

ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ ΑΣΚΗΣΗΣ



Ε. Κοσμάς

*3η Πνευμον. Κλινική
ΝΝΘΑ “Σωτηρία”*

ΑΣΚΗΣΗ

• Μιτοχόνδρια μυών

– Παραγωγή ενέργειας (ATP, οξειδωτική φωσφορυλλίωση)

– Απαιτούν O_2 , υπερπαράγουν CO_2

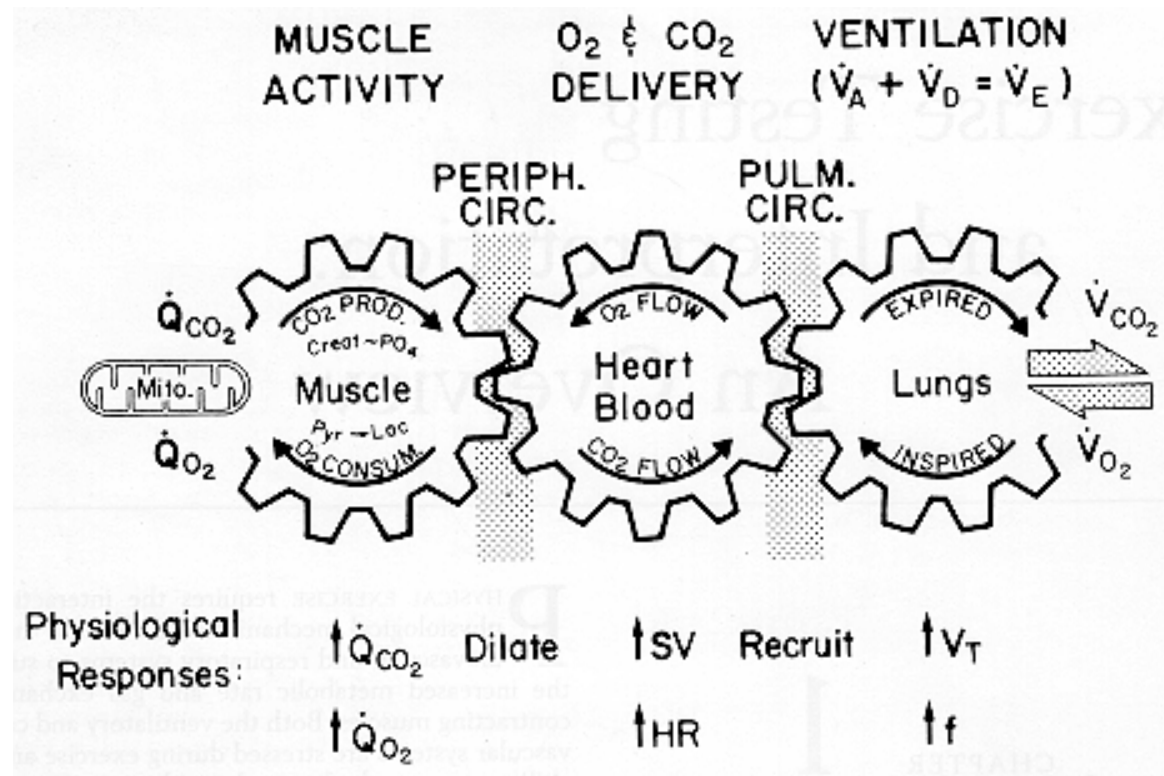
• Αναπνευστικό

- ↑ αερισμού ($VE=VT \cdot fR$)
- ↑ πρόσληψης O_2 (VO_2) & αποβολής CO_2 (VCO_2)

• Καρδιαγγειακό

- ↑ καρδ. παροχής ($Q=SV \cdot HR$)
- ↑ μεταφοράς O_2 & CO_2
- Καλή κατανομή Q σε ασκούμενους μύες

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



ΣΤΟΧΟΙ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

- **Επιτέλεση μυϊκού έργου & άσκησης**
- **Διατήρηση ομοιόστασης ανταλλαγής αερίων & οξεοβασικής ισορροπίας**
- **Χωρίς εμφάνιση συμπτωμάτων (δύσπνοια, μυϊκός κάματος)**

Η ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

- Το πάσχον σύστημα συμμετέχει αναποτελεσματικά στην άσκηση
 - ↓ικανότητα για άσκηση & πρόωρος τερματισμός άσκησης λόγω
 - Συμπτώματος (δύσπνοια, στηθάγχη, μυϊκός κάματος κάτω άκρων)
 - Παθολογικού ευρήματος (ΗΚΦικές αλλοιώσεις ισχαιμίας, ↑↑ΑΠ, αποκορεσμός κλπ)
 - Παθολογικής απόκρισης κάποιου συστήματος
 - Φυσιολογική ικανότητα άσκησης αλλά με παθολογική απόκριση κάποιου συστήματος

ΝΑ ΥΠΟΓΡΑΜΜΙΣΘΕΙ ΌΤΙ...

- Η εργοσπιρομετρία συνήθως «υποδεικνύει» το πάσχον σύστημα και όχι την νόσο
- Εξαιρέσεις:
Ψυχογενής δύσπνοια – Άσθμα μετά από άσκηση

Η ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΣΑΝ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

- **Δύσπνοια προσπαθείας**
 - **Αναπνευστικό ?**
 - **Καρδιαγγειακό ?**
 - **Μυϊκό ?**
 - **Μικτή ?**
 - **Ψυχογενής ?**
- **Προεγχειρητική εκτίμηση**
- **Μετεγχειρητική εκτίμηση**
- **Θεραπευτικό αποτέλεσμα**
- **Αποκατάσταση**
- **Άσθμα μετά από άσκηση**
- **Οξυγονοθεραπεία**
- **Αναπηρία – ανικανότητα**
- **Αθλητική επίδοση**

ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΣΠΝΟΙΑΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑΣ

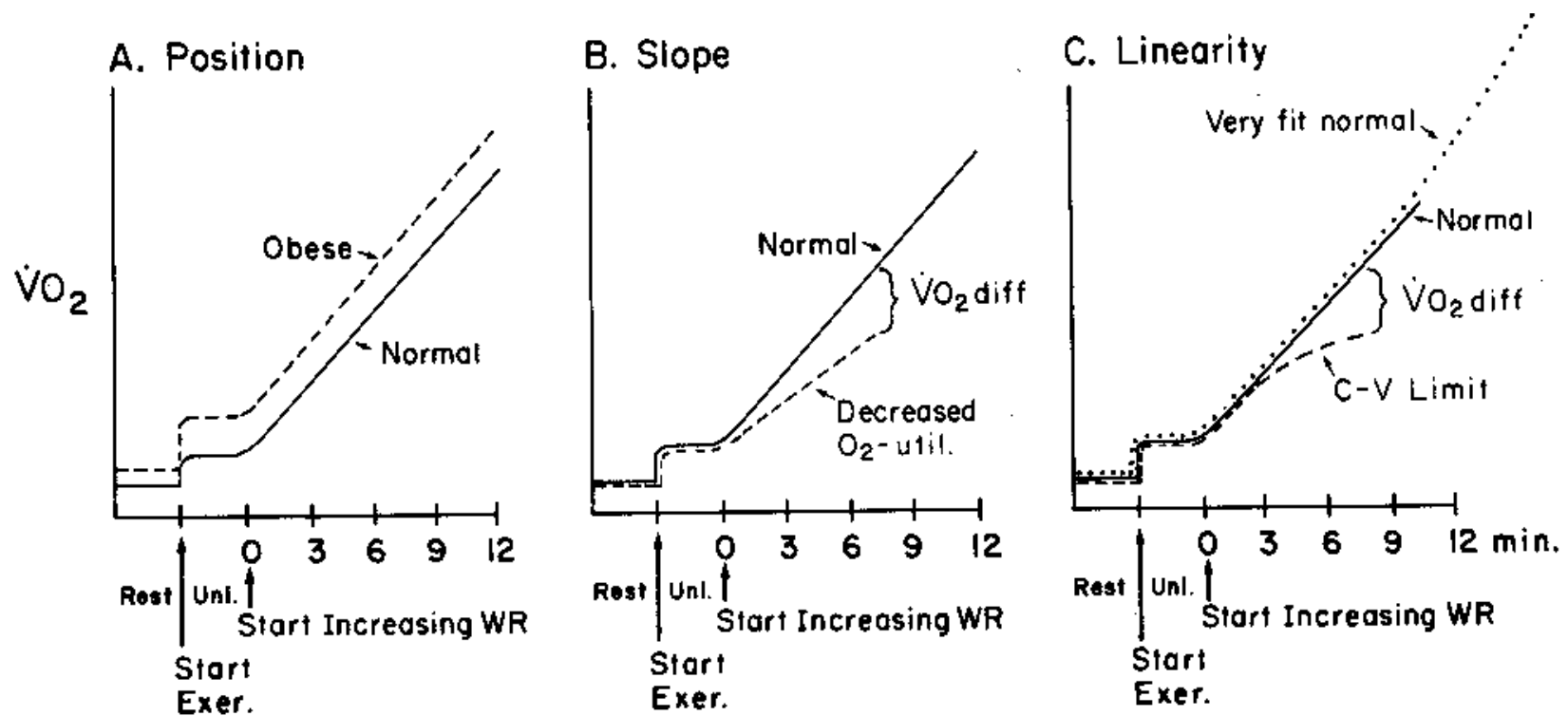
- Μείζον πρόβλημα πολλών ασθενών
- Δ/δ στόχο πολλών ιατρών (κυρίως πνευμονολόγων–καρδιολόγων-παθολόγων)
- Πότε εργοσπιρομετρία ? Όταν το ιστορικό, η κλινική εξέταση και ο έλεγχος ρουτίνας (Α/α θώρακα, ΗΚΓφημα, σπιρομέτρηση, αέρια, υπερηχοκαρδιογράφημα) δεν βοηθούν στη διάγνωση

ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΣΠΝΟΙΑΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑΣ

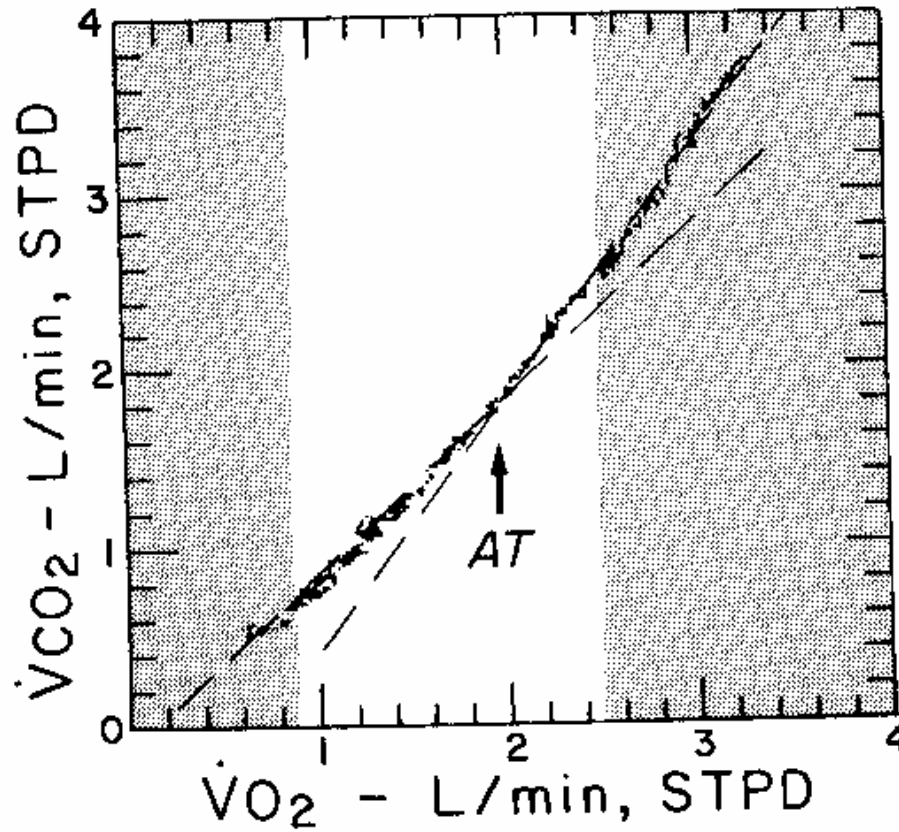
- Η εργοσπιρομετρία θα διερευνήσει το πρόβλημα της δύσπνοιας με τα υπεύθυνα οργανικά συστήματα να λειτουργούν στα όριά τους (συνθήκες **stress**) και σε συνθήκες αναπαραγωγής του συμπτώματος
- Απόδοση της δύσπνοιας σε δυσλειτουργία ή μειωμένες εφεδρείες κάποιου συστήματος

ΑΝΟΧΗ ΣΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ

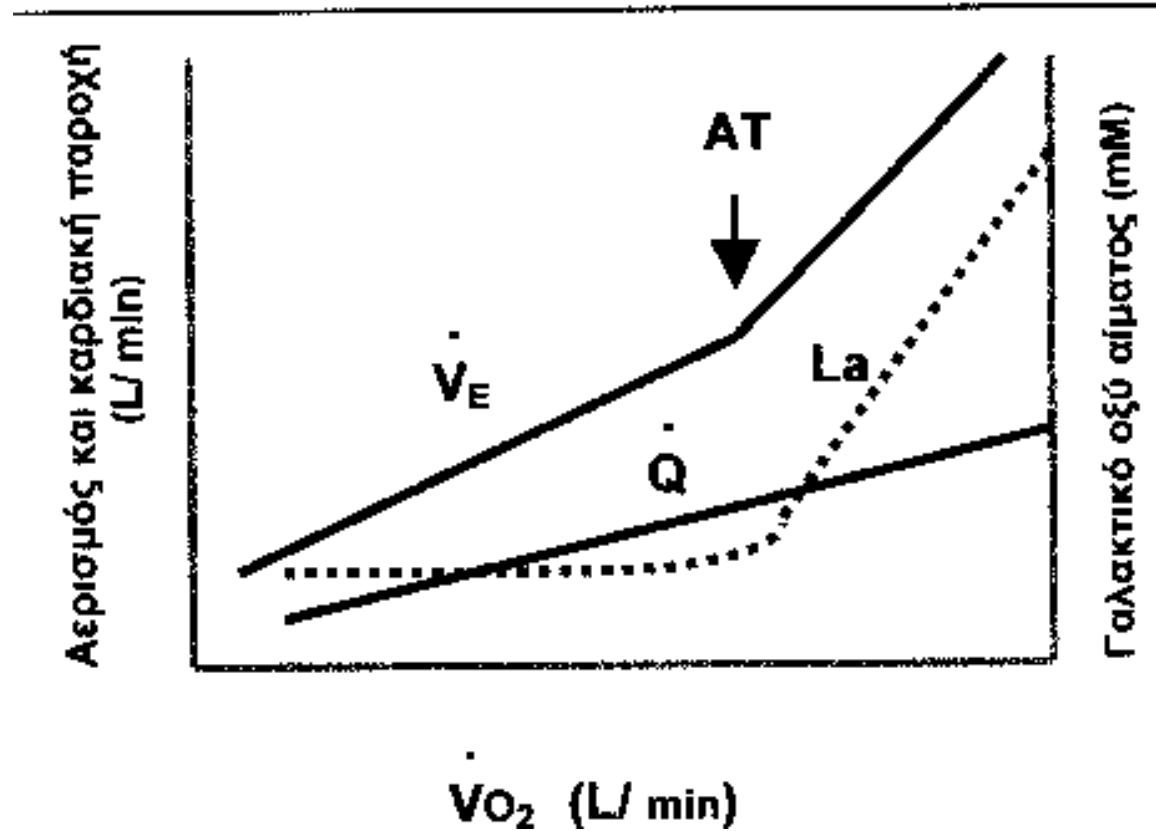
$\dot{V}O_2$ -WR, AT



ΑΝΟΧΗ ΣΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ $\dot{V}O_2$ -WR, AT

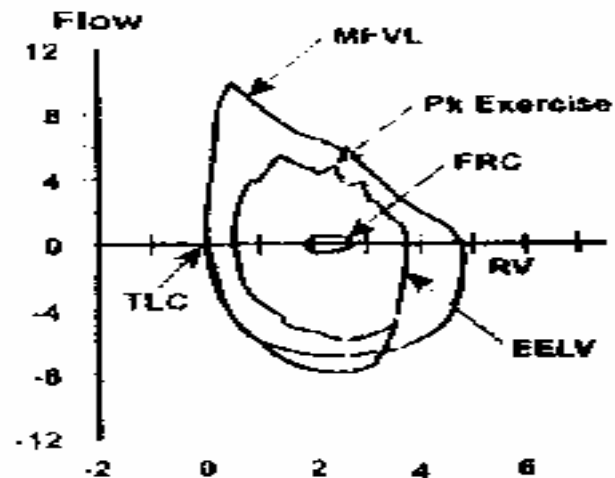
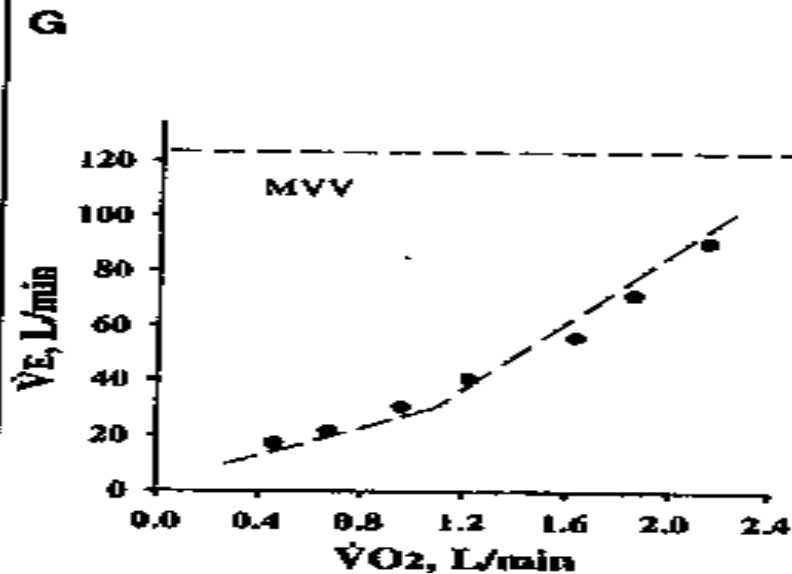
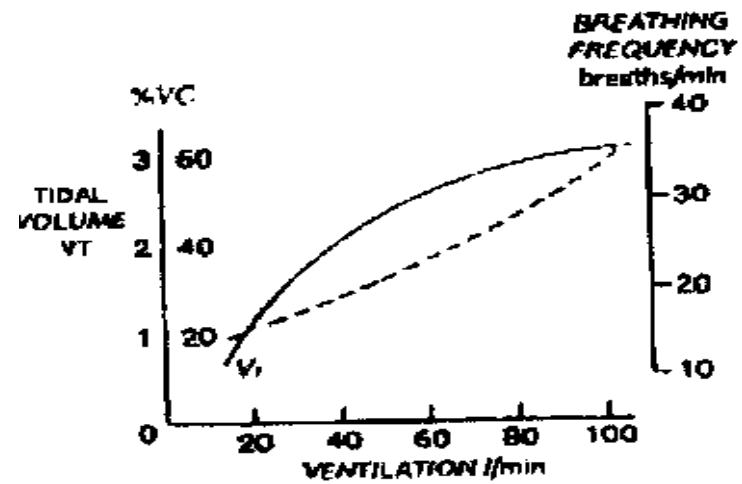
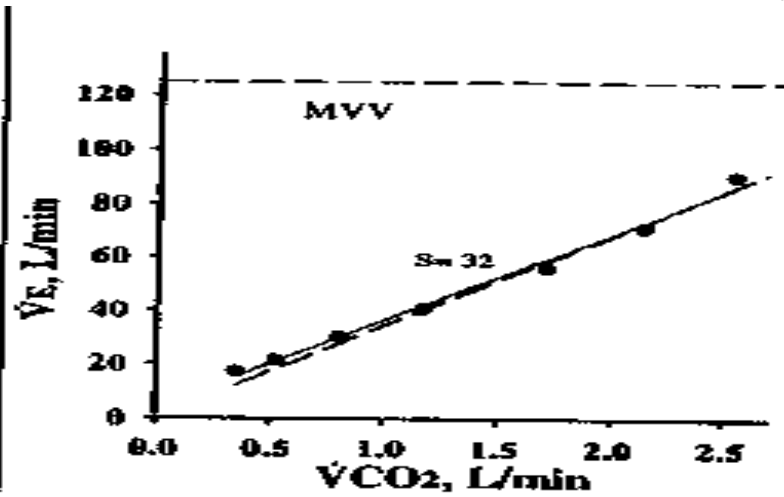


ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ \dot{V}_E , Q , L_a



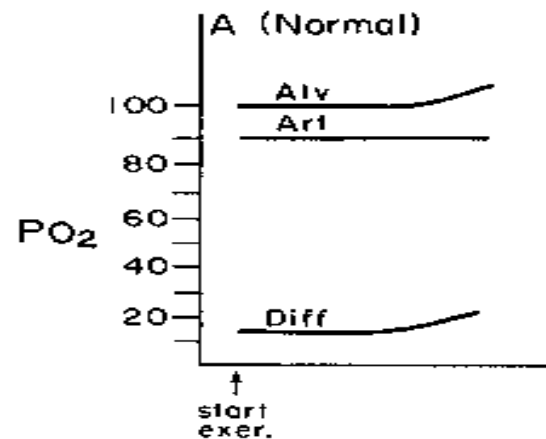
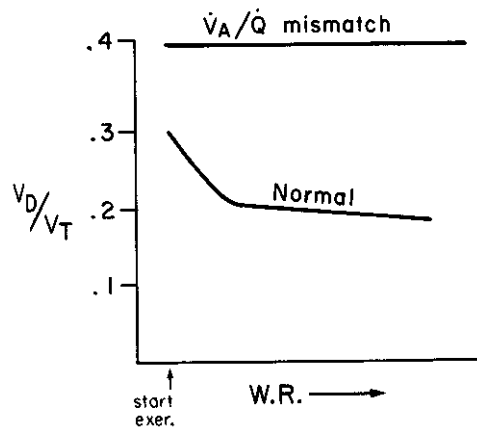
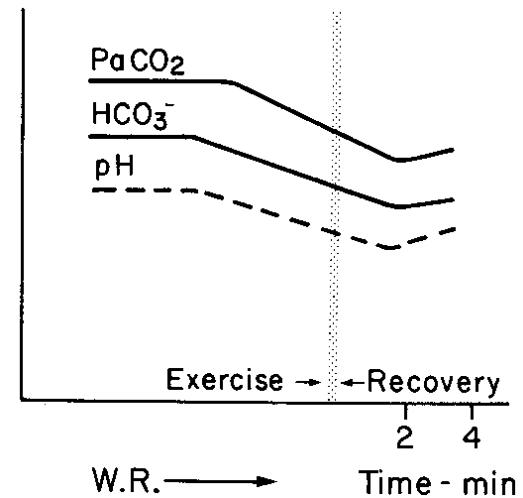
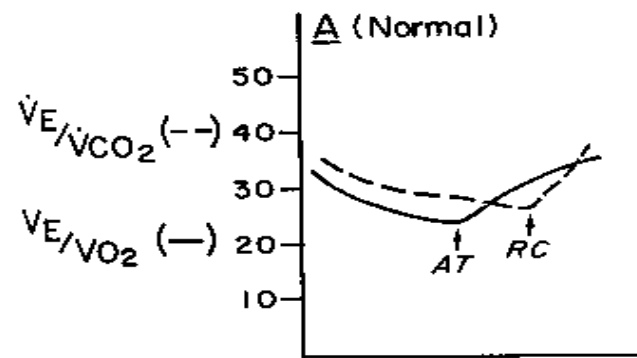
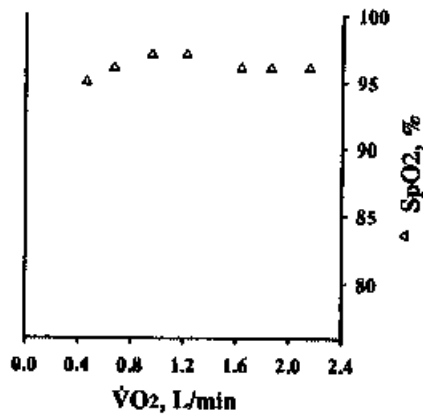
ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ

\dot{V}_E , V_t , f_R



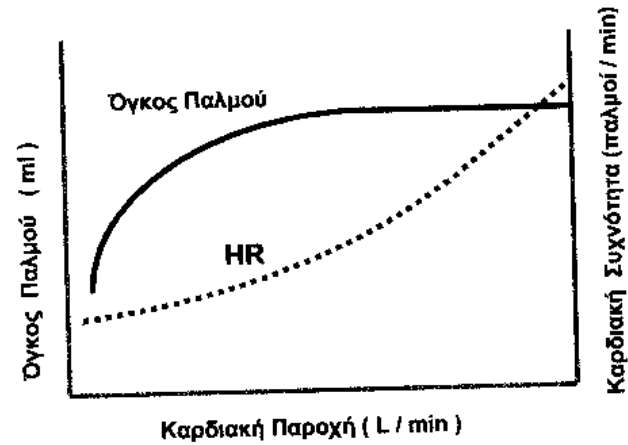
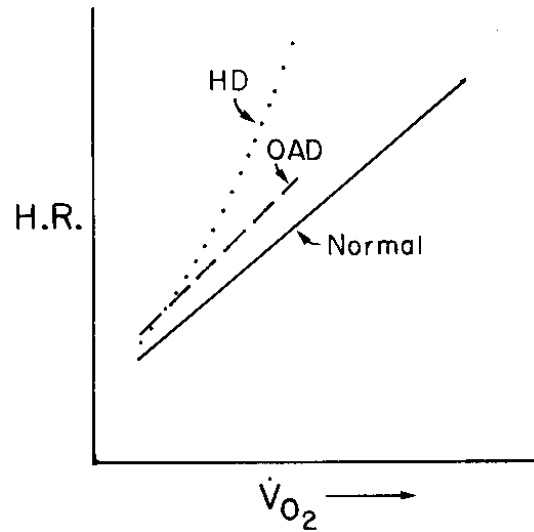
ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΑΕΡΙΩΝ

SpO₂, V_d/V_T, V_E/V_{O₂}, V_E/V_{CO₂}

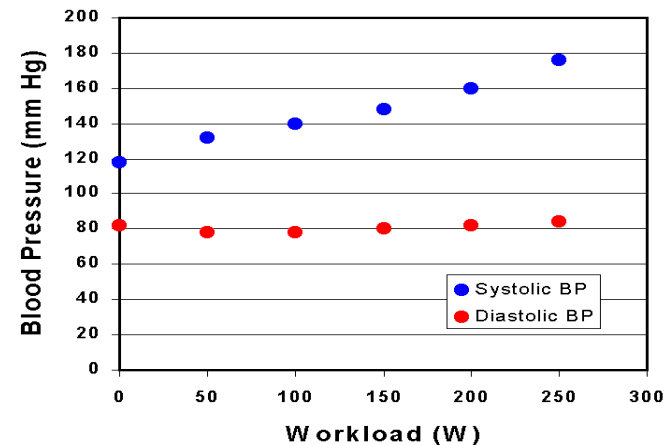
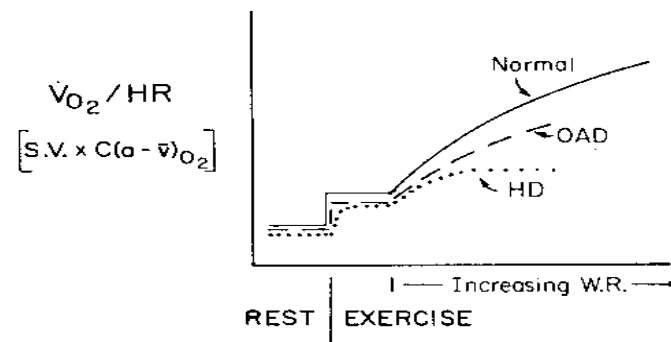


ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΟΥ

HR, O₂pulse (=VO₂/HR), BP, ECG



Effects of Incremental Exercise on BP



ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

| | |
|--|----------------------------------|
| Ανοχή στην άσκηση και αναερόβια ικανότητα | |
| WRmax | > 80% προβή |
| VO ₂ max | > 84% προβή. |
| AT | > 40% προβή. VO ₂ max |
| ΔVO ₂ /ΔWR | > 8.29 ml/min/Watt |
| Απόκριση αναπνευστικού συστήματος | |
| V _E max/MVV | < 75% |
| Εφεδρείες αερισμού (BR=MVV-V _E max) | > 11 lt |
| V _T /V _C (plateau V _T) | < 55% |
| V _T /I _C (plateau V _T) | < 80% |
| F _R | < 60 αναπνοές/min |
| Απόκριση ανταλλαγής αερίων | |
| V _E /VCO ₂ @ AT | < 34 |
| V _D /V _T | < 0.28 |
| P _a -ETCO ₂ | < 0 |
| P _a O ₂ | > 80 mmHg |
| AaDO ₂ | < 35 mmHg |
| S _p O ₂ | > 90% |
| ΔS _p O ₂ | < 4% |
| Απόκριση καρδιαγγειακού συστήματος | |
| HRmax | > 90% προβή. HRmax (=220-ηλικία) |
| Εφεδρείες καρδιακής συχνότητας (HRR) | < 15 σφύξεις/min |
| VO ₂ /HR (plateau O ₂ -pulse) | > 80% προβή. |
| ΑΠ | < 220/90 mmHg |
| ΗΚΓφημα | Φλεβοκομβική ταχυκαρδία |

History Physical Examination, PFTs, ECG, consistency of results, effort, Symptoms (Borg Scale)

$\dot{V}O_2$ max

NORMAL

LOW

Patterns of response

HR, \dot{V}_E , SaO₂
Physiologic / symptom limitation ?

- Normal
- Obesity : $\downarrow \dot{V}O_2$ / kg
- Early cardiopulmonary disease
- Hyperven. / Anxiety : Abnl. Breathing pattern, $\downarrow P_{ET}CO_2$

norm / \uparrow VR, \uparrow HRR
norm SaO₂
norm / \downarrow / ? AT

norm / \uparrow VR, norm / \uparrow HRR
norm SaO₂
 \downarrow AT

norm VR, norm / \downarrow HRR
 \downarrow SaO₂
 \downarrow AT

norm / \downarrow VR
norm / \uparrow HRR
 \downarrow SaO₂, \downarrow AT

\downarrow VR, \uparrow HRR,
norm / \downarrow SaO₂
norm / \downarrow / ? AT

Patterns of response (based on integrated evaluation including other cardiopulmonary variables)

- Poor Effort
- CAD
- Neuromuscular
- Deconditioning
- Cardiovascular
- Mitochondrial Myopathy
- Pulmonary Vascular Disease
- ILD
- COPD

ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

- Ο ασθενής έκανε μέγιστη άσκηση ?
- Αιτία διακοπής άσκησης ?
- Μειωμένη ή κ.φ. ικανότητα για άσκηση ?
- Απάντηση αναπνευστικού (αερισμός-τύπος αναπνοής-ανταλλαγή αερίων) ?
- Απάντηση καρδιαγγειακού ?
- Απάντηση περιφερικού μυϊκού συστήματος ?

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

- **$WR_{max} > 90\% \text{ pred}$**
- Να μην αυξάνει η **VO_{2max} (plateau)** παρά την αύξηση του **WR**
- **$HR_{max} > 90\% \text{ pred}$**
- **$VE_{max}/MVV > 60-70\%$**
- **VCO_{2max}/VO_{2max} (RER) > 1.15**
- Εξάντληση εξεταζόμενου
- Γαλακτικά αίματος **$> 4 \text{ mM}$**

ΑΙΤΙΑ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

- Δύσπνοια
- Κόπωση κάτω άκρων
- Κλίμακα **Borg**

| | |
|----|------------------|
| 0 | Καθόλου δύσπνοια |
| 1 | Πολύ ήπια |
| 2 | Ήπια |
| 3 | Μέτρια |
| 4 | Κόπως σοβαρή |
| 5 | Σοβαρή |
| 6 | |
| 7 | Πολύ σοβαρή |
| 8 | |
| 9 | Πάρα πολύ σοβαρή |
| 10 | Μέγιστη |

ΑΣΘΕΝΗΣ 1

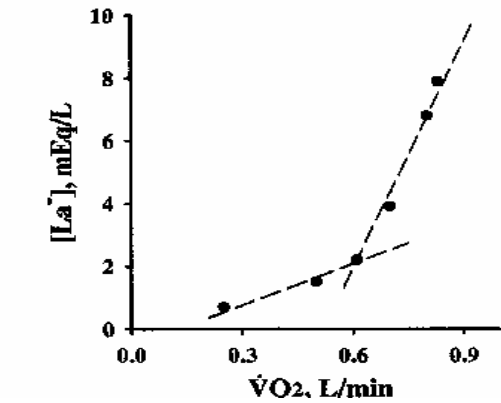
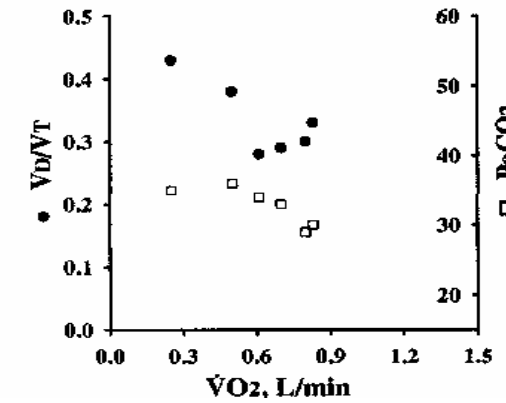
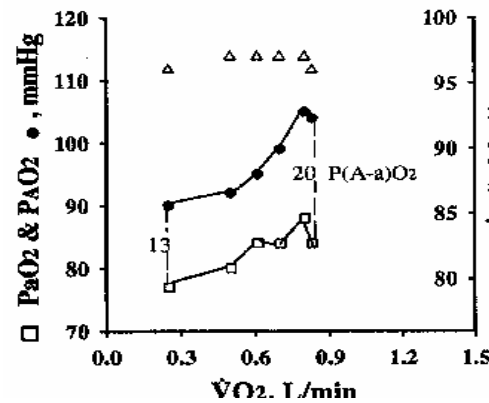
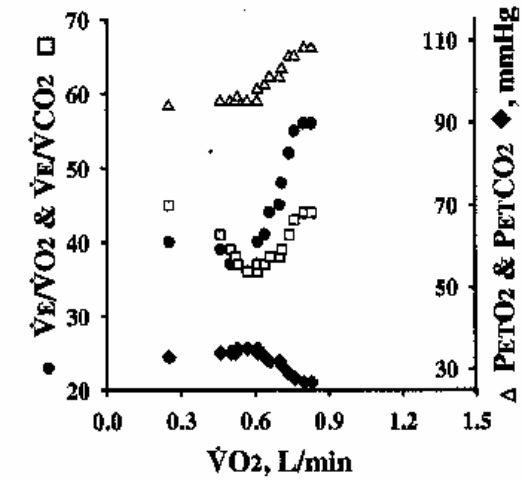
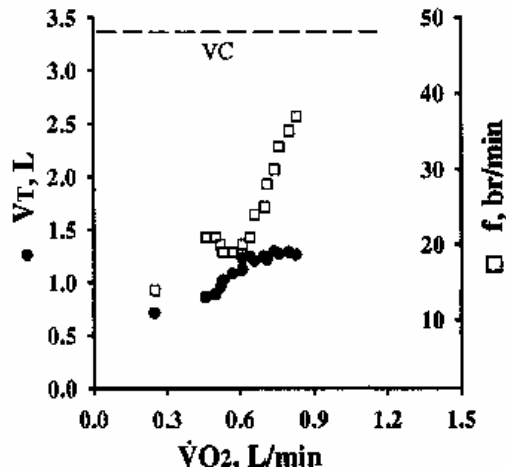
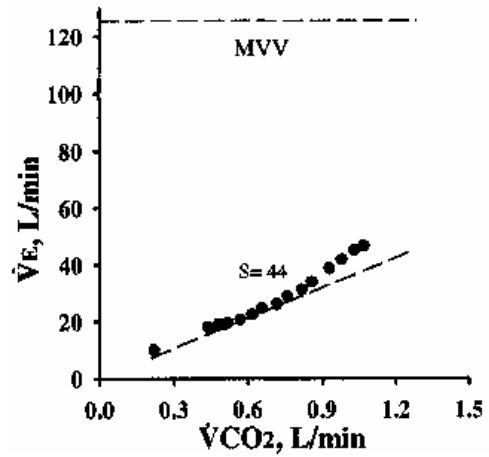
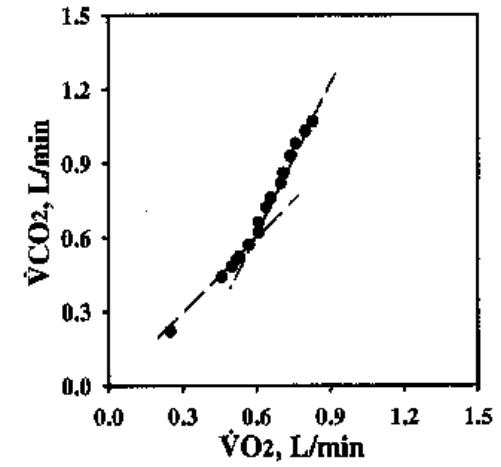
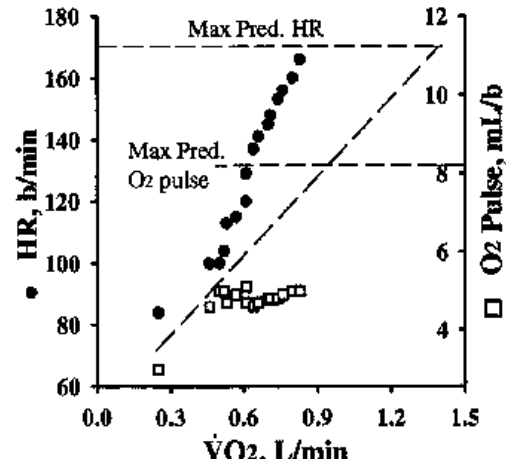
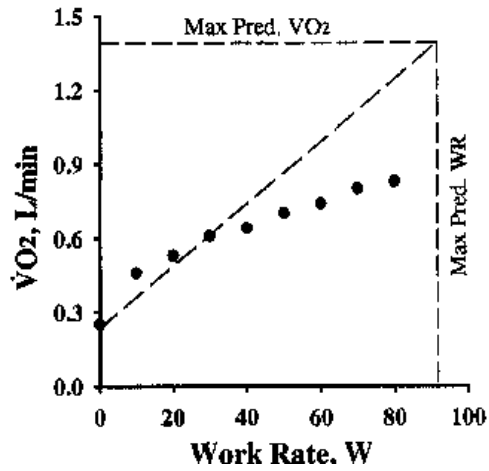
- Γυναίκα
- **49** ετών
- Ύψος **1.63**
- Βάρος **53**
- **Ένδειξη:** Ελάττωση ανοχής στην άσκηση, δύσπνοια, εύκολη κόπωση

Cardiopulmonary Exercise Test

Protocol: Maximal, symptom limited, incremental cycle ergometry, 20 W/min

Pb, 656 mm Hg; P_{iO₂}, 128 mm Hg

| Variable | Peak | % Pred | Variable | Rest | Peak |
|---------------------------------|--------|------------|--|-------|-------|
| Work rate, W | 80 | 88 | Sa _{O₂} , % | 96 | 95 |
| Vo ₂ , L/min | 0.83 | 60 | Sp _{O₂} , % | 95 | 85 |
| Vo ₂ , ml/kg per min | 15.8 | 60 | Pa _{O₂} , mm Hg | 77 | 84 |
| AT, L/min | 0.60 | L (> 0.76) | Pa _{CO₂} , mm Hg | 35 | 30 |
| ΔVo ₂ /ΔWR, ml/min/W | 5.1 | L (> 8.6) | pH | 7.451 | 7.346 |
| HR, beats/min | 166 | 94 | HCO ₃ ⁻ , mEq/L | 24 | 17 |
| O ₂ pulse, ml/beat | 5.0 | 64 | P(a-a)O ₂ , mm Hg | 13 | 20 |
| BP, mm Hg | 174/87 | | V _D /V _T | 0.43 | 0.33 |
| Ve, L/min | 47 | 36 | Lactate, mEq/L | 0.7 | 7.9 |
| fr, breaths/min | 37 | N | | | |
| Ve/Vco ₂ , at AT | 37 | H | | | |
| RER | 1.28 | | Stop: Dyspnea, 3/10; leg fatigue, 4-5/10 | | |



ΕΥΡΗΜΑΤΑ

| | | |
|------------------------------------|---|----------------------------------|
| Ικανότητα άσκησης | VO₂max | Ελαττωμένη |
| Καρδιαγγειακό | VO₂/WR, AT, HR, κλίση HR-VO₂, O₂p, ECG, BP | Παθολογική απόκριση |
| Αερισμός | VE max/MVV, BR, VT, fR, VT/VC | κφ απόκριση |
| Ανταλλαγή αερίων – ΟΒ ισορρ | SpO₂, Vd/Vt, VE/VCO₂ (AT) PCO₂, pH, HCO₃, La | ± |
| Σύμπτωμα | Borg | Κόπωση άκρων Δύσπνοια |

ΔΙΑΓΝΩΣΗ

- Καρδιαγγειακός περιορισμός στην άσκηση
- Μυοκαρδιοπάθεια

ΑΣΘΕΝΗΣ 2

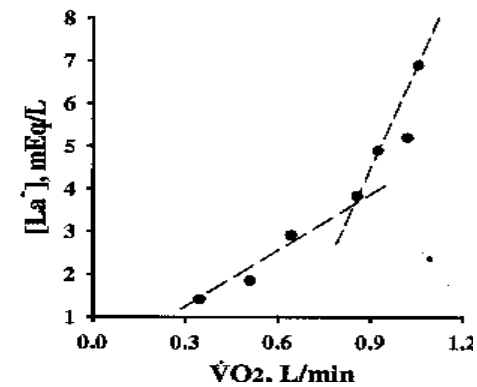
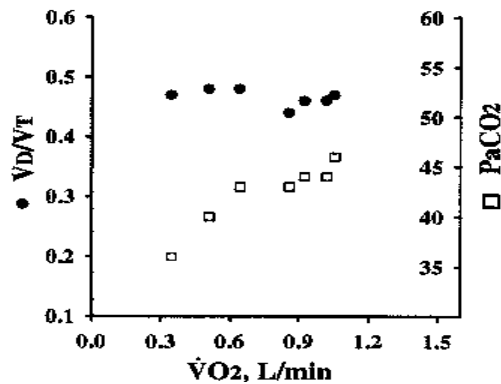
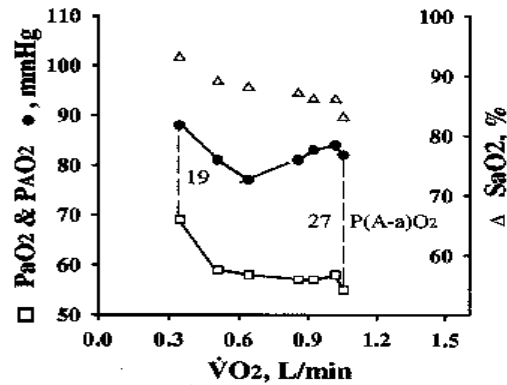
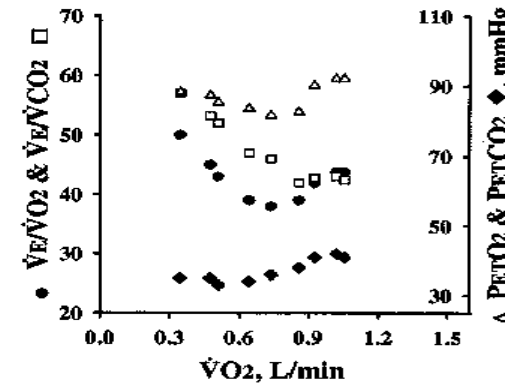
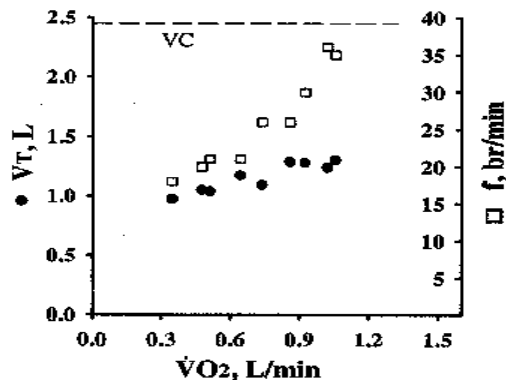
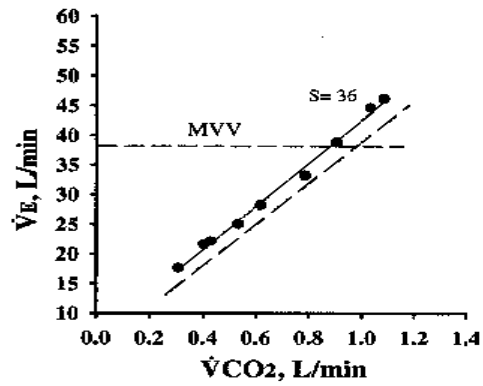
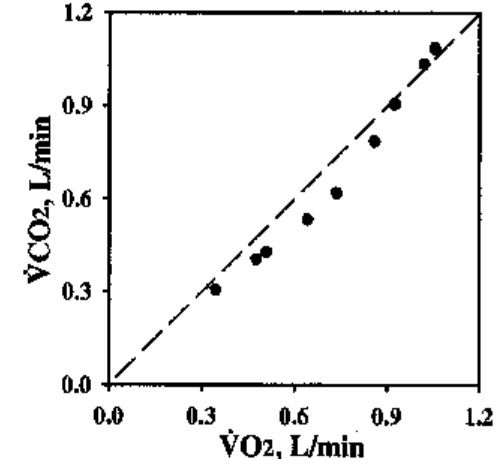
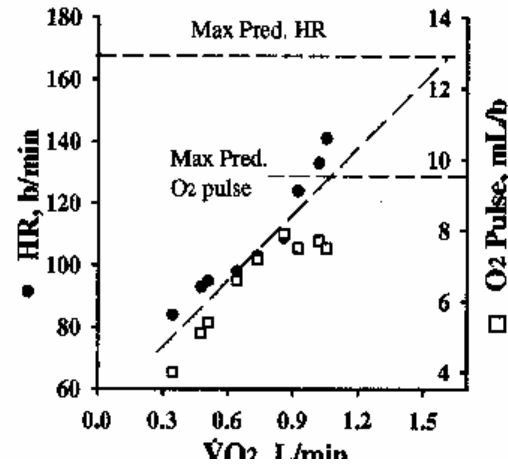
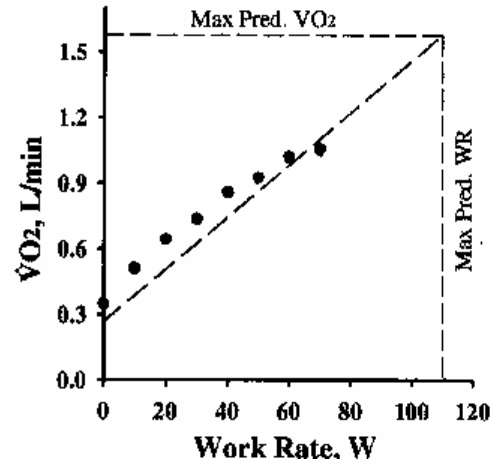
- Άνδρας
- **66** ετών
- Ύψος **1.75**
- Βάρος **61**
- **Ενδείξεις:** δύσπνοια, εύκολη μυική κόπωση

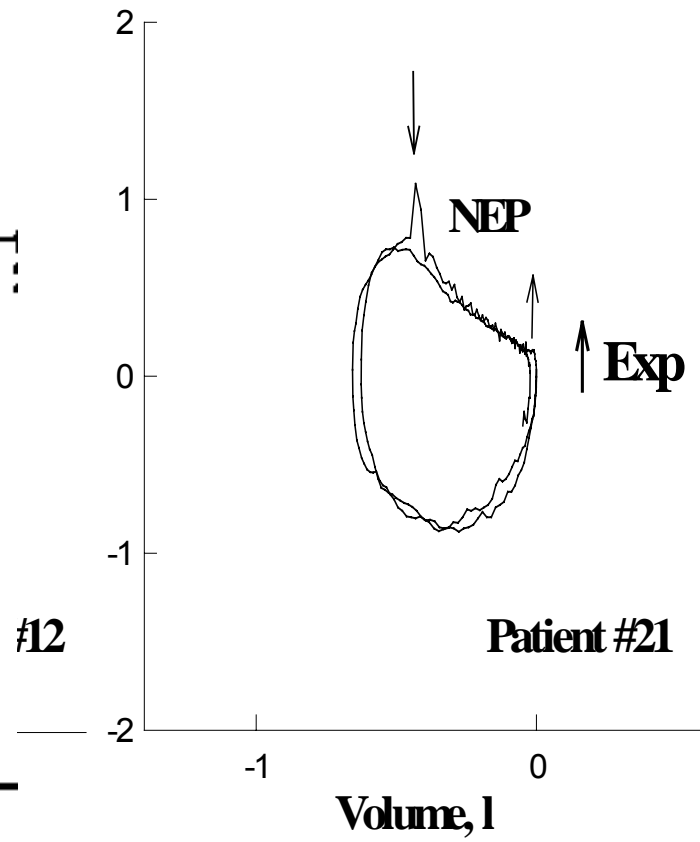
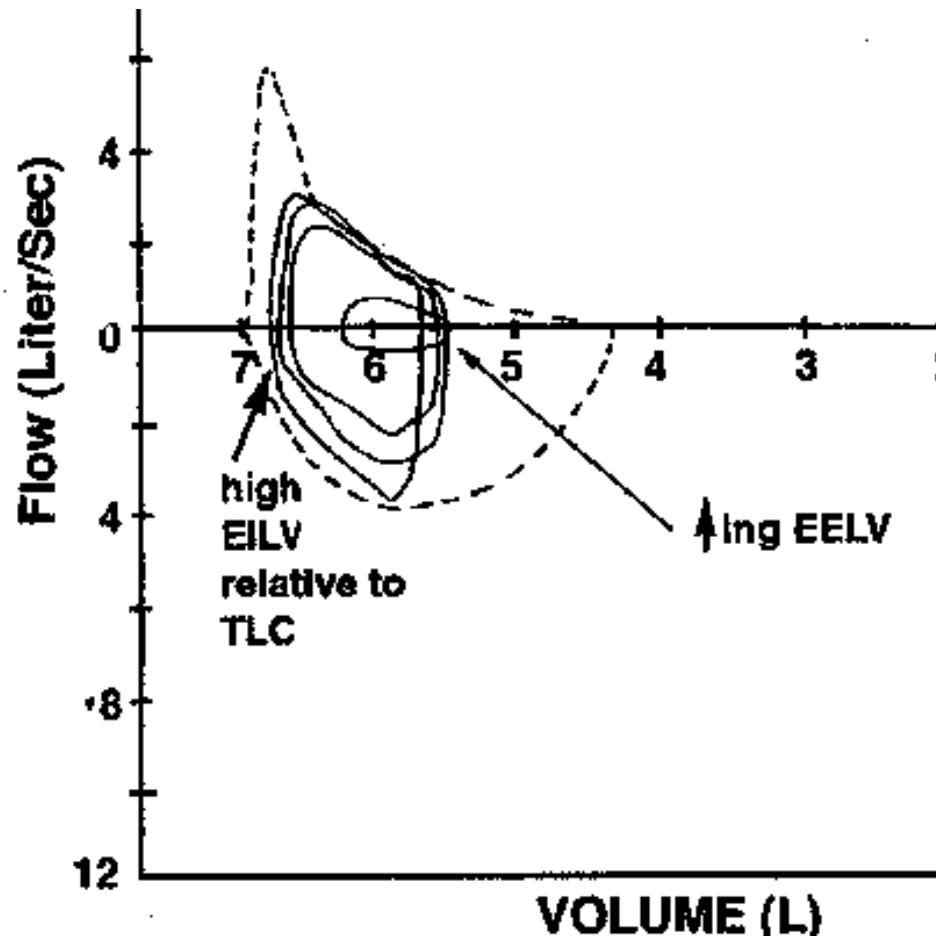
Protocol: Maximal, symptom limited, incremental cycle ergometry, 10 W/min

P_B, 656 mm Hg, P_{iO₂} 128 mm Hg

| Variable | Peak | % Pred | Variable | Rest | Peak |
|---|--------|------------|---------------------------------------|-------|------|
| Work rate, W | 70 | 65 | Sa _{O₂} % | 92 | 83 |
| $\dot{V}O_2$, L/min | 1.06 | 66 | Sp _{O₂} % | 90 | 85 |
| $\dot{V}O_2$, ml/kg per min | 17.4 | 66 | Pa _{O₂} mm Hg | 65 | 55 |
| AT, L/min | 0.75 | N (> 0.64) | Pa _{CO₂} mm Hg | 38 | 46 |
| $\Delta\dot{V}O_2/\Delta WR$, ml/min/W | 9.3 | N (> 8.6) | pH | 7.413 | 7.27 |
| HR, beats/min | 141 | 84 | HCO ₃ ⁻ , mEq/L | 24 | 21 |
| O ₂ pulse, ml/beat | 7.5 | 79 | P(A-a)O ₂ , mm Hg | 20 | 27 |
| BP, mm Hg | 166/72 | | V _D /V _T | 0.45 | 0.42 |
| $\dot{V}E$, L/min | 46 | 121 | Lactate, mEq/L | 1.4 | 6.9 |
| f _R , breaths/min | 36 | N | | | |
| $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$, at AT | 44 | H | | | |
| RER | 1.03 | | | | |

Stop: Dyspnea 10/10





ΕΥΡΗΜΑΤΑ

| | | |
|------------------------------------|---|----------------------------|
| Ικανότητα άσκησης | VO₂max | Ελαττωμένη |
| Καρδιαγγειακό | VO₂/WR, AT, HR, κλίση HR-VO₂, O₂p, ECG, BP | Χωρίς διαταραχές |
| Αερισμός | VE max/MVV, BR, VT, fR, VT/VC, FL | Παθολογική απόκριση |
| Ανταλλαγή αερίων – ΟΒ ισορρ | SpO₂, Vd/Vt, VE/VCO₂ (AT) PCO₂, pH, HCO₃, La | Παθολογική απόκριση |
| Σύμπτωμα | Borg | Δύσπνοια |

ΔΙΑΓΝΩΣΗ

- Αναπνευστικός περιορισμός στην άσκηση (κυρίως αερισμός)
- ΧΑΠ

ΑΣΘΕΝΗΣ 3

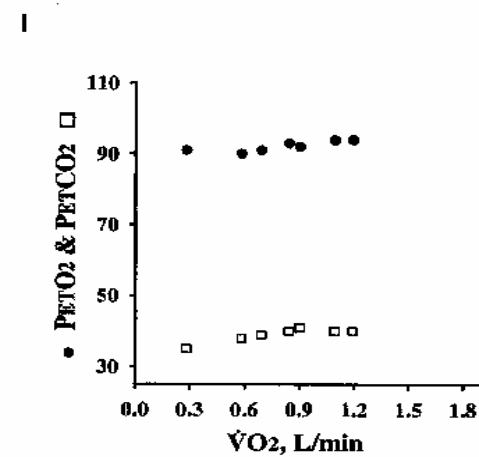
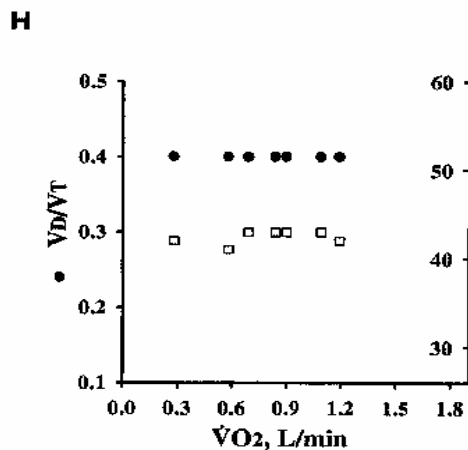
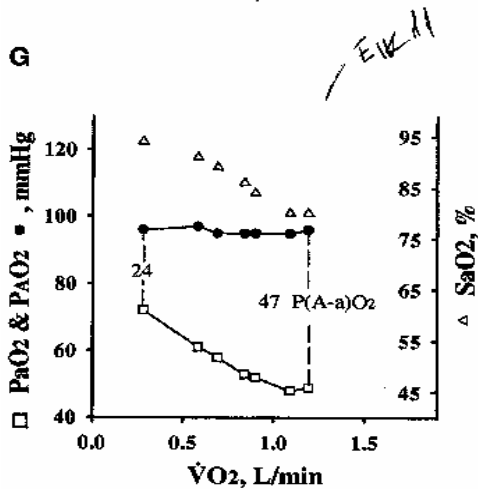
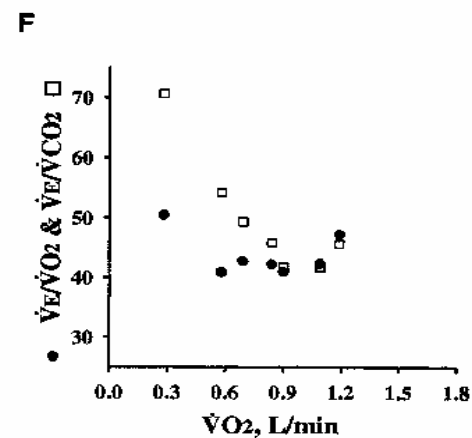
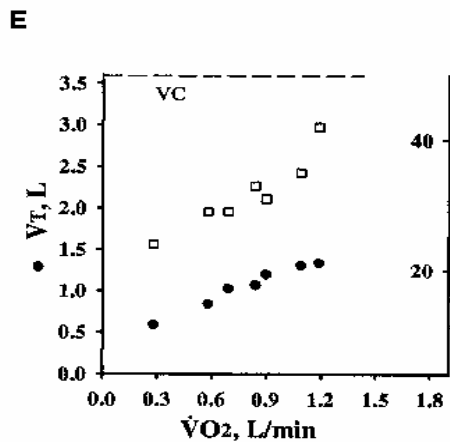
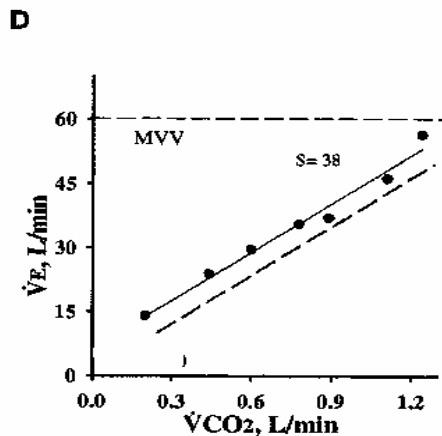
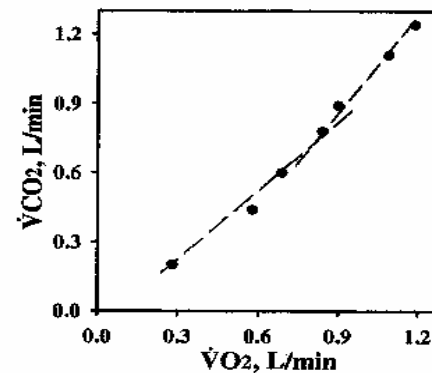
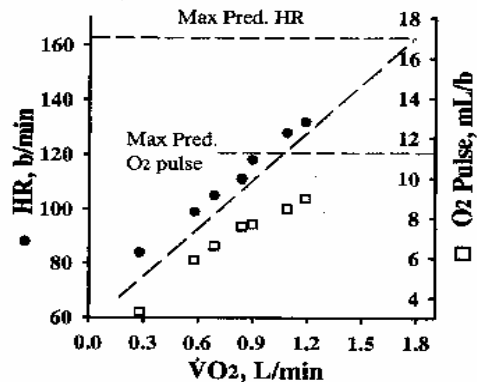
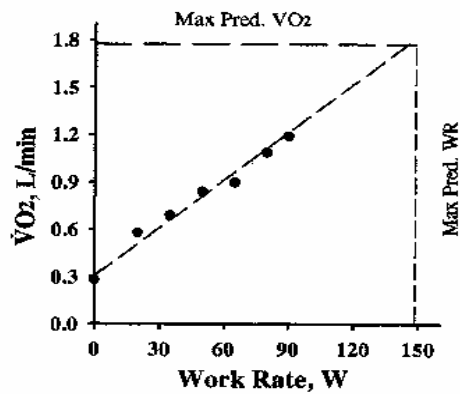
- Άνδρας
- **72** ετών
- Ύψος **1.70**
- Βάρος **80**
- Ενδείξεις: Δύσπνοια προσπαθείας

Protocol: Maximal, symptom limited, incremental cycle ergometry, 15 W/min

P_B , 722 mm Hg; $P_{I_{O_2}}$, 142 mm Hg

| Variable | Peak | % Pred | Variable | Rest | Peak |
|----------------------------------|--------|----------|---------------------|------|------|
| Work rate, W | 95 | 64 | Sa_{O_2} , % | 94 | 80 |
| \dot{V}_{O_2} , L/min | 1.19 | 67 | Pa_{O_2} , mm Hg | 72 | 49 |
| \dot{V}_{O_2} , ml/kg per min | 14.9 | 62 | Pa_{CO_2} , mm Hg | 42 | 42 |
| AT, L/min | 0.80 | (> 0.70) | pH | 7.39 | 7.31 |
| HR, beats/min | 132 | 81 | $P(A-a)O_2$, mm Hg | 24 | 47 |
| O_2 pulse, ml/beat | 9.0 | 83 | V_D/V_T | 0.40 | 0.40 |
| BP, mm Hg | 172/86 | | | | |
| \dot{V}_E , L/min | 57 | 93 | | | |
| fr, breaths/min | 42 | N | | | |
| \dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2} at AT | 49 | H | | | |
| RER | 1.04 | | | | |

Stop: Dyspnea, 6/10; leg fatigue, 5/10



ΕΥΡΗΜΑΤΑ

| | | |
|------------------------------------|---|----------------------------|
| Ικανότητα άσκησης | VO2max | Ελαττωμένη |
| Καρδιαγγειακό | VO2/WR, AT, HR, κλίση HR-VO2, O2p, ECG, BP | Χωρίς διαταραχές |
| Αερισμός | VE max/MVV, BR, VT, fR, VT/VC, FL | Παθολογική απόκριση |
| Ανταλλαγή αερίων – ΟΒ ισορρ | SpO2, Vd/Vt, VE/VCO2 (AT) PCO2, pH, HCO3, La | Παθολογική απόκριση |
| Σύμπτωμα | Borg | Δύσπνοια Κόπωση άκρων |

ΔΙΑΓΝΩΣΗ

- Αναπνευστικός περιορισμός στην άσκηση (κυρίως ανταλλαγή αερίων)
- Ιδιοπαθής πνευμονική ίνωση

ΑΣΘΕΝΗΣ 4

- Άνδρας
- **22** ετών
- Ύψος **1.85**
- Βάρος **77**
- Ενδείξεις: Δύσπνοια & ζάλη
προσπαθείας

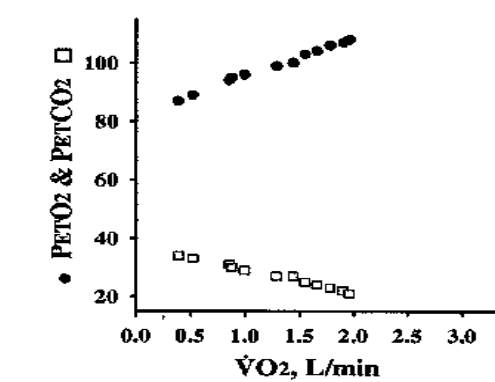
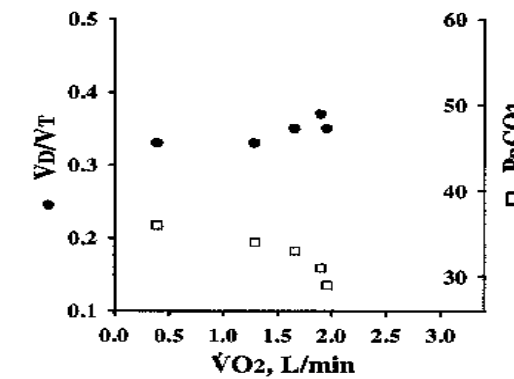
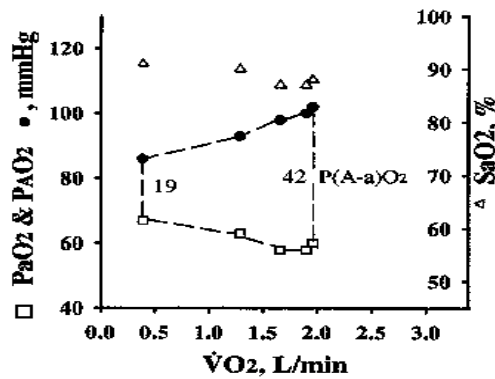
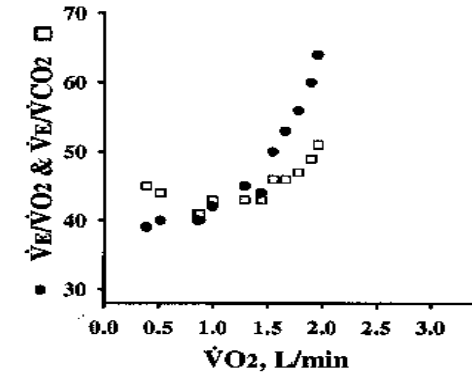
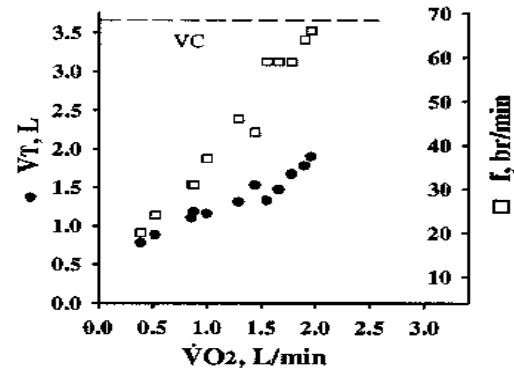
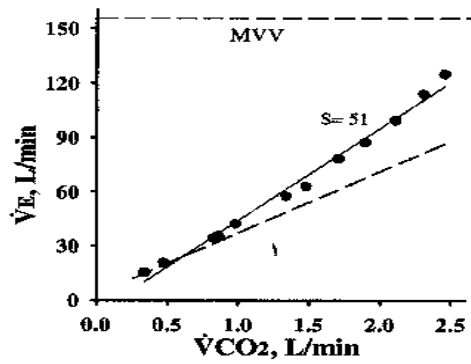
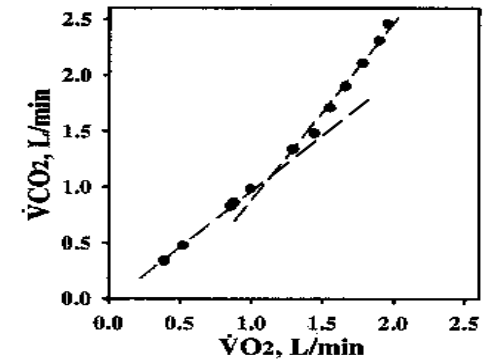
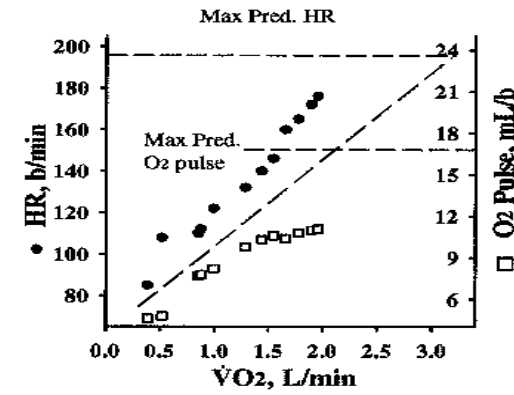
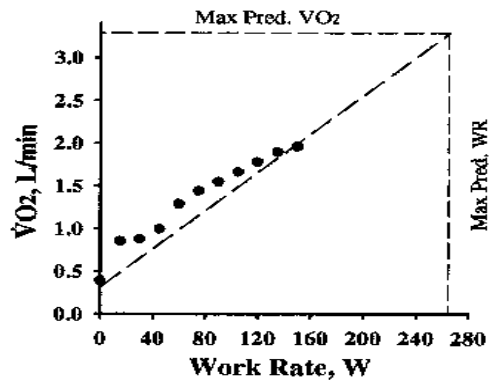
Cardiopulmonary Exercise Test

Protocol: Maximal, symptom limited, incremental cycle ergometry, 15 W/min

P_B, 656 mm Hg; P_{iO₂}, 128 mm Hg

| Variable | Peak | % Pred | Variable | Rest | Peak |
|---|--------|------------|---------------------------------------|-------|-------|
| Work rate, W | 150 | 56 | Sa _{O₂} , % | 91 | 87 |
| $\dot{V}O_2$, L/min | 1.96 | 60 | Pa _{O₂} , mm Hg | 67 | 58 |
| $\dot{V}O_2$, ml/kg per min | 25.6 | 60 | Pa _{CO₂} , mm Hg | 36 | 29 |
| AT, L/min | 1.05 | L (> 1.31) | pH | 7.393 | 7.394 |
| $\Delta\dot{V}O_2/\Delta WR$, ml/min/W | 9.2 | N (> 8.6) | HCO ₃ ⁻ , mEq/L | 22 | 17 |
| HR, beats/min | 176 | 90 | P(A-a)O ₂ , mm Hg | 19 | 42 |
| O ₂ pulse, ml/beat | 11.1 | 66 | V _D /V _T | 0.32 | 0.35 |
| BP, mm Hg | 174/86 | | | | |
| \dot{V}_E , L/min | 125 | 80 | | | |
| fr, breaths/min | 66 | H | | | |
| \dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2} , at AT | 41 | H | | | |
| RER | 1.26 | | | | |

Stop: Dyspnea, 10/10



ΕΥΡΗΜΑΤΑ

| | | |
|------------------------------------|--|----------------------------|
| Ικανότητα άσκησης | VO2max | Ελαττωμένη |
| Καρδιαγγειακό | VO2/WR, AT, HR, κλίση HR-VO2, O2p, ECG, BP | Παθολογική απόκριση |
| Αερισμός | VE max/MVV, BR, VT, fR, VT/VC, FL | ± |
| Ανταλλαγή αερίων – ΟΒ ισορρ | SpO2, Vd/Vt, VE/VCO2 (AT) PCO2, pH, HCO3, La | Παθολογική απόκριση |
| Σύμπτωμα | Borg | Δύσπνοια |

ΔΙΑΓΝΩΣΗ

- Καρδιαγγειακός & Αναπνευστικός περιορισμός στην άσκηση (κυρίως ανταλλαγή αερίων)
- Χρόνια θρομβοεμβολική νόσος

ΣΗΜΕΙΑ-ΚΛΕΙΔΙΑ ΓΝΩΜΑΤΕΥΣΗΣ



- **ΑΠΟΦΡ.ΠΝΕΥΜΟΝΟΠΑΘΕΙΑ**
 - Αερισμός
 - Ανταλλαγή αερίων
- **ΠΕΡΙΟΡ.ΠΝΕΥΜΟΝΟΠΑΘΕΙΑ**
 - Ανταλλαγή αερίων
 - Αερισμός
- **ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ**
 - Καρδιαγγειακή απόκριση
- **ΠΝΕΥΜΟΝ.ΑΓΓΕΙΑΚΗ ΝΟΣΟΣ**
 - Καρδιαγγειακή απόκριση
 - Ανταλλαγή αερίων

American Thoracic Society/ American College of Chest Physicians

ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing

THIS JOINT STATEMENT OF THE AMERICAN THORACIC SOCIETY (ATS) AND THE AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS (ACCP) WAS ADOPTED BY THE ATS BOARD OF DIRECTORS, MARCH 1, 2002 AND BY THE ACCP HEALTH SCIENCE POLICY COMMITTEE, NOVEMBER 1, 2001

Am J Respir Crit Care Med Vol 167. pp 211-277, 2003
DOI: 10.1164/rccm.167.2.211
Internet address: www.atsjournals.org