_{2max}), γιατί πιστεύουν ότι δραστηριοποιούν στο μέγιστο βαθμό τον αερόβιο μηχανισμό (Billat et al., 1999). Η συγκεκριμένη ένταση φαίνεται ότι αντιστοιχεί σε αυτή με την οποία διανύεται ένας δρόμος 10000m (McLellan & Cheung, 1992; Poole et al., 1988). Αυτή η μέθοδος διάρκειας προκαλεί σταδιακά μια αργή αύξηση της πρόσληψης οξυγόνου (VO_2) στον ασκούμενο (το φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως «slow component») οδηγώντας τελικά σε μέγιστη επιβάρυνση του αερόβιου μηχανισμού (VO_{2max}) ενώ τρέχει σε μια σταθερή ταχύτητα λίγο κάτω από τη vVO_{2max} . Κατά αυτό τον τρόπο ο αθλητής παρατείνει την προσπάθεια του διατηρώντας ταυτόχρονα χαμηλά επίπεδα οξέωσης και πολύ υψηλές έως μέγιστες αναλογίες της VO_{2max} (Lucia, Hoyos & Chicharro, 2000).

Φαίνεται όμως ότι υψηλή έως μέγιστη ενεργοποίηση της VO_{2max} , η οποία προκαλεί και τις υψηλότερες αερόβιες προσαρμογές λαμβάνει χώρα κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος vD50. Ερευνητές όπως οι Billat et al. (2000) διαπίστωσαν ότι 6 από τους 8 αθλητές με υψηλό αναερόβιο κατώφλι (υψηλή αναλογία της ταχύτητας του αναερόβιου κατώφλιού σε σχέση με τη $vVO_{2max}=83\%$ vVO_{2max}) αλλά μέτρια VO_{2max} (61ml/kg/min) τρέχοντας στην ατομική ταχύτητα που αντιστοιχούσε στη $vD50=vLT+50\%(vLT-vVO_{2max})$ κατάφεραν να ενεργοποιήσουν μέγιστα τον αερόβιο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας (έφτασαν στη VO_{2max}) εξαιτίας του φαινομένου «slow component». Αντίθετα 14 δρομείς υψηλού επιπέδου με (VO_{2max} 74.9±3ml/kg/min) αλλά και υψηλό αναερόβιο κατώφλι (84% της vVO_{2max}) τρέχοντας στη vD50 δεν κατάφεραν να ενεργοποιήσουν το 100% της αερόβιας ικανότητάς τους (VO_{2max}) αλλά σταθεροποιήθηκαν σε μια πρόσληψη ίση με 69.5 ml/kg/min δηλαδή 93% της VO_{2max} (Billat et al., 1998).

Με άλλα λόγια ενώ σε μέτριου επιπέδου δρομείς η χρήση της vD50 μπορεί να επιφέρει μέγιστη αερόβια κινητοποίηση και κατά συνέπεια μέγιστες αερόβιες προσαρμογές, οι δρομείς υψηλού επιπέδου μεγάλων αποστάσεων δεν μπορούν να φτάσουν μέσω του «slow component» σε μια μέγιστη κινητοποίηση του αερόβιου μηχανισμού παραγωγής ενέργειας (δημιουργία πλατώ πρόσληψης) για αυτό κρίνεται αναγκαία η χρησιμοποίηση και άλλων μεθόδων προπόνησης όπως της διαλειμματικής για την επίτευξη μέγιστων αερόβιων προσαρμογών .

Ιστορική εξέλιξη της προπόνησης με τη Διαλειμματική Μέθοδο (interval training)

Η διαλειμματική μέθοδος προπόνησης χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1912 από τον Ολυμπιονίκη των 10000m Hannes Kolehmainen (Φινλανδία). Αυτός εφάρμοσε ένα είδος διαλειμματικής προπόνησης με ένταση που αντιστοιχούσε στο ρυθμό των 10km. Εκτελούσε 5 έως 10 επαναλήψεις των 1.000m με ταχύτητα 19km/h. (3 έως 3:05min). Κατά την περίοδο 1920 έως 1930, περίοδο κατά την οποία ο Hill είχε ανακαλύψει την έννοια της VO_{2max} και του χρέους οξυγόνου ο μεγάλος Φινλανδός δρομέας Ranoo Nurmi (έτρεξε τα 5.000m. σε 14min:36sec) εισήγαγε τη διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου χρησιμοποιώντας εντάσεις μεγαλύτερες από την ειδική ταχύτητα του αγωνίσματος όπως 6X400m σε 60sec κατά τη διάρκεια αργού συνεχόμενου τρεξίματος στο δάσος.

Μετά τον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο η διαλειμματική προπόνηση έγινε η πιο δημοφιλής μέθοδος προπόνησης η οποία χρησιμοποιήθηκε από πολλούς γνωστούς ευρωπαίους δρομείς, όπως ο Τσεχοσλοβάκος Emil Zatopek (τριπλός Ολυμπιονίκης το 1952 στα 5.000 m, 10.000 m και στο Μαραθώνιο), ο Άγγλος Gordon Pirie (έτρεξε τα 3.000 m. σε 7min.57sec το 1960). Από τους παραπάνω ο πιο φημισμένος δρομέας ήταν ο Emil Zatopek ο οποίος εφάρμοσε τη διαλειμματική προπόνηση σε εντάσεις που αντιστοιχούσαν στις καλύτερες επιδόσεις του μεταξύ των 3.000 m και 10.000m, (Ettema, 1966) και οι οποίες αντιστοιχούσαν στο 85% της vVO_{2max} , ή και χαμηλότερα. Αυτός εκτελούσε πάνω από 100X400m κάθε μέρα παρεμβάλλοντας διαλείμματα 200m μέτρων με ταχύτητα που δεν διέφερε πολύ από αυτή των 400m

Η δεκαετία του '60 ήταν η περίοδος των πρώτων επιστημονικών ερευνών πάνω στη διαλειμματική προπόνηση. Οι πρώτες μελέτες που αφορούσαν αυτό το είδος προπόνησης έγιναν από τους Reindell et al. (1959) και από τους Reindell et al. (1962). Στη έρευνα των Reindell et al. (1962) ο Toni Nett κάνει αναφορά στη διαλειμματική προπόνηση που εφάρμοζε ο Sigfried Hermann (ατομικό ρεκόρ στα 1500m 3min:40sec:9) για την βελτίωση της ειδικής αντοχής των 1500m. Ο συγκεκριμένος δρομέας εκτελούσε 4X(6X200m) με παθητικό διάλειμμα 50-60sec ανάμεσα στα 200ρια και 8min μεταξύ των σετ. Τα 200ρια εκτελούνταν με μια ταχύτητα από 98%- 105% του μέσου όρου της ταχύτητας που έτρεχε τα 1500m.

Από τα παραπάνω βλέπουμε ότι κατά τα πρώτα χρόνια εφαρμογής της διαλειμματικής μεθόδου οι προπονητές και οι ερευνητές σχεδίαζαν και μελετούσαν

αυτό το είδος προπόνησης (τουλάχιστον ως προς την ένταση) βασιζόμενοι μόνο στις ταχύτητες που αντιστοιχούσαν στις καλύτερες προσωπικές επιδόσεις που είχαν πετύχει στα αγωνίσματα για τα οποία γυμναζόταν και όχι με βάση τις μεταβολικές απαντήσεις που αυτές προκαλούσαν στον οργανισμό.

Όμως το 1960 ο πρωτοπόρος Σουηδός επιστήμονας της φυσιολογίας Astrand ανέπτυξε τη διαλειμματική προπόνηση μέσης διάρκειας με ένταση 90–95% της vVO_{2max} . Χρησιμοποιώντας διάρκεια ερεθίσματος 3min σε ένταση 90-92% της vVO_{2max} διαπίστωσε ότι οι ασκούμενοι έφταναν κοντά στα επίπεδα της VO_{2max} κατά τις τελευταίες επαναλήψεις, παρά το γεγονός ότι το διάλειμμα μεταξύ των επιβαρύνσεων ήταν πλήρης ξεκούραση. Η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα ήταν υψηλή (16,6 mmol/L). Οι Astrand et al. (1960) θεωρούσαν ότι αυτό το είδος προπόνησης ήταν μια από τις καλύτερες μεθόδους διαλειμματικής προπόνησης για τη βελτίωση της VO_{2max} αφού όλοι οι καρδιοαναπνευστικοί παράμετροι επιβαρύνονταν στο μέγιστο.

Την ίδια δεκαετία οι Christensen, Hedman και Saltin, (1960) ανακοίνωσαν τη πρώτη μελέτη που περιέγραφε τις μεταβολικές απαντήσεις που λάμβαναν χώρα κατά τη διάρκεια διαλειμματικών προπονήσεων πολύ μικρού χρόνου (5-30sec) και έντασης ίση με 100% της vVO_{2max} . Οι συγκεκριμένοι ερευνητές διαπίστωσαν ότι διαστήματα επιβαρύνσεων 15sec ακολουθούμενα από παθητικό διάλειμμα ίσης διάρκειας έδιναν την δυνατότητα σε έναν ασκούμενο με VO_{2max} 67ml/kgf/min να εργάζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα (30min) σε υψηλή ταχύτητα (100% vVO_{2max}) και να φτάνει στη VO_{2max} στο τέλος του προγράμματος και μάλιστα με πολύ χαμηλή συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα (2.3mmol/L). Στην ίδια έρευνα όμως διαπιστώθηκε ότι ο ίδιος ασκούμενος χρησιμοποιώντας μικρότερο διάλειμμα (10sec) έφτασε στο 95% της VO_{2max} από το 18^ο λεπτό ενώ στο τέλος της άσκησης η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος ήταν επίσης χαμηλή (5.6mmol/L). Ωστόσο εξαιτίας της παθητικής αποκατάστασης η VO_2 κυμαίνονταν μεταξύ 89% και 95% της VO_{2max} . Αξιοσημείωτο είναι ότι οι μελέτες εκείνη την περίοδο πραγματοποιούνταν χωρίς να υπάρχει ο απαραίτητος τεχνολογικός εξοπλισμός για τον αυτόματο υπολογισμό της VO_{2max} .

Την ίδια περίοδο ο Νεοζηλανδός προπονητής Arthur Lydiard (προπονητής του δύο φορές Ολυμπιονίκη του 1960 και 1964 Peter Snell) εφάρμοσε μια διαλειμματική προπόνηση πολύ μικρού χρόνου (10-15sec) με ένταση 100% της vVO_{2max} αλλά με ανάλογης διάρκειας ενεργητικά διαλείμματα (30-40% vVO_{2max}). Αυτή η παραλλαγή της μικρού χρόνου διαλειμματικής προπόνησης επέτρεπε στους ασκούμενους να

εργάζονται στη VO_{2max} για ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα (Billat, 2001a).

Κατά τη δεκαετία του 1970 άρχισε πλέον να γίνεται ακόμη συστηματικότερη η μέτρηση της VO_{2max} στους αθλητές και αργότερα, στη δεκαετία του 1980, άρχισε να χρησιμοποιείται συστηματικά η μέτρηση του γαλακτικού κατώφλιού. Δυτικογερμανοί φυσιολόγοι όπως ο Alois Mader προσδιόρισαν το γαλακτικό κατώφλι στα 4 mmol/l. Η δεκαετία του '80 ήταν η χρονιά ανάδειξης εκπληκτικών δρομέων όπως ο Sebastian Coe (800m, 1.500m). Ο Sebastian Coe εκτελούσε αερόβια και αναερόβια διαλειμματική προπόνηση καθώς και κυκλική προπόνηση για την ανάπτυξη της αντοχής στη δύναμη. Βορειοαφρικανοί δρομείς όπως ο Said Aouita (παγκόσμια ρεκόρ από τα 1.500m. έως τα 5km.) χρησιμοποιούσε διαλειμματική προπόνηση με διαφορετικές ταχύτητες κατά την ίδια προπονητική μονάδα. Έτσι στην ίδια διαλειμματική προπόνηση έτρεχε σε ταχύτητες που αντιστοιχούσαν αρχικά στο γαλακτικό steady – state, στη συνέχεια σε ταχύτητες των 5.000m (94% της vVO_{2max}) και ολοκλήρωνε την προπόνηση με ταχύτητες που αντιστοιχούσαν σε αυτές των 1.500m. Οι αποστάσεις που χρησιμοποιούσε ως διαστήματα επιβάρυνσης ήταν μεταξύ 3000m και 200m (Billat, 2001a).

Διαλειμματική Προπόνηση

Η διαλειμματική μέθοδος προπόνησης χαρακτηρίζεται από τη σχεδιασμένη εναλλαγή των φάσεων επιβάρυνσης και αποκατάστασης (Κέλλης, 2003). Ο Grosser, (2000) μελετώντας την επίδραση του «αμειβόμενου» διαλείμματος (μη πλήρες διάλειμμα) διαπίστωσε ότι ενώ κατά την διάρκεια της επιβάρυνσης προκαλείται αύξηση της καρδιακής πίεσης που έχει ως συνέπεια την υπερτροφία του καρδιακού μυός, κατά το αμειβόμενο διάλειμμα δημιουργούνται συνθήκες για διεύρυνση των κοιλιών με αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου παλμού.

Πολλοί ερευνητές μελετώντας την διαλειμματική προπόνηση διαπίστωσαν ότι δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες και προϋποθέσεις έτσι ώστε ο ασκούμενος να ενεργοποιεί τον αερόβιο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (σε σχέση με τη συνεχόμενη μέθοδο) κορυφώνοντας τις φυσιολογικές και λειτουργικές του παραμέτρους (μεγαλύτερο διάστημα παραμονής στην VO_{2max} , δραστηριοποίηση των FT ινών) διατηρώντας σε χαμηλότερα επίπεδα τις αναερόβιες μεταβολικές διεργασίες του οργανισμού (τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος) που προκαλούν τον κάματο (Astrad & Rodahl, 1970; Christensen, Hedman & Saltin, 1960).

Η διαλειμματική προτείνεται ως μία από τις αποτελεσματικότερες μεθόδους για την βελτίωση της αερόβιας ικανότητας σε δρομείς οποιουδήποτε επιπέδου (Astrad et al., 1960; Billat, 2001a; Billat et al., 2000; Tabata et al., 1997). Πέρα όμως από τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας η διαλειμματική μέθοδος θεωρείται από πολλούς ερευνητές και ως η καταλληλότερη και αποτελεσματικότερη μέθοδος για την βελτίωση της αναερόβιας ικανότητας (Billat, 2001b).

Γενικά η διαλειμματική μέθοδος ανάλογα με τον συνδυασμό των στοιχείων επιβάρυνσης που την απαρτίζουν (ένταση, διάρκεια, ποσότητα, διάλειμμα και είδος διαλείμματος) οδηγεί κατά περίπτωση στην επικράτηση και διαφορετικών ενεργειακών συστημάτων για παροχή ενέργειας στον οργανισμό (αερόβιων, αναερόβιων) με συνέπεια να προκαλούνται και αντίστοιχες προσαρμογές. Ανάλογα με τις μεταβολικές προσαρμογές που επικρατούν στον οργανισμό (αερόβιες ή αναερόβιες), η διαλειμματική προπόνηση χωρίζεται αντίστοιχα σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στην αερόβια και στην αναερόβια διαλειμματική προπόνηση.

Αερόβια Διαλειμματική Προπόνηση

Η διαλειμματική προπόνηση που προκαλεί την κινητοποίηση του αερόβιου μεταβολισμού σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι του αναερόβιου μεταβολισμού χαρακτηρίζεται ως αερόβια διαλειμματική προπόνηση (Billat, 2001a). Μελέτες απέδειξαν ότι η διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου εμποδίζει την εξάντληση των αποθεμάτων μυϊκού γλυκογόνου εξαιτίας της χρησιμοποίησης μεγαλύτερου ποσοστού λιπών σε σχέση με το συνεχόμενο τρέξιμο παρόμοιας έντασης (Essen et al. 1977).

Ο Essen, (1978) μελετώντας την εξάντληση του μυϊκού γλυκογόνου που προκαλεί η άσκηση υψηλής έντασης [102% της pVO_{2max} (μέγιστης αερόβιας ισχύος)] με συνεχόμενο τρέξιμο διάρκειας ($T_{limit}=4-6min$) και με διαλειμματικό τρόπο [έντασης 112% της pVO_{2max} , διάρκειας ερεθίσματος:διαλείμματος (15sec:15sec), συνολικής διάρκειας=60min, διάλειμμα παθητικής ξεκούρασης] διαπίστωσε ότι η διαλειμματική προπόνηση προκάλεσε σημαντική αλλά παρόμοια μείωση του μυϊκού γλυκογόνου τόσο στις τύπου I μυϊκές ίνες όσο και στις τύπου II (A&B) ενώ το συνεχόμενο τρέξιμο μέχρι εξάντλησης (T_{limit}) είχε σαν αποτέλεσμα την μεγαλύτερη εξάντληση του μυϊκού γλυκογόνου των μυϊκών ινών II (A&B) από ότι αυτών του τύπου I. Στην ίδια έρευνα το επίπεδο γαλακτικού οξέος που μετρήθηκε μετά τη διαλειμματική προπόνηση ήταν σημαντικά μικρότερο (2mmol/L)σε σύγκριση με

αυτό που βρέθηκε μετά την συνεχόμενη μέθοδο (10 mmol/L).

Στην προσπάθεια τους οι επιστήμονες να ανακαλύψουν αποτελεσματικότερες μεθόδους προπόνησης για την βελτίωση της αερόβιας ικανότητας μελέτησαν πολλά διαλειμματικά πρωτόκολλα μικρού, μεσαίου και μακρού χρόνου ως προς την διάρκεια ερεθίσματος την ένταση το διάλειμμα κ.τ.λ.

Έρευνες όπως αυτή των Edwards et al. (1973) μελετώντας τη δραστηριότητα του οξυγόνου σε μια από τις δημοφιλέστερες διαλειμματικές προπονήσεις μικρού χρόνου (διάρκεια ερεθίσματος 30sec, ένταση 100% της pVO_{2max} , αναλογία διαλείμματος:ερεθίσματος=1:1, ενεργητικό διάλειμμα στο 50% pVO_{2max} .) βρήκαν ότι η VO_2 (αερισμός και η καρδιακή συχνότητα) παρέμεινε υψηλή κατά την διάρκεια των πρώτων 20sec του διαλείμματος και δεν έπεφτε αισθητά έως τα 30sec μετά το τέλος της τελευταίας προσπάθειας. Μια επίσης σημαντική έρευνα των Fox et al. (1977) αξιολογώντας ένα παρόμοιο πρωτόκολλο διαλειμματικής προπόνησης τουλάχιστον ως προς τη διάρκεια ερεθίσματος (30sec) και την αναλογία ερεθίσματος-διαλείμματος (1:1) αλλά διαφορετικής όμως έντασης (120% της vVO_{2max}) και είδος διαλείμματος, (παθητικού) παρατήρησαν ότι η VO_2 έφτασε μόνο στο 70% της VO_{2max} κατά την διάρκεια εφαρμογής αυτού του πρωτοκόλλου διαλειμματικής, ενώ η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα ήταν ίση με 14 mmol/L.

Οι Gorostiaga, Walter, Foster και Hickson, (1991) μελετώντας επίσης μια διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου (διάρκεια ερεθίσματος 30sec, έντασης ίση με το 100% vVO_{2max}) αλλά χρησιμοποιώντας επίσης παθητικό διάλειμμα 30sec διαπίστωσαν ότι προκαλούσε μεγαλύτερη αύξηση της VO_{2max} από ότι το συνεχόμενο τρέξιμο στο 70% της vVO_{2max} . Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι και οι δύο τρόποι προπόνησης αποσπούσαν μια VO_2 ίση με το 70% VO_{2max} κατά την διάρκεια της προπόνησης. Παλαιότερα οι Christensen et al. (1960) διαπίστωσαν ότι επιβαρύνσεις των 15sec ακολουθούμενες από παθητικό διάλειμμα ίσης διάρκειας έδιναν την δυνατότητα σε έναν ασκούμενο με VO_{2max} 67ml/kg/min να εργάζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα (30min) σε υψηλή ταχύτητα (100% vVO_{2max}) και να φτάνει στη VO_{2max} στο τέλος του προγράμματος και μάλιστα με πολύ χαμηλή συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα (2.3mmol/L). Στην ίδια έρευνα όμως διαπίστωσαν ότι ο ίδιος ασκούμενος χρησιμοποιώντας μικρότερο διάλειμμα (10sec) έφτασε στο 95% της VO_{2max} από το 18^ο λεπτό ενώ στο τέλος της άσκησης η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος ήταν επίσης χαμηλή (5.6 mmol/L).

Οι Billat et al. (2000) αναφέρουν ότι διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου

(διάρκεια ερεθίσματος 30sec, ένταση 100% της vVO_{2max} , ενεργητικό διάλειμμα 30sec στο 50% της vVO_{2max}) ανάγκαζε τους δρομείς να μένουν στη VO_{2max} ακόμη και κατά την διάρκεια των διαλειμμάτων από την 5^η κιάλας επανάληψη έως και την 18^η. Κατά αυτό τον τρόπο οι δρομείς διατηρούσαν μια επιβάρυνση στη VO_{2max} για 10min (δηλαδή το 83% του χρόνου που έτρεχαν με το 100% της vVO_{2max}) ενώ η μέση συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα ήταν ίση με 7.4 ± 1.8 mmol/L. Μια άλλη διαπίστωση που έκαναν οι παραπάνω ερευνητές ήταν ότι ενώ οι δρομείς έφταναν στη VO_{2max} από τις πρώτες κιάλας επαναλήψεις η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα μεταξύ 3^{ου} και 6^{ου} λεπτού παρέμεινε σε επίπεδα κάτω των 4 mmol/L. Το εύρημα αυτό ήταν πολύ σημαντικό γιατί κατέρριπτε την μέχρι τότε αντίληψη των Amstrand et al. (1960) ότι μόνο με μια υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα, κατά την διάρκεια μιας διαλειμματικής προπόνησης, προκαλείται επιβάρυνση κοντά η ίση με την VO_{2max} . Βέβαια οι Amstrand et al. (1960) είχαν προβεί σε αυτό το συμπέρασμα εξετάζοντας μια διαλειμματική προπόνηση με διάρκεια ερεθίσματος 2-3min και παθητικό διάλειμμα ενώ η ένταση ερεθίσματος ήταν μεταξύ 90% και 92% της vVO_{2max} .

Οι Brooks, Fuhey και Whine, (1996) πιστεύουν ότι η διαλειμματική προπόνηση σε εντάσεις που σχετίζονται με τη VO_{2max} (vVO_{2max}) ίσως μεγιστοποιούν τη βελτίωση της VO_{2max} ως αποτέλεσμα μιας σημαντικής αύξησης της πυκνότητας των μιτοχονδρίων. Πέρα όμως από τα προπονητικά οφέλη η διαλειμματική προπόνηση προκαλεί αύξηση του ρυθμού απομάκρυνσης του γαλακτικού ο οποίος εξαρτάται απευθείας από τον ρυθμό συγκέντρωσης του (π.χ όσο μεγαλώνει η συγκέντρωση του γαλακτικού τόσο αυξάνει και ο ρυθμός απομάκρυνσης). Στην ίδια έρευνα οι Brooks et al. (1996) προτείνουν ενεργητικό διάλειμμα για να προκαλέσουν την γρηγορότερη απομάκρυνση του γαλακτικού και κατά αυτό τον τρόπο να εμποδίσουν μια υψηλή συγκέντρωσή του.

Πολλοί άλλοι ερευνητές όπως οι Newsholme et al. (1986) εξέφρασαν ίδιες απόψεις όσο αφορά την συμπεριφορά του γαλακτικού οξέος με τη χρήση ενεργητικού διαλείμματος. Πιο συγκεκριμένα αναφέρουν ότι παρά την υψηλή συγκέντρωση γαλακτικού οξέος που παρατηρείται κατά την διάρκεια υψηλής έντασης διαλειμματικής προπόνησης (πάνω από το αναερόβιο κατώφλι) η χρήση βαδίσματος ή χαλαρού τρεξίματος κατά την διάρκεια του διαλείμματος τείνει να αυξήσει τον ρυθμό αποδόμησης του γαλακτικού οξέος. Εν τούτοις η Billat (2001a), μετά την μελέτη αρκετών ερευνών, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι κατά την διάρκεια μιας

υψηλής έντασης διαλειμματικής προπόνησης το ενεργητικό διάλειμμα σε σχέση με το παθητικό όχι μόνο αποσπά και διατηρεί τη VO_{2max} , αλλά παράλληλα ενεργοποιεί την απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος διατηρώντας το κοντά στα επίπεδα του MLSS (4 mmol/L).

Γενικότερα η Billat, (2001a) θεωρεί ότι τα οφέλη (αποτελεσματικότητα) της διαλειμματικής προπόνησης σχετικά με τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας (ειδικότερα της VO_{2max}) εξαρτώνται από το χρόνο επιβάρυνσης του ασκούμενου στη VO_{2max} , αλλά και από την συνολική απόσταση που καλύπτει σε υψηλή ταχύτητα.

Αρκετές επίσης είναι και οι έρευνες που αφορούσαν την αποτελεσματικότητα αερόβιων διαλειμματικών πρωτοκόλλων μεσαίου και μακρού χρόνου.

Οι Fox et al. (1975) θεωρούν ότι μια τυπική διαλειμματική προπόνηση αποτελούμενη από επαναλήψεις διάρκειας 1-8min σε ένταση που κυμαίνεται μεταξύ 90% και 100% της vVO_{2max} είναι το πιο αποτελεσματικό πρόγραμμα για την βελτίωση της VO_{2max} και της επίδοσης των δρομέων μεσαίων αποστάσεων. Σε παλαιότερες έρευνες όπως αυτή των Astrand et al. (1960) διαπιστώθηκε επίσης ότι διαλειμματική προπόνηση διάρκειας ερεθίσματος ίση με 2-3min με ένταση ίση με το 98% της VO_{2max} και παθητικό διάλειμμα, οδηγούσε τους ασκούμενους στην επίτευξη του 100% της VO_{2max} σε αντίθεση με τη διαλειμματική προπόνηση διάρκειας ερεθίσματος 30sec και ίδιας έντασης που τους οδηγούσε στη κινητοποίηση του 98% της VO_{2max} .

Οι Demaria, Koralszstein και Billat, (2000) μελετώντας μια διαλειμματική προπόνηση μεσαίου χρόνου (διάρκεια ερεθίσματος 2min, έντασης ίσης με τη pVO_{2max} , συνολικής διάρκειας 2X7min και διάλειμμα διάρκειας μέχρι την επαναφορά των καρδιακών σφυγμών στους 130 beat/min) διαπίστωσαν ότι η VO_2 έφτανε στο 70% στο πρώτο λεπτό και στο 100% της VO_{2max} κατά το δεύτερο λεπτό. Κατά αυτό τον τρόπο ο συνολικός χρόνος παραμονής στη VO_{2max} ήταν 7min και δεν διέφερε σημαντικά από το χρόνο παραμονής κατά την εφαρμογή συνεχόμενης δρομικής άσκησης λίγο πάνω από την κρίσιμη ταχύτητα (90% vVO_{2max} +)

Σε μια άλλη έρευνα οι Vuorimaa, Vasankari και Rusko, (2000) προσπάθησαν να διερευνήσουν την αποτελεσματικότητα (αερόβια-αναερόβια) δυο διαφορετικών πρωτοκόλλων διαλειμματικής προπόνησης μεσαίου χρόνου (α και β) υπολογίζοντας την κατανάλωση οξυγόνου, το έλλειμμα οξυγόνου καθώς και τη παραγωγή γαλακτικού οξέος σε δρομείς μεσαίων αποστάσεων. Από τα αποτελέσματα της έρευνας φάνηκε ότι το β πρωτόκολλο (διάρκεια ερεθίσματος 2min, έντασης ίση με το

100% της vVO_{2max} και παθητικό διάλειμμα ίσης διάρκειας) προκαλούσε σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση τόσο της VO_{2max} όσο και του γαλακτικού οξέος (12% και 79% αντίστοιχα) σε σύγκριση με τις αντίστοιχες μεταβολικές απαντήσεις που λάμβαναν χώρα κατά την εφαρμογή του α πρωτοκόλλου (διάρκεια ερεθίσματος 1min, έντασης ίση με το 100% της vVO_{2max} και παθητικό διάλειμμα ίσης διάρκειας) στους ίδιους αθλητές. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που βρέθηκε ήταν ότι στο β πρωτόκολλο παρατηρήθηκε σημαντικά υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας μέσω αερόβιων διεργασιών από ότι στο α ($81 \pm 2.7\%$ και $70.2 \pm 2.6\%$ αντίστοιχα). Λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία αυτά οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ερεθίσματα άσκησης 2min στην vVO_{2max} ενεργοποιούν περισσότερο τόσο τον αερόβιο όσο και τον αναερόβιο μηχανισμό σε σχέση με ερεθίσματα άσκησης 1min και όμοιας έντασης.

Οι Millet et al. (2003) συγκρίνοντας την αποτελεσματικότητα τριών διαφορετικών διαλειμματικών προπονήσεων με διάρκεια ερεθίσματος α) 30sec:30sec, β) 60sec:30sec & γ) $\frac{1}{2}$ Tlimit : $\frac{1}{2}$ Tlimit, συνολικής διάρκειας 3XTlimit, ένταση ερεθίσματος 100% της vVO_{2max} και ενεργητικό διάλειμμα με ταχύτητα ίση με το 50% της vVO_{2max} , διαπίστωσαν ότι κατά τις διαλειμματικές προπονήσεις β και γ οι αθλητές δούλευαν για σημαντικά μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μεταξύ 90%-95% της VO_{2max} από ότι στην α. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι κατά τη διαλειμματική προπόνηση 60sec:30sec ο χρόνος που οι αθλητές εργάζονταν κοντά VO_{2max} (90%-95% της VO_{2max}) ήταν σχεδόν ίδιος με αυτών των αθλητών που εφάρμοσαν τον τύπο $\frac{1}{2}$ Tlimit: $\frac{1}{2}$ Tlimit. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι για να επιτευχθεί και να διατηρηθεί μια επιβάρυνση κοντά στη VO_{2max} κατά την διάρκεια μιας διαλειμματικής προπόνησης δεν είναι αναγκαίο οι προπονητές να βασιστούν μόνο στο Tlimit των αθλητών για να καθορίσουν την διάρκεια των ερεθισμάτων (επαναλήψεων) όταν η ένταση είναι ίση με το 100% της vVO_{2max} . Βέβαια αυτό έρχεται σε αντίθεση με το βασικό συμπέρασμα της έρευνας των Hill και Rowell, (1997) οι οποίοι πιστεύουν ότι η διάρκεια του ερεθίσματος θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με την διάρκεια που απαιτείται κατά το Tlimit-test έτσι ώστε ο ασκούμενος να φτάσει στη VO_{2max} και η οποία στην ερευνά τους ήταν ίση με το 60% του Tlimit. Επιπρόσθετα αθλητές με μεγαλύτερο Tlimit στη vVO_{2max} χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να φτάσουν στο 90% της VO_{2max} από ότι αυτοί με μικρότερο Tlimit. Γι' αυτό το λόγω οι αθλητές με μεγαλύτερο Tlimit ωφελούνται περισσότερο από τη χρήση διαλειμματικής προπόνησης μεσαίου χρόνου από ότι μικρού (π.χ 30sec : 30sec). Για να μπορέσουν

όμως οι αθλητές αυτοί να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα μιας τέτοιας προπόνησης (μεσαίου χρόνου) θεωρείται αναγκαία η χρήση του Tlimit ως σημείου αναφοράς για να οριστεί η διάρκεια ερεθίσματος (Millet et al., 2003).

Πολλοί άλλοι ερευνητές προσπάθησαν να μελετήσουν τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της αερόβιας διαλειμματικής προπόνησης χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα που βασιζόταν στο ατομικό Tlimit των συμμετεχόντων. Με σκοπό να μελετηθεί ποιος τύπος διαλειμματικής προπόνησης ενεργοποιεί μέγιστα και για μεγαλύτερη διάρκεια τον αερόβιο μηχανισμό οι Billat et al. (1996) συνέκριναν δύο τύπους διαλειμματικής προπόνησης μεσαίου χρόνου. Το πρώτο πρωτόκολλο διαλειμματικής προπόνησης περιλάμβανε ερεθίσματα διάρκειας 2min σε ένταση που αναλογούσε στο 100% της vVO_{2max} και με διαλείμματα ίδιας διάρκειας (παθητικό) ενώ το δεύτερο πρωτόκολλο αποτελούνταν από ερεθίσματα που αντιστοιχούσαν στο 50% του ατομικού Tlimit του κάθε αθλητή, σε ένταση ίση με την vVO_{2max} ενώ το διάλειμμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν ενεργητικό (60% της vVO_{2max}). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι πολύ καλά προπονημένοι δρομείς (VO_{2max} : 69 ± 4.3 ml/kg/min και vVO_{2max} : 21.4 km/h) χρησιμοποιώντας συνολική διάρκεια ερεθίσματος 5X50% Tlimit στη vVO_{2max} κατάφεραν να παραμείνουν στη VO_{2max} για σημαντικά μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από ότι χρησιμοποιώντας την κλασική διαλειμματική προπόνηση διάρκειας 2min. Μάλιστα η εφαρμογή από αθλητές ημιαντοχής-αντοχής υψηλού επιπέδου (VO_{2max} : 71.6 ml/kg/min) μιας και μόνο διαλειμματικής προπόνησης κάθε εβδομάδα αποτελούμενη από 5X50% Tlimit για χρονικό διάστημα 4 εβδομάδων, είχε σαν αποτέλεσμα μια σημαντική αύξηση της vVO_{2max} (από 20.5 ± 0.7 km/h σε 21.1 ± 0.8 km/h) ως συνέπεια της σημαντικής βελτίωσης της RE κατά 6% καθώς επίσης και της σημαντικής βελτίωσης της ταχύτητας στο αναερόβιο κατώφλι (vAT). Αντιθέτως δεν παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της VO_{2max} (Billat et al., 1999).

Οι Smith, Mc Naughton και Marsall, (1999) χρησιμοποιώντας διαλειμματική προπόνηση παρόμοιας έντασης (vVO_{2max}) αλλά με διάρκεια ερεθίσματος 60%- 75% του Tlimit δύο φορές την εβδομάδα, (συν μια προπονητική μονάδα 30min με ένταση 60% της vVO_{2max}) βελτίωσαν επίσης σημαντικά την VO_{2max} (από 61 ml/kg/min σε 64.5 ml/kg/min), την vVO_{2max} (από 20.5 km/h σε 21.3 km/h) τον χρόνο ανοχής αυτής της ταχύτητας (Tlimit) και την επίδοση στα 3000m καλά γυμνασμένων αθλητών (VO_{2max} = 61.5 ± 6.1 ml/kg/min) μέσα σε ένα διάστημα τεσσάρων εβδομάδων. Η αναλογία άσκησης : διαλείμματος ήταν 2:1.

Αντιστρέφοντας την αναλογία από 2:1 σε 1:2 και αυξάνοντας των αριθμό των επαναλήψεων από 5 σε 8 οι Smith et al. (2000) μελέτησαν την αποτελεσματικότητα δύο διαλειμματικών προγραμμάτων στο 60% και στο 75% του Tlimit αντίστοιχα σε δρομείς αντοχής. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική αύξηση της ταχύτητας στο αναερόβιο κατώφλι αλλά και στην επίδοση στον δρόμο των 3000m στην ομάδα που προπονήθηκε με ερεθίσματα διάρκειας στο 60% του Tlimit σε σύγκριση με την ομάδα που γυμνάστηκε στο 75% του Tlimit. Αξίζει να ληφθεί σοβαρά υπόψη ότι η ομάδα που ασκήθηκε με το 60% του Tlimit είχε χαμηλές αφετηριακές τιμές παρά τον τυχαίο διαχωρισμό του δείγματος και αυτό πιθανόν εγείρει ερωτηματικά για εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Τέλος μια άλλη ερευνητική ομάδα αποτελούμενη από τους Laursen, Shing, Peake, Coombes και Jenkins, (2002) παρατήρησε ότι πολύ καλά προπονημένοι ποδηλάτες αντοχής χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα διαλειμματικής προπόνησης όπου η διάρκεια ερεθίσματος ήταν βασισμένη στο ατομικό Tlimit του κάθε αθλητή (συγκεκριμένα ήταν ίση με το 60% του Tlimit) βελτίωσαν σημαντικά τη VO_{2max} σε σχέση με αυτούς που χρησιμοποίησαν μικρού χρόνου διαλειμματική προπόνηση (30sec) υψηλής έντασης στους οποίους δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή της ίδιας παραμέτρου (5.4%-8.1% και 1% αντίστοιχα). Πιο συγκεκριμένα το α) πρωτόκολλο περιελάμβανε 8X60% Tlimit (άσκηση : ανάληψη 1:2) το β) αποτελούνταν από 8X60% Tlimit με ενεργητικό διάλειμμα 1:1 στο 65% της M.H.R. τέλος το γ) πρωτόκολλο περιελάμβανε 12X30sec με διάλειμμα 4.5min σε μια ένταση ίση με το 170% της μέγιστης παραγόμενης ισχύος. Οι διαλειμματικές προπονήσεις διεξάγονταν με συχνότητα δύο φορές την εβδομάδα ενώ τις υπόλοιπες ημέρες πραγματοποιούνταν χαμηλής έντασης προπονητικά προγράμματα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι και οι τρεις ομάδες βελτίωσαν σημαντικά τόσο τον χρόνο στα 40km (από 4.4% έως 5.8%) όσο και την μέγιστη παραγόμενη ισχύ (από 3.0 έως 6.2%)

Ο αποτελεσματικότερος συνδυασμός των διαφορετικών παραμέτρων της διαλειμματικής προπόνησης παρά το γεγονός ότι παραμένει ένα θέμα ανοιχτό για συζήτηση είναι πιθανό να εξαρτάται από το ποσοστό της VO_{2max} που αποσπάται καθώς και από το χρόνο που αυτό το ποσοστό διατηρείται κατά την διάρκεια της προπόνησης (Billat, 2001a; Demaria et al., 2000; Robinson et al., 1991; Tabata et al., 1997).

Αναερόβια Διαλειμματική Προπόνηση

Η διαλειμματική προπόνηση που προκαλεί την κινητοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού (αγαλακτικού-γαλακτικού) σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι του αερόβιου μεταβολισμού χαρακτηρίζεται ως αναερόβια διαλειμματική προπόνηση (Billat, 2001a).

Οι μέχρι τώρα μελέτες όσον αφορά τις επιδράσεις (μεταβολικές, φυσιολογικές, προπονητικές) της αναερόβιας διαλειμματικής προπόνησης μπορούν να χωριστούν σε αυτές όπου η ένταση και η διάρκεια των ερεθισμάτων διατηρείται σταθερή (ένταση 130%-160% της VO_{2max} , διάρκεια ερεθίσματος 10-15sec.) ενώ μεταβάλλεται το διάλειμμα (από 15- 40sec). Σε αυτή την κατηγορία ερευνών μελετήθηκε ο χρόνος ανοχής μιας άσκησης ως την εξάντληση (T_{limit}) που πραγματοποιούνταν με συνεχόμενο ή με διαλειμματικό τρόπο (ο αριθμός των επαναλήψεων που ο ασκούμενος ήταν σε θέση να εκτελέσει με τη χρήση διαφορετικής διάρκειας διαλειμμάτων όπως 15sec,30sec,45sec ως την εξάντληση, (Billat, 2001b). Μια αντιπροσωπευτική έρευνα της κατηγορίας αυτής είναι των Margaria et al. (1969) οι οποίοι μελέτησαν το συνολικό χρόνο ανοχής ως την εξάντληση (T_{limit}) τριών διαφορετικών ως προς το διάλειμμα διαλειμματικών πρωτοκόλλων (10sec, 20sec, 30sec) και ενός με συνεχόμενο τρόπο σε ταχύτητα ίση με το 160% vVO_{2max} . Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι με ταχύτητα ίση με 160% vVO_{2max} οι αθλούμενοι άντεξαν συνεχόμενα (T_{limit}) 32sec ενώ με τη χρήση των τριών διαλειμματικών πρωτοκόλλων (διάλειμματα 10sec, 20sec και 30sec) κατάφεραν να πετύχουν T_{limit} 100sec, 200sec αντίστοιχα για τα δύο πρώτα πρωτόκολλα ενώ δεν προσδιορίστηκε ο T_{limit} του τρίτου. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η χρήση ενός διαλείμματος 10sec έδωσε την δυνατότητα στους αθλητές να τριπλασιάσουν το T_{limit} (σε σχέση με αυτό που πέτυχαν με τη συνεχόμενη προσπάθεια.) ενώ ο διπλασιασμός του διαλείμματος (20sec) επέτρεψε στους ασκούμενους να διπλασιάσουν το T_{limit} σε σχέση με αυτό που πέτυχαν με 10sec διάλειμμα. Ένα άλλο συμπέρασμα που προκύπτει από τις διαφορετικές συγκεντρώσεις γαλακτικού σε κάθε ένα από τα διαλειμματικά πρωτόκολλα (11mmol/L και 7mmol/L για αυτά με διάλειμμα 10sec και 20sec ενώ μόλις 2 mmol/L για αυτό με διάλειμμα 30sec) είναι ότι κατά την διάρκεια διαλειμματικής προπόνησης μικρής διάρκειας και υψηλής έντασης η διάρκεια του διαλείμματος καθορίζει πιο μεταβολικό μονοπάτι θα επικρατήσει. Κατά αυτό τον τρόπο αν μια διαλειμματική προπόνηση προκαλέσει



έλλειμμα οξυγόνου μεγαλύτερο από 0.5L/min (το οποίο αντιστοιχεί στο αγαλακτικό αναερόβιο ισοδύναμο του οξυγόνου) αυτή η διαλειμματική προπόνηση θα ενεργοποιήσει τον αναερόβιο γαλακτικό μηχανισμό. Στα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φαίνεται καθαρά ότι ένα διάλειμμα μικρότερο των 30sec προκαλούσε την σημαντική ενεργοποίηση του αναερόβιου γαλακτικού μηχανισμού (παραγωγή γαλακτικού οξέος έως και 11 mmol/L).

Η Billat, (2001a) πιστεύει ότι πολύ μικρού χρόνου διαλειμματικά πρωτόκολλα (όπως τα παραπάνω) φαίνεται να προκαλούν πολύ δύσκολα αποκλειστικά και μόνο την ενεργοποίηση του αναερόβια μεταβολισμού. Ωστόσο τέτοιες έρευνες έδειξαν καθαρά ότι η συνεισφορά της γλυκογονόλυσης στη συνολική ενεργειακή απαίτηση ήταν σημαντικά μικρότερη σε σχέση με αυτή που θα απαιτούνταν κατά την διάρκεια συνεχόμενης άσκησης με παρόμοια ένταση. Πράγματι, σε πιο πρόσφατες έρευνες όπως σε αυτή των Tabata et al. (1997), φαίνεται καθαρά ότι αυτού του είδους τα διαλειμματικά πρωτόκολλα δεν προκαλούν μόνο σημαντικές αναερόβιες προσαρμογές. Πιο συγκεκριμένα οι παραπάνω ερευνητές συνέκριναν δυο διαλειμματικά πρωτόκολλα μικρού χρόνου, τα οποία πραγματοποιήθηκαν σε εργοποδήλατο και εφαρμόστηκαν σε μέτρια γυμνασμένους φοιτητές γυμναστικής ακαδημίας, με σκοπό να διαπιστώσουν την αποτελεσματικότητά τους στην ενεργοποίηση τόσο του αερόβιου όσο και του αναερόβιου μεταβολισμού.

Το πρώτο πρωτόκολλο (α) αποτελούνταν από 6-7X20sec σε μια ένταση ίση με το 170% VO_{2max} και διάλειμμα 10sec ενώ το δεύτερο (β) από 4-5X30sec με ένταση 200% VO_{2max} και διάλειμμα 2min. Οι μετρήσεις του χρέους οξυγόνου καθώς και της VO_{2max} στα δύο αυτά διαλειμματικά πρωτόκολλα έδειξαν ότι στο α πρωτόκολλο παρατηρήθηκε μεγαλύτερο χρέος οξυγόνου ($69 \pm 8 \text{ ml/kg/min}$) καθώς και υψηλότερη VO_{2max} (55 ml/kg/min) από ότι στο β ($46 \pm 12 \text{ ml/kg/min}$ και $47 \pm 8 \text{ ml/kg/min}$ αντίστοιχα για τις δύο μεταβλητές). Οι παραπάνω ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το α πρωτόκολλο πιθανόν να προκαλούσε μια σχεδόν μέγιστη κινητοποίηση του αναερόβιου μηχανισμού (υψηλό χρέος οξυγόνου) ενώ ταυτόχρονα ο αερόβιος μεταβολισμός επιβαρύνονταν εξίσου στο μέγιστο (VO_{2max}).

Ένα χρόνο νωρίτερα η ίδια σχεδόν ερευνητική ομάδα του Tabata et al. (1996) μελέτησε δύο διαφορετικά πρωτοκόλλα προπόνησης, (ενός αερόβιου που πραγματοποιούνταν με συνεχόμενο τρόπο και ενός αναερόβιου διαλειμματικού) με σκοπό να διαγνώσει τις μακροπρόθεσμες προσαρμογές που προκαλούσε το καθένα από αυτά πάνω στην αερόβια και αναερόβια ικανότητα μέτρια γυμνασμένων

φοιτητών γυμναστικής ακαδημίας. Το αερόβιο πρωτόκολλο περιελάμβανε την εφαρμογή 60min συνεχόμενης άσκησης πάνω σε εργοποδήλατο με ένταση ίση με το 70% της VO_{2max} και με μια συχνότητα 5 φορές την εβδομάδα. Το αναερόβιο διαλειμματικό πρόγραμμα αποτελούνταν από 7-8X20sec σε ένταση ίση με το 170% της VO_{2max} ενώ το διάλειμμα ήταν 10sec. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα εφαρμοζόταν 5 φορές την εβδομάδα ενώ και τα δύο προγράμματα είχαν διάρκεια 6 εβδομάδες. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων φάνηκε ότι το αναερόβιο πρόγραμμα ήταν πιο αποτελεσματικό αφού βελτίωσε σε μεγαλύτερο βαθμό την αερόβια ικανότητα (κατά 7ml/kgf/min) των φοιτητών που το εφάρμοσαν σε σχέση με αυτούς που ακολούθησαν το αερόβιο πρόγραμμα.(από 53 ± 5 ml/kgf/min σε 58 ± 8 ml/kgf/min) παράλληλα προκάλεσε (η αναερόβια προπόνηση) σημαντική βελτίωση και της αναερόβιας ικανότητας. Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν και αυτοί οι ερευνητές ήταν ότι η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης βελτιώνει το αναερόβιο και το αερόβιο σύστημα παροχής ενέργειας, πιθανόν, από τα ερεθίσματα υψηλής έντασης τα οποία δέχονται και τα δύο συστήματα, ενώ ένα πρόγραμμα μέτριας αερόβιας έντασης μπορεί να βελτιώσει την αερόβια ικανότητα αλλά δεν μπορεί να επηρεάσει την αναερόβια. Πέρα από αυτό το είδος ερευνών που εξετάστηκε παραπάνω υπάρχουν αρκετές άλλες οι οποίες προσπάθησαν να αξιολογήσουν το βαθμό μείωσης της μέγιστης παραγόμενης ισχύος και τη πτώση της απόδοσης μελετώντας διαλειμματικά πρωτόκολλα που χαρακτηρίζονται από μέγιστες επαναλαμβανόμενες επιβαρύνσεις όπου χρησιμοποιούνται διαφορετικής διάρκειας ερεθίσματα και διαφορετικά διαλείμματα (από 30sec έως 4min και 5min). Μια χαρακτηριστική έρευνα αυτής της κατηγορίας είναι των Balsom et al. (1992) οι οποίοι μελέτησαν τις μεταβολικές απαντήσεις που προκαλούσε η έντονη διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου με μέγιστα ερεθίσματα. Στη συγκεκριμένη έρευνα μελετήθηκαν οι επιδράσεις τριών διαλειμματικών πρωτοκόλλων $15\mu.(2.6sec)X40\epsilon\pi\alpha\nu$, $30\mu(4.5sec)X20\epsilon\pi\alpha\nu$ και $40\mu(5.6sec)X15\epsilon\pi\alpha\nu$. εκτελούμενα με μέγιστη ένταση. Η συνολική δρομική απόσταση και στα τρία πρωτόκολλα ήταν 600m. Αρχικά παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος της τελευταίας επανάληψης στο πρωτόκολλο των 15m δεν μεταβλήθηκε σημαντικά σε σχέση με το πρώτο. Αντιθέτως αυτό δεν συνέβη στα πρωτόκολλα των 30m και των 40m στα οποία παρατηρήθηκε μία αύξηση του χρόνου στις τελευταίες επαναλήψεις (από 4.46sec σε 4.66sec και από 5.61sec σε 6.17sec αντίστοιχα). Η αύξηση αυτή αποτέλεσε ένδειξη κόπωσης και κατά συνέπεια αδυναμία διατήρησης της αρχικής ταχύτητας της άσκησης. Οι τιμές του γαλακτικού οξέος που

παρατηρήθηκαν στο τέλος της άσκησης για τα πρωτόκολλα των 15m, 30m και 40m ήταν αντίστοιχα 6.8mmol/L, 13.9 mmol/L και 16.8 mmol/L. Τέλος η κατανάλωση οξυγόνου δεν διέφερε σημαντικά ανάμεσα στα πρωτόκολλα των 30m και των 40m (3.2 L/min & 3.3L/min), αλλά ήταν σημαντικά μικρότερη στο πρωτόκολλο των 15m (2.6 L/min).

Σε μια νεότερη έρευνα οι Bogdanis et al. (1996) εφάρμοσαν δυο διαλειμματικά πρωτόκολλα με σκοπό τη διερεύνηση της συμμετοχής της φωσφοκρεατίνης και του αερόβιου μεταβολισμού σε διαλειμματική άσκηση μέγιστης έντασης. Και τα δύο προγράμματα στο πρώτο μέρος τους αποτελούνταν από ένα μέγιστο ερέθισμα στο κυκλοεργόμετρο ίσο με 30sec. Στη συνέχεια ακολούθησε 4min ανάληψη και έπειτα οι συμμετέχοντες στο πρώτο πρόγραμμα πραγματοποιούσαν ένα μέγιστο έντασης ερέθισμα 10sec ενώ στο δεύτερο πρόγραμμα επαναλάμβαναν ένα μέγιστο ερέθισμα 30sec. Πριν την έναρξη της άσκησης και αμέσως μετά το τέλος των ερεθισμάτων πραγματοποιήθηκε μυϊκή βιοψία. Αμέσως μετά το τέλος της πρώτης επανάληψης (30sec) παρατηρήθηκε μείωση της φωσφοκρεατίνης (CK) στο 17% της αρχικής τιμής ενώ στο τέλος του πρώτου διαλείμματος η αναπλήρωση της (CK) έφτασε το 79% των τιμών ηρεμίας. Ωστόσο μετά το δεύτερο ερέθισμα των 10sec η φωσφοκρεατίνη εξαντλήθηκε τελείως. Στο δεύτερο πρόγραμμα η συνολική αναερόβια παραγωγή της ATP (ATP, CK, γαλακτικό οξύ) μειώθηκε από 235 ± 9 mmol/ Kgr ξηρού μυ στο πρώτο ερέθισμα των 30sec σε 139 ± 7 mmol/ Kgr ξηρού μυ. Η μείωση αυτή αντιστοιχούσε σε πτώση της προσφοράς σε αναερόβια ενέργεια κατά 41%. Ωστόσο το συνολικό παραγόμενο έργο στη δεύτερη επανάληψη των 30sec ήταν μειωμένο μόνο κατά 18% κάτι που οι ερευνητές απέδωσαν στην αυξημένη συμμετοχή του αερόβιου μηχανισμού που έφτασε στο 49%. Η κατανάλωση οξυγόνου αυξήθηκε από 2.68L/min σε 3.17 L/min.

Έρευνες όμως έγιναν και για να εξεταστούν οι μακροπρόθεσμες προσαρμογές (αναερόβιες γαλακτικές και αερόβιες) που προκαλούσαν διαλειμματικά πρωτόκολλα που χαρακτηριζόταν από μέγιστα επαναλαμβανόμενα ερεθίσματα μικρής διάρκειας.

Ερευνητές όπως οι Rodas, Ventura, Cadefau, Cusso και Parra, (2000) μελέτησαν τις μεταβολές που προκλήθηκαν τόσο στον αερόβιο όσο και στον αναερόβιο μεταβολισμό μέτρια γυμνασμένων αθλουμένων μετά την εφαρμογή ενός έντονου αναερόβιου διαλειμματικού πρωτοκόλλου διάρκειας δύο εβδομάδων το οποίο αποτελούνταν από 14 προπονητικές μονάδες. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο περιλάμβανε μεικτά ερεθίσματα διάρκειας μικρού χρόνου 15sec και 30sec που

εκτελούνταν με πλήρη προσπάθεια μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονταν διαλείμματα διάρκειας 45sec και 12min αντίστοιχα. Η εφαρμογή του προγράμματος γινόταν σε καθημερινή βάση αλλά με μια σταδιακή αύξηση του αριθμού των επαναλήψεων ανά προπονητική μονάδα ώστε η επιβάρυνση να αυξάνεται σταδιακά. Κατά αυτό τον τρόπο οι τρεις πρώτες προπονητικές μονάδες αποτελούνταν από 2X15sec και 2X30sec ενώ στις επόμενες ο αριθμός των ερεθισμάτων (15sec & 30sec) αυξάνονταν αντίστοιχα μία επανάληψη κάθε δύο προπονητικές μονάδες έτσι ώστε στις τρεις τελευταίες προπονήσεις ο αριθμός των επαναλήψεων να φτάσει τις 7X15sec και 7X30sec αντίστοιχα. Μετά το τέλος της προπονητικής παρέμβασης οι ερευνητές παρατήρησαν μία σημαντική βελτίωση τόσο της αναερόβιας ικανότητας (αύξηση της συγκέντρωσης φωσφοκρεατινής (PC) 31% και γλυκογόνου κατά 32% στους μύες καθώς και μία σημαντικά μεγαλύτερη δραστηριότητα αναερόβιων ενζύμων όπως της φωσφοφρουκτοκινάσης κατά 100%, της κρεατινικής κινάσης κατά 44%, της αφυδρογονάσης λακτώζης κατά 45% κ.ά) όσο και της αερόβιας ικανότητας (VO_{2max} από 57.3ml/kg/min σε 63.8ml/kg/min). Από τα παραπάνω αποτελέσματα οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μικρού χρόνου διαλειμματική προπόνηση μεικτών ερεθισμάτων (15sec & 30sec) μέγιστης προσπάθειας επιφέρει σημαντική βελτίωση τόσο της αναερόβιας ικανότητας όσο και της αερόβιας σε διάστημα δύο εβδομάδων. Οι Heugas et al. (1997) αναφέρουν ότι υψηλού επιπέδου δρομείς 400m (συμπεριλαμβανομένων και ολυμπιονικών) οι οποίοι κατά την προαγωνιστική περίοδο χρησιμοποίησαν μέγιστες επαναλαμβανόμενες επαναλήψεις διάρκειας 30sec με διάλειμμα 4min μεταξύ των επαναλήψεων και 10min πριν την τελευταία μέγιστη επανάληψη βελτίωσαν την αναερόβια ικανότητα δρομέων 400 (ταχύτητα 150% της vVO_{2max}). Άλλοι πάλι ερευνητές όπως οι MacDougal et al. (1998) οι οποίοι μελετώντας την επίδραση που είχαν μέγιστες επαναλαμβανόμενες προσπάθειες 30sec με διάλειμμα 4min (συγκεκριμένα 4x30sec με συχνότητα 4 φορές την εβδομάδα) διαπίστωσαν ότι σε διάστημα 7 εβδομάδων μέτρια γυμνασμένοι ασκούμενοι κατάφεραν να εκτελέσουν 10επανx30sec με διάλειμμα 2,30min. Αυτός ο τύπος διαλειμματικής προπόνησης προκαλούσε συγκέντρωση γαλακτικού οξέος ίση με 32mmol/L μετά την 10^η επανάληψη. Επιπρόσθετα οι ασκούμενοι κατάφεραν να βελτιώσουν την VO_{2max} και την μέγιστη παραγόμενη ισχύ (PPO). Τέτοια διαλειμματικά πρωτόκολλα τα οποία προκαλούν σε μεγάλο βαθμό την δραστηριοποίηση του αναερόβιου γλυκολυτικού μονοπατιού για την παραγωγή ενέργειας δεν είναι χρήσιμα μόνο για την προετοιμασία αθλητών 200m και 400m

αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από αθλητές 800m και 1500m αφού η βελτίωση του αναερόβιου μεταβολισμού παίζει καθοριστικό ρόλο για την μεγιστοποίηση της επίδοσης και σε αυτά τα αγωνίσματα. (Billat, 2001b).

Ωστόσο η νίκη σε πολλές περιπτώσεις ακόμα και για μεγαλύτερες αποστάσεις όπως τα 5000m και 10000m εξαρτώνται από την ικανότητα του αθλητή να καλύψει την τελευταία στροφή πολύ πιο γρήγορα από τη vVO_{2max} (Houmard et al., 1991). Για να μπορούν και οι δρομείς των μεγάλων αποστάσεων να αναπτύξουν μεγάλες ταχύτητες (π.χ. $>110\% vVO_{2max}$) κατά τα τελευταία μέτρα της διαδρομής θα πρέπει να έχουν απαραίτητα πολύ καλή αναερόβια ικανότητα. Οι Jenkins et al. (1993) εφαρμόζοντας διαλειμματική προπόνηση με μεγαλύτερης διάρκειας ερεθίσματα όπως 1min σε μια ένταση ίση με το 130% της vVO_{2max} με διάλειμμα διάρκειας 5min και συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα κατάφεραν σε ένα διάστημα 8 εβδομάδων να βελτιώσουν σημαντικά την αναερόβια ικανότητα σε δρομείς μεγάλων αποστάσεων.

Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου

Ο ανώτατος όγκος οξυγόνου που μπορούν να καταναλώσουν οι ιστοί ενός ατόμου κατά την άσκηση στη μονάδα του χρόνου, ονομάζεται μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}) και εκφράζει την αερόβια ικανότητα του ατόμου (Κλεισούρας, 1989). Η VO_{2max} εκφράζεται σε απόλυτες τιμές λίτρων ανά λεπτό ($l \cdot min^{-1}$). Η αξία της VO_{2max} είναι η πλέον σημαντική για τον αγωνιστικό αθλητισμό και ιδιαίτερα για τις προσπάθειες κατά τις οποίες αποφασιστικό ρόλο παίζει η φυσική ικανότητα της αντοχής. Επειδή όμως ένας μεγαλόσωμος καταναλώνει περισσότερο O_2 από ένα μικρόσωμο, κάτω από τις ίδιες συνθήκες, πιο κατάλληλη για την εκτίμηση της γενικής ικανότητας απόδοσης στην αντοχή, είναι η σχετική μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}). Αυτή είναι ένα μέγεθος συσχετιζόμενο με το σωματικό βάρος, εκφραζόμενο σε χιλιοστόλιτρα/κιλό σωματικού βάρους/λεπτό ($ml/kg/min$) (Zintl, 1993).

Η VO_{2max} αντανακλά στην αναπνευστική, καρδιαγγειακή και μυϊκή ικανότητα του οργανισμού να προσλαμβάνει, να μεταφέρει και να καταναλώνει αντίστοιχα τη μέγιστη δυνατή ποσότητα οξυγόνου στη μονάδα του χρόνου. Αυτό σημαίνει ότι η VO_{2max} προϋποθέτει την μέγιστη δυνατή κινητοποίηση όλων των φυσιολογικών συστημάτων, οργάνων και λειτουργιών του οργανισμού. Με άλλα λόγια η VO_{2max} είναι η συνισταμένη πολλαπλών βιολογικών διεργασιών και εκφράζει τα ανώτατα όρια της προσαρμογής τους κατά την έντονη μυϊκή προσπάθεια και για τον λόγο

αυτό, είναι ένας δείκτης της λειτουργικής προσαρμοστικότητας ενός ατόμου. Θεωρείται δε το πιο σημαντικό κριτήριο της βιολογικής του αξίας (Κλεισούρας, 2004). Παρόλο που υπεισέρχονται πολλοί παράγοντες στην αθλητική απόδοση, φαίνεται πως η VO_{2max} παίζει προσδιοριστικό ρόλο σε αερόβια αθλήματα, όπως είναι οι δρόμοι αντοχής, η κολύμβηση, η κωπηλασία, η ποδηλασία κτλ. Η βελτίωση της VO_{2max} ενός αθλητή μέσω της προπόνησης συνοδεύεται από ένα πλήθος βιολογικών προσαρμογών όπως πνεύμονες, που ανταλλάσσουν μεγάλες ποσότητες αερίων, ογκωδέστερη καρδιά, που διοχετεύει μεγάλες ποσότητες αίματος σε κάθε παλμό και σε κάθε λεπτό, μεγαλύτερο όγκο αίματος με περισσότερη αιμοσφαιρίνη, που μεταφέρει περισσότερο οξυγόνο στους ιστούς, πλουσιότερο δίκτυο τριχοειδών αγγείων που αιματώνει καλύτερα τα μυϊκά κύτταρα, περισσότερα μιτοχόνδρια, ίνες βραδείας συστολής και δραστικότερα αερόβια ένζυμα για να καταναλώνεται το οξυγόνο που φτάνει στα μυϊκά κύτταρα και να παράγεται μεγάλη ποσότητα αερόβιας ενέργειας στη μονάδα του χρόνου (Κλεισούρας, 2004).

Η VO_{2max} χρησιμοποιείται πλήρως από αθλητές 1500/3000m διεθνούς επιπέδου, ενώ αθλητές 5000/10000m του ίδιου επιπέδου εργάζονται με μια σχεδόν μέγιστη ενεργοποίηση στο 95% και 90% της VO_{2max} αντίστοιχα κατά το μεγαλύτερο μέρος του αγώνα (Svedenhag et al. 1984). Σύμφωνα με τους Wyndham, (1969) και Costil et al. (1973), σε αθλήματα που διαρκούν περισσότερο από 90min όπως ο μαραθώνιος δρόμος (μαραθωνοδρόμοι υψηλού επιπέδου) ο ρόλος μιας υψηλής τιμής VO_{2max} υποβαθμίζεται και προβάλλεται η τιμή του αναερόβιου καταφλιού (VO_{2max} 63-73ml/kg/min με την αντίστοιχη τιμή του αναερόβιου καταφλιού να κυμαίνεται στο 85% έως 91% της VO_{2max}). Η VO_{2max} αυξάνεται με την ανάπτυξη του ατόμου. Απροπόνητες γυναίκες επιτυγχάνουν τις μέγιστες τιμές τους περίπου στην ηλικία των 14-16 χρονών ενώ οι άντρες στην ηλικία των 18-19 ετών. Μέχρι την ηλικία των 30 ετών η VO_{2max} παραμένει σχεδόν ίδια, ενώ στη συνέχεια υπόκειται σε μια μείωση λόγω ηλικίας, κατά 0.6% ανά έτος. Με συστηματική όμως προπόνηση μπορεί να διατηρηθεί σταθερή μέχρι την ηλικία των 50 ετών (Zintl, 1993). Σύμφωνα με τον ίδιο συγγραφέα η δυνατότητα ανάπτυξης της VO_{2max} μέσω της προπόνησης είναι σχετικά μικρή και υπολογίζεται γύρω στο 15%-20%, εφόσον δεν έχουν προηγηθεί αντίστοιχα ερεθίσματα στην αναπτυξιακή ηλικία (παιδική και εφηβική ηλικία). Η βελτίωση της VO_{2max} ως αποτέλεσμα της προπόνησης αντοχής εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων όπως το αρχικό επίπεδο φυσικής κατάστασης του ατόμου, τη διάρκεια του προπονητικού προγράμματος, την ένταση και τη συχνότητα των ατομικών

προπονητικών μονάδων (Wenger et al., 1986). Ερευνητές όπως οι (Robinson et al., 1991; Tabata et al., 1997) πιστεύουν ότι η χρησιμοποίηση εντάσεων ίσων με 90%-100% της VO_{2max} επιφέρουν καλύτερες βελτιώσεις στην αερόβια ικανότητα. Η Billat (2001a) θεωρεί επίσης καθοριστικούς παράγοντες για την πρόκληση υψηλών καρδιοαναπνευστικών προσαρμογών τον χρόνο διατήρησης, η τη διανυθείσα απόσταση κατά την διάρκεια της προπόνησης σε όσο το δυνατό υψηλότερα ποσοστά της VO_{2max} (90%-100% της VO_{2max}). Παλαιότερες έρευνες όπως των Davies et al. (1971) συμφωνούν με τις παραπάνω διαπιστώσεις τονίζοντας ότι για να προκληθεί σημαντική βελτίωση της VO_{2max} σε έναν αθλητή θα πρέπει να προπονείται κοντά η πάνω από τη VO_{2max} για όσο το δυνατό μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Σύμφωνα με την έρευνα των Daniels et al. (1978) το παραπάνω συμπέρασμα είναι ιδιαίτερα σημαντικό κυρίως για προπονημένους δρομείς σε σύγκριση με τους αγύμναστους. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι και σε απροπόνητους η VO_{2max} σταθεροποιείται μετά από 4 εβδομάδες προπόνησης και δεν αυξάνει έως την 8^η εβδομάδα .

Όσον αφορά τις προπονητικές μεθόδους η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης πιστεύεται ότι είναι πιο αποτελεσματική στη βελτίωση της VO_{2max} (Billat et al., 2001; Gorostiaga et al., 1991). Η απάντηση όμως στο ερώτημα για το ποια είναι η πιο αποτελεσματική διάρκεια ερεθίσματος-διαλείμματος (σε μια διαλειμματική) για κάθε αθλητή ξεχωριστά παραμένει αδιευκρίνιστη.

Στην έρευνά τους οι Franch, Madsen, Djurhuus και Petersen, (1998) μελέτησαν τις επιδράσεις που είχαν στη VO_{2max} , στη vVO_{2max} και στη δρομική οικονομία (RE) τρία διαφορετικά πρωτόκολλα προπόνησης διάρκειας 6 εβδομάδων με συχνότητα 3 προπονήσεις την εβδομάδα. Στο πρώτο πρωτόκολλο χρησιμοποιήθηκε συνεχόμενο τρέξιμο στο 90% της vVO_{2max} στο δεύτερο πρωτόκολλο διαλειμματική προπόνηση μεσαίου χρόνου διάρκειας 4min με διάλειμμα 2min, ενώ στο τρίτο διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου 15sec και διάλειμμα 15sec. Στα δυο τελευταία πρωτοκολλά η ένταση ήταν ίση με το 100% της vVO_{2max} . Μετά το τέλος της προπονητικής παρέμβασης στην πρώτη ομάδα που χρησιμοποίησε συνεχόμενο τρέξιμο 90% της vVO_{2max} παρατηρήθηκε βελτίωση 5.9% της VO_{2max} , 9% της vVO_{2max} και 3.1% της RE. Η δεύτερη ομάδα που χρησιμοποίησε διαλειμματική προπόνηση μεσαίου χρόνου παρατηρήθηκε βελτίωση 6%, 10% και 3% ενώ η τρίτη ομάδα που χρησιμοποίησε διαλειμματική μικρού χρόνου είχε βελτιώσεις 3.6%, 4% και 0.9 αντίστοιχα. Κατά αυτόν τον τρόπο βλέπουμε ότι η διαλειμματική προπόνηση μεσαίου χρόνου (4min) με ένταση ερεθίσματος 100% της vVO_{2max} και το συνεχόμενο

τρέξιμο (25min) με ένταση 90% της vVO_{2max} προκαλούσαν τις ίδιες καρδιαναπνευστικές προσαρμογές σε αντίθεση με τη διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου (15sec) και έντασης 100% της vVO_{2max} που φαίνεται ότι ήταν λιγότερο αποτελεσματική στην βελτίωση των παραπάνω αερόβιων παραμέτρων. Πολλοί ερευνητές όπως οι Billat et al. (1999) χρησιμοποίησαν προπονητικά πρωτοκόλλα που βασίστηκαν στον ατομικό χρόνο διατήρησης της vVO_{2max} (T_{limit}) για να ορίσουν την διάρκεια των ερεθισμάτων επιβάρυνσης αλλά και της συνολικής διάρκειας της προπόνησης. Στη συγκεκριμένη έρευνα η διάρκεια των ερεθισμάτων προσδιορίστηκε στο 50% του T_{limit} , (αναλογία διάρκεια ερεθίσματος-διαλείμματος ήταν 1:1, με ενεργητικό διάλειμμα έντασης 50% vVO_{2max}), η ένταση του ερεθίσματος ήταν ίση με τη vVO_{2max} ενώ η συνολική διάρκεια της προπόνησης ήταν 2-21/2 X T_{limit} . Κάθε εβδομάδα προπόνησης περιελάμβανε μια διαλειμματική προπόνηση με τα παραπάνω χαρακτηριστικά ενώ η δεύτερη έντονη προπόνηση αποτελούνταν από 2X20min στο αναερόβιο κατώφλι με διάλειμμα 5min. Μετά το τέλος της προπονητικής παρέμβασης η οποία είχε διάρκεια μόνο 4 εβδομάδες, υψηλού επιπέδου δρομείς, βελτίωσαν σημαντικά τη VO_{2max} , τη vVO_{2max} και τη RE.

Άλλοι ερευνητές όπως οι Smith et al. (1999) χρησιμοποιώντας διαλειμματική προπόνηση (1:1) στη vVO_{2max} αλλά με διάρκεια ερεθίσματος 60%- 75% του T_{limit} δύο φορές την εβδομάδα, βελτίωσαν επίσης σημαντικά την VO_{2max} (από 61ml/kgf/min σε 64.5ml/kgf/min), την vVO_{2max} (από 20.5km/h σε 21.3 km/h) και την επίδοση στα 3000μ καλά γυμνασμένων αθλητών (VO_{2max} 61.5 ml/kgf/min \pm 6.1 ml/kgf/min) μέσα σε ένα διάστημα τεσσάρων εβδομάδων. Τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι διαλειμματικές προπονήσεις υψηλής έντασης και μεσαίου χρόνου (50%-75% του T_{limit}) φαίνεται να προκαλούν, ακόμη και σε προπονημένους αθλητές γρήγορες και σημαντικές βελτιώσεις, σε καθοριστικούς για την επίδοση σε αγωνίσματα αντοχής, καρδιαναπνευστικούς δείκτες όπως η VO_{2max} , η vVO_{2max} , η RE και ο T_{limit} .

T_{limit} και vVO_{2MAX}

Από τη δεκαετία του 80 και μετά παρά το γεγονός ότι έγιναν πολλές έρευνες σχετικά με την αποτελεσματικότητα της διαλειμματικής προπόνησης (καταλληλότερο συνδυασμό των παραμέτρων της, ιδανικό χρονικό διάστημα εφαρμογής της κ.λ.τ) όσον αφορά στη βελτίωση των καρδιαναπνευστικών δεικτών αντοχής ,το συγκεκριμένο θέμα φαίνεται να παρέμενε άλυτο κάνοντας τους επιστήμονες να

εξετάσουν και άλλους παράγοντες που πιθανόν να σχετίζονταν με τη δημιουργία μιας πιο αποτελεσματικής διαλειμματικής προπόνησης όπως η vVO_{2max} και ο Tlimit. Έτσι τη δεκαετία του '80 βλέπουμε ερευνητές όπως οι (Daniels et al., 1978; Di Prampero et al., 1986; Leger et al., 1980) να αναφέρονται για πρώτη φορά στην έννοια της ταχύτητας που αντιστοιχεί στη VO_{2max} (vVO_{2max}). Οι Billat και Koralszstein, (1996) όρισαν ως vVO_{2max} τη μικρότερη ταχύτητα που αποσπά τη VO_{2max} σε ένα αυξανόμενο τεστ. Η vVO_{2max} βρέθηκε ότι είναι στενά συνδεδεμένη με τη μέση ταχύτητα στα 3.000m (Daniels et al., 1984; Lacour et al., 1991; Padilla et al., 1992) ενώ οι (Babineau et al., 1996; Lacour et al., 1990) πιστεύουν ότι η vVO_{2max} έχει μια στενή σχέση με την επίδοση στα 1.500 - 5.000 m. και οι Morgan et al. (1989) ότι συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την επίδοση στα 10000m. Επιπρόσθετα η Billat (2001a) θεωρεί ότι η vVO_{2max} μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς για τη ρύθμιση της έντασης της διαλειμματικής προπόνησης η οποία σύμφωνα με τους Robinson et al. (1991) θα πρέπει να διατηρείται μεταξύ 90%-100% της VO_{2max} ώστε να επιφέρει στον ασκούμενο τις καλύτερες καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές.

Ένας άλλος παράγοντας που μελετήθηκε πρόσφατα και είναι στενά συνδεδεμένος με τη vVO_{2max} είναι ο Tlimit ο οποίος ορίζεται ως ο χρόνος που η vVO_{2max} μπορεί να διατηρηθεί. Οι Billat et al. (1995) έδειξαν ότι ο Tlimit κυμαίνεται από 2,30 έως 10 min και ότι διαφέρει από αθλητή σε αθλητή ακόμα και αν αυτοί έχουν την ίδια vVO_{2max} , ενώ οι Bosquet, Leger και Largos, (2002) προσδιορίζουν το χρονικό διάστημα διατήρησης του Tlimit από 3.5min έως 7.5min σε κυλιόμενο διάδρομο και από 5.12min έως 8.40min σε στίβο. Επίσης σε δρομείς υψηλού επιπέδου ($VO_{2max}=71.9\text{ml/kg}/\text{min}$) ο χρόνος Tlimit είναι αντιστρόφως ανάλογος με τη vVO_{2max} (Billat, Renoux, Pinoteau, Petit & Koralszstein, 1994) ενώ ο Tlimit σχετίζεται θετικά με το αναερόβιο κατώφλι (Billat et al., 1994; Hill & Rowell, 1996). Εξαιτίας των αποκλίσεων που παρουσιάζει ο Tlimit μεταξύ των αθλητών είναι λογικό να διαφέρει σημαντικά και η διάρκεια των ερεθισμάτων (το ποσοστό του Tlimit που χρησιμοποιείται κατά περίπτωση ως διάρκεια ερεθίσματος) κατά τη διαλειμματική προπόνηση. Οι Billat et al. (1996) προτείνουν τη χρήση του 50% του Tlimit ως διάρκεια επιβάρυνσης σε μια διαλειμματική προπόνηση ενώ ως συνολική ποσότητα προτείνεται $2 - 2 \frac{1}{2} \times \text{Tlimit}$.

Οι Hill et al. (1997) αναφέρουν ότι ο Tlimit μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να οριστεί ο αριθμός των επαναλήψεων μιας διαλειμματικής προπόνησης, και η διάρκεια του κομματιού (όχι μικρότερη από 60% του Tlimit) όταν αυτή έχει ένταση ίση με το

100% vVO_{2max} . Οι Millet et al. (2003) διαπίστωσαν ότι η χρησιμοποίηση ως διάρκεια ερεθίσματος του 50% του T_{limit} σε μια διαλειμματική προπόνηση έντασης 100% vVO_{2max} με αναλογία ερεθίσματος-διαλείμματος 1:1, ενεργητικό διάλειμμα 60% vVO_{2max} και συνολική ποσότητα 3 X T_{limit} , έδινε τη δυνατότητα στον ασκούμενο να εργαστεί για περισσότερο χρόνο κοντά στη VO_{2max} (και έτσι να είναι πιο αποτελεσματική) από ότι μια διαλειμματική προπόνηση με παρόμοια χαρακτηριστικά αλλά διάρκεια ερεθίσματος 30sec. Άλλοι πάλι ερευνητές όπως οι Smith et al. (1999) χρησιμοποιώντας τον T_{limit} για τον καθορισμό της διάρκειας των ερεθισμάτων επιβάρυνσης της διαλειμματικής προπόνηση διαπίστωσαν ότι επαναλήψεις ίσες με το 60-75% του T_{limit} , έντασης ίση με το 100% της vVO_{2max} , μία φορά την εβδομάδα αυξάνει σημαντικά την VO_{2max} , την vVO_{2max} και την επίδοση στα 3000μ καλά προπονημένων δρομέων.

Αναερόβιο κατώφλι

Ως αναερόβιο κατώφλι (A.T) ορίζεται η ανώτερη ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνει ο οργανισμός κατά την άσκηση, πριν αρχίσει η συστηματική συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα (Κλεισούρας, 2004). Ένας άλλος ορισμός περιγράφει το A.T. ως την ένταση, κατά την κλιμακούμενη μυϊκή προσπάθεια, που αντιστοιχεί στην απότομη αύξηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα, (Κλεισούρας, 2004).

Οι Wesserman et al.(1973) θεωρούν ότι το αναερόβιο κατώφλι συμπίπτει με το αναπνευστικό. Κατά κανόνα, πολλοί καλοί αθλητές αερόβιων αθλημάτων υψηλού επιπέδου, έχουν αναερόβιο κατώφλι που φτάνει και το 85%-95% της VO_{2max} ενώ μέτρια προπονημένοι εμφανίζουν τιμές ίσες με 70%-80% της VO_{2max} τη στιγμή που σε απροπόνητους το αναερόβιο κατώφλι κυμαίνεται από 50%-70% της VO_{2max} (Kintermann et al.1978). Ο Zintl (1993) αναφέρει ότι το αναερόβιο κατώφλι στους απροπόνητους βρίσκεται όχι σπάνια πάνω από τα 4mmol/l (στα 5-6mmol/l), ενώ στους υψηλά προπονημένους αθλητές βρίσκεται πιο κάτω (2.5-3mmol).

Ερευνητές όπως οι (Mc Lellan et al., 1992; Stagman et al., 1981 & 1982) θεωρούν ότι το προσωπικό αναερόβιο κατώφλι ορίζεται ως το υψηλότερο έργο όπου η εισροή του γαλακτικού στο αίμα βρίσκεται σε ισορροπία με την εκροή του. Από την δική τους πλευρά οι Sjodin et al. (1981) πιστεύουν ότι το αναερόβιο κατώφλι αντιστοιχεί σε μια συγκέντρωση γαλακτικού οξέος ίση με 4mmol στο αίμα και ότι αυτό συμβαίνει γιατί η εισροή του από τους μυς στο αίμα υπερβαίνει την εκροή.

Πέρα όμως από τις παραπάνω εκδοχές, για το ποιος είναι ο φυσιολογικός μηχανισμός που προκαλεί την εμφάνιση του φαινομένου της απότομης αύξησης του γαλακτικού, υπάρχουν και άλλοι όπως η ελαττωμένη ποσότητα οξυγόνου στους μυς, η επιτάχυνση της γλυκόλυσης και η επιστράτευση μυϊκών ινών ταχείας συστολής. Στην πραγματικότητα όμως ο φυσιολογικός μηχανισμός που μεταβάλλει τη συγκέντρωση του Γ.Ο. στο αίμα κατά την προοδευτικά αυξανόμενη μυϊκή προσπάθεια είναι ακόμα αμφισβητούμενος.

Αμφισβήτηση όμως εκδηλώνεται και για την ύπαρξη ενός και μοναδικού αναερόβιου κατωφλιού. Πιο συγκεκριμένα στην έρευνά που πραγματοποίησαν οι Tokmakidis et al. (1998) αναφέρουν ότι δεν υπάρχει ένα μοναδικό ΑΤ. Οι ίδιοι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ασκησιογενής συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα εκφράζει την προπονητική κατάσταση του αθλητή και είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για το σχεδιασμό ενός προπονητικού προγράμματος. Προτείνουν δε στους προπονητές, για τον έλεγχο της έντασης ενός προπονητικού φορτίου, να εστιάζουν στις φυσιολογικές συνέπειες μιας ορισμένης συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος στο αίμα παρά σε ένα ορισμένο ΑΤ (σημείο), η καλύτερα, όπου είναι εφικτό, στη συμπεριφορά ολόκληρης της καμπύλης του γαλακτικού. Οι Beneke et al. (1996) πιστεύουν ότι το ΑΤ είναι ο καλύτερος δείκτης αερόβιας αντοχής και ότι αποτελεί την καλύτερη προπονητική επιβάρυνση για αερόβια αθλήματα. Ο Κλεισούρας, (2004) συνοψίζοντας τα αποτελέσματα πολλών ερευνών από το 1978-2002 σχετικά με το συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της μέσης δρομικής ταχύτητας στην οποία αντιστοιχεί το ΑΤ και της μέσης ταχύτητας στην οποία διανύονται διάφορες αποστάσεις από 1500m έως μαραθώνιο, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η συσχέτιση είναι πολύ υψηλή μέχρι άριστη. Ο ίδιος ερευνητής διαπιστώνει ότι η VO_{2max} παρουσιάζει, συγκριτικά με το ΑΤ, μικρότερη συσχέτιση με την ταχύτητα στην οποία δρομείς αντοχής διανύουν διάφορες μεγάλες αποστάσεις. Πάντως και η συσχέτιση αυτή είναι υψηλή. Ο Davis, 1985, στην ανασκοπική του έρευνα χρησιμοποιώντας στοιχεία από την έρευνα των Farrell et al. (1979), διαπιστώνει ότι η ταχύτητα με την οποία διάνυσαν οι δρομείς (που πήραν μέρος στην έρευνα) τον μαραθώνιο είχε άριστη συσχέτιση με την ταχύτητα που αντιστοιχούσε στο ΑΤ των ίδιων δρομέων. Παρατηρεί επίσης ότι όλοι σχεδόν οι δρομείς έτρεξαν τον μαραθώνιο δρόμο σε ταχύτητες που ήταν ελαφρώς μεγαλύτερες από την ταχύτητα στην οποία αντιστοιχεί το ΑΤ. Σε μια πρόσφατη έρευνα οι Billat, Sirvent, Lepretre και Koralsztein, (2004) προσπαθώντας να προσδιορίσουν την ταχύτητα στην οποία διανύετε ο μαραθώνιος

κατέληξαν ότι ένας μαραθωνοδρόμος τρέχει το μεγαλύτερο μέρος της διαδρομής κοντά στη vMLSS (ορίζεται ως η υψηλότερη ταχύτητα κατά την οποία το γαλακτικό οξύ στο αίμα παραμένει σταθερό η αυξάνει πολύ λίγο <1mmol/L μεταξύ 10min και 30min άσκησης) (Jones et al., 1998) και ότι ο μέγιστος χρόνος που μπορεί ένας αθλητής να διατηρήσει τη vMLSS είναι περίπου μια ώρα.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι η μετατόπιση του αναερόβιου γαλακτικού/αναπνευστικού κατωφλιού προς τα δεξιά αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους στόχους της προπόνησης των αθλητών αντοχής και χαρακτηρίζει ένα πετυχημένο προπονητικό πρόγραμμα. Αυτή η προσαρμογή επιτρέπει στους αθλητές αντοχής να διατηρούν μια υψηλότερη (δρομική ταχύτητα, και ποσοστό της VO_{2max}) ένταση άσκησης με χαμηλή παραγωγή γαλακτικού (διεύρυνση της αερόβιας ζώνης παραγωγής ενέργειας) (Andrew et al., 2000). Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ένας αθλητής μπορεί να τρέχει με υψηλότερες ταχύτητες σε σχέση με αυτές που έτρεχε το προηγούμενο χρονικό διάστημα (μετά τις νέες προσαρμογές) συνεχίζοντας να χρησιμοποιεί κατά κύριο λόγο τον αερόβιο μηχανισμό παραγωγής ενέργειας. Με αυτό τον τρόπο παρατείνει την προσπάθειά του σε αυτή την ταχύτητα και βελτιώνει την επίδοσή του σε ένα αγώνισμα μακρού χρόνου όπως ο μαραθώνιος.

Αν επίσης λάβουμε υπ' όψη το γεγονός ότι το AT είναι ο πιο ευαίσθητος δείκτης αερόβιων προσαρμογών (αντιπροσωπεύει τις μεταβολικές προσαρμογές των μυών) και ότι μέσω της προπόνησης μπορεί να βελτιωθεί σε ποσοστό 50%-70% (Zintl, 1999) (πολύ περισσότερο από ότι η VO_{2max} 15%-20%) τότε αμέσως κατανοούμε ότι η επιλογή από τους προπονητές των πιο αποτελεσματικών μεθόδων προπόνησης για την βελτίωσή του αναερόβιου κατωφλιού, αποκτά μεγάλη σημασία.

Προς αυτή την κατεύθυνση κινήθηκαν πολλοί ερευνητές όπως οι Acavedo et al. (1989), οι οποίοι χρησιμοποιώντας το Fartlek τρεις φορές την εβδομάδα σε εντάσεις κοντά στη ταχύτητα του αναερόβιου κατωφλιού (vAT) κατάφεραν να βελτιώσουν σημαντικά την παράμετρο αυτή. Παρόμοια αποτελέσματα φαίνεται ότι παρουσίασε και η έρευνα των Sjodin et al. (1982) οι οποίοι πρόσθεσαν στο εβδομαδιαίο πρόγραμμα προπόνησης μια προπονητική μονάδα 20min συνεχόμενου τρεξίματος με ταχύτητα ίση με αυτή που αντιστοιχούσε στο AT χωρίς όμως να παρατηρηθεί παράλληλα βελτίωση της VO_{2max} των αθλητών τους. Άλλοι ερευνητές όπως οι Henrize et al. (1985) αναφέρουν ότι η χρησιμοποίηση εντάσεων που αντιστοιχούν πάνω από το AT είναι πιο αποτελεσματικές για την βελτίωση του αναερόβιου κατωφλιού ενώ ο Keith et al. (1992) απέδειξαν με την έρευνά τους ότι το συνεχόμενο

τρέξιμο στο ΑΤ, ή διαλειμματική προπόνηση πάνω και κάτω από αυτό φαίνεται να προκαλούν παρόμοιες βελτιώσεις του ΑΤ. Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της συγκριτικής έρευνας των Burke, Thayer και Belcamino, (1994) οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση που είχαν στο ΑΤ δύο τύποι διαλειμματικής προπόνησης. Ο πρώτος τύπος περιλάμβανε ερεθίσματα διάρκειας 30sec και ο δεύτερος ερεθίσματα 2min. Η αναλογία επιβάρυνσης:διαλείμματος ήταν 1:1. ενώ το προπονητικό πρόγραμμα είχε διάρκεια 7 εβδομάδες. Τέλος η ένταση και για τις δύο ομάδες είχε μία σταδιακή άνοδο που άρχιζε με 85% vVO_{2max} για δύο πρώτες εβδομάδες ανέβαινε στο 90% vVO_{2max} στις επόμενες δυο και κατέληγε στο 95% vVO_{2max} για το υπόλοιπο κομμάτι της προπονητικής παρέμβασης. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι το αναπνευστικό αναερόβιο κατώφλι των ατόμων της πρώτης ομάδας βελτιώθηκε κατά 19.5%, της δεύτερης ομάδας κατά 18.5% ενώ το γαλακτικό αναερόβιο κατώφλι βελτιώθηκε 19.5% και 22.4% αντίστοιχα στη πρώτη και δεύτερη ομάδα. Κατά αυτό τον τρόπο φαίνεται ότι τόσο η διαλειμματική προπόνηση μεσαίου χρόνου όσο και η μικρού χρόνου όταν εκτελούνται σε εντάσεις που αντιστοιχούν πάνω από την vAT μπορούν να αυξήσουν σημαντικά την ταχύτητα του αναερόβιου κατωφλιού. Τέλος οι Billat et al. (2004), προτείνουν ότι η προπόνηση των μαραθνοδρόμων πρέπει να γίνεται και με εντάσεις που αντιστοιχούν στη $vMLSS$ γιατί μπορούν να οδηγήσουν στην αύξηση του χρόνου διατήρησης της $vMLSS$ που είναι καθοριστικός παράγοντας για την βελτίωση της επίδοσης στο μαραθώνιο. Γενικά φαίνεται ότι η χρησιμοποίηση προπονητικών εντάσεων κοντά ή πάνω από αυτές που αντιστοιχούν στο τρέχον ΑΤ, προκαλούν σημαντικές βελτιώσεις αυτής της παραμέτρου (Andrew et al., 2000).

Δρομική οικονομία

Η κατανάλωση οξυγόνου σε μια δοσμένη υπομέγιστη ταχύτητα χαρακτηρίζεται ως δρομική οικονομία (RE) (Zavorsky, Montgomery, Pearsall, 1998) Έτσι δρομείς με καλή RE χρησιμοποιούν λιγότερο οξυγόνο από ότι δρομείς με μικρότερη για να εκτελέσουν την ίδια υπομέγιστη ταχύτητα. (Thomas et al. 1999). Η RE μαζί με την VO_{2max} και το αναερόβιο κατώφλι θεωρούνται από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση στους δρόμους αντοχής. Υπάρχει μάλιστα στενή σχέση μεταξύ RE και επίδοσης, με τη RE να θεωρείται καλύτερος δείκτης επίδοσης μιας δρομικής απόστασης από ότι η VO_{2max} , όταν υψηλού επιπέδου δρομείς

αντοχής έχουν την ίδια VO_{2max} (Costil et al. 1973; Morgan et al., 1989).

Η σημασία της RE στην επίδοση των δρόμων αντοχής φαίνεται και από την έρευνα των Conley et al. (1980), οι οποίοι αφού μελέτησαν 12 πολύ καλά προπονημένους και έμπειρους άνδρες δρομείς, οι οποίοι συγκαταλεγόταν μεταξύ των 19 καλύτερων Αμερικανών δρομέων των 10000m, τρεις ημέρες μετά το Παναμερικανικό Πρωτάθλημα διαπίστωσαν ότι οι δρομείς με την ίδια VO_{2max} παρουσίαζαν διαφορές στην επίδοση των 10000m. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι αυτό δεν σημαίνει ότι θεωρούν σημαντικότερη τη RE από ότι τη VO_{2max} . Θεωρούν όμως ότι η RE αποκτά μια βαρύνουσα σημασία όταν οι δρομείς έχουν ίδια VO_{2max} . Έχει παρατηρηθεί επίσης ότι δρομείς με την ίδια VO_{2max} , μπορεί να παρουσιάζουν διαφορές μέχρι και 30% μεταξύ τους στη RE (Daniels et al., 1985).

Πέρα όμως από την παραπάνω σχέση μεταξύ VO_{2max} και RE οι Pate et al. (1995) διαπίστωσαν ότι μεταξύ υψηλού επιπέδου δρομέων αντοχής, που αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνά τους, υπήρχε μια αντίστροφη σχέση μεταξύ του επιπέδου της VO_{2max} και αυτό της RE. Άλλοι πάλι ερευνητές όπως οι (Londeree et al., 1986; Morgan et al., 1995) παρατήρησαν ότι αθλητές αντοχής υψηλού επιπέδου, με σχετικά χαμηλό επίπεδο VO_{2max} , είχαν ένα υψηλό επίπεδο RE που διατηρούσε την ικανότητά τους για υψηλές επιδόσεις. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η RE συνδέεται άμεσα με την επίδοση στους δρόμους αντοχής και σε μερικές περιπτώσεις (όπως σε αθλητές αντοχής υψηλού επιπέδου με σχετικά χαμηλή VO_{2max}) είναι ίσως ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες επίδοσης.

Πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να εξηγήσουν το φαινόμενο της RE επιχειρώντας να τη συσχετίσουν με βιομηχανικούς, φυσιολογικούς, μεταβολικούς και ανθρωπομετρικούς δείκτες. Ειδικότερα, η βελτίωση της RE μέσω μιας προπόνησης αντοχής συμβαίνει πιθανόν εξαιτίας της αλλαγής της δομής και του τύπου των μυϊκών ινών, (Coyle et al., 1992) της βελτίωσης της οξειδωτικής ικανότητας των μυών, της μείωσης του πνευμονικού αερισμού κατά την διάρκεια της άσκησης και της καρδιακής συχνότητας (Franch et al., 1998). Οι έρευνες που έγιναν σχετικά με το χρόνο που απαιτείται για τη βελτίωση αυτής της παραμέτρου καθώς και της αποτελεσματικότητας των προπονητικών προγραμμάτων αντοχής εμφανίζουν διαφορετικά αποτελέσματα. Ερευνητές όπως ο Jones, (1998) μελέτησε μια σειρά από φυσιολογικές μεταβολές σε γυναίκες δρομείς υψηλού επιπέδου, που εφάρμοσαν προπόνηση αντοχής για διάστημα 5 ετών και διαπίστωσε ότι η RE βελτιωνόταν σημαντικά κάθε χρόνο. Συγκεκριμένα διαπίστωσε ότι ενώ το 1992 η VO_2 που

απαιτούνταν σε μια δρομική ταχύτητα ίση με 16Km/h ήταν 53 ml/kg/min, το 1995 η απαίτηση της VO_2 για την ίδια ταχύτητα μειώθηκε στα 47.6 ml/kg/min .

Σε μια άλλη ανασκοπική ερευνητική προσπάθεια οι Jones και Carter, (2000) μελετώντας έρευνες που είχαν ως σκοπό να διαγνώσουν τα αποτελέσματα τις προπόνησης αντοχής στη RE κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι 6-12 εβδομάδες προπονητικής παρέμβασης δεν είναι ίσως αρκετές για να προκαλέσουν αξιοσημείωτες αλλαγές στη RE, ιδίως, όταν το δείγμα περιλάμβανε προπονημένους ασκούμενους. Οι ίδιοι ερευνητές πιστεύουν ότι η καλή RE είναι συνάρτηση της συνολικής ποσότητας που εκτέλεσε ο ασκούμενος κατά τη διάρκεια της προπόνησης για τη βελτίωση της αντοχής, επειδή καλύτερη RE φαίνεται να έχουν μεγαλύτεροι σε ηλικία και περισσότερο έμπειροι αθλητές, ή αυτοί που πραγματοποιούν μεγάλη ποσότητα χιλιομέτρων. Επιπρόσθετα οι ταχύτητες στις οποίες οι αθλητές παρουσιάζονται περισσότερο «οικονομικοί» είναι αυτές πάνω στις οποίες συνηθίζουν να γυμνάζονται κατά την διάρκεια της προπόνησης. Αυτό σημαίνει ότι οι αθλητές πρέπει να χρησιμοποιούν ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων κατά την διάρκεια του συνολικού προγράμματος αν επιθυμούν να μειώσουν την κλίση της καμπύλης που δημιουργείται από την σχέση VO_2 – ένταση άσκησης.

Η έρευνα του Lake et al. (1996) έδειξε ότι η RE δεν βελτιώθηκε μετά από προπονητική παρέμβαση αντοχής διάρκειας μόνο 6 εβδομάδων (εφαρμόζοντας πρόγραμμα αντοχής 20μιλίων την εβδομάδα) ενισχύει τους παραπάνω ισχυρισμούς ότι διάστημα μικρότερο των 12 εβδομάδων δεν είναι αρκετό για να προκαλέσει σημαντική βελτίωση της RE. Οι ίδιοι ερευνητές εξηγούν ότι στην παρούσα έρευνα η αύξηση της RE προκλήθηκε ως συνέπεια της σημαντικής βελτίωσης της VO_{2max} (8%). Σε αντίθεση όμως με τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών ο Jones et al. (1999) βρήκαν ότι μετά από προπόνηση διάρκειας 6 εβδομάδων σε 16 φοιτητές της γυμναστικής ακαδημίας που ακολούθησε διαλειμματική και συνεχόμενη προπόνηση αντοχής, σε εντάσεις λίγο πάνω από το κατώφλι, παρουσίασε σημαντική βελτίωση της RE (από 38.7 ml/kg/min σε 35.9 ml/kg/min) τρέχοντας σε μια ταχύτητα ίση με 12 Km/h. Βελτίωση της RE παρατηρήθηκε και σε ένα μέρος του δείγματος, της έρευνας των Franch et al. (1998) που ακολούθησαν προπόνηση αντοχής μικρής σχετικά διάρκειας ίση με 6 εβδομάδες. Πιο συγκεκριμένα το δείγμα της έρευνας που αποτελούνταν από μέτρια γυμνασμένους δρομείς ήταν χωρισμένο σε τρεις ομάδες που ακολούθησαν τρία διαφορετικά προγράμματα αντοχής προοδευτικά αυξανόμενα (αρχικά μια διαλειμματική και σταδιακά τρεις ανά εβδομάδα). Το πρόγραμμα της A

ομάδας περιλάμβανε έντονο συνεχόμενο τρέξιμο 25min 1-3 φορές την εβδομάδα σε μια ένταση ίση με το 93% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας (M.H.R) καθώς και 2-3 φορές ελεύθερο χαλαρό τρέξιμο 45min περίπου με ένταση ίση με το 65% της MHR. Η Β ομάδα ακολούθησε ένα εβδομαδιαίο πρόγραμμα το οποίο αποτελούνταν από 1-3 διαλειμματικές προπονήσεις μεσαίου χρόνου (4επαν.Χ 4-6min και διάλειμμα 2min σε μια ένταση ίση με 94% M.H.R) και 2-3 προπονήσεις χρησιμοποιώντας συνεχόμενο τρέξιμο όπως η ομάδα Α. Τέλος η ομάδα Γ εφάρμοσε διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου 1-3 φορές ανά εβδομάδα (30-40επαν.Χ15sec με διάλειμμα 15 sec σε μια ένταση ίση με 92% M.H.R) και 2-3 φορές την εβδομάδα συνεχόμενο όπως η ομάδα Α και Β. Σημαντική βελτίωση της RE παρατηρήθηκε στις ομάδες Α και Β (6.6% και 7.3% αντίστοιχα) ενώ η ομάδα Γ βελτιώθηκε μόνο κατά 1%.

Όμως σημαντικές βελτιώσεις της RE φαίνεται να συμβαίνουν και σε ακόμη μικρότερα χρονικά διάστημα προπονητικής παρέμβασης, όπως αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα των Billat et al. (1999) και ήταν ίσα με 4 εβδομάδες.

Στη συγκεκριμένη έρευνα παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκαν υψηλού επιπέδου άντρες δρομείς μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων η βελτίωση RE ήταν σημαντική (από 50.6 ml/kg/min σε 47.5 ml/kg/min). Στη παραπάνω έρευνα το προπονητικό πρόγραμμα αντοχής περιελάμβανε 6 προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα. Οι τέσσερις από αυτές ήταν συνεχόμενο τρέξιμο σε εντάσεις μικρότερες από αυτές που αντιστοιχούν στο αναερόβιο κατώφλι (Α.Τ), μια περιλάμβανε έντονο συνεχόμενο τρέξιμο 2X20 min με 5min διάλειμμα και με μια ταχύτητα που αντιστοιχούσε με αυτή του Α.Τ και τέλος μια προπονητική μονάδα περιλάμβανε διαλειμματική μεσαίου χρόνου κατά την οποία η διάρκεια των ερεθισμάτων προσδιορίστηκε στο 50% του ατομικού Tlimit του κάθε αθλητή, (η αναλογία δουλειάς-διάλειμματος ήταν 1:1, με ενεργητικό διάλειμμα έντασης 50%vVO_{2max}) η ένταση του ερεθίσματος ήταν ίση με την ατομική vVO_{2max} ενώ η συνολική διάρκεια της προπόνησης ήταν 2-2½ X Tlimit. Τέλος η εβδομαδιαία χιλιομετρική προπόνηση ανέρχονταν στα 85Km. Πέρα όμως από την προπόνηση αντοχής υπάρχουν και άλλοι μέθοδοι για τη βελτίωση της RE όπως η πλειομετρική προπόνηση που επιφέρει μεταβολές στον τρόπο αποθήκευσης και διάθεσης της ελαστικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της άσκησης .

Οι Turner et al. (2003) πιστεύουν ότι η πλειομετρική προπόνηση προκαλεί βελτίωση της ικανότητας των μυών για παραγωγή δύναμης εξαιτίας του ότι παρατείνει τον κύκλο διάτασης-βράχυνσης των μυών χρησιμοποιώντας ως

προπονητικά μέσα δραστηριότητες όπως άλματα μικρά σπρίντ κτλ. Η χρήση επίσης της πλειομετρικής προπόνησης βοηθάει στην αύξηση της μυοτενόντιας «σκληρότητας» η οποία επιτρέπει στο σώμα να αποθηκεύει και να χρησιμοποιεί πιο αποτελεσματικά την ελαστική ενέργεια (Spurrs et al., 2003). Οι παραπάνω προσαρμογές από την πλειομετρική προπόνηση οδηγούν σε βελτίωση της RE μέσα από την παραγωγή περισσότερης δύναμης από τους μύες χωρίς μια ανάλογη αύξηση των ενεργειακών μεταβολικών απαιτήσεων κατά την διάρκεια της άσκησης. Αξιοσημείωτη είναι η έρευνα των Raavolainen et al. (1999) κατά την οποία η εφαρμογή εννέα εβδομάδων πλειομετρικής προπόνησης βελτίωσε τη RE 8.1% και 3.1% την επίδοση στα 5Km μέτρια γυμνασμένων αθλητών αντοχής. Δεν θα πρέπει να παραβλέψουμε όμως το γεγονός ότι δεν έχουν γίνει έρευνες σχετικά με την επίδραση που μπορεί να έχει η πλειομετρική προπόνηση σε δρομείς αντοχής υψηλού επιπέδου.

Βελτίωση όμως της RE μπορεί να επιφέρει και η προπόνηση στο υψόμετρο. Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει μόνο μια δημοσιευμένη έρευνα των Katayama et al. (2003) η οποία αναφέρει ότι η προπόνηση σε υψόμετρο βελτίωσε την RE δρομέων υψηλού επιπέδου μεγάλων αποστάσεων και ότι ο μηχανισμός μέσα από τον οποίο προκαλείται η βελτίωση RE μετά από έκθεση σε υψόμετρο είναι η μείωση του κόστους του εξαερισμού και η μεγαλύτερη χρησιμοποίηση των υδατανθράκων για οξειδωτική φωσφορλίωση .

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Εξεταζόμενοι

Στην έρευνα συμμετείχαν 15 μέτρια προπονημένοι ($VO_{2max} = 51.63 \pm 7.14$ ml/kg/min) φοιτητές ενός Πανεπιστημιακού Τμήματος (Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, ΤΕΦΑΑ) Η επιλογή του δείγματος έγινε ύστερα από τη συγκέντρωση 40 φοιτητών των τεσσάρων ετών του Τμήματος. Στη συγκέντρωση αυτή έγινε ενημέρωση, σχετικά με το σκοπό της έρευνας, τις δυσκολίες που θα αντιμετώπιζαν καθώς και τα οφέλη που θα αποκόμιζαν από τη συμμετοχή τους σε αυτή. Μετά το τέλος της ενημέρωσης προσφέρθηκαν να συμμετάσχουν εθελοντικά 20 φοιτητές από τους οποίους επιλέχθηκαν 15. Η επιλογή του συγκεκριμένου αριθμού συμμετεχόντων έγινε με σκοπό να αντιμετωπιστούν οργανωτικά προβλήματα, όπως ο περιορισμένος χρόνος (6-7ώρες καθημερινά) χρήσης του κυλιόμενου διαδρόμου για την πραγματοποίηση της προπόνησης. Η εκμάθηση των επιστημονικών μεθόδων μέτρησης και αξιολόγησης της αερόβιας αντοχής λειτούργησε ως ένα σημαντικό κίνητρο για τη συμμετοχή πολλών εκ των φοιτητών στην έρευνα. Ένα άλλο σημαντικό κίνητρο που παρακίνησε αρκετούς φοιτητές να πάρουν μέρος και να ολοκληρώσουν το εγχείρημα ήταν το γεγονός ότι θα ακολουθούσαν μια συστηματική προπονητική παρέμβαση που θα βελτιώνει το επίπεδο της αερόβιας ικανότητάς τους. Κάτω από αυτές τις συνθήκες από τους 15 φοιτητές που συμμετείχαν στην προπονητική παρέμβαση κατάφεραν να υλοποιήσουν το πρόγραμμα οι 11 (6 στην ομάδα Α και 5 στη ομάδα Β). Τρεις αποχώρησαν λόγω έλλειψης χρόνου ενώ ένας φοιτητής είχε σοβαρό τραυματισμό κατά την διάρκεια των πρακτικών μαθημάτων του Τμήματος και αναγκάστηκε να αποχωρήσει. Αξίζει να σημειωθεί ότι όλοι οι φοιτητές του δείγματος είχαν αθλητική εμπειρία τουλάχιστον 4-5 χρόνια σε ομάδες ποδοσφαίρου, στίβου, κολύμβησης, ορειβατικού σκί και ενόργανης γυμναστικής.

Η συχνότητα προπόνησης κατά την περίοδο ενασχόλησης των συμμετεχόντων με τα αθλήματα τους ήταν 4-5 φορές την εβδομάδα ενώ η διάρκεια της προπόνησης κυμαίνονταν από 1.5-2 ώρες. Πριν από την συμμετοχή τους στο ερευνητικό

πρόγραμμα η αθλητική ενασχόληση των συγκεκριμένων φοιτητών για ένα διάστημα δυο μηνών ήταν σχεδόν μηδαμινή (είχαν σταματήσει να ασχολούνται συστηματικά με το άθλημά τους) εξαιτίας των καλοκαιρινών διακοπών.

Μετά την έναρξη των μαθημάτων, τους έγινε σύσταση να μη συμμετέχουν συστηματικά σε αθλητικές δραστηριότητες (πρακτικά μαθήματα του Τμήματος) που πιθανόν να επηρέαζαν τις αερόβιες προσαρμογές (συμμετείχαν μόνο στην εκμάθηση τεχνικών στοιχείων των διαφόρων αθλημάτων). Αυτό βέβαια πραγματοποιήθηκε με την σύμφωνη γνώμη των καθηγητών του Τμήματος για όσο χρονικό διάστημα διαρκούσε η έρευνα .

Πίνακας 1. Σωματομετρικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στην έρευνα.

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΟΜΑΔΕΣ ΑΣΚΗΣΗΣ	
	A=30:30(n=6)	B=½ Tlimit(n=5)
Ηλικία (yrs)	20±0.89	20±1
Ύψος (cm)	177.17±5.85	176.40±2.07
Βάρος (kg)	66.33±8.02	67.80±6.42
Λίπος (%)	9.62±3.23	11.44±4.10
VO _{2max} (ml/min/kg)	51.73±7.36	51.54±6.91
vVO _{2max} (km/h)	14.17±2.56	14.00±1.80

Πειραματικός σχεδιασμός - Διαδικασία μετρήσεων

Η διαδικασία των σωματομετρικών και εργομετρικών μετρήσεων οι οποίες ολοκληρώθηκαν σε ένα διάστημα δύο εβδομάδων (μία πριν και μία μετά την προπονητική παρέμβαση) πραγματοποιήθηκαν στα Τρίκαλα, στο Εργαστήριο Προπονητικής, του Κέντρου Έρευνας και Αξιολόγησης της Φυσικής Απόδοσης του ΤΕΦΑΑ του Π.Θ. Εξαιτίας του αριθμού των μετρήσεων και της υψηλής επιβάρυνσης που θα προκαλούσαν στους συμμετέχοντες, τα τεστ εκτελέστηκαν σε δυο φάσεις για να διασφαλιστεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Κατά την πρώτη φάση, αφού αρχικά οι συμμετέχοντες εξοικειώθηκαν με το περιβάλλον του εργαστηρίου και ενημερώθηκαν σχετικά με την διαδικασία των τεστ, έγιναν οι σωματομετρικές μετρήσεις (ύψος, βάρος και ποσοστό λίπους) και στη συνέχεια προσδιορίστηκαν, η VO_{2max}, η vVO_{2max}, το AT (ποσοστό της VO_{2max}) καθώς και η vAT, μέσω ενός προοδευτικά αυξανόμενου τεστ για τον προσδιορισμό της VO_{2max}. Στη συνέχεια ακολούθησαν δύο ημέρες ξεκούρασης και μετά το πέρας αυτού του χρονικού

διαστήματος πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις της δεύτερης φάσης που περιλάμβαναν: το τεστ για τον προσδιορισμό αρχικά της RE (που χρησιμοποιήθηκε και ως ζέσταμα για την μέτρηση του Tlimit) καθώς και το τεστ προσδιορισμού του Tlimit. Η εκτέλεση των τεστ πριν και μετά την παρέμβαση πραγματοποιήθηκαν την ίδια ώρα από 15μμ έως 20μμ και κάτω από τις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας 18-20°C.

Μετά το τέλος των μετρήσεων, τη συγκέντρωση και επεξεργασία των ατομικών δεδομένων και αφού οι συμμετέχοντες ξεκουράστηκαν για δύο ημέρες, χωρίστηκαν σε δυο ισοδύναμες ομάδες Α και Β και ακολούθησαν δύο διαφορετικά προγράμματα. Ως κριτήρια για τον χωρισμό των φοιτητών στις δυο ομάδες λήφθηκαν τα δεδομένα των μετρήσεων σχετικά με τη VO_{2max} και τη vVO_{2max} . Μ' αυτό τον τρόπο έγινε προσπάθεια έτσι ώστε η κάθε ομάδα να αποτελείται από άτομα ίδιας δυναμικότητας ως προς τις παραπάνω παραμέτρους αερόβιας αντοχής όπως φαίνεται στον πίνακα 1.

Μετά το τέλος των 4 εβδομάδων προπονητικής παρέμβασης επαναλήφθηκαν κατά τον ίδιο τρόπο οι αρχικές μετρήσεις για τον προσδιορισμό της μεταβολής των τιμών της VO_{2max} , της vVO_{2max} , της RE, του AT (ποσοστό της VO_{2max}), της vAT καθώς και του Tlimit.

Προπονητική παρέμβαση

Η προπονητική παρέμβαση είχε διάρκεια 4 εβδομάδες. Η συχνότητα προπόνησης ήταν τρεις φορές την εβδομάδα ώστε να δίνεται τουλάχιστον το μικρότερο δυνατό ερέθισμα από πλευράς συχνότητας για να επιτευχθούν οι αερόβιες προσαρμογές (Κλεισούρας, 1989). Η διαλειμματική προπόνηση εκτελέστηκε στον κυλιόμενο διάδρομο του Εργαστηρίου της Προπονητικής, του Κέντρου Έρευνας και Αξιολόγησης της Φυσικής Απόδοσης του ΤΕΦΑΑ του Π.Θ. για την καλύτερη δυνατή καθοδήγησή της σε ότι αφορά τα στοιχεία επιβάρυνσης (ένταση, διάλειμμα κ.λ.π.). Επιπρόσθετα πραγματοποιούνταν κάθε εβδομάδα έλεγχος της προπόνησης στη διάρκεια της δεύτερης διαλειμματικής προπόνησης κατά την οποία οι ασκούμενοι ήταν συνδεδεμένοι με σπιρόμετρο και παλμογράφο. Με αυτό τον τρόπο ελέγχονταν το ποσοστό της VO_{2max} και της καρδιακής συχνότητας των ασκούμενων και εξάγονταν συμπεράσματα για τις καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές που είχαν συντελεστεί μέχρι εκείνη τη χρονική περίοδο καθώς και για την επιβάρυνση που προκαλούσε η προπόνηση. Το συνεχόμενο τρέξιμο διεξάγονταν στον κλειστό στίβο του Δημοτικού Σταδίου Τρικάλων, όπου είχε διαμορφωθεί κατάλληλα περιμετρική

διαδρομή 200m στην οποία είχαν τοποθετηθεί κώνοι ανά 50m για τον καλύτερο έλεγχο του ρυθμού. Το συνεχόμενο τρέξιμο επιλέχθηκε να εκτελείται στο κλειστό στίβο έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα στους ασκούμενους να αλλάζουν παραστάσεις και κατά κάποιον τρόπο να «σπάνε» την μονοτονία που τους δημιουργούσε η προπόνηση στον κυλιόμενο διάδρομο.

Η εβδομαδιαία δόμηση του προγράμματος και για τις δυο ομάδες περιλάμβανε αρχικά μια διαλειμματική προπόνηση και στη συνέχεια ακολουθούσε μια μέρα ανάπαυσης. Την τρίτη ημέρα εκτελούνταν το συνεχόμενο τρέξιμο ενώ η επόμενη ήταν ημέρα ανάπαυσης. Στη συνέχεια πραγματοποιούνταν η δεύτερη εβδομαδιαία διαλειμματική προπόνηση. Η συγκεκριμένη δόμηση της εβδομαδιαίας προπόνησης έδινε την δυνατότητα στους ασκούμενους να εκτελούν αποτελεσματικότερα και με μεγαλύτερη άνεση τις δύο διαλειμματικές προπονήσεις (επιβάρυνση 90-100% vVO_{2max}) αφού μεσολαβούσε μεταξύ αυτών ένα διάστημα 72 ωρών (Κέλλης, 2003). Πριν από τη διαλειμματική προπόνηση οι συμμετέχοντες έκαναν προθέρμανση, η οποία περιλάμβανε συνεχόμενο τρέξιμο 10min στο 60-70% της vVO_{2max} και 5min διατάσεις. Την πρώτη εβδομάδα οι διαλειμματικές προπονήσεις και στις δυο ομάδες ήταν μικρότερες κατά το 1/4 της συνολικής διάρκειας (2X T_{limit}) για να πραγματοποιηθούν πιο ομαλά οι αερόβιες προσαρμογές και να αποφευχθούν πιθανοί τραυματισμοί.

Τα στοιχεία επιβάρυνσης της διαλειμματικής προπόνησης της ομάδας B καθορίστηκαν για κάθε αθλητή ξεχωριστά με βάση τις ατομικές επιδόσεις που πέτυχε στο αυξανόμενο τεστ για τον προσδιορισμό της VO_{2max} και στο τεστ για τον προσδιορισμό του T_{limit} . Κατ' αυτό τον τρόπο η διάρκεια της κάθε προπονητικής απόστασης προσδιορίστηκε στο 1/2 του ατομικού T_{limit} , η αναλογία διαλείμματος - άσκησης προσδιορίστηκε στο 1:1 (ενεργητικό διάλειμμα με ταχύτητα 50% της vVO_{2max}), η ένταση του ερεθίσματος αντιστοιχούσε στην ατομική vVO_{2max} ενώ ο συνολικός όγκος ήταν 2 X T_{limit} (Πίνακας 2).

Για τη Α ομάδα όλα τα στοιχεία επιβάρυνσης της διαλειμματικής προπόνησης προσδιορίστηκαν κατά τον ίδιο τρόπο (όπως στην ομάδα B) εκτός από τη διάρκεια της κάθε προπονητικής απόστασης που ορίστηκε στα 30sec (Πίνακας 2). Η ένταση διάνυσης του συνεχόμενου τρεξίματος των 30min, αντιστοιχούσε και στις δύο ομάδες στο 70% της ατομικής vVO_{2max} .



Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά των δύο πρωτοκόλλων της προπονητικής παρέμβασης

Μεταβλητές	Ομάδες άσκησης	
	A	B
Αριθμ. Π.Μ. συνεχόμενου τρεξίματος ανά εβδομάδα	1	1
Διάρκεια συνεχόμενου τρεξίματος ανά Π.Μ.	30 min	30 min
Ένταση συνεχόμενου τρεξίματος.	70% vVO_{2max}	70% vVO_{2max}
Αριθμ. διαλειμματικών Π.Μ. ανά εβδομάδα.	2	2
Διάρκεια ερεθίσματος διαλειμματικής προπόνησης	30 sec	1/2Tlimit
Διάρκεια διαλειμμάτων διαλειμματικής προπόνησης.	30 sec	1/2Tlimit
Ένταση ερεθίσματος διαλειμματικής προπόνησης.	100% vVO_{2max}	100% vVO_{2max}
Ένταση ενεργητικού διαλείμματος.	50% vVO_{2max}	50% vVO_{2max}
Ποσότητα διαλειμματικής προπόνησης ανά Π.Μ..	2 X Tlimit	2 X Tlimit
Διάρκεια προπονητικής παρέμβασης.	4 εβδομάδες	4 εβδομάδες

Πίνακας 3. Στον πίνακα αυτό παρουσιάζονται τα στοιχεία επιβάρυνσης των διαλειμματικών προπονήσεων ανά προπονητική μονάδα (ένταση, ποσότητα κτλ) ύστερα από μετρήσεις της VO_{2max} , κατά την διάρκεια της προπόνησης. Επίσης παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με τη διάρκεια των ερεθισμάτων επιβάρυνσης των διαλειμμάτων καθώς και του συνολικού χρόνου προπόνησης των ομάδων A και B.

Μεταβλητές	Ομάδες άσκησης	
	A=30:30	B=½Tlimit
Αριθμός διαλειμματικών προπονητικών μονάδων.	8	8
Χρόνος διατήρησης της VO_2 πάνω από το 90% της VO_{2max} κατά την διάρκεια της προπόνησης(sec) (μέσος όρος).	485±212.3	715±209.4
Επιβάρυνση κατά τη διάρκεια των ερεθισμάτων επιβάρυνσης (μέσος όρος) (% VO_{2max}).	90.37%±5.3	93%±5.6
Επιβάρυνση κατά τη διάρκεια των ενεργητικών διαλειμμάτων (μέσος όρος) (% VO_{2max}).	81.72%±3.3	63,80%±7.1
Συνολική διάρκεια των ερεθισμάτων επιβάρυνσης (μέσος όρος) (min).	12±2.9	15.2±3.3
Συνολική διάρκεια των ενεργητικών διαλειμμάτων (μέσος όρος) (min).	11.5±2.4	11±2.8
Συνολικός χρόνος προπόνησης (min) (μέσος όρος).	23.5±3.1	26.2±2.3

Περιγραφή δοκιμασιών και όργανα μέτρησης

Μέτρηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών: Οι συμμετέχοντες φορώντας μόνο ένα αθλητικό σόρτς υποβλήθηκαν αρχικά σε μέτρηση του βάρους τους και στη συνέχεια του ύψους τους. Για την μέτρηση του βάρους χρησιμοποιήθηκε μια ψηφιακή ζυγαριά (Seca) και η μέτρηση πραγματοποιήθηκε με ακρίβεια 0,1Kg. Κατά τη μέτρηση του βάρους ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να καταλείψουν το βάρος τους και στα δυο πόδια, τη στιγμή που βρίσκονταν πάνω στη ζυγαριά, ενώ το βλέμμα τους να βλέπει ευθεία εμπρός.

Το ύψος μετρήθηκε με αναστημόμετρο (Seca). Κατά την μέτρηση του ύψους ο δοκιμαζόμενος ενώ στεκόταν όρθιος με το βλέμμα του στραμμένο ευθεία εμπρός, προσαρμοζόταν στο πάνω μέρος του κεφαλιού του ο μετακινούμενος δείκτης του αναστημόμετρου. Η ένδειξη που έδειχνε ο δείκτης ήταν και το ύψος του δοκιμαζόμενου. Οι μετρήσεις επαναλαμβάνονται δύο φορές και σε μερικές περιπτώσεις και τρεις εάν προέκυπταν διαφορές μεταξύ των μετρήσεων μεγαλύτερες του 1cm για το ύψος και 0.1Kg για το βάρος (Lohman, Roche, & Martorell, 1988).

Προσδιορισμός του Σωματικού Λίπους: Για τον προσδιορισμό της σύστασης του σώματος χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις δερματοπτυχών. Οι μετρήσεις των δερματοπτυχών πραγματοποιήθηκαν μέσω ενός δερματοπτυχόμετρου Harpenden (Cranlea, Birmingham, UK). Το σύστημα 4-σημείων (δικέφαλος, τρικέφαλος, υποπλάτιος, και υπερλαγώνιος) χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του σωματικού λίπους.

Δοκιμασία μέτρησης της Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου (VO_{2max}) και της vVO_{2max} : Ο προσδιορισμός της VO_{2max} έγινε με τη χρησιμοποίηση ενός πρωτοκόλλου, σταδιακής αυξανόμενης ταχύτητας, σε ένα κυλιόμενο διάδρομο (TechnoGym RunRace, Italy). Η διαδικασία μέτρησης πραγματοποιούνταν μετά από μια προθέρμανση 12 min (περιελάμβανε χαλαρό τρέξιμο 8min στο 60% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και 4min διατάσεις). Πριν από κάθε δοκιμασία πραγματοποιούνταν βαθμονόμηση του εργοσπειρόμετρου όπως αυτό προτείνεται από τους κατασκευαστές. Στη συνέχεια ο ασκούμενος αφού φορούσε τη μάσκα του εργοσπειρόμετρου και τη ζώνη του Polar ανέβαινε στον κυλιόμενο διάδρομο όπου ελέγχονταν η σωστή λειτουργία των παραπάνω οργάνων. Αφού διαπιστώνονταν ότι οι συσκευές λειτουργούσαν κανονικά και ο ασκούμενος δεν αντιμετώπιζε κάποιο πρόβλημα άρχισε η διαδικασία εκτέλεσης του τεστ. Ως αρχική ταχύτητα επιλέχθηκαν τα 8km/h. Στη συνέχεια η ένταση αυξάνονταν κάθε 1 min κατά 0.5 km/h.. Κατά την

διάρκεια του τεστ και ιδιαίτερα προς το τέλος, όπου η κούραση κατέβαλε σωματικά και ψυχολογικά τους δοκιμαζόμενους, γινόταν συνεχείς παροτρύνσεις ώστε να παρατείνουν την άσκηση όσο το δυνατόν περισσότερο, φτάνοντας σε μέγιστη προσπάθεια, με εκφράσεις όπως «πάμε κι άλλο», «μπορείς», «μπορείς πιο γρήγορα» κ.λ.π. Σε πολλούς από τους συμμετέχοντες, οι οποίοι γνώριζαν την σημασία ορισμένων παραμέτρων όπως η VO_{2max} , το αναπνευστικό πηλίκο κτλ., δίνονταν επιπλέον ανατροφοδότηση κατά την διάρκεια της άσκησης, σχετικά με το ύψος των τιμών αυτών γιατί λειτουργούσε ως κίνητρο για να συνεχίσουν την προσπάθεια.

Οι τιμές του O_2 και CO_2 του εκπνεόμενου αέρα αναλύονταν από έναν αναλυτή αερίων (VO2000, SensorMedics, USA) ενώ η καταγραφή της καρδιακής συχνότητας γινόταν με τη χρήση ενός Polar S410 (Polar, Finland). Οι όγκοι των εκπνεόμενων αερίων μετρήθηκαν (breath-by-breath) ανά 20sec. Ως τιμή της VO_{2max} ορίστηκε η μεγαλύτερη τιμή κατανάλωσης οξυγόνου που παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια της δοκιμασίας, της οποίας η ταχύτητα (vVO_{2max}) διατηρήθηκε τουλάχιστον 1min (Billat et al., 1999).

Τα κριτήρια για την εγκυρότητα της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Howley et al. 1995) ήταν τα ακόλουθα:

1. Μέγιστη καρδιακή συχνότητα (220-ηλικία)
2. Αναπνευστικό πηλίκο (RER) > 1.15
3. Εμφάνιση «πλατώ» στην πρόσληψη οξυγόνου.

Η ύπαρξη δυο τουλάχιστον από τα παραπάνω κριτήρια ήταν απαραίτητη για να θεωρηθεί η δοκιμασία έγκυρη. Όλοι οι συμμετέχοντες κατάφεραν να πετύχουν τον απαραίτητο αριθμό κριτηρίων .

Ως vVO_{2max} ορίζεται η μικρότερη ταχύτητα η οποία αποσπά από τον αθλητή VO_2 ίση με την VO_{2max} σε ένα αυξανόμενο τεστ αντοχής. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ταχύτητα αυτή να διατηρηθεί για τουλάχιστον ένα λεπτό. Αν ο αθλητής δεν καταφέρει να την διατηρήσει για 1min τότε ως vVO_{2max} καταγράφεται η ταχύτητα του προηγούμενου σταδίου (Billat et al., 1999). Ο προσδιορισμός της vVO_{2max} ακολούθησε τα εξής στάδια: αρχικά προσδιορίστηκε η VO_{2max} και στη συνέχεια καταγράφηκε η ταχύτητα που αντιστοιχούσε στη VO_{2max} και πληρούσε τα παραπάνω κριτήρια.

Προσδιορισμός του Αναπνευστικού Αναερόβιου Κατωφλιού: Ο προσδιορισμός του AT έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο V-slope όπως αυτή παρουσιάστηκε από τους Beaver et al. (1986). Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μέθοδο το σημείο τομής της ευθύγραμμης παλινδρόμησης που εμφανίστηκε από τα ζεύγη των τιμών του $\dot{V}O_2$ και $\dot{V}CO_2$, κατά τη δοκιμασία της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και αυτού που αντιστοιχεί στην εφαπτομένη της γωνίας των αξόνων, είναι το σημείο του AT. Απαραίτητη προϋπόθεση για τον προσδιορισμό του AT είναι το σημείο τομής να παρατηρείται μετά το 4^ο λεπτό της δοκιμασίας της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου.

Προσδιορισμός της δομικής οικονομίας στο 70% $v\dot{V}O_{2max}$: Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τη μέτρηση της RE ήταν αυτή που προτείνεται από τους Billat et al. (1999) και πραγματοποιήθηκε πάνω σε κυλιόμενο διάδρομο. Η όλη διαδικασία πραγματοποιήθηκε πριν την εκτέλεση του τεστ για τον προσδιορισμό του T_{limit} και αποτέλεσε την προθέρμανση για την εκτέλεσή του. Αρχικά οι ασκούμενοι έκαναν προθέρμανση η οποία περιλάμβανε 5min συνεχόμενο τρέξιμο στο 60% της $v\dot{V}O_{2max}$ (πάνω στο κυλιόμενο διάδρομο) και διατάσεις για 3min. Στη συνέχεια ο ασκούμενος ανέβαινε στο κυλιόμενο διάδρομο και αφού συνδέονταν με τον απαραίτητο εξοπλισμό (εργοσπειρόμετρο και Polar) εκτελούσε προσπάθεια 8min με ταχύτητα 70% της $v\dot{V}O_{2max}$. Κριτήριο για την εκτίμηση της RE αποτέλεσε ο μέσος όρος των τιμών της κατανάλωσης του οξυγόνου μεταξύ του 6^{ου} και 7^{ου} λεπτού της προσπάθειας.

Δοκιμασία για τον υπολογισμό του T_{limit} στη $v\dot{V}O_{2max}$: Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό του T_{limit} στη $v\dot{V}O_{2max}$ ήταν αυτή που προτείνεται από τους Billat et al. (1999). Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η προθέρμανση καθώς και το τεστ για τον προσδιορισμό της RE χρησιμοποιήθηκε ως προθέρμανση για την εκτέλεση της δοκιμασίας του T_{limit} στη $v\dot{V}O_{2max}$. Αναλυτικά μετά τον προσδιορισμό της RE ακολουθούσε διάλειμμα 10min για να ξεκουραστούν οι ασκούμενοι και να προετοιμαστούν ψυχολογικά για το τεστ του T_{limit} στη $v\dot{V}O_{2max}$. Στη συνέχεια ανέβαιναν στο κυλιόμενο διάδρομο και αφού συνδέονταν με τον απαραίτητο εξοπλισμό (εργοσπειρόμετρο και Polar) ξεκινούσαν την προσπάθεια. Σύμφωνα με αυτή ο ασκούμενος ξεκινούσε την προσπάθεια του από αδράνεια και θα έπρεπε μέσα σε 30sec να φτάσει στην προσδοκόμενη ταχύτητα μέτρησης που ήταν η ατομική $v\dot{V}O_{2max}$. Την στιγμή που ο ασκούμενος «έπιανε» την $v\dot{V}O_{2max}$ άρχιζε η μέτρηση του T_{limit} . Η μέτρηση διαρκούσε μέχρι τη στιγμή που ο ασκούμενος

εγκατέλειπε την προσπάθεια. Κατά την διάρκεια του τεστ ο ασκούμενος ενισχύονταν με εκφράσεις όπως «πάμε», «μπορείς» «και άλλο» κ.τ.λ έτσι ώστε να φτάσει σε πλήρη εξάντληση πριν εγκαταλείψει και να πετύχει την μέγιστη δυνατή επίδοση. Η μέτρηση του χρόνου έγινε με χρονόμετρο χειρός και υπολογίστηκε και το τελευταίο δευτερόλεπτο της προσπάθειας.

Στατιστική ανάλυση

Για την στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (προπονητική παρέμβαση X χρόνο) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο παράγοντα «χρόνο». (two-way-ANOVA). Το στατιστικό πακέτο SPSS 13 χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση δεδομένων. Ως επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε το $p < 0.05$. Λόγω αλληλεπίδρασης μεταξύ ορισμένων μεταβλητών (vVO_{2max} , Tlimit) εφαρμόστηκε Post-hoc (simple main effects analysis) για να διαπιστωθεί το μέγεθος σημαντικότητας των μεταβολών.

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές της μελέτης ήταν:

- Μέθοδος προπόνησης (δύο επίπεδων):
 - 1 Διαλειμματική μικρού χρόνου(30sec)
 - 2 Διαλειμματική μεσαίου χρόνου(50% Tlimit)
- Χρόνος (δύο επιπέδων)
 - Πριν την προπονητική παρέμβαση
 - Μετά την προπονητική παρέμβαση

Οι εξαρτημένες μεταβλητές της μελέτης ήταν:

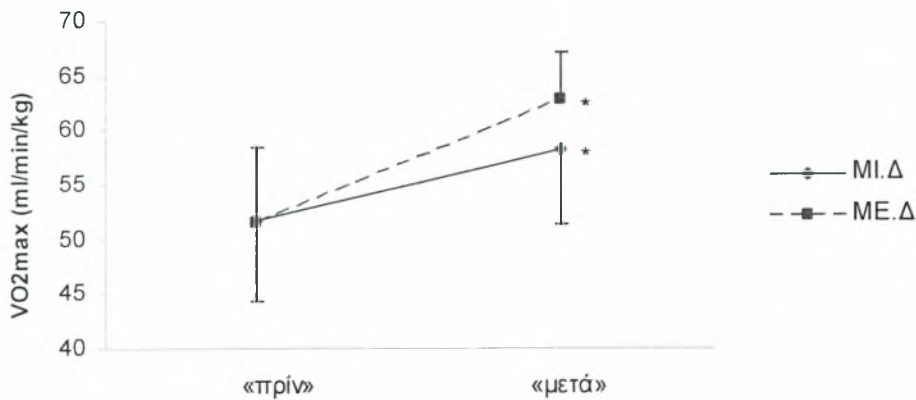
- VO_{2max}
- Η ταχύτητα στη VO_{2max} (vVO_{2max})
- Ταχύτητα στο αναερόβιο κατώφλι (vAT)
- Ποσοστό της VO_{2max} στο αναερόβιο κατώφλι (%AT)
- Δρομική οικονομία (RE) στο 70% της vVO_{2max}
- Χρόνος ανοχής (Tlimit) στην δοκιμασία υψηλής έντασης (100% vVO_{2max})

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

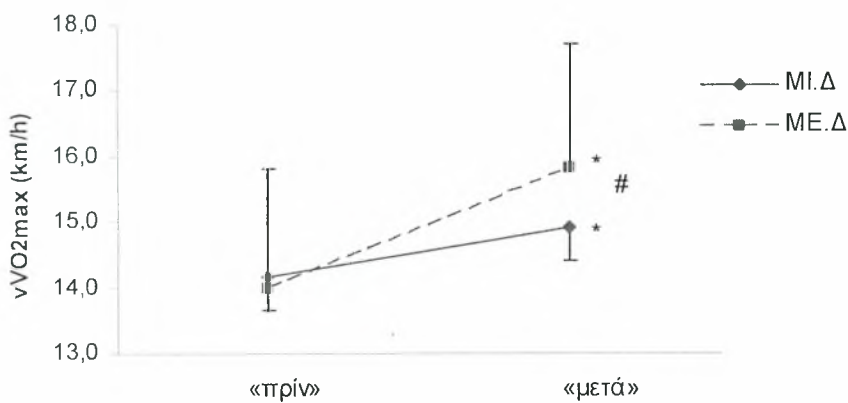
Τα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται σε τέσσερα υποκεφάλαια. Στο πρώτο υποκεφάλαιο αναφέρονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων στη δοκιμασία προσδιορισμού της VO_{2max} και της vVO_{2max} πριν και μετά το τέλος της προπονητικής παρέμβασης. Στο δεύτερο υποκεφάλαιο αναφέρονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του αναερόβιου κατωφλιού (ταχύτητα και ποσοστό της VO_{2max}). Και τέλος στο τρίτο και τέταρτο υποκεφάλαιο παρουσιάζονται αντίστοιχα τα αποτελέσματα των δοκιμασιών της RE στο 70% vVO_{2max} και του χρόνου διατήρησης (ανοχής) της vVO_{2max} (Tlimit).

Αποτελέσματα της VO_{2max} και της vVO_{2max}

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για τις τιμές της VO_{2max} και της vVO_{2max} εμφανίζονται στον πίνακα 4 και στα σχήματα 1-2. Η στατιστική ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων έδειξε σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «χρόνος» ($p < 0.05$) και για τις δύο παραμέτρους (VO_{2max} , vVO_{2max}) ενώ δεν βρέθηκε (για τις ίδιες παραμέτρους) στατιστικά σημαντική η κύρια επίδραση του παράγοντα «παρέμβαση» ($p > 0.05$). Στατιστικά σημαντική ήταν επίσης η αλληλεπίδραση των παραγόντων «παρέμβασης» χ «χρόνος» ($p < 0.05$) για την παράμετρο vVO_{2max} ενώ αντίθετα για την VO_{2max} δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των ίδιων παραγόντων. Αναλυτικότερα για κάθε ομάδα (A=30sec: 30sec, B= $\frac{1}{2}$ Tlimit : $\frac{1}{2}$ Tlimit), παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση τόσο στη VO_{2max} (11.1% και 17.8% αντίστοιχα) όσο και στη vVO_{2max} (4.9% και 11.4% αντίστοιχα) ($p < 0.05$).



Σχήμα 1: Μεταβολές στη VO_{2max} μετά από την εφαρμογή MI.Δ και ME.Δ
 *p<0.05 «πρίν» έναντι «μετά» στις ομάδες A (MI.Δ.) και B (ME.Δ.).

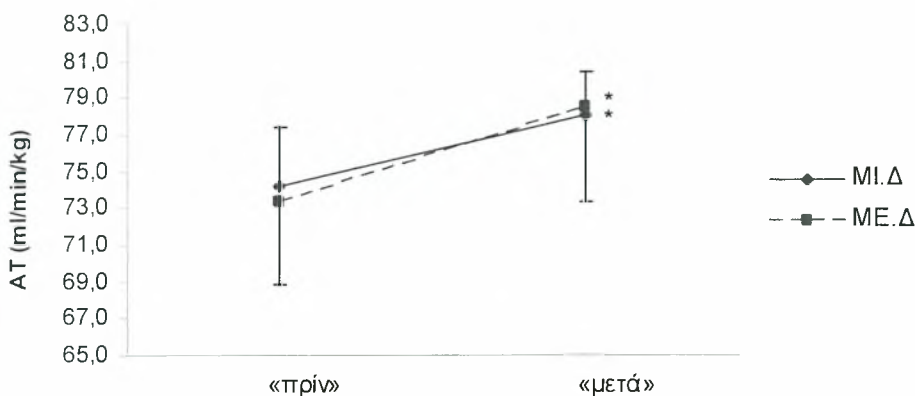


Σχήμα 2: Μεταβολές στη vVO_{2max} μετά από προπόνηση MI.Δ και ME.Δ
 *p<0.05 «πρίν» έναντι «μετά» στις ομάδες A (MI.Δ.) και B (ME.Δ.).
 # Αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο μεθόδων.

Αποτελέσματα αναπνευστικού αναερόβιου κατωφλιού (AT) (ταχύτητα και ποσοστό της VO_{2max})

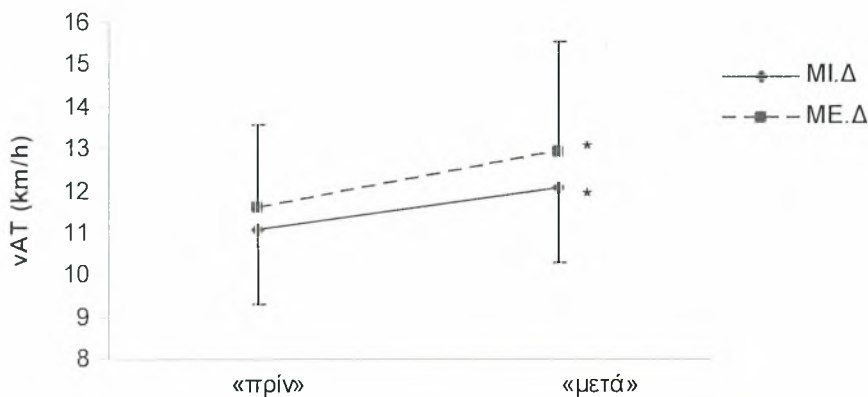
Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για τις τιμές του AT (ποσοστιαία (%) σχέση με τη VO_{2max} καθώς η vAT) παρουσιάζονται στον πίνακα 4 καθώς και στα σχήματα 3-4. Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων για το AT ως ποσοστό της VO_{2max} αλλά και η vAT έδειξαν κύρια επίδραση του παράγοντα «χρόνο» (p<0.05), ενώ η κύρια επίδραση του παράγοντα «προπονητική παρέμβαση» και η αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «παρέμβαση» χ «χρόνο», δεν ήταν στατιστικά σημαντικές(p>0.05). Πιο συγκεκριμένα η ομάδα 30sec: 30sec παρουσίασε

αύξηση 4,9% στο ποσοστό του AT σε σχέση με τη VO_{2max} και 4,8% αύξηση της vAT ενώ η ομάδα $\frac{1}{2}Tlimit$: $\frac{1}{2} Tlimit$ 6,5% και 10% αντίστοιχα για κάθε μία από τις παραπάνω παραμέτρους.



Σχήμα 3: Μεταβολές στο AT σε σχέση VO_{2max} μετά την εφαρμογή MI.Δ και ME.Δ προπόνησης.

* $p < 0.05$ «πρίν» έναντι «μετά» στις ομάδες A (MI.Δ.) και B (ME.Δ.).



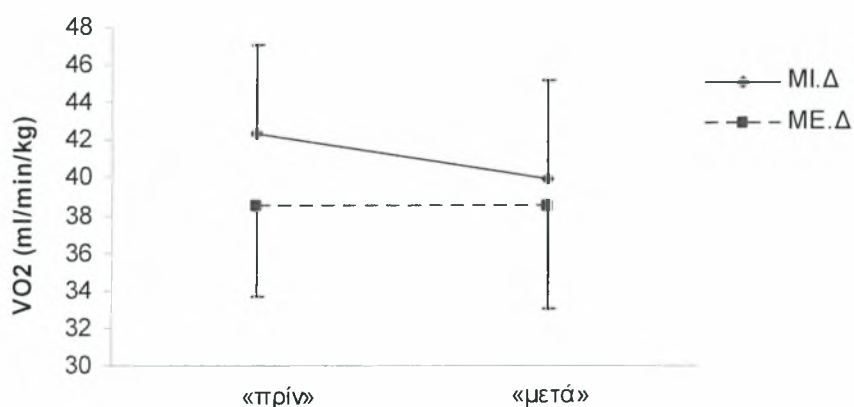
Σχήμα 4: Παρουσιάζονται οι τιμές της vAT στις δύο ομάδες άσκησης πριν και μετά την προπονητική παρέμβαση. * $p < 0.05$ «πρίν» έναντι «μετά» στις ομάδες A και B.

Αποτελέσματα δρομικής οικονομίας (RE) στο 70% vVO_{2max}

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για τις τιμές της RE όπως αυτή εκφράζεται σαν κατανάλωση οξυγόνου (ml/kg/min) στο 70% της vVO_{2max} παρουσιάζονται στον πίνακα 4 και στο σχήμα 5. Από τα αποτελέσματα της διακύμανσης δύο παραγόντων φαίνεται ότι δεν υπάρχει σημαντική επίδραση του παράγοντα «χρόνος» και του παράγοντα «προπονητική παρέμβαση» ($p > 0.05$) σε καμία από τις δύο ομάδες άσκησης. Στατιστικά μη σημαντική βρέθηκε ότι ήταν και η

αλληλεπίδραση «χρόνος» χ «προπονητική παρέμβαση» σε κάθε μία από τις ομάδες ($p>0.05$).

Παρά το γεγονός ότι παρατηρήθηκε μικρή μείωση της κατανάλωσης του οξυγόνου (βελτίωση της RE) μετά την προπονητική παρέμβαση στην ομάδα 30sec : 30sec κατά 5,7% δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p>0.05$). Τέλος στην ομάδα $\frac{1}{2}T_{limit}$: $\frac{1}{2}T_{limit}$ η κατανάλωση οξυγόνου παρέμεινε σχεδόν η ίδια.



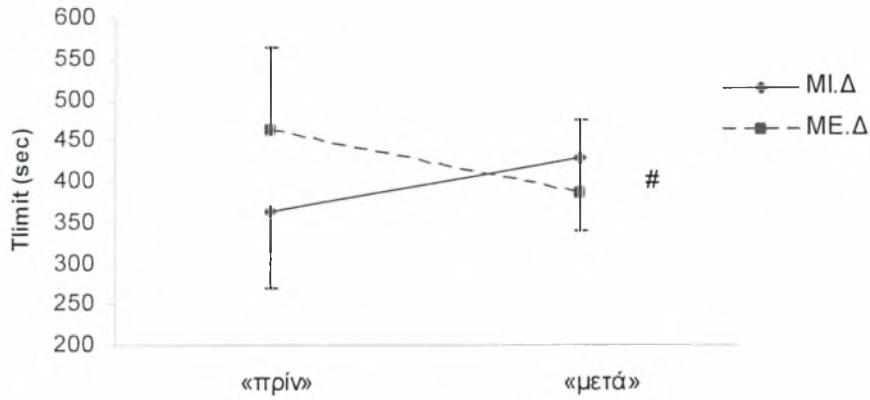
Σχήμα 5: Παρουσιάζονται οι τιμές της RE στο 70% της vVO_{2max} πριν και μετά την προπονητική παρέμβαση $p>0.05$ «πρίν» έναντι «μετά» στις ομάδες A (MI.Δ.) και B (ME.Δ.).

Αποτελέσματα της δοκιμασίας T_{limit} (χρόνος διατήρησης στο 100% της vVO_{2max})

Οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις για τις τιμές του T_{limit} στο 100% της vVO_{2max} της κάθε ομάδας παρουσιάζονται στον πίνακα 4 και στο σχήμα 6.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δύο παραγόντων έδειξαν μη σημαντική επίδραση του παράγοντα «χρόνος» και του παράγοντα «προπονητική παρέμβαση» και στις δύο ομάδες ($p>0.05$). Αντίθετα στατιστικά σημαντική ήταν η αλληλεπίδραση των παραγόντων «προπονητική παρέμβαση» χ «χρόνος» ($p<0.05$).

Παρατηρήθηκε αύξηση του T_{limit} στην ομάδα 30sec : 30sec κατά 15% ενώ στην ομάδα $\frac{1}{2}T_{limit}$: $\frac{1}{2}T_{limit}$ η ίδια μεταβλητή μειώθηκε κατά 17%. Και στις δυο περιπτώσεις οι μεταβολές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ($p>0.05$).



Σχήμα 6: Παρουσιάζονται οι τιμές του Tlimit στο 100% της vVO_{2max} πριν και μετά τη προπονητική παρέμβαση $p > 0.05$ «πριν» έναντι «μετά» στις ομάδες A (MI.Δ.) και B (ME.Δ.).

Αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο μεθόδων.

Πίνακας 4. Συνολικά αποτελέσματα των συμμετεχόντων στη δοκιμασία της VO_{2max} , δοκιμασία της RE και στη δοκιμασία Tlimit πριν και μετά την προπόνηση.

Μεταβλητές	Χρόνος	Μικρού Χρόνου (A) (30')		Μεσαίου Χρόνου (B) (1/2 T _{LIMIT})	
		\bar{X}	SD	\bar{X}	SD
VO_{2max} (ml/min/kg)	ΠΡΙΝ	51.73	7.369	51.54	6.91
	ΜΕΤΑ	58.20*	6.78	62.74*	4.34
vVO_{2max} (km/h)	ΠΡΙΝ	14.17	2.56	14.00	1.80
	ΜΕΤΑ	14.91*	2.42	15.80*#	1.89
VO_{2AT} (ml/min/kg)	ΠΡΙΝ	74.22	3.58	73.34	4.46
	ΜΕΤΑ	78.10*	2.31	78.46*	5.06
vAT (km/h)	ΠΡΙΝ	11.50	1.69	11.60	1.78
	ΜΕΤΑ	12.08*	1.96	12.90*	2.63
RE (ml/min/kg)	ΠΡΙΝ	42.36	4.74	38.46	4.80
	ΜΕΤΑ	39.93	5.21	38.53	5.45
T _{limit} (sec)	ΠΡΙΝ	364.83	95.21	463.40	100.14
	ΜΕΤΑ	428.00	88.72	385.60#	90.02

* $p < .05$ πριν - μετά,

$p < .05$, αλληλεπίδραση (Χρόνος X Προπονητική παρέμβαση)

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να εισαγάγει περισσότερες πληροφορίες στον περιορισμένο ερευνητικό και προπονητικό τομέα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της αερόβιας διαλειμματικής προπόνησης σε μέτρια γυμνασμένους ενήλικες. Τα σημαντικότερα ευρήματα της έρευνας αποκαλύπτουν πως και τα δύο πρωτόκολλα διαλειμματικής προπόνησης [μικρού χρόνου ($MI.\Delta=30sec$) και μεσαίου χρόνου ($ME.\Delta=2\frac{1}{2}-4min$)] προκάλεσαν σημαντική βελτίωση της VO_{2max} της vVO_{2max} και του AT ($\%AT$, vAT) στις ομάδες Α και Β. Αντίθετα, δεν οδήγησαν σε στατιστικά σημαντικές μεταβολές της RE (και στις δύο ομάδες) και του T_{limit} της ομάδας Α, ενώ φάνηκε ότι ο T_{limit} της ομάδας Β μειώθηκε στατιστικά σημαντικά μετά από 4 εβδομάδες προπόνησης. Επιπρόσθετα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τη βελτίωση της VO_{2max} της vVO_{2max} και του AT ($\%AT$, vAT) μεταξύ των ομάδων.

Ειδικότερα σε ό,τι αφορά τη βελτίωση της VO_{2max} στις ομάδες Α και Β (11.1% και 17.8% αντίστοιχα) η οποία παρατηρήθηκε μετά την προπονητική παρέμβαση, είναι ένα αποτέλεσμα που συμφωνεί με τις απόψεις των Brooks et al. (1996) οι οποίοι πιστεύουν ότι η διαλειμματική προπόνηση σε εντάσεις που αντιστοιχούν στη vVO_{2max} ίσως μεγιστοποιούν τη βελτίωση της VO_{2max} ως αποτέλεσμα μιας σημαντικής αύξησης της πυκνότητας των μιτοχονδρίων.

Ερευνητές όπως η Billat, (2001a) θεωρούν καθοριστικούς παράγοντες για την πρόκληση υψηλών καρδιοαναπνευστικών προσαρμογών τον χρόνο διατήρησης ή τη διανυθείσα απόσταση κατά την διάρκεια της προπόνησης σε όσο το δυνατό υψηλότερα ποσοστά της VO_{2max} . (90%-100% της VO_{2max}). Επιπρόσθετα, παλαιότερες έρευνες όπως των Davies et al. (1971) συμφωνούν με τις παραπάνω διαπιστώσεις τονίζοντας ότι για να προκληθεί σημαντική βελτίωση της VO_{2max} σε έναν αθλητή θα πρέπει να προπονείται κοντά ή πάνω από τη VO_{2max} για όσο το δυνατό μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Οι Billat et al. (2000) αναφέρουν ότι μικρού χρόνου διαλειμματική προπόνηση (διάρκεια ερεθίσματος 30sec, ένταση 100% της vVO_{2max} , ενεργητικό διάλειμμα 30sec στο 50% της vVO_{2max} ,) ανάγκαζε τους δρομείς να μένουν στο επίπεδο της VO_{2max} ακόμη και κατά την διάρκεια των διαλειμμάτων από την 5^η

κίολας επανάληψη έως και την 19^η. Κατ' αυτό τον τρόπο οι δρομείς διατηρούσαν μια επιβάρυνση κοντά στη VO_{2max} για 10min (δηλαδή το 83% του χρόνου που έτρεχαν με το 100% της vVO_{2max}), ενώ η μέση συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα ήταν ίση με 7.4 ± 1.8 mmol/L. Μια άλλη διαπίστωση που έκαναν οι παραπάνω ερευνητές ήταν ότι, ενώ οι δρομείς έφταναν στη VO_{2max} από τις πρώτες κίολας επαναλήψεις, η συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα μεταξύ 3^{ου} και 6^{ου} λεπτού παρέμεινε σε επίπεδα κάτω των 4 mmol/L. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η άνοδος της VO_{2max} (11%) στην ομάδα A είναι δικαιολογημένη, αφού η πραγματοποίηση ενός σχεδόν παρόμοιου προγράμματος με αυτό που εφάρμοσαν οι Billat et al. (2000) (στην έρευνά μας ήταν όλα ίδια εκτός του μέσου όρου των επαναλήψεων που ήταν 24X30sec), ανάγκαζε τους ασκούμενους να επιβαρύνονται κατά μέσο όρο $485sec \pm 213.3$ (περίπου 8min) πάνω από το 90% της VO_{2max} (πίνακας 3) κατά την διάρκεια του προγράμματος. Γενικότερα ο μέσος όρος επιβάρυνσης (κατά την φάση των ερεθισμάτων επιβάρυνσης) των ασκούμενων της ομάδας A ήταν $90.37\% \pm 5.27$ της VO_{2max} (πίνακας 3), ενώ κατά τη διάρκεια του ενεργητικού διαλείμματος η επιβάρυνση δεν ήταν σημαντικά χαμηλότερη (οι ασκούμενοι κατά μέσο όρο διατηρούσαν μια VO_2 ίση με το $81.72\% \pm 3.35$ της VO_{2max} (πίνακας 3), όπως και στη έρευνα των Billat et al. (2000).

Όσον αφορά στη βελτίωση της VO_{2max} που παρατηρήθηκε στην ομάδα B αυτή συμφωνεί με τις ερευνητικές διαπιστώσεις των Billat et al. (1999a), οι οποίοι χρησιμοποίησαν παρόμοιο προπονητικό πρόγραμμα (στη συγκεκριμένη έρευνα η διάρκεια των ερεθισμάτων προσδιορίστηκε στο 50% του Tlimit, η αναλογία επιβάρυνσης-διαλείμματος ήταν 1:1, το διάλειμμα ήταν ενεργητικό με ένταση στο 50% της vVO_{2max} , η ένταση του ερεθίσματος ήταν ίση με τη vVO_{2max} , η συνολική διάρκεια της προπόνησης ήταν 2-21/2 X Tlimit και η συχνότητα της προπόνησης ήταν μία φορά την εβδομάδα). Επίσης, τα ευρήματα της έρευνάς μας συμφωνούν και με τα αποτελέσματα της έρευνας των Smith et al. (1999), οι οποίοι χρησιμοποίησαν παρόμοια διαλειμματικά προπονητικά πρωτόκολλα με συχνότητα δύο φορές την εβδομάδα, αλλά με ερεθίσματα επιβάρυνσης 60%-75% του Tlimit και συνολική ποσότητα 3 X Tlimit. Και στις δύο παραπάνω έρευνες η προπονητική παρέμβαση διήρκεσε 4 εβδομάδες, όπως και στην έρευνά μας.

Το γεγονός επίσης ότι στην ομάδα B της παρούσας έρευνας η άνοδος της VO_{2max} ήταν κατά πολύ μεγαλύτερη (17.8%) από ό,τι αυτή που παρατηρήθηκε στις έρευνες των Billat et al. (1999a) και των Smith et al. (1999) (1,5% και 4,65% αντίστοιχα) μπορεί ίσως να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι στις παραπάνω έρευνες

είχαν χρησιμοποιηθεί πολύ καλά προπονημένοι αθλητές μεσαίων - μεγάλων αποστάσεων και τριαθλητές ($VO_{2max}=71\pm 4.8$ ml/kg/min και 61 ± 6.1 ml/kg/min για κάθε έρευνα αντίστοιχα), ενώ στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν μέτρια γυμνασμένοι αθλούμενοι ($VO_{2max}=51.63\pm 7.14$ ml/kg/min) με μεγαλύτερα περιθώρια βελτίωσης. Πράγματι το αρχικό επίπεδο των τιμών της VO_{2max} επηρεάζει σημαντικά το εύρος βελτίωσής της ύστερα από προπονητικές επιβαρύνσεις με στόχο τη βελτίωση της αερόβιας αντοχής. Σύμφωνα με τους Saltin, Hartley, Kilbom & Astrad, (1969), η σχέση που έχει το επίπεδο της VO_{2max} πριν την προπόνηση με το εύρος βελτίωσής της μετά από αυτή είναι αντιστρόφως ανάλογη. Στις περισσότερες μελέτες που παρατηρήθηκαν μεγάλες αυξήσεις στη VO_{2max} οι αρχικές μέσες τιμές της κυμαίνονται από 45 έως 55 ml/kg/min όπως και στην περίπτωση των ασκουμένων της έρευνάς μας.

Επιπρόσθετα, η μεγαλύτερη άνοδος της VO_{2max} που παρατηρήθηκε στην ομάδα B (17%) σε σχέση με αυτή της ομάδας A (11%) (παρά το γεγονός ότι η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική) ίσως να δικαιολογείται από την έρευνα των Millet et al. (2003) οι οποίοι αφού συνέκριναν τρεις διαφορετικές διαλειμματικές προπονήσεις (διάρκειας ερεθίσματος/ διαλείμματος: α) 30sec : 30sec, β) 60sec:30sec & γ) $\frac{1}{2}$ Tlimit: $\frac{1}{2}$ Tlimit, συνολικής διάρκειας 3X Tlimit, ενεργητικό διάλειμμα με ταχύτητα ίση με το 50% της vVO_{2max} και ένταση ερεθίσματος 100% της vVO_{2max}) διαπίστωσαν ότι στις διαλειμματικές προπονήσεις β και γ οι αθλητές επιβαρύνονταν για σημαντικά μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μεταξύ 90%-95% της VO_{2max} από ό,τι στην α. Αξίζει να σημειωθεί ότι και στην παρούσα έρευνα η διαλειμματική που εφαρμόστηκε στην ομάδα B ασκούσε υψηλότερη επιβάρυνση, κατά μέσο όρο, στους ασκούμενους κατά τη διάρκεια των ερεθισμάτων επιβάρυνσης ($93\%\pm 5.58$ της VO_{2max}) σε σχέση με την Α ($90.37\%\pm 5.27$) (πίνακας 3). Επίσης, η επιβάρυνση πάνω από το 90% της VO_{2max} κατά τη διάρκεια της συνολικής προπόνησης (διάλειμμα- ερεθίσματα επιβάρυνσης) στην ομάδα B διαρκούσε για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (715 ± 209.4 sec) από ό,τι στην ομάδα Α (485 ± 213.3 sec) (πίνακας 3). Τέλος, η μεγάλη βελτίωση που σημειώθηκε στις δύο ομάδες Α και Β (11% και 17.8% αντίστοιχα) στο σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα των 4 εβδομάδων εφαρμογής της προπονητικής παρέμβασης φαίνεται να δικαιολογείται από την έρευνα των Hickson et al. (1981) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι ύστερα από προπόνηση αντοχής η VO_{2max} αυξήθηκε περίπου 23% μέσα σε 9 εβδομάδες, αλλά όμως το μεγαλύτερο ποσοστό της αύξησης (14%) επιτεύχθηκε μόλις 3 εβδομάδες μετά την έναρξη της προπονητικής παρέμβασης. Με

τους παραπάνω ερευνητές συμφωνούν και οι Daniels et al. (1978) οι οποίοι υποστηρίζουν ότι σε απροπόνητους η VO_{2max} σταθεροποιείται μετά από 4 εβδομάδες προπόνησης και δεν αυξάνει σημαντικά έως την 8^η εβδομάδα. Έρευνες οι οποίες μελέτησαν προπονητικά προγράμματα αντοχής που εφαρμόζονταν για μεγάλο χρονικό διάστημα, διαπίστωσαν ότι η VO_{2max} σταδιακά σταθεροποιείται, με αποτέλεσμα από ένα σημείο και μετά οι βελτιώσεις στην επίδοση να οφείλονται στις συνεχόμενες θετικές μεταβολές υπομέγιστων παραγόντων, όπως η RE και το αναερόβιο γαλακτικό κατώφλι (Pierce et al., 1990; Rusko et al., 1992; Martin et al., 1986).

Αναφορικά με τη vVO_{2max} και αυτή παρουσίασε στατιστικά σημαντική βελτίωση ($p < 0.05$) τόσο στην ομάδα Α (4.9%) όσο και στην ομάδα Β (11.4%). Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με αυτά που παρατηρήθηκαν στις έρευνες των Billat et al. (1999a) και Smith et al. (1999) οι οποίοι χρησιμοποίησαν διαλειμματική προπόνηση μεσαίου χρόνου. Οι παραπάνω ερευνητές εφαρμόζοντας 1-2 διαλειμματικές προπονήσεις (ίδια σχεδόν χαρακτηριστικά επιβάρυνσης με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στη διαλειμματική προπόνηση που ακολούθησε η ομάδα Β της παρούσας έρευνας) την εβδομάδα για ένα διάστημα 4 εβδομάδων παρατήρησαν στατιστικά σημαντική βελτίωση της vVO_{2max} των συμμετεχόντων στην ερευνάς τους (3% & 3.8% αντίστοιχα). Σημαντική βελτίωση της vVO_{2max} (4%) παρατηρήθηκε και σε έρευνες όπου χρησιμοποιήθηκε διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου (15secX30-40επαν., διάλειμμα 15sec με ένταση 92% M.H.R) μέσα σε ένα χρονικό διάστημα 6 εβδομάδων (συχνότητα διαλειμματικής προπόνησης 1-3 φορές ανά εβδομάδα) (France et al., 1998). Γενικότερα, οι Billat et al. (1999a), Smith et al. (1999) και οι France et al. (1998) πιστεύουν ότι κατά την διάρκεια διαλειμματικών προπονήσεων μικρού και μεσαίου χρόνου η χρησιμοποίηση εντάσεων ίσων με τη vVO_{2max} αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την περαιτέρω βελτίωση της vVO_{2max} -και μάλιστα σε μικρό χρονικό διάστημα (4-6εβδομάδες)- παράμετρο καθοριστική για τη μεγιστοποίηση της επίδοσης σε πολλούς δρόμους ημιαντοχής-αντοχής (Babineau, et al., 1996; Daniels et al., 1984; Lacour et al., 1991; Lacour et al., 1990; Morgan et al., 1989; Padilla et al., 1992).

Άλλοι ερευνητές όπως οι Tabata et al. (1997) απέδειξαν ότι η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης είναι ένα πολύ αποτελεσματικό μέσο για την αύξηση της VO_{2max} . Οι παραπάνω ερευνητές θεωρούν ότι ίσως η υψηλή πρόσληψη οξυγόνου που λαμβάνει χώρα σε κάποιες μορφές διαλειμματικής προπόνησης [όπως και σε αυτές

που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα (πίνακας 3)] οδηγεί σε σημαντική επιβάρυνση του αερόβιου συστήματος και έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση της VO_{2max} . Οι ίδιοι ερευνητές καταλήγουν με τη διαπίστωση ότι εξαιτίας της στενής σχέσης που υπάρχει μεταξύ VO_{2max} και vVO_{2max} είναι πιθανόν τέτοιες διαλειμματικές προπονήσεις (που οδηγούν σε υψηλή πρόσληψη οξυγόνου) να προκαλούν βελτιώσεις που είναι γραμμικές και για τις δύο παραμέτρους (VO_{2max} και vVO_{2max}). Οι απόψεις των Tabata et al. (1997) φαίνεται να συμφωνούν με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας όπου η άνοδος που παρατηρήθηκε στις δύο παραμέτρους (VO_{2max} και vVO_{2max}) σε κάθε μία από τις ομάδες A και B είχε μια τάση γραμμική. Πράγματι, η ομάδα B που εμφάνισε τη μεγαλύτερη άνοδο της VO_{2max} (17%) αυτή παρουσίασε και τη μεγαλύτερη άνοδο της vVO_{2max} (11.4%) σε σχέση με την ομάδα A, όπου η VO_{2max} σημείωσε μικρότερη άνοδο (11%) και παράλληλα μικρότερη αύξηση και της vVO_{2max} (4.9%). Και ενώ από την αλληλεπίδραση (σχήμα 2) φάνηκε ότι η ομάδα B αύξησε τη vVO_{2max} σε μεγαλύτερο βαθμό από την A, το γεγονός ότι δεν εμφανίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην δεύτερη μέτρηση μεταξύ των ομάδων πιθανόν να οφείλεται στο μικρό αριθμό συμμετεχόντων. Ένα στοιχείο που υποστηρίζει την άποψη αυτή είναι το μέγεθος του effect size (H_2). Ενώ στην πρώτη μέτρηση οι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων είχαν μέγεθος επίδρασης .002, στη δεύτερη αυξήθηκε σε .05. Η παραπάνω διαπίστωση μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η διαλειμματική προπόνηση μεσαίου χρόνου με ένταση ίση vVO_{2max} ίσως είναι αποτελεσματικότερη ως προς τη βελτίωση της vVO_{2max} σε σχέση με την διαλειμματική μικρού χρόνου και παρόμοιας έντασης, διαπίστωση με την οποία συμφωνούν και οι France et al. (1998).

Όσον αφορά στο ύψος του AT (ως ποσοστό της VO_{2max}) από τον πίνακα 4 βλέπουμε ότι η μέση τιμή των αρχικών τιμών του στις ομάδες A και B της παρούσας έρευνας ανέρχονταν σε $74.22 \pm 3.5\%$ και $73.34 \pm 4.4\%$ της VO_{2max} αντίστοιχα και συμφωνούν με τα ερευνητικά δεδομένα των Kintermann et al. (1978) που αναφέρονται στο ύψος του αναερόβιου κατωφλιού μέτρια προπονημένων αθλούμενων (70%-80% της VO_{2max}). Ερευνητές όπως οι Andrew et al. (2000) υποστηρίζουν ότι η χρησιμοποίηση προπονητικών εντάσεων κοντά ή πάνω από αυτές που αντιστοιχούν στο τρέχον AT, προκαλούν σημαντικές βελτιώσεις αυτής της παραμέτρου. Βέβαια, μεγάλο μέρος των ερευνών υποστηρίζουν ότι οι μεγαλύτερες αυξήσεις στο AT παρατηρήθηκαν όταν εφαρμόστηκαν προπονητικά πρωτόκολλα υψηλών εντάσεων τα οποία προσέγγιζαν τη VO_{2max} (Henrize, Weltman, Schurrer, &

Barlow 1985; Weltman et al., 1992). Κατ' αυτόν τον τρόπο η στατιστικά σημαντική αύξηση 5.53% και 6.53% ως ποσοστό βελτίωσης της VO_{2max} (%AT), καθώς επίσης 4.8% και 10% ως ποσοστό βελτίωσης της ταχύτητας που παρουσίασε το αναερόβιο κατώφλι (vAT) στις ομάδες Α και Β αντίστοιχα φαίνεται δικαιολογημένη, αφού στην παρούσα έρευνα τα διαλειμματικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιήθηκαν (πίνακας 3) ασκούσαν κατά μέσο όρο επιβάρυνση $90.37\% \pm 5.27$ και $93\% \pm 5.58$ της VO_{2max} (στις ομάδες Α και Β αντίστοιχα.) αρκετά πάνω από το κατώφλι και πολύ κοντά στη VO_{2max} . Το γεγονός επίσης ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στη βελτίωση του AT μεταξύ των ομάδων συμφωνεί με την έρευνα των Burke, Thayer και Belcamino, (1994). Οι παραπάνω ερευνητές διαπίστωσαν ότι η μικρού χρόνου (30sec) διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (90-95% της vVO_{2max}) προκάλεσε βελτιώσεις στο AT παρόμοιες με αυτές της μεσαίας διάρκειας (2min) σε ένα διάστημα 6 εβδομάδων.

Ένας άλλος παράγοντας που μελετήθηκε στην παρούσα έρευνα ήταν η δρομική οικονομία (RE) με επιβαρύνσεις που αντιστοιχούσαν στο 70% vVO_{2max} . Πιο συγκεκριμένα και παρά το γεγονός ότι παρατηρήθηκε μια τάση μείωσης της πρόσληψης οξυγόνου κατά 5.7% (πίνακας 4) στην ομάδα Α (βελτίωση της RE) αυτή δεν ήταν στατιστικά σημαντική, ενώ στην ομάδα Β η RE δεν παρουσίασε σχεδόν καμία μεταβολή. Στη διεθνή βιβλιογραφία οι έρευνες οι οποίες ασχολήθηκαν με τις επιδράσεις τις προπόνησης αντοχής στη RE αναφέρουν αντιφατικά αποτελέσματα (Andrew et al., 2000). Στην παρούσα έρευνα το σχετικά μικρό χρονικό διάστημα που διήρκησε η προπονητική παρέμβαση (4 εβδομάδες) ίσως εν μέρει να εξηγεί την ασήμαντη μεταβολή της RE που παρατηρήθηκε στην ομάδα Α και τη διατήρησή της στην ομάδα Β. Το συμπέρασμα αυτό πηγάζει από το γεγονός ότι σε πολλές ερευνητικές μελέτες κατά τις οποίες η RE δε μεταβλήθηκε ή χειροτέρευσε έχουν γενικά διάρκεια 10 εβδομάδες ή και λιγότερο (Bailey et al., 1991; Daniels et al., 1978; Petray et al., 1985; Saltin et al., 1968; Wilmore et al., 1970). Αντίθετα, σε εκείνες στις οποίες παρατηρήθηκαν σημαντικές βελτιώσεις της RE η διάρκεια της παρέμβασης κυμαίνονταν από 13 εβδομάδες έως 2 χρόνια (Anderson et al., 1986; Burkett et al., 1985; Conley et al., 1981; Daniels et al., 1974; Patton et al., 1977). Βέβαια, υπήρξαν έρευνες όπως των Franch et al. (1998) κατά την οποία μέτρια γυμνασμένοι δρομείς κατάφεραν να βελτιώσουν την RE τους μέσα σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα (6 εβδομάδες) εφαρμόζοντας 1-3 φορές την εβδομάδα διαλειμματική προπόνηση. Άλλοι πάλι ερευνητές όπως οι Lake και Cavanagh, (1996)

υποστηρίζουν ότι ο σημαντικότερος παράγοντας που οδήγησε στη μη βελτίωση της RE -των μέτρια γυμνασμένων ασκούμενων που πήραν μέρος στην έρευνά τους- ήταν το μικρό χρονικό διάστημα των 6 εβδομάδων της προπονητικής παρέμβασης που χρησιμοποιήθηκε. Οι Franch et al. (1998) θεωρούν ότι η αύξηση της VO_2 σε μια υπομέγιστη ταχύτητα (χειροτέρευση της RE) ύστερα από προπόνηση αντοχής είναι ένα παροδικό φαινόμενο και οφείλεται στις αρχικά μεγάλες βελτιώσεις της VO_{2max} που παρατηρούνται (όπως συνέβη και στην παρούσα έρευνα όπου η βελτίωση της VO_{2max} ανήλθε σε 11% για την Α ομάδα και 17% για την Β). Με τις παραπάνω διαπιστώσεις φαίνεται να συμφωνούν και οι Billat et al. (1999) οι οποίοι αναφέρουν ότι αυξήσεις της VO_{2max} και της ποσοστιαίας αναλογίας της VO_2 στο AT (όπως συνέβη και στην παρούσα έρευνα) μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την RE. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της αύξησης του ποσοστού του οξυδομένου λίπους σε σχέση με τους υδατάνθρακες που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας στη δοσμένη υπομέγιστη ταχύτητα. Είναι γνωστό ότι η κατανάλωση οξυγόνου είναι μεγαλύτερη για την αποδόμηση των λιπαρών οξέων, από ό,τι για την αποδόμηση του γλυκογόνου (Zintl, 1993). Οι Franch et al. (1998) συμπληρώνουν ότι κατά τα πρώτα στάδια των προπονητικών προσαρμογών η σημαντική αύξηση της VO_{2max} φαίνεται να είναι ίσως ο καθοριστικός παράγοντας βελτίωσης της επίδοσης σε ένα αγώνισμα αντοχής. Στα επόμενα στάδια, όμως, και ενώ η VO_{2max} φτάνει σε «πλατώ», η βελτίωση της επίδοσης φαίνεται να αυξάνει μέσω και της βελτίωσης της RE. Οι μηχανισμοί παρ' όλα αυτά που οδηγούν στη βελτίωση της RE μετά από συγκεκριμένους τύπους αντοχής παραμένουν αδιευκρίνιστοι.

Τέλος, αναφορικά με τη δοκιμασία Tlimit (χρόνος διατήρησης στο 100% vVO_{2max}) η ομάδα Α παρουσίασε μια αύξηση 15% η οποία δεν ήταν στατιστικά σημαντική, ενώ αντίθετα η ομάδα Β μια μείωση ίση με 17% στατιστικά σημαντική. Η τάση για αύξηση του Tlimit (+15%) που παρουσίασε η ομάδα Α (παρά το γεγονός ότι δεν ήταν στατιστικά σημαντική) φαίνεται να συμφωνεί με τα αποτελέσματα της έρευνας των Tuimil & Rodriguez, (2001), όπου η ομάδα που ακολούθησε τη διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου παρουσίασε σημαντική αύξηση 32,5% του Tlimit. Αντιθέτως η μείωση του Tlimit που παρατηρήθηκε στην ομάδα Β δε συμφωνεί με τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας. Έρχεται, όμως, σε πλήρη συμφωνία με τα αποτελέσματα της έρευνας των Billat et al. (1999) όπου και εκεί μετά την εφαρμογή διαλειμματικής προπόνησης μεσαίου χρόνου για ένα διάστημα 4 εβδομάδων παρατηρήθηκε μείωση (-6%) του Tlimit στη νέα vVO_{2max} που προέκυψε



μετά την προπονητική παρέμβαση, όπως παρατηρήθηκε και στην παρούσα έρευνα. Γενικότερα η ομάδα της Γαλλίδας ερευνήτριας Veronique Billat υποστηρίζει ότι η διαλειμματική προπόνηση μεσαίου χρόνου (2min-4min) δε φαίνεται να βελτιώνει την απόδοση σε δοκιμασίες Tlimit στο 100% της vVO_{2max} και πάνω (Heubert, Bocquet, Koralzstain & Billat, 2003).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1) Οι αερόβιες διαλειμματικές μέθοδοι μικρού (30sec) και μεσαίου χρόνου (2,5-4min) φαίνεται ότι προκαλούν σε σύντομο χρονικό διάστημα (4εβδομάδες) σημαντικές βελτιώσεις της VO_{2max} και της vVO_{2max} σε μέτρια γυμνασμένους αθλητές, γεγονός που συμφωνεί με τις διαπιστώσεις παρόμοιων ερευνών (Franch et al., 1998; Billat, 1999b; Smith et al., 1999).

2) Και τα δύο διαλειμματικά πρωτόκολλα φαίνεται ότι προκαλούν σημαντικές βελτιώσεις του αναερόβιου κατωφλίου (%AT, vAT) συμπέρασμα που συμφωνεί με άλλες έρευνες στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν πρωτόκολλα παρόμοιων εντάσεων (90%-100% της vVO_{2max}) (Henrize, Weltman, Schurrer & Barlow, 1985; Weltman, Seip, Snead et al., 1992).

3) Οι διαλειμματικές μέθοδοι μικρού και μεσαίου χρόνου δεν φαίνεται να προκαλούν στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις της RE σε σύντομο χρονικό διάστημα (4εβδομάδες) σε μέτρια γυμνασμένους ασκούμενους. Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με τις διαπιστώσεις άλλων ερευνών (Franch et al. 1998), αλλά συμφωνούν με αυτά των Lake et al. (1996). Αξίζει να σημειωθεί ότι στην παρούσα έρευνα η διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου προκάλεσε μια τάση βελτίωσης της RE η οποία δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Γενικότερα, στη διεθνή βιβλιογραφία οι έρευνες οι οποίες μελέτησαν τις επιδράσεις της προπόνησης αντοχής στη RE αναφέρουν αντιφατικά αποτελέσματα (Andrew et al., 2000).

4) Αναφορικά με τον Tlimit (χρόνος διατήρησης στο 100% vVO_{2max}) η αερόβια διαλειμματική μέθοδος μεσαίου χρόνου φαίνεται ότι προκάλεσε στατιστικά σημαντικές μεταβολές (οι οποίες ήταν αρνητικές), γεγονός που συμφωνεί με τις έρευνες των Billat et al. (1999b) και των Heuber et al. (2003). Στατιστικά μη σημαντική ήταν η βελτίωση που παρατηρήθηκε στον Tlimit της ομάδας που ακολούθησε τη διαλειμματική μέθοδο μικρού χρόνου.

5) Γενικότερα, με βάση τα όσα αναφέρθηκαν, φαίνεται ότι υπάρχει μια τάση για μεγαλύτερη βελτίωση της VO_{2max} της vVO_{2max} και του AT, (%AT, vAT) με την

εφαρμογή της διαλειμματικής προπόνησης μέσης διάρκειας σε σχέση με αυτή που προκαλεί η διαλειμματική προπόνηση μικρής διάρκειας, γεγονός που δικαιολογείται από πρόσφατες έρευνες (Millet et al., 2003). Βέβαια, αυτή η διαφορά στη βελτίωση των παραπάνω δεικτών, μεταξύ των ομάδων Α και Β, δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Η εν λόγω, όμως, επισήμανση γίνεται γιατί στην προπονητική διαδικασία οι όποιες μικρές διαφοροποιήσεις στις προσαρμογές (κέρδη) είναι πολύ σημαντικές για την απόδοση σε έναν αγώνα όπου το αποτέλεσμα κρίνεται στα κλάσματα του δευτερολέπτου.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- Επανάληψη της ίδιας έρευνας αλλά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (12 εβδομάδες) και με μεγαλύτερο δείγμα.
- Εφαρμογή της ίδιας έρευνας αλλά σε αθλητές υψηλού επιπέδου ($VO_{2max} > 70ml/kg/min$).
- Μελέτη της οξείας επίδρασης των δυο διαλειμματικών μεθόδων στη κινητική του γαλακτικού οξέος.
- Μελέτη της αποπροσαρμογής (μείωση αερόβιας ικανότητας) που συντελείται μετά το τέλος της παρούσας έρευνας σε ένα διάστημα 1,2,3 και 4 εβδομάδων αποχής από οποιαδήποτε κινητική δραστηριότητα ή συμμετοχής σε πρόγραμμα χαμηλής έντασης 50-60% της VO_{2max} .
- Επανάληψη της ίδιας έρευνας και μέτρηση κάθε εβδομάδα, διαφόρων δεικτών κόπωσης, διαμέσου της λήψης αίματος.
- Μελέτη της επίδρασης ενός μεικτού πρωτοκόλλου που θα αποτελείται από μια διαλειμματική προπόνηση μικρού χρόνου, μια μεσαίου χρόνου και ένα συνεχόμενο (όμοια με της παρούσας έρευνας) το οποίο θα συγκρινόταν με τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα ως προς την αποτελεσματικότητα στη βελτιώση των καρδιαναπνευστικών δεικτών αντοχής.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, M .B., Lamb J. L. & Maestras, R. W. (1986). Changes in running economy in cross country runners. *International Journal of Sports Medicine*, 7,177.
- Astrad, I., Astrad, P. O. & Rodahl, K. (1970).Textbook of work physiology, New York: Mcgraw Hill.In McArdle, W. D., Frank, I. K & Victor, L.K. (2000). *Essedials of exercise physiology*, Lippincott: Williams & Wilkins.
- Astrad, I., Astrad, P. O. & Christiensen, E. H. (1960). Intermittent muscular work. *Acta Physiologica Scandinavica*, 48, 448-453.In Billat, V. (2001a) Interval training for performance: A Scientific and empirical practice. Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Balsom. P. D., Seger, J. Y., Sjobin, B. & Ekblom, B. (1992).Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 65, 144-149.
- Bailey, S. P. & Messier (1991).Variations in stride length and running economy in male novice runners subsequent to a seven week training program. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 299-304.
- Bassett, D. & Howley, E. (2000). Limitining factors for maximal oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 70-84.
- Billat, V., Sirvent P., Lepretre, P. M. & Koralsztein, J. (2004).Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at MLSS in master endurance-runners. *Pflugers Arch-Eur J Physiology*, 447, 875-883.
- Billat, V. (2001b).Interval training for performance: A scientific and embirical practice. Anaerobic interval training. *Sports Medicine*, 31 (2), 75-90.
- Billat, V. (2001a).Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Billat, V., Slawinski, J., Bosquet, V., Demarle, A., Lafitte, L., Chassaing, P. & Koralsztein J. (2000). Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but sub maximal runs. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 188-196.
- Billat, V., Flechet, B., Muriax, G. & Koralsztein, J. (1999b).Interval training at VO_{2max} : Effects on aerobic performance and overtraining markers. *Medicine and Science in S ports and Exercise*, 31(1), 156-163.
- Billat, L. V & Koralsztein, J. (1996).Significance at the velocity at VO_{2max} and time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine*, 22 (2), 90-108.

- Billat, V., Renoux, J.C., Pinoteau, J., Petit, B & Koralsztein, J. (1994). Reproducibility of running time to exhaustion at VO_{2max} in sub-elite runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 254-257.
- Bogdanis, G.C., Navill, M., Boobis, L.H & LaComy, L.H (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80(3), 876-884.
- Brooks, G.A., Fuhey, T.D. & Whine, T.P. (1996). *Exercise physiology human bioenergetics and application*. 2nd ed Mountain view (CA) Mayfield publishing, 191-195. In Billat, V. (2001a). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Burkett, L. Fernall, B. & Walters C. (1985). Physiologic effects of distance running training on teenage female. *Res. Q. Exerc. Sport*, 56, 214-220.
- Christensen F., Hedman R. & Saltin (1960). Intermittent and continuous running. *Acta Physiologica Scandinavica*, 50, 269-286. In Billat, V. (2001a). Interval training for performance: A Scientific and empirical practice. Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Conley, D.L., Krahenbuhl, G. S. & .Burkett, L. N (1981). Training for aerobic capacity and running economy. *Physician Sportsmed*, 9, 107-115.
- Costil, D .L., Thomason, H. & Roberts, E.(1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 5, 248-252.
- Daniels, J. & Scardina, N. (1984). Interval training and performance. *Sports Med*, 1, 327-334. In Billat, V. (2001a). Interval training for performance. A scientific and empirical practice. Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Daniels, J.T., Yarborough R.A & Foster C. (1978). Changes in VO_2 max and running performance with training. *European Journal of Applied Physiology*, 39, 249-254.
- Daniels, J.T. (1974). Running with Jim Ryun: a five-year study. *Physician Sportsmed*, 2, 63-67.
- Davies. C.T, Knibbs, A. (1971). The training stimulus .The effects of intensity, duration and frequency of effort on maximum aerobic power output. *Int Angew Physiol.*, 29, 299-305.
- Demaria, Koralsztein & Billat (2000). Time limit and time at VO_{2max} during a continuous and an intermittent running. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 40 (2), 92-102.
- Di Prampero P.E. (1986). The energy cost of human locomotion on land and water. *Int. J Sports Med*, 7, 55-72. In Billat, V (2001a). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.

- Edwards, R.H., Ekelund, L. G., Harriw, R.C., Hesse, C.M., Hultman, E., Melchet, A. & Wigertz O. (1973).Cardiorespiratory and metabolic costs of continuous and intermittent exercise in man. *Journal of Physiology*, 234 (2), 481-97.
- Essen, B. (1978) Glycogen depletion of different fibre types in human skeletal muscle during intermittent and continuous exercise. *Acta Physiology Scandinavia*; 103, 446-455.
- Essen, B., Hangenfeld, L., Kayser, L., (1977).Utilization of blood-born and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man. *Journal of Physiology* (London), 265, 489-506.In Billat, V. (2001b). Interval training for performance: A Scientific and empirical practice.Anaerobic interval training. *Sports Medicine* .31(2), 75-90.
- Ettema. J.H., (1966).Limits of human performance and energy production. *Int Angew Physiol.*, 22, 45-54.
- Foss, M.L. & Kateyian, S.J. (1998).*Fox's Physiological Basis for Exercise and Sport*, Dubuque, I.A : McGraw-Hill.
- Fox, E.L., Bartels, R.I. & Klinzing, J. (1977).Metabolic responses to interval training programmes of high and lower output. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 9, 191-196.
- Fox, E.L., Bartels, R.I. & Billing, C.F. (1975).Frequency and duration of interval training program and changes in aerobic power. *Journal of Applied Physiology*, 38, 481-484.
- Franch, J., Madsen, K., Djurhuus, M. & Petersen, P. (1998).Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Medicine and Science in sports and Exercise*, 30(8), 1250-1256.
- Gorostiaga, E.M., Walter, C.B., Foster, C., & Hickson, R, C.,(1991).Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 63(2), 101-7.
- Grosser M. & Stasischka, S. (2000). *Προπόνηση φυσικής κατάστασης*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις «SALTO».
- Henrize, J., Weltman A., Schurrer R.L. & Barlow, K. (1985).Effects of training at and above the lactate threshold on the lactate threshold and maximal oxygen uptake. *European of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54(1), 84-8.
- Heugas, A.M., Brisswalter J., Vallier J.M. (1997). Effet d'une periode d'entrainement de trois mois sur le deficit maximal en oxygene chez des sprinters de haut niveau de performance. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22, 171-181.
- Hill, D. W. & Rowell, A.L. (1997).Significance of time to exhaustion during exercise at the velocity associated with VO_{2max} . *European Journal of Applied Physiology*,

72, 383-386.

- Hill, D. W. & Rowell, A.L. (1997). Responses to exercise at a velocity associated with VO_{2max} . *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 113-116.
- Hickson, R., Hagberg, J. & Ehsani, A. (1981). Time course of adaptive responses of aerobic power and heart rate to training. *Medicine and Science in sports and Exercise*, 13, 17-20
- Jenkins, D.J. & Quigley, B.M. (1993). The influence of high intensity exercise training on the Wlim-Tlim relationship. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 275-282.
- Jones, A.M. & Doust, J.H. (1998). The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Medicine and Science in sports and Exercise*, 30, 1304-13.
- Kindermann, W. (1978). Regeneration und Trainingsprozeb in den Ausdauersportn aus medizin. *Scht. Leistungssport*, 4, 348-357.
- Lacour, J.R., Padilla-Magunacelaya, S. & Chatard, J.C. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology* 1991, 62, 77-82. In Billat, V (2001a). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Lake, M. J., Cavanagh, P. R (1996). Six weeks of training does not change running mechanics or improve running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(7), 860-869.
- Leger, L, Boucher, R. (1980). An indirect continuous running multistage field test: the university de Montreal Track Test. *Can J Appl. Sports Science*, 5, 77-84. In Billat V (2001 a). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Lucia, A., Hoyos, J. & Chicharro, J.L.(2000) The slow component of VO_{2max} in professional cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 34(5), 367-74.
- MacDougall, D., Hicks AL. & MacDonald JR. (1998). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *Journal of Applied Physiology*, 84, 2138-2142.
- Margaria, R., Oliva, R., Di Prampero, P. & Carretelli, P. (1969). Energy utilization in intermittent exercise of supramaximal velocity. *Journal of Applied Physiology*, 26 (6), 752-756. In Billat, V (2001b). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Anaerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(2), 75-90.
- Martin, D, Vroon D, & May D. (1986). Physiological changes in elite male distance runners training for Olympic competition. *Physician Sports Medicine*, 14, 152-68.
- Millet, G., Candau. R., Fattori. P., Bignet. F., & Varray A. (2003). VO_2 responses to different intermittent runs at velocity associated with VO_{2max} . *Canadian Journal of*

Applied Physiology, 28(3), 410-423.

- Morgan, D.W., Baltini, F.D. & Martin, P.E. (1989). Ten kilometres performance and predicted velocity at VO_{2max} among well-trained male runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 78-83.
- Newsholme, E.A. (1986). Application of principles of metabolic control to the problem of metabolic limitations in sprinting, middle distance, and marathon running. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 66-70.
- Padilla, S., Bourdin, M., Barthelemy, J.C., Lacour, J.R. (1992). Physiological correlates of middle distance running performance. *European Journal of Applied Physiology* 65, 561-566. In Billat, V (2000). Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake enables subjects to remain at maximal oxygen uptake for a longer time than intense but sub maximal runs. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 188-196.
- Paavolainen, L.M., Rusko, A, Heikkik, (1999). Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5Km running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(1), 124-130.
- Patton, J. F. & Vogel, J. A., (1977). Cross-section and longitudinal evaluations of an endurance training program. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 9, 100-103.
- Petray, C.K. & Krahenbuhl, G.S. (1978). Running training, instruction on running technique and running economy in 10 year old males. *Res. Q. Exerc. Sport*, 56, 251-255.
- Pierce, E.F, Weltman A. & Seip, C. (1990). Effects of training specificity on the threshold and VO_{2max} peak. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 267-72.
- Poole, D.C., Ward, SA, Gardner, G.W. & Whipp B.J (1988). Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics*, 31, 1265-1279.
- Reindell, H, Roskamm H, Gerschler W. *Das interval training*. Munchen (Germany): John Ambrosius Barth Publishing, 1962 In Billat ,V(2001a). Interval training for performance: A scientific and embirical practice. Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31(1), 13-31.
- Robinson, D.M, Robinson S.M. & Hume PA. (1991). Training intensity of elite male distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 1078-82.
- Rodas, G., Ventura, J.L., Cadefau, J.A., Cusso, R. & Parra, J. (2000). A short training program for a rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism. *European Journal of Applied Physiology*, 82 (5-6), 480-486.
- Rusco, H. (1992). Development of aerobic power in relation to age and training in cross- country skiers. *Medicine and Science in sports and Exercise*, 24, 1040-7

- Saltin, B. G., Blomqvist & Mitchell J.H. (1968). Response to exercise after bed rest and after training. *Circulation*, 26, 1-55.
- Smith, T. P., Dilger, J. & Davoren, B. (2000). Optimizing high intensity treadmill training using $v\dot{V}O_{2\max}$ and T_{\max} . *Proceeding of the Pre Olympic Congress*, p. 7-13.
- Smith, T. P., Mc Naughton, L.R. & Marsall, K. J. (1999). Effects of 4-week training using V_{\max}/T_{\max} on $\dot{V}O_{2\max}$ and performance in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 892-896.
- Soulas, D. (1993). *Contributii la perfectionarea metodologiei antrenamentului atletilor de mare performanta pentru probele de semifond, fond si maraton*. Teza de doctorat. Universitatea Bucuresti.
- Spurrs, R.W. & Watsford, M.L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 1-7.
- Svedenhag & Sjodin. (1984) Maximal and sub maximal oxygen uptake and blood lactate levels in elite male middle and long distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 5, 255-261.
- Zavorsky, G., Montgomery, D. & Pearsall, D. (1998). Effect of interval workouts on running economy using three recovery durations. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 224-230.
- Tabata, I., Irisawa, K., Kousaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M. & Yamamoto, K. (1997). Metabolic profile of high intensity intermittent exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(3), 390-395.
- Tabata, I., Nishimura, K., Kousaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M. & Yamamoto, K. (1996) Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on aerobic capacity and $\dot{V}O_{2\max}$. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1327-1330.
- Tokmakidis, S. P., Leger L.A. & Piliandis T.C. (1998). Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(4), 333-342.
- Tuimil, J. & Rodriguez, F. (2001). Effects of two types of interval training on maximal aerobic speed and on time to exhaustion. *Proceeding of the 6th Annual Congress of the European College of sport science*, p.660.
- Turner, A.M., Schwane J.A. (2003). Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *J. Strength Cond. Res.* 17(1), 60-67.
- Vuorimaa, T., Vasankari, T., & Rusko, H. (2000). Comparison of physiological strain and muscular performance of athletes during two intermittent running exercises at

- the velocity associated with VO_{2max} . *International Journal of Sports Medicine*, 21(2), 96-101.
- Wenger, HA, Bell GJ. (1986). The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Medicine*, 3, 346-56.
- Weltman. A., Seip, R.L., Snead, D., Weltman, J.Y., Haskvitz, E.M., Evans, W.S., Veldhuis J.D. & Rogol, A.D. (1992). Exercise training at and above the lactate threshold in previously untrained women. *International Journal of Sports Medicine*, 13(3), 257-63.
- Wilmore, J.H, Royce, R.N., Girandola, F.I. & Katch V.L. (1978). Physiological alternations resulting from a 10-week program of jogging. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2, 7-14.
- Zintl F. (1993). *Προπόνηση αντοχής*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις «SALTO».
- Dietrich M., Klaus C., Klaus L. (1995). *Η σύνδεση της θεωρίας με την πράξη*. Εκδόσεις «ΑΛΦΑΒΗΤΟ».
- Κλεισούρας Β. (1989). *Εργοφυσιολογία*, Αθήνα: Εκδόσεις Παρισιάνος.