



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Υπουργείο Παιδείας
και Θρησκευμάτων



ΕΡΓΟΜΕΤΡΙΑ

ΑΕΡΟΒΙΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

Δρ. Ε. Δημητρός

Καθηγητής Φυσικής Αγωγής, M.Sc., Ph.D.

Προπονητής Καλαθοσφαίρισης, B.Sc.

Φυσική Δραστηριότητα για Ειδικούς Πληθυσμούς, M.Sc.

Διοίκηση και Αξιολόγηση Εκπαιδευτικών και Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων, M.Sc.

Εργοφυσιολόγος, Ph.D.

ΑΝΤΟΧΗ

ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (VO_{2max})

- Ως VO_{2max} ορίζεται ο ανώτατος όγκος οξυγόνου που καταναλώνουν τα κύτταρα κατά τη μέγιστη προσπάθεια, παρά την αύξηση της επιβάρυνσης, στη μονάδα του χρόνου
- Θεμελιώδης μέτρηση της εργοφυσιολογίας
- Σταθερά για τη σύγκριση και εκτίμηση της αερόβιας ικανότητας και της αντοχής
- Θεωρείται το πιο σημαντικό κριτήριο της βιολογικής αξίας του ανθρώπου
- Αποτελεί μετρήσιμη ποσότητα της αερόβιας ικανότητας

ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ($\dot{V}O_{2max}$)

1

- Ικανότητα του αναπνευστικού συστήματος να προσλαμβάνει αέρα και να προμηθεύει το αίμα με οξυγόνο

2

- Ικανότητα της καρδιάς να διοχετεύει επαρκείς ποσότητες αίματος

3

- Ικανότητα του κυκλοφορικού συστήματος να μεταφέρει επαρκείς ποσότητες αίματος

4

- Ικανότητα των μυών να συμμετέχουν στην ανταλλαγή των αναπνευστικών αερίων μεταξύ αίματος και μυών

5

- Ικανότητα των μυϊκών κυττάρων να μεταφέρουν ενέργεια αποτελεσματικά

ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ($\text{VO}_{2\text{max}}$)

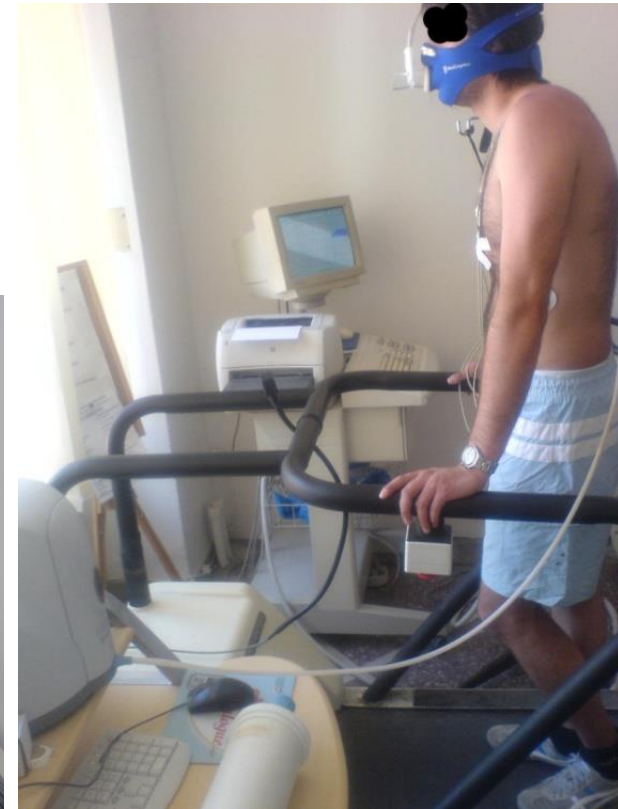
ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΤΙΜΕΣ

• (l/min ή $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$)

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

• (ml/kg/min ή
 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)

ΜΕΤΡΗΣΗ VO_{2max}



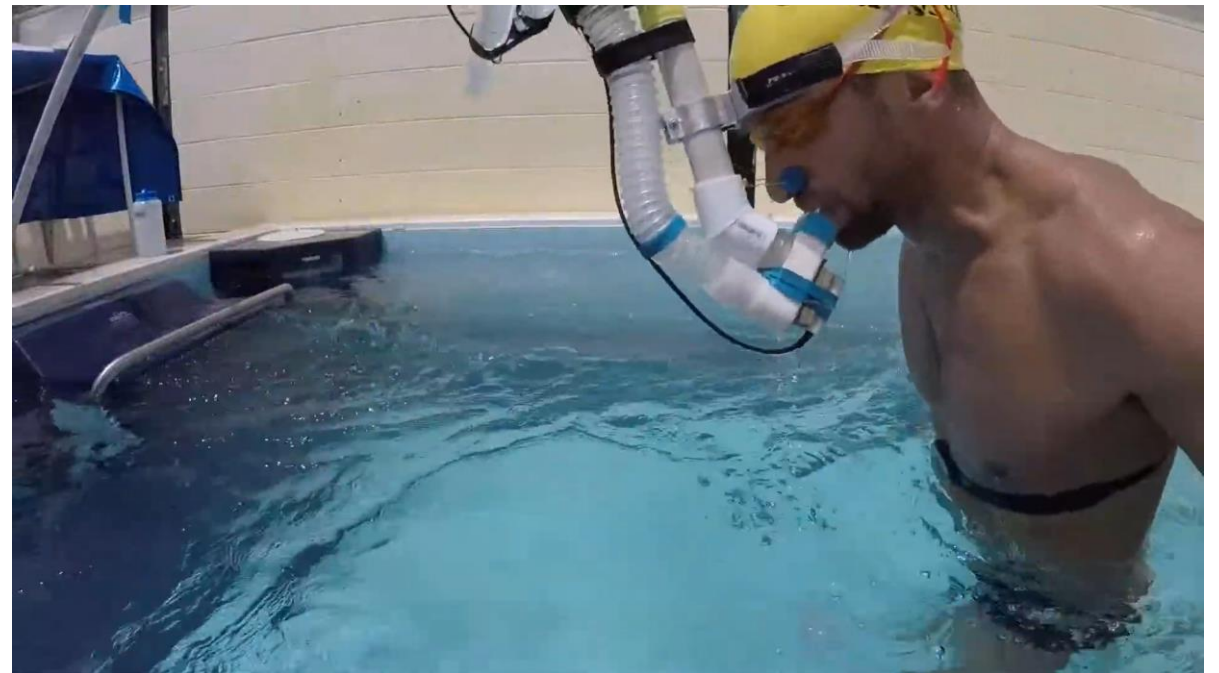
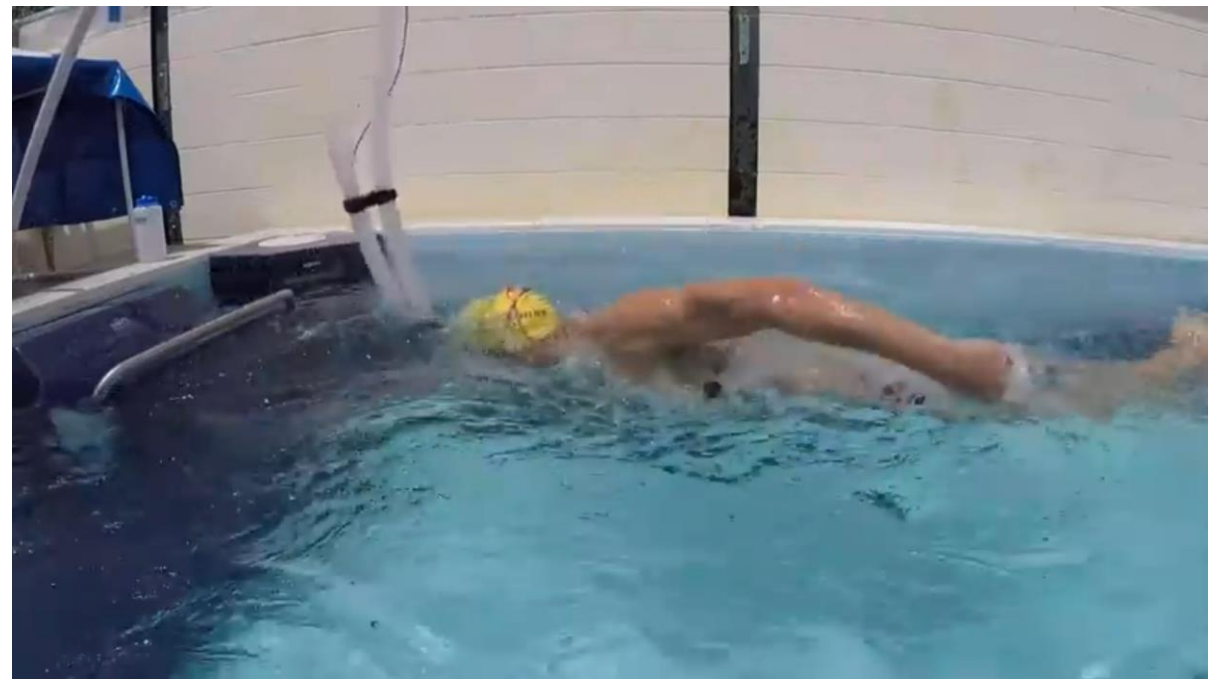
ΜΕΤΡΗΣΗ VO_{2max}



ΕΡΓΟΜΕΤΡΑ

- ✓ **Δαπεδοεργόμετρο**
- ✓ **Κυκλοεργόμετρο**
- ✓ **Βαθμιδοεργόμετρο**
- ✓ **Χειροεργόμετρο**
- ✓ **Κωπηλατοεργόμετρο**

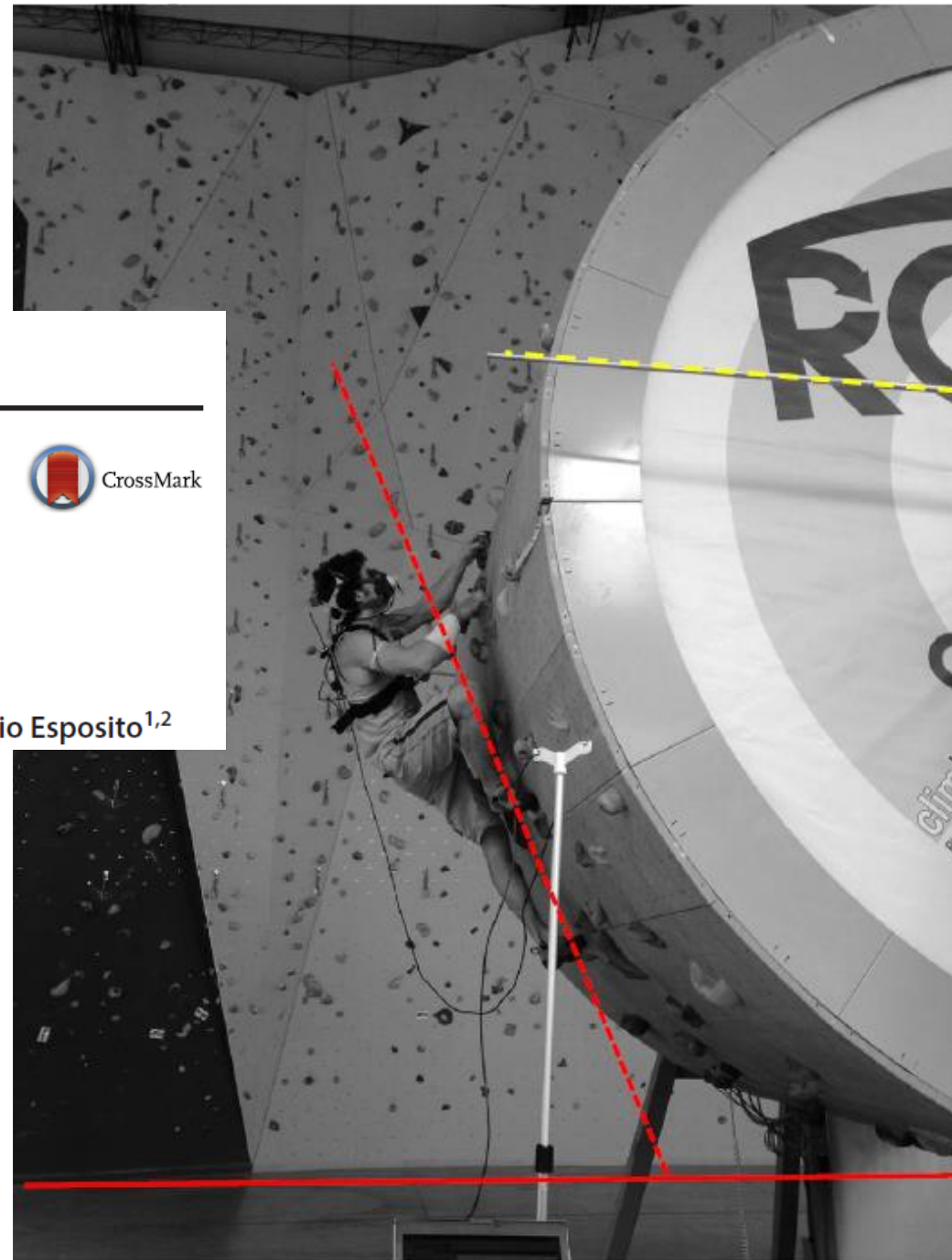






Cardiovascular and metabolic responses during indoor climbing and laboratory cycling exercise in advanced and elite climbers

Eloisa Limonta¹  · Alfredo Brighenti³ · Susanna Rampichini¹ · Emiliano Cè¹ · Federico Schena^{3,4} · Fabio Esposito^{1,2}



ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑΣ

Πληθυσμό

Διάρκεια

Σταδιακή
αύξηση της
επιβάρυνσης

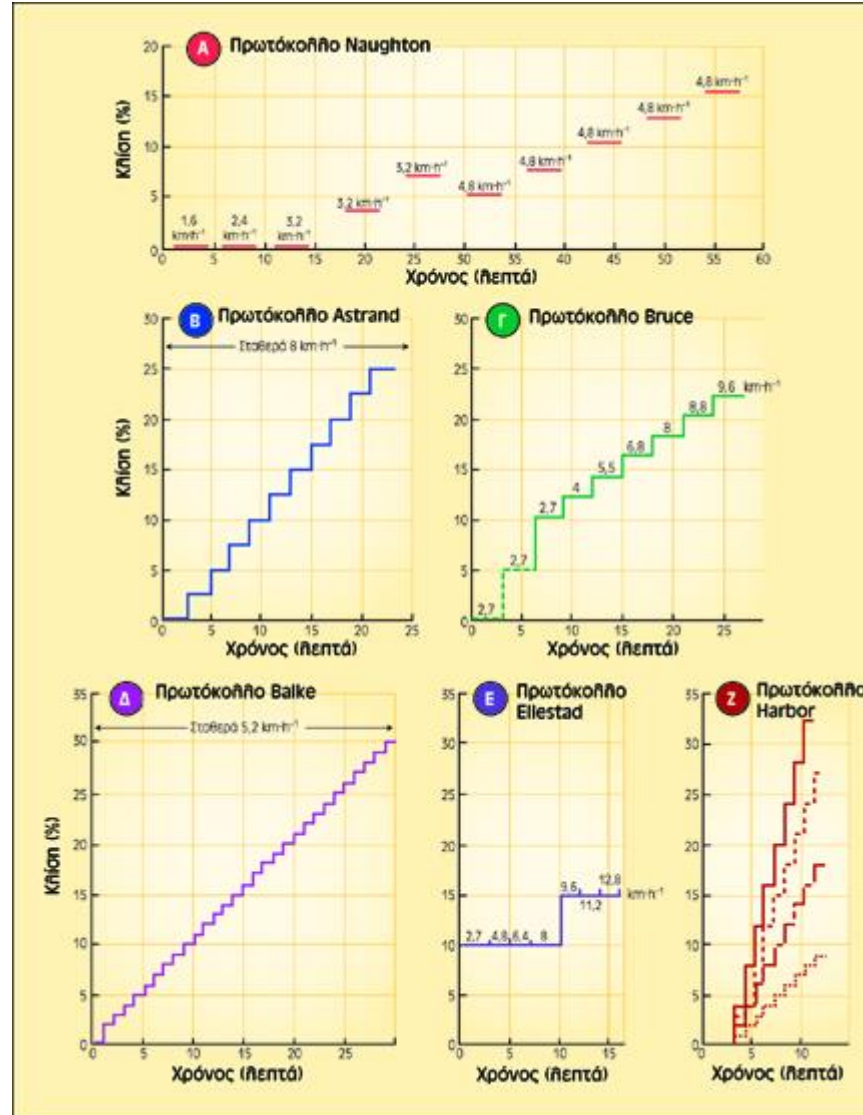
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ BRUCE

ΣΤΑΔΙΟ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ mph	ΚΛΙΣΗ (%)	ΧΡΟΝΟΣ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ
I	1.7	10	3 min	3
II	2.5	12	3 min	6
III	3.4	14	3 min	9
IV	4.2	16	3 min	12
V	5.0	18	3 min	15
VI	5.5	20	3 min	18
VII	6.0	22	3 min	21

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ASTRAND

STAGE	SPEED mph	GRADE (%)	TIME	CUMULATIVE TIME
I	5-8.5	2.5	3min	3min
II	5-8.5	2.5	2min	5min
III	5-8.5	5.0	2min	7min
IV	5-8.5	7.5	2min	9min
V	5-8.5	10.0	2min	11min
VI	5-8.5	12.5	2min	13min

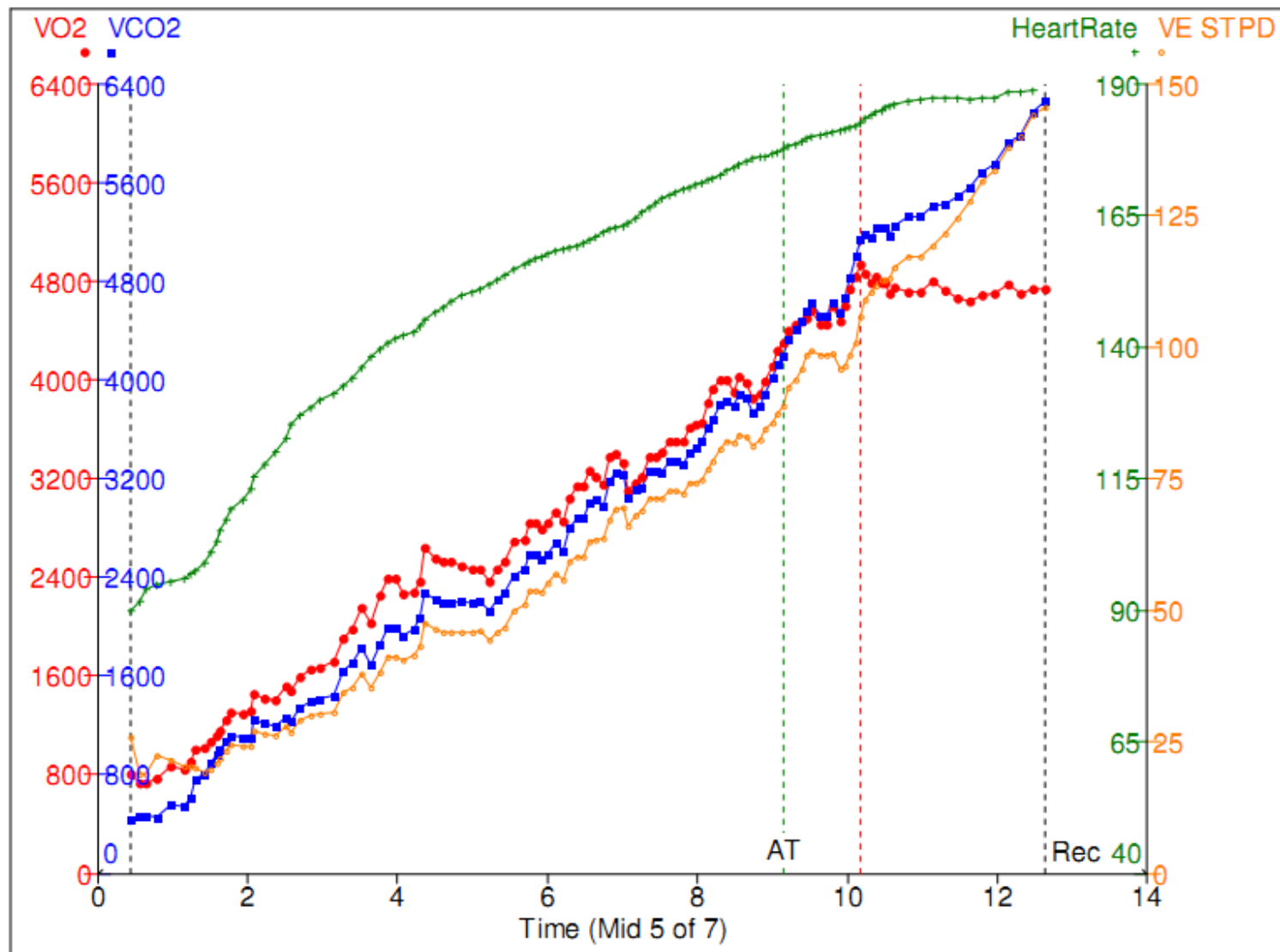
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ



ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΤΕΥΞΗΣ $\dot{V}O_{2\max}$

- Σταθεροποίηση της πρόσληψης οξυγόνου (πλατό) παρά την αύξηση της επιβάρυνσης (Howley, Bassett, & Welch, 1995).
- Αναπνευστικό πηλίκο μεγαλύτερο από 1,0 ή 1,1 (Åstrand & Rodahl, 1986).
$$RER = \dot{V}CO_2 \text{ (ml/min)} / \dot{V}O_2 \text{ (ml/min)}$$
- Επίτευξη τουλάχιστον 90% της προβλεπόμενης καρδιακής συχνότητας σύμφωνα με την ηλικία του εξεταζόμενου (Gibson, Harisson, & Wellicone, 1979)
- Δήλωση από τον εξεταζόμενο για αδυναμία συνέχισης της δοκιμασίας

ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ VO2max



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Name:	ID: A00145	BSA: 1.94	Date: 02/04/2
Tech:	Height: 181.00	Age: 15	Room:
Doctor: Quality, Control	Weight: 74.00	Sex: Male	Race: Caucas

Diagnosis:

Dyspnea: Cough: Wheeze:
 TbcO Prod: Yrs Smk: Pks/Day: Yrs Quit:

Medications:

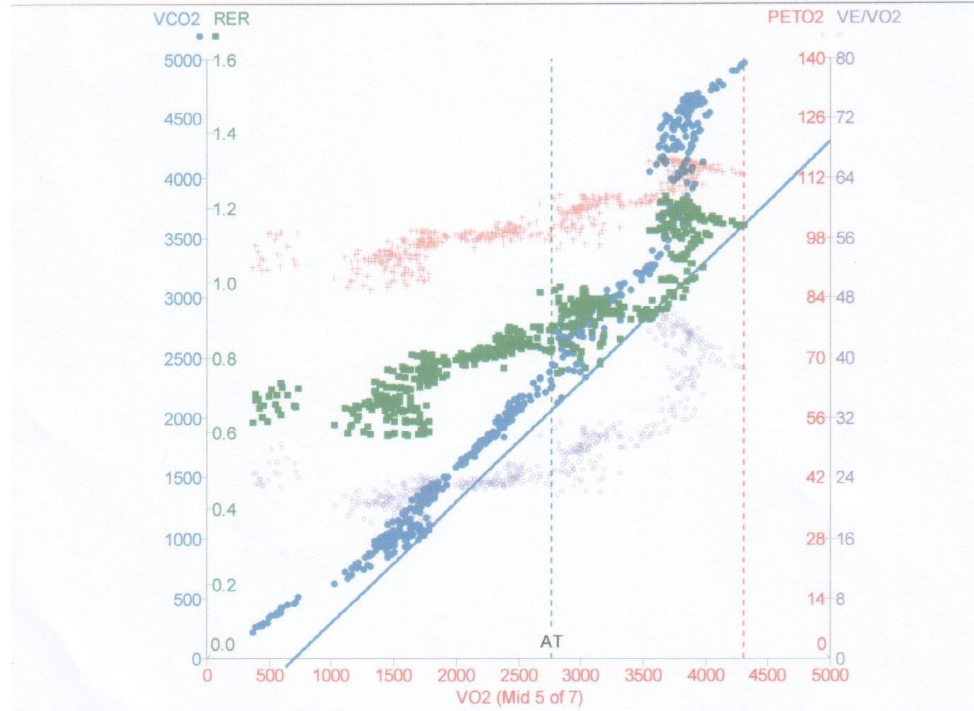
Pre Test Comments:

Post Test Comments:

	<u>Rest</u>	<u>AT</u>	<u>VO2 Max</u>	<u>Pred</u>	<u>VO2 Max/Pred (%)</u>	<u>Max Value 2</u>	<u>Max/Pred (%)</u>
Time (min)	1:12	10:39	15:58			16:15	
Ex Time (min)		9:25	14:44			15:01	
Speed (MPH)							
Grade (%)							
Vt BTPS (L)	0,70	1,63	2,52			2,62	
RR (br/min)	24,02	39,84	65,93			86,46	
VE BTPS (L/min)	16,7	64,9	165,9	170,0	98	172,3	98
VO2 (mL/kg/min)	8,0	37,3	58,0	43,7	133	58,0	133
VO2 (mL/min)	595	2762	4295	3235	133	4295	133
VCO2 (mL/min)	433	2285	4965	3914	127	4965	127
RER	0,73	0,83	1,16			1,24	
METS	2,3	10,7	16,6	12,5	133	16,6	133
HR (BPM)	89	157	200	205	98	200	98
VO2/HR (mL/beat)	7	18	21	16	136	21	136
VE/VO2	28	23	39	37	105	46	105
VE/VCO2	39	28	33	30	110	39	110
PETO2 (mmHg)	99	99	113			116	
PETCO2 (mmHg)	34	39	35			41	
sysBP (mmHg)							
diaBP (mmHg)							
RatePrsPd SBP*HR/				390			
Borg PE							

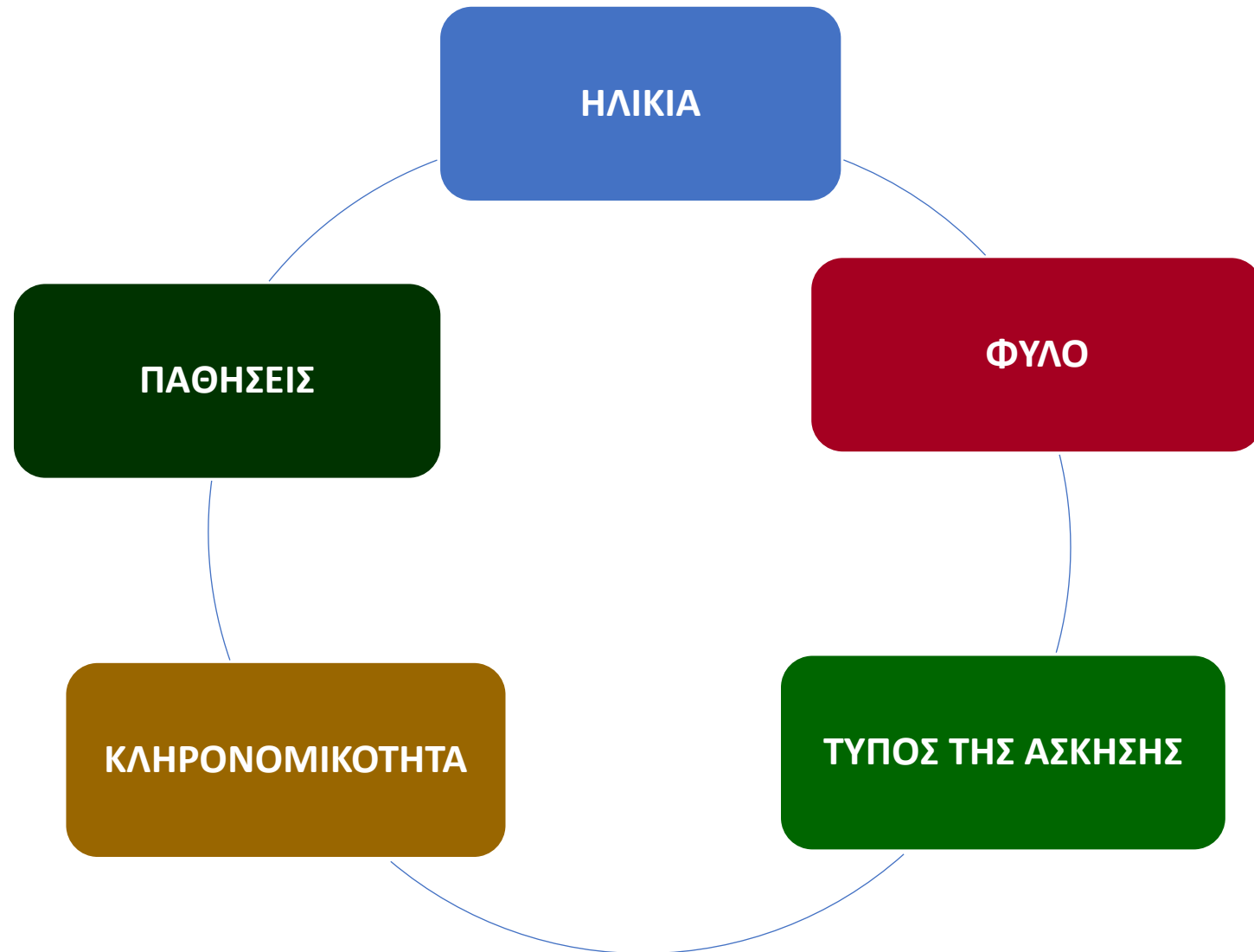
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Name: ID: BSA: Date:
 Gesch: Height: Age: Room:
 Doctor: Quality, Control Weight: Sex: Race: Caucasian



	AT	V02 Max		AT	V02 Max
Time (min)	10:39	15:58	VE BTPS (L/min)	64,9	165,9
Work (Watts)	0	0	Vt BTPS (L)	1,63	2,52
VO2 (mL/kg/min)	37,3	58,1	Vt/IC (%)		
VO2 (mL/min)	2764	4303	Vd/Vt - est	0,14	0,13
VCO2 (mL/min)	2283	4963	VE/VCO2	28	33
RER	0,83	1,15	VE/VO2	23	39
HR (BPM)	157	200	sysBP (mmHg)		
VO2/HR (mL/beat)	18	22	diaBP (mmHg)		
			RatePrsPd SBP*HR/100		
			Borg PE		

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ $VO_2\max$



ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΠΗΛΙΚΟΥ (RQ ή R ή RER ή RR)

- Εκφράζει τη σχέση μεταξύ του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα προς το προσλαμβανόμενο οξυγόνο:

$$RQ = \dot{V}CO_2 / \dot{V}O_2$$

- RQ = αναπνευστικό πηλίκιο, $\dot{V}CO_2$ = παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα, $\dot{V}O_2$ = προσλαμβανόμενο οξυγόνο

ΤΙ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑ;

- Τις καύσεις που πραγματοποιούνται στα μυϊκά κύτταρα
- Παρέχει πληροφορίες για τη συμμετοχή των θερμιδογόνων ουσιών κατά την άσκηση

ΚΑΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

- Κατά τον καταβολισμό μιας θρεπτικής ουσίας καταναλώνεται μία συγκεκριμένη ποσότητα οξυγόνου και παράγεται μία συγκεκριμένη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα
- Για την πλήρη οξείδωση ενός μορίου άνθρακα και των ατόμων υδρογόνου για την τελική παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και νερού απαιτούνται διαφορετικές ποσότητες οξυγόνου εξαιτίας της διαφορετικής χημικής σύνθεσης των υδατανθράκων, λιπιδίων και πρωτεϊνών
- Τελικά η παραγόμενη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται, σε σχέση με αυτήν του οξυγόνου που καταναλώνεται, εξαρτάται από το υπόστρωμα που μεταβολίζεται

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΠΗΛΙΚΟ-ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ

- Η πλήρης οξείδωση ενός μορίου γλυκόζης απαιτεί 6 μόρια οξυγόνου και παράγει 6 μόρια διοξειδίου του άνθρακα:



- Η ανταλλαγή των αερίων κατά την οξείδωση της γλυκόζης παράγει ίση ποσότητα μορίων CO_2 και O_2 . Επομένως, το RQ ισούται με 1.00.

$$\text{RQ} = 6\text{CO}_2 \div 6\text{O}_2 = 1.00$$

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΠΗΛΙΚΟ-ΛΙΠΙΔΙΑ

- Η χημική σύνθεση των λιπιδίων διαφέρει από αυτή των πρωτεϊνών καθώς περιέχουν λιγότερα άτομα οξυγόνου αναλογικά με τα άτομα υδρογόνου και άνθρακα
- Ο καταβολισμός των λιπιδίων απαιτεί περισσότερο οξυγόνο σε σχέση με την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα. Διάσπαση παλμιτικού οξέος (λιπίδιο):



$$\text{RQ} = 16\text{CO}_2 \div 23\text{O}_2 = 0.696$$

- Γενικότερα μία τιμή 0.70 αντιπροσωπεύει το RQ για τα λιπίδια
- Το εύρος του RQ για τα λιπίδια κυμαίνεται μεταξύ 0.69-0.73

ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΠΗΛΙΚΟ-ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ

- Οι πρωτεΐνες δεν οξειδώνονται σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό
- Τελικά, τα κετοξέα οξειδώνονται σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό
- Για την πλήρη καύση των κετοξέων απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου από την παραγόμενη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα
- Για παράδειγμα η πρωτεΐνη αλβουμίνη οξειδώνεται ως εξής:



$$\text{RQ} = 63\text{CO}_2 \div 77\text{O}_2 = 0.818$$

- Γενικότερα, τιμή 0.82 αντιπροσωπεύει το RQ για τις πρωτεΐνες

ΤΙΜΕΣ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΠΗΛΙΚΟΥ

$$RQ = 0,71 - 1.0$$

- 0,71 = 100% από κατανάλωση λιπών
- 1,0 = 100% από κατανάλωση υδατανθράκων
- 0,85 = 50% από λίπη, 50% από υδατάνθρακες

RQ και $VO_2\max$

Κατά τη δοκιμασία εργοσπιρομέτρησης για τον προσδιορισμό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($VO_2\max$), $RQ > 1.1$ αποτελεί ένα από τα κριτήρια επίτευξης της $VO_2\max$

ΑΝΑΕΡΟΒΙΟ ΚΑΤΩΦΛΙ

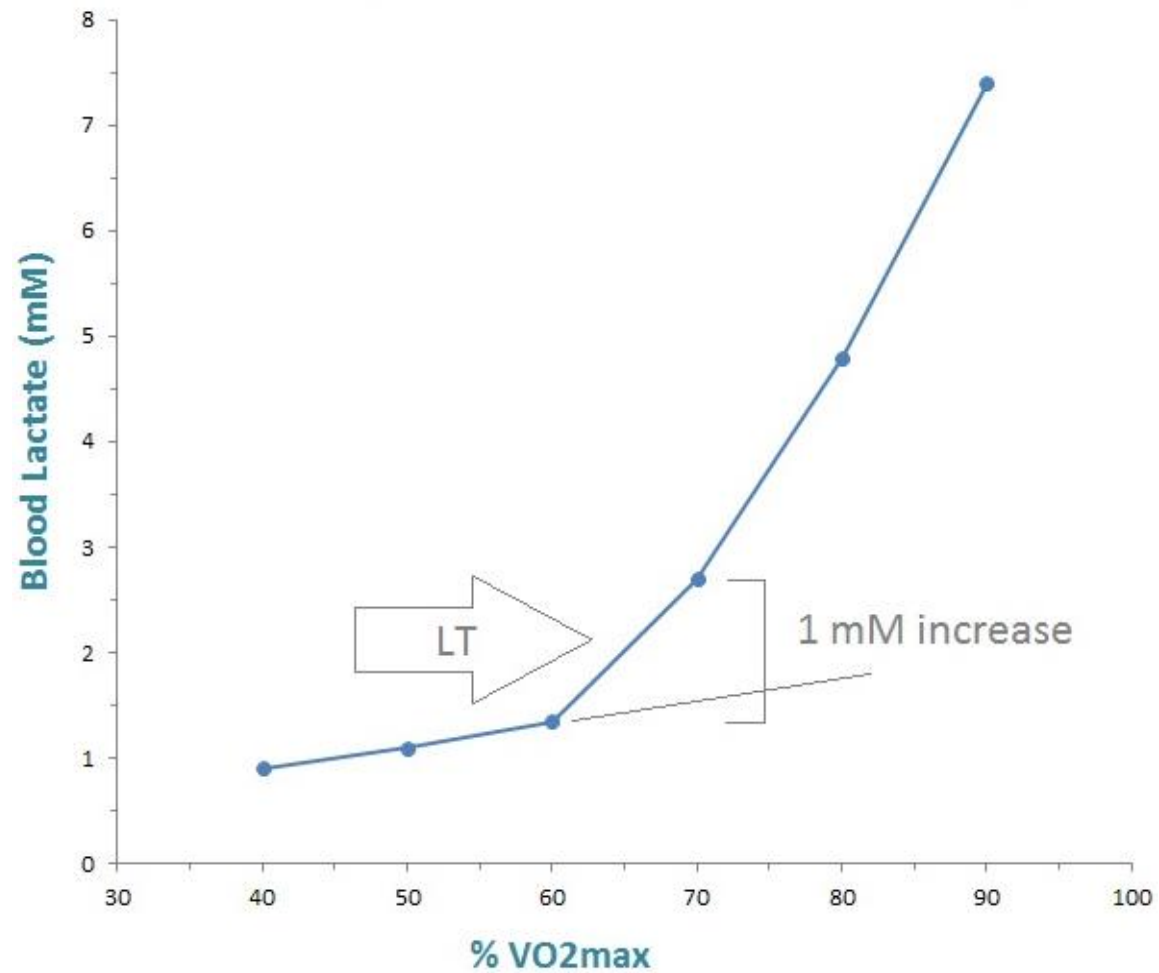
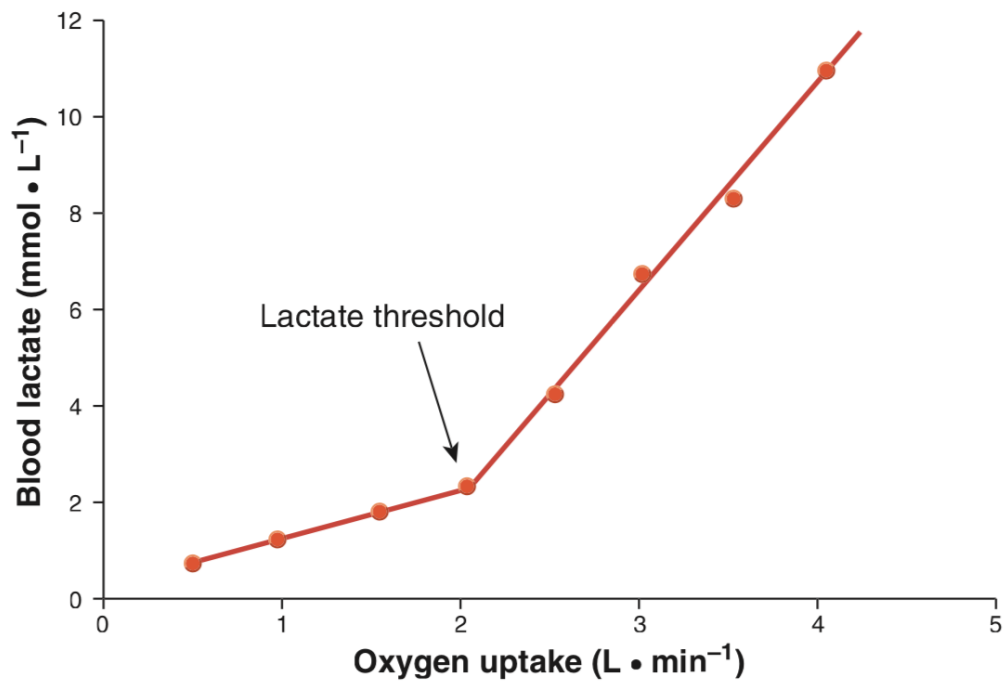
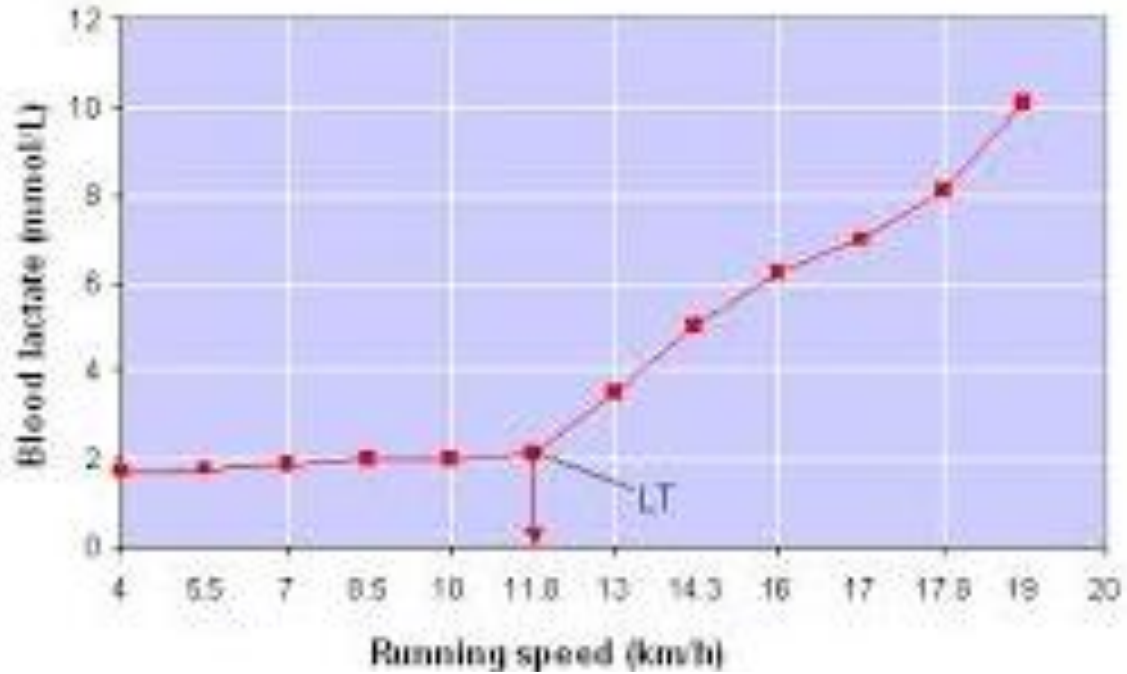
- Η ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνει ο οργανισμός κατά την άσκηση πριν την απότομη αύξηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος στο αίμα
- Η ένταση αυτή ισοδυναμεί ενεργειακά με το
 - 50-60% της VO_2max για αγύμναστα άτομα
 - 65-80% της VO_2max για γυμνασμένα άτομα
- Αντιστοιχεί στην ένταση της προσπάθειας όπου ενεργοποιείται το μεταβολικό μονοπάτι της αναερόβιας γλυκόλυσης

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ

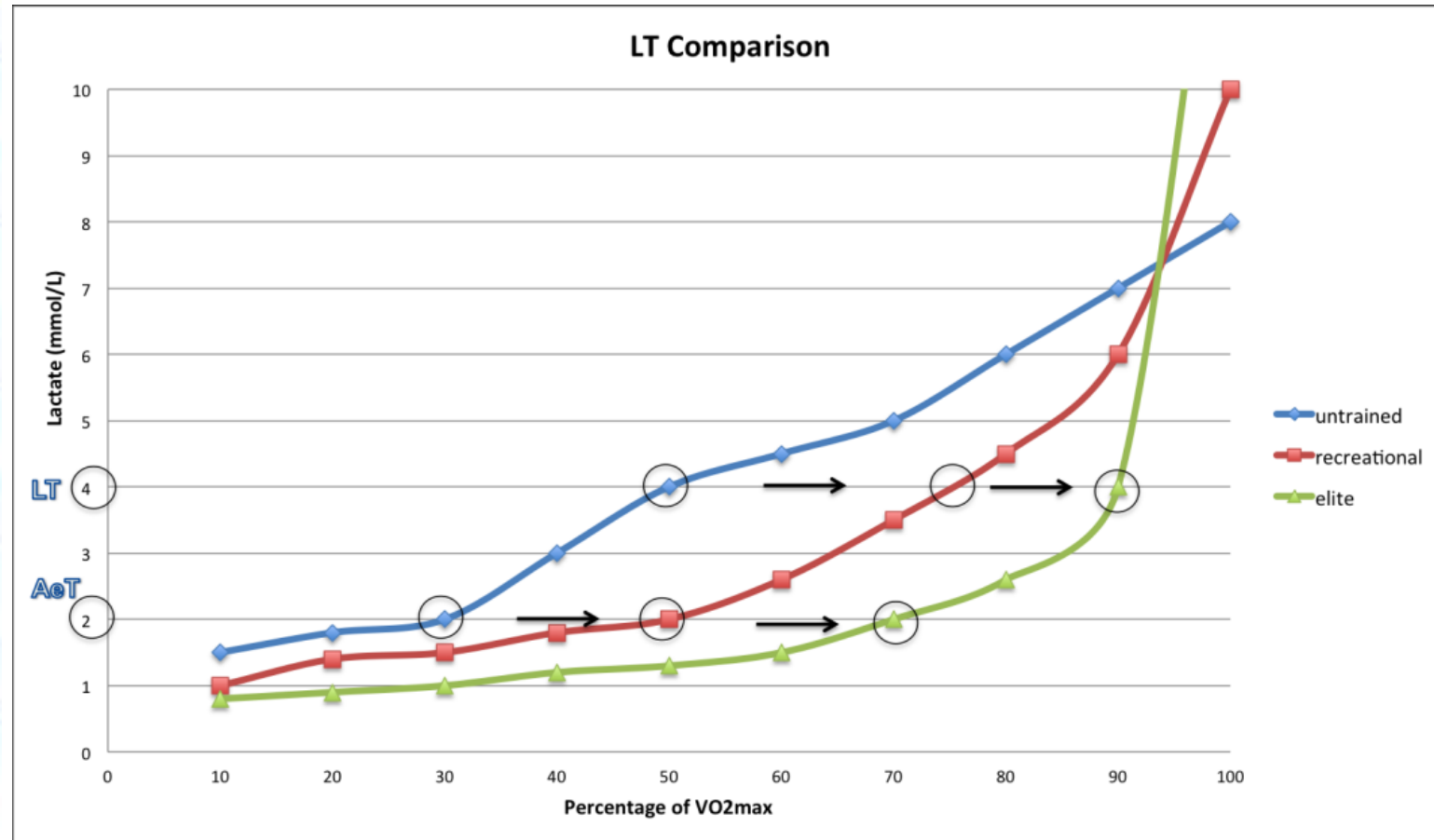
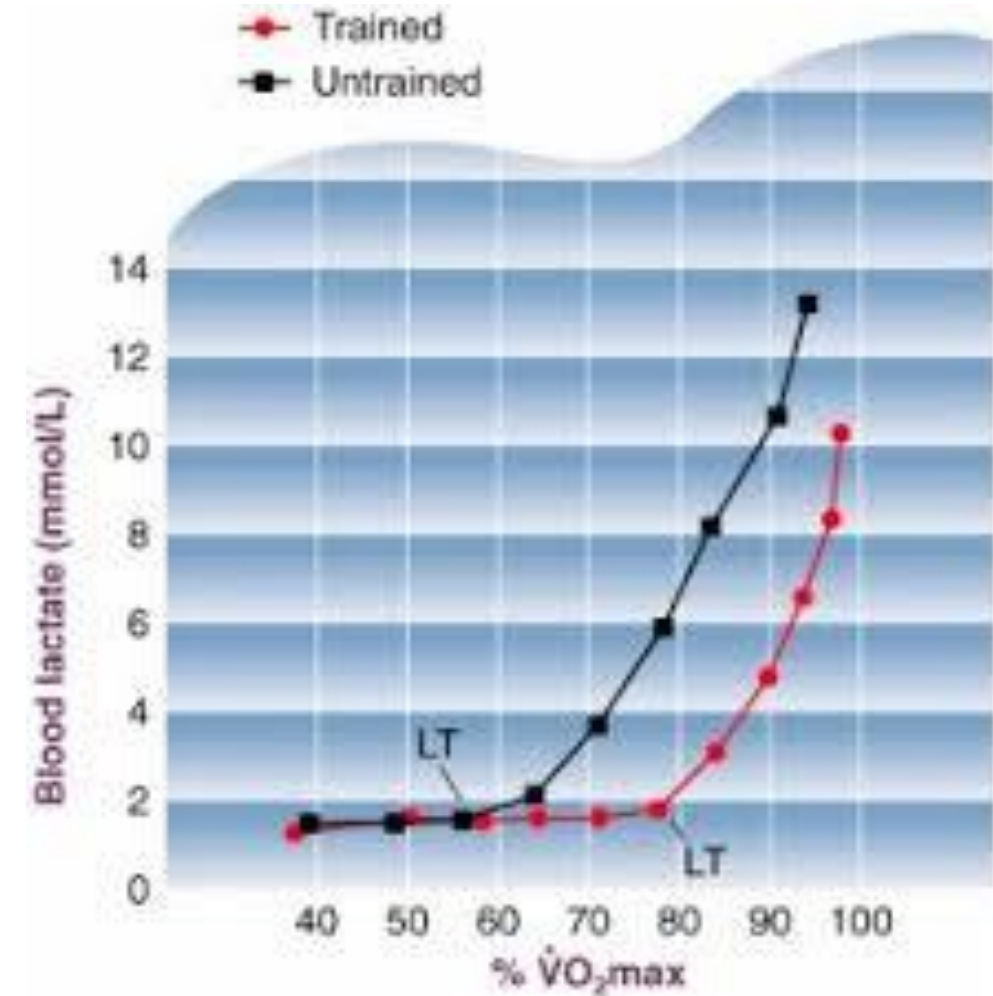
- Αναερόβιο γαλακτικό κατώφλι
- Αναερόβιο αναπνευστικό κατώφλι
- Κατώφλι καρδιακής συχνότητας

ΑΝΑΕΡΟΒΙΟ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΚΑΤΩΦΛΙ

Το σημείο εκείνο όπου η συγκέντρωση
του γαλακτικού οξέος στο αίμα
αντιστοιχεί σε 4mmol/l



ΑΝΑΕΡΟΒΙΟ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΚΑΤΩΦΛΙ- ΠΡΟΠΟΝΗΜΕΝΟΙ ΚΑΙ ΑΠΡΟΠΟΝΗΤΟΙ

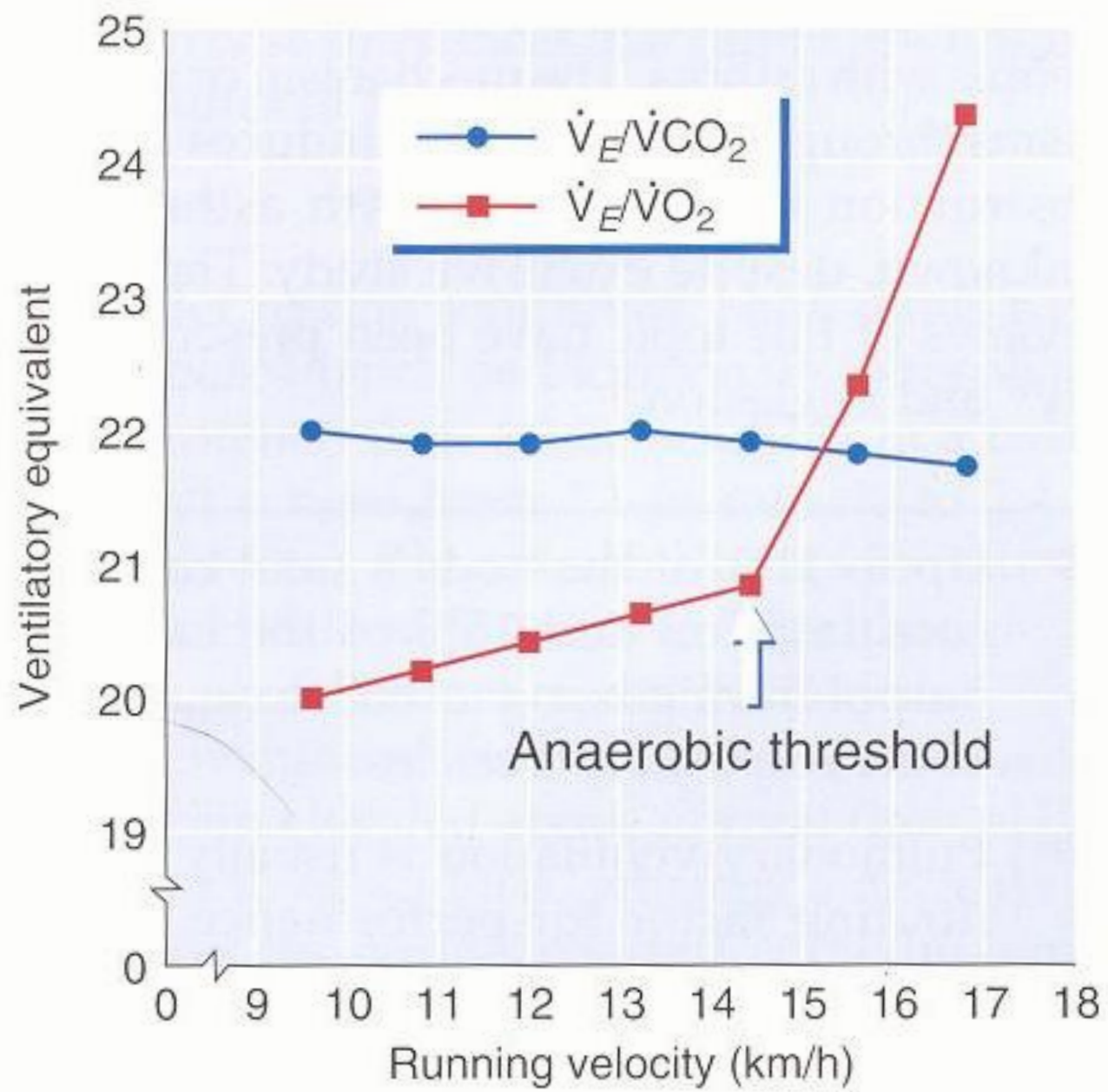


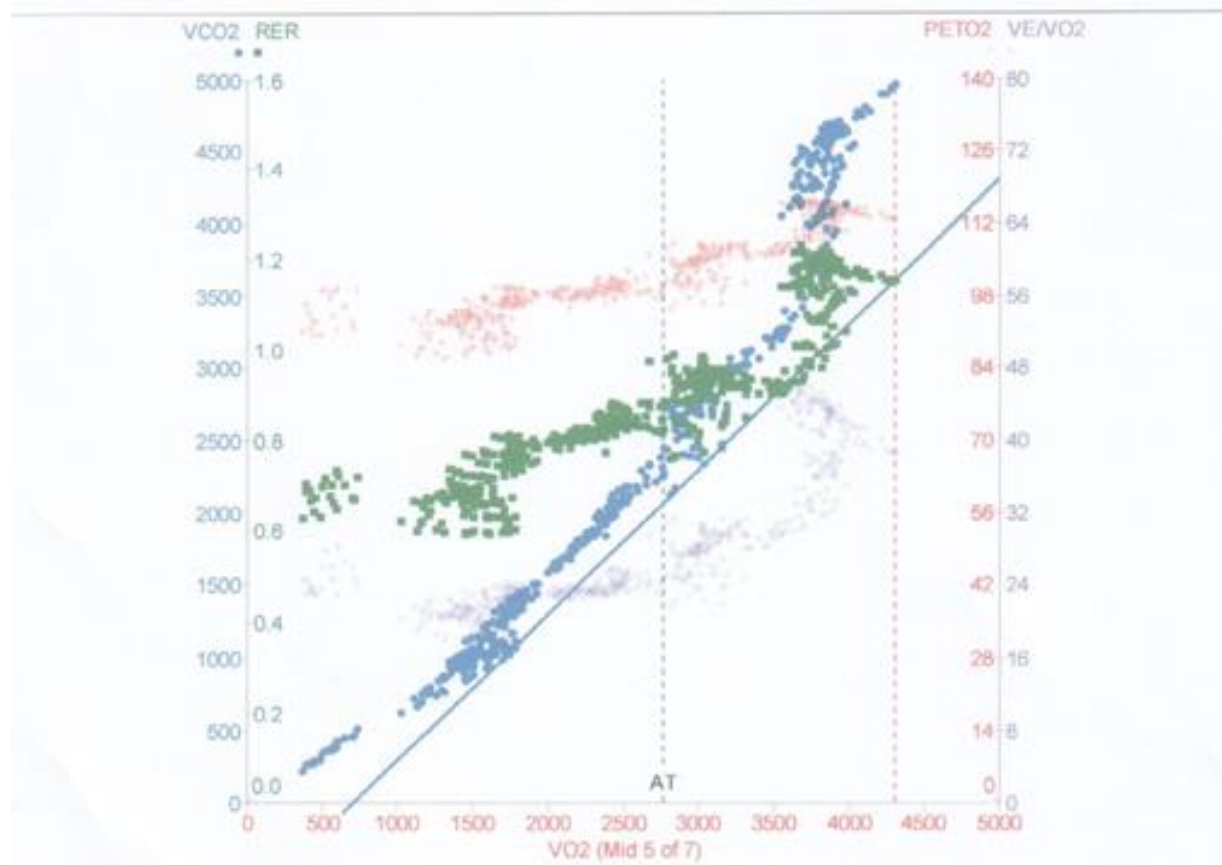
ΑΝΑΕΡΟΒΙΟ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΚΑΤΩΦΛΙ

- Ορίζεται η ένταση κατά την προοδευτικά κλιμακούμενη άσκηση, όπου παρατηρείται απόκλιση της αύξησης του πνευμονικού αερισμού από τη γραμμικότητα
- Το σημείο εκείνο όπου ο πνευμονικός αερισμός αυξάνεται δυσανάλογα με την πρόσληψη οξυγόνου

ΑΝΑΕΡΟΒΙΟ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΚΑΤΩΦΛΙ

- Μία αύξηση στο αναπνευστικό ισοδύναμο του οξυγόνου ($\dot{V}E/\dot{V}O_2$) χωρίς αντίστοιχη μεταβολή στο αναπνευστικό ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$) προτείνεται επίσης ως μία ευαίσθητη και αξιόπιστη μέθοδος για τον προσδιορισμό του αναερόβιου κατωφλιού

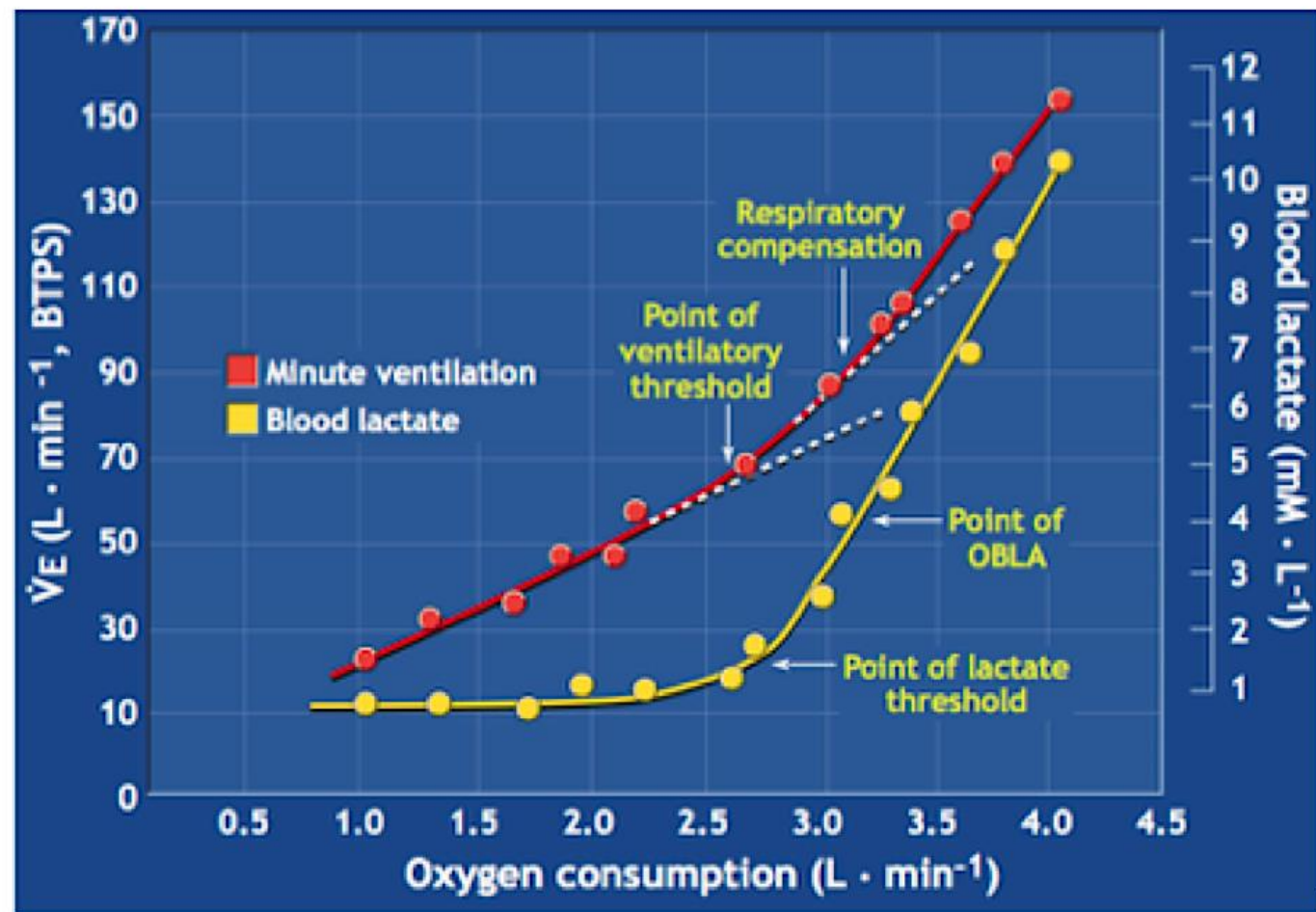
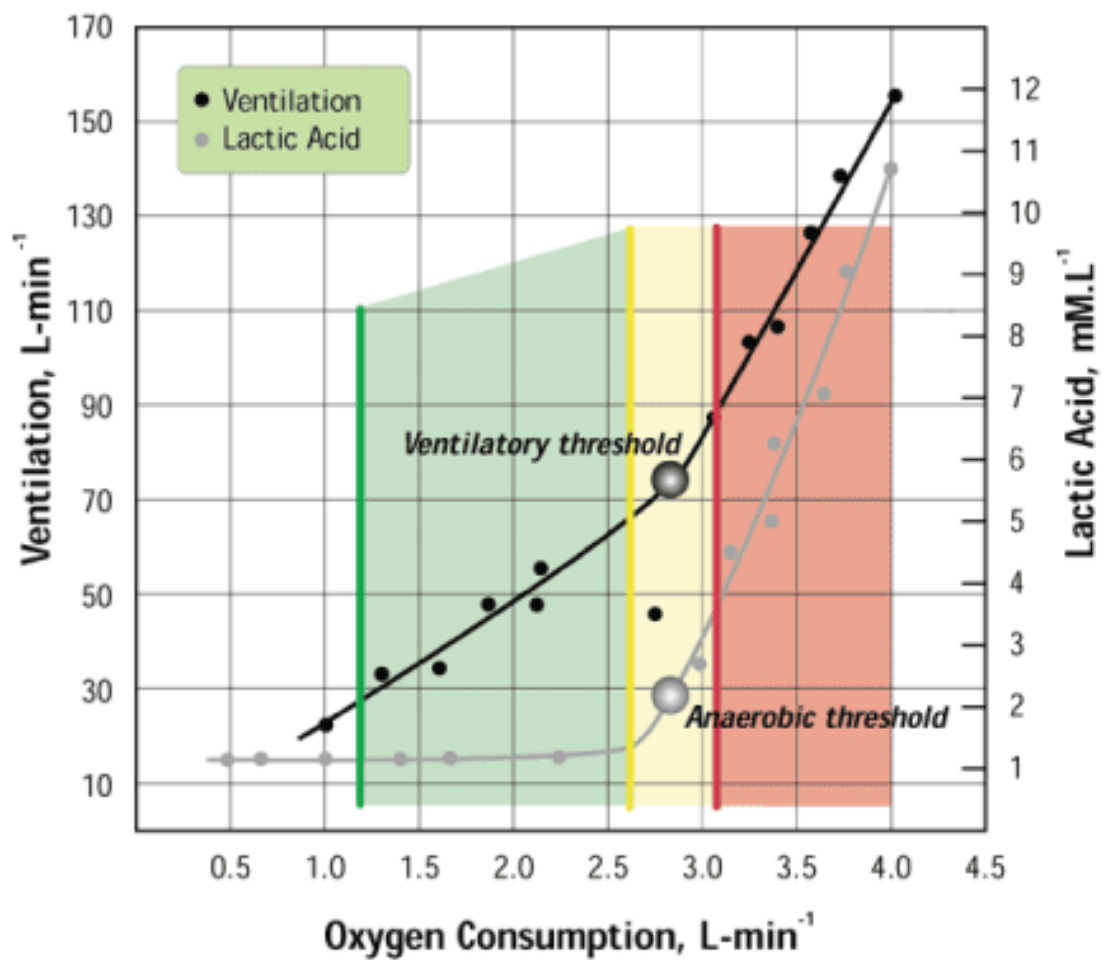




	AT	V02 Max		AT	V02 Max
Time (min)	10:39	15:58	VE BTPS (L/min)	64,9	165,9
Work (Watts)	0	0	Vt BTPS (L)	1,63	2,52
			Vt/IC (%)		
VO2 (mL/kg/min)	37,3	58,1	Vd/Vt - est	0,14	0,13
VO2 (mL/min)	2764	4303	VE/VCO2	28	33
VCO2 (mL/min)	2283	4963	VE/VO2	23	39
RER	0,83	1,15			
HR (BPM)	157	200	sysBP (mmHg)		
VO2/HR (mL/beat)	18	22	diaBP (mmHg)		
			RatePrsPd SBP*HR/100		
			Borg PE		

ΑΝΑΕΡΟΒΙΟ ΓΑΛΑΚΤΙΚΟ ΚΑΤΩΦΛΙ VS ΑΝΑΕΡΟΒΙΟ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ ΚΑΤΩΦΛΙ

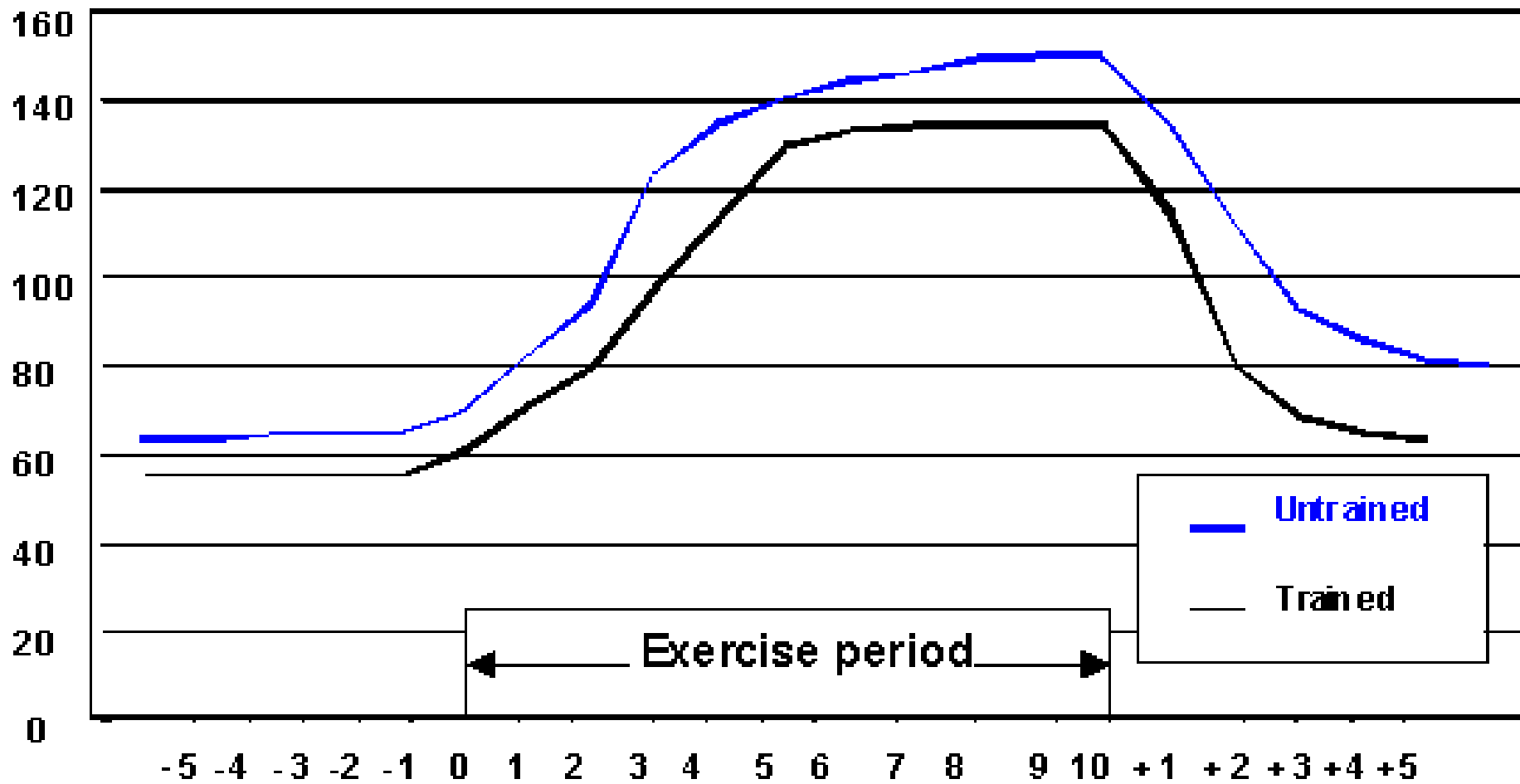
- Όσο μεγαλύτερες είναι οι αερόβιες απαιτήσεις ενός αθλήματος, τόσο υψηλότερο θα είναι το αναερόβιο αθλητών που συμμετέχουν σε τέτοια αθλήματα
- Το αναπνευστικό κατώφλι θεωρείται ότι συμπίπτει με το γαλακτικό κατώφλι
- Ένα μέτριο προπονημένο άτομο μπορεί να διατηρήσει την ένταση στο αναερόβιο κατώφλι περίπου για 20 min
- Ένας κορυφαίος αθλητής μπορεί να διατηρήσει την ένταση στο αναερόβιο κατώφλι μέχρι και για 2-3 ώρες



ΚΑΤΩΦΛΙ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

- Η σχέση μεταξύ καρδιακής συχνότητας και έντασης της μυϊκής προσπάθειας χαρακτηρίζεται από τρεις αλληλοδιάδοχες φάσεις:
 - Την αρχική φάση διακύμανσης
 - Τη γραμμική όπου η ΚΣ είναι ευθέως ανάλογη με την ένταση της προσπάθειας
 - Φάση κατά την οποία η ΚΣ αποκλίνει από τη γραμμικότητα

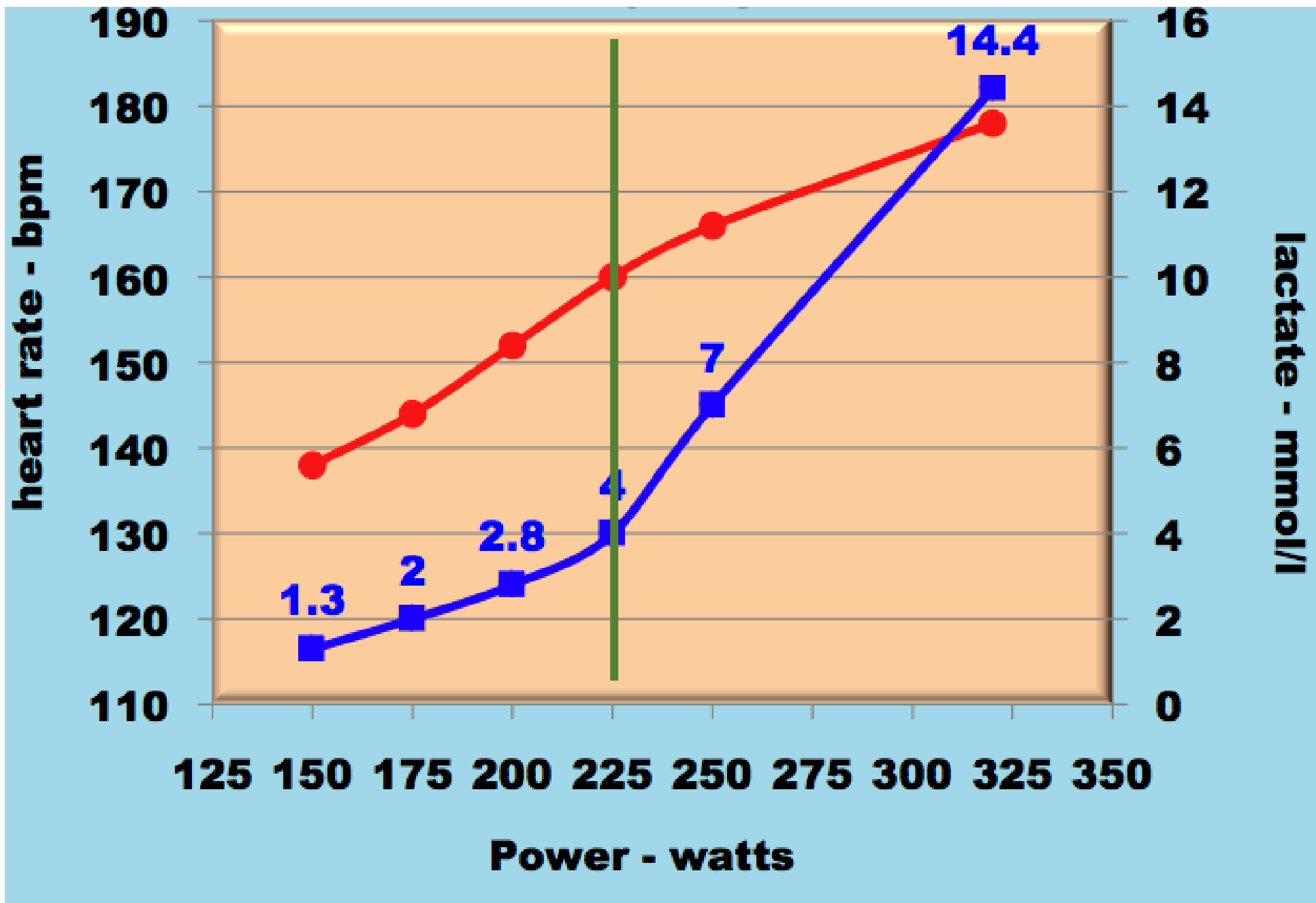
Heart rate response to exercise



Time in minutes

ΚΑΤΩΦΛΙ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

Το σημείο απόκλισης της
καρδιακής συχνότητας από τη
γραμμικότητα



ΑΝΑΕΡΟΒΙΟ ΚΑΤΩΦΛΙ-ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ-ΠΟΣΟΣΤΟ VO_2max

- ΠΡΑΚΤΙΚΑ:
- Η προπονητική ένταση στο αναερόβιο κατώφλι αντιστοιχεί:
 - Στο 83-88% VO_2max
 - 92% HR_{max}

$$HR_{max} = 220 - \text{ηλικία}$$