

Ειδικές Παθήσεις και Άσκηση (N331)

Άσκηση και Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) Β' ΜΕΡΟΣ

Χαρά Αλεξίου
PhD, AFHEA

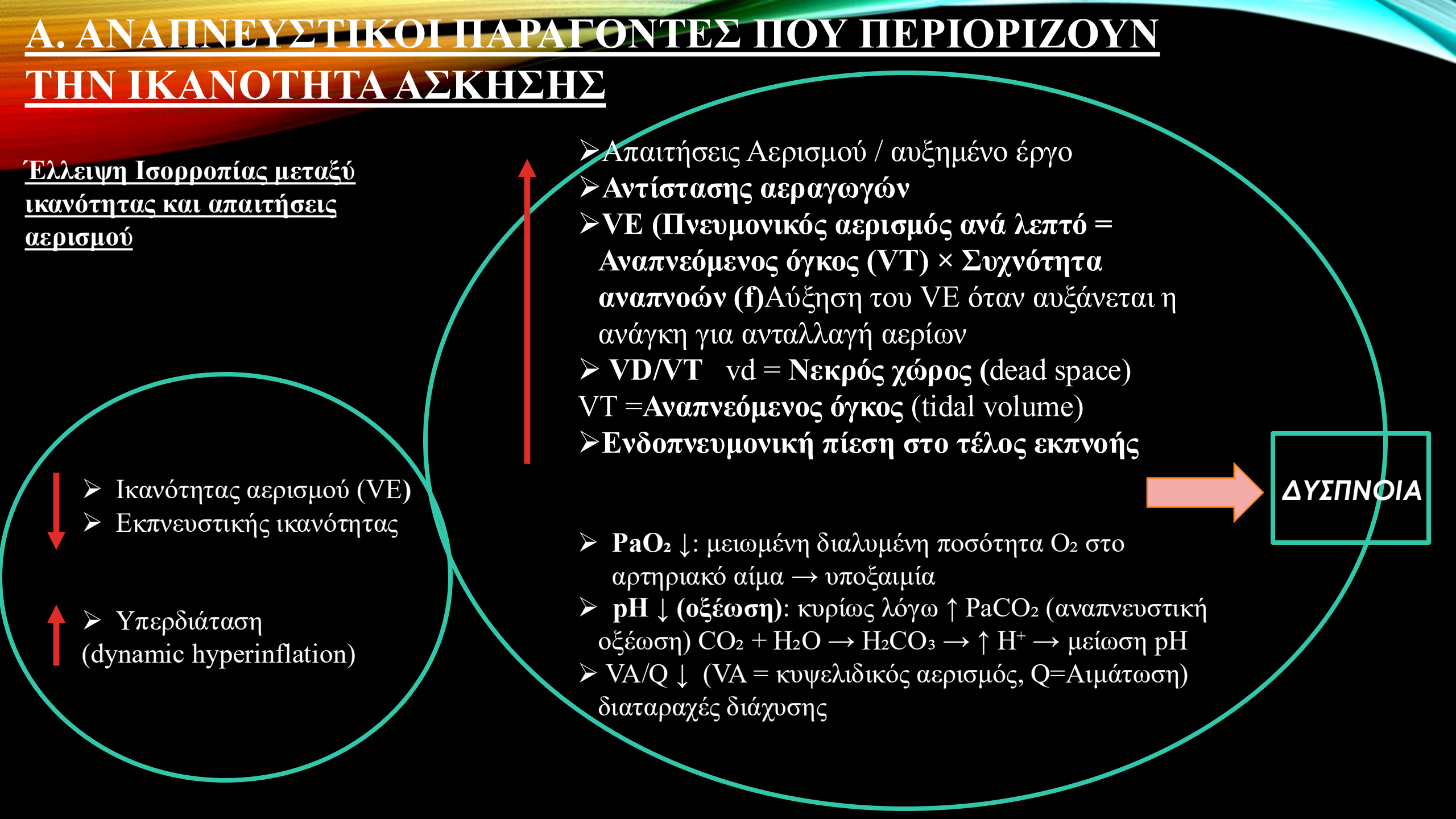
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής &
Αθλητισμού

ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ ΣΤΗ ΧΑΠ ΠΟΛΥΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΣ

- **Αναπνευστικό σύστημα:** Περιορισμένη αεριστική ικανότητα, ανεπαρκής για τις απαιτήσεις αερισμού.
- **Καρδιαγγειακό σύστημα:** Ανισορροπία μεταξύ των ενεργειακών αναγκών και της παροχής ενέργειας στους αναπνευστικούς και περιφερικούς μύες (αιμοδυναμικός περιορισμός).
- **Περιφερικοί μύες:** Αδυναμία που σχετίζεται με τη νόσο (ενδογενή) και μειωμένη ικανότητα χρήσης οξυγόνου.

Α. ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΣΚΗΣΗΣ

Έλλειψη Ισορροπίας μεταξύ ικανότητας και απαιτήσεις αερισμού

- 
- Ικανότητας αερισμού (VE)
 - Εκπνευστικής ικανότητας

- Υπερδιάταση (dynamic hyperinflation)

- Απαιτήσεις Αερισμού / αυξημένο έργο
- Αντίστασης αεραγωγών
- VE (Πνευμονικός αερισμός ανά λεπτό = Αναπνεόμενος όγκος (VT) × Συχνότητα αναπνοών (f)) Αύξηση του VE όταν αυξάνεται η ανάγκη για ανταλλαγή αερίων
- VD/VT vd = Νεκρός χώρος (dead space)
VT = Αναπνεόμενος όγκος (tidal volume)
- Ενδοπνευμονική πίεση στο τέλος εκπνοής

- $PaO_2 \downarrow$: μειωμένη διαλυμένη ποσότητα O_2 στο αρτηριακό αίμα → υποξαιμία
- $pH \downarrow$ (οξέωση): κυρίως λόγω $\uparrow PaCO_2$ (αναπνευστική οξέωση) $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow \uparrow H^+ \rightarrow$ μείωση pH
- $VA/Q \downarrow$ (VA = κυψελιδικός αερισμός, Q = Αιμάτωση) διαταραχές διάχυσης

ΔΥΣΠΝΟΙΑ

Βασικές Παράμετροι Αναπνευστικής Φυσιολογίας

◆ VT (Tidal Volume)

Ορισμός: Ο όγκος του αέρα που εισέρχεται ή εξέρχεται από τους πνεύμονες σε κάθε φυσιολογική, ήρεμη αναπνοή.

Εξίσωση:

$$V_T = V_{inspired} - V_{expired_deadspace}$$

(Ο αναπνεόμενος όγκος = Ο εισπνεόμενος όγκος – Ο εκπνεόμενος όγκος του νεκρού χώρου)

Φυσιολογική τιμή: $\approx 500 \text{ mL}$ (6–8 mL/kg σωματικού βάρους)

◆ VE (Minute Ventilation)

Ορισμός: Ο συνολικός όγκος του αέρα που εισέρχεται ή εξέρχεται από τους πνεύμονες σε ένα λεπτό.

Εξίσωση:

$$V_E = V_T \times f$$

όπου f = συχνότητα αναπνοών (αναπνοές/λεπτό)

Φυσιολογική τιμή: $\approx 6\text{--}8 \text{ L/min}$

◆ VD/VT (Dead Space Ratio)

Ορισμός: Το ποσοστό του αναπνεόμενου όγκου (VT) που αντιστοιχεί στον νεκρό χώρο (VD), δηλαδή στον αέρα που δεν συμμετέχει στην ανταλλαγή αερίων.

Εξίσωση (Bohr):

$$\frac{V_D}{V_T} = \frac{PaCO_2 - PECO_2}{PaCO_2}$$

Φυσιολογική τιμή: 0.2–0.35

◆ PaCO₂

Ορισμός: Μερική πίεση του CO₂ στο αρτηριακό αίμα.

Φυσιολογική τιμή: ≈ 40 mmHg

◆ VA/Q

Ορισμός: Η σχέση μεταξύ του αερισμού των κυψελίδων (VA) και της αιμάτωσης των πνευμόνων (Q).

Εξίσωση:

$$\frac{\dot{V}_A}{\dot{Q}} = \frac{\text{κυψελιδικός αερισμός ανά λεπτό}}{\text{αιμάτωση πνευμόνων ανά λεπτό}}$$

Φυσιολογική τιμή: ≈ 0.8

ΥΠΕΡΜΕΤΡΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ MVC

Το **MVC** (Maximum Voluntary Ventilation) — ή Μέγιστος Εκούσιος Αερισμός — είναι:

Ο μέγιστος όγκος αέρα που μπορεί να εισπνεύσει και να εκπνεύσει ένα άτομο εθελοντικά μέσα σε ένα λεπτό.

εκτιμώμενη τιμή από τη σπυρομέτρηση, βάσει του FEV_1 :

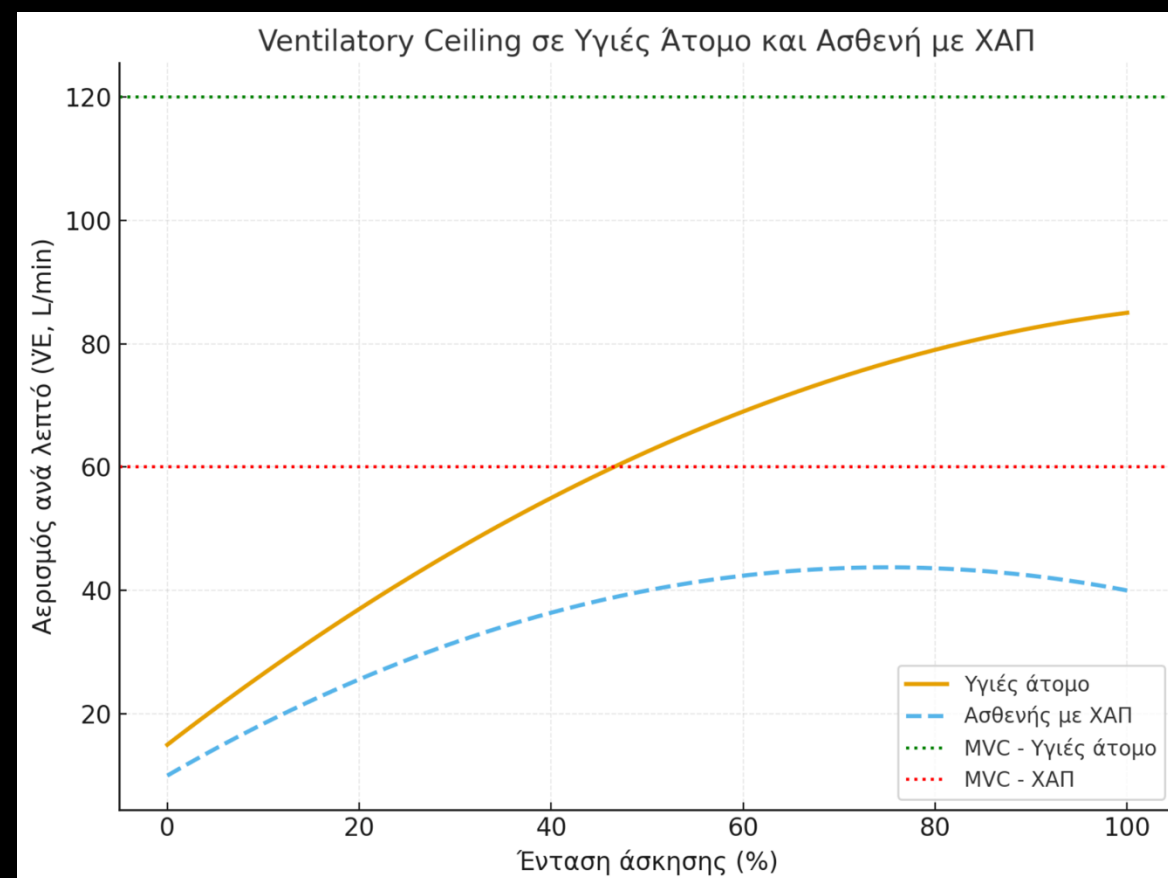
$$MVC \text{ (ή } MVV) = FEV_1 \times 35 \text{ ή } FEV_1 \times 40$$

το ποσοστό της μέγιστης αναπνευστικής ικανότητας που χρησιμοποιείται στην άσκηση, μέσω της αναλογίας:

$$VE/MVC \times 100\%$$

Αν το ποσοστό είναι $<75\%$, υπάρχει επαρκές αναπνευστικό απόθεμα.

Αν είναι $>85\%$, υπάρχει αναπνευστικός περιορισμός (ventilatory ceiling reached).



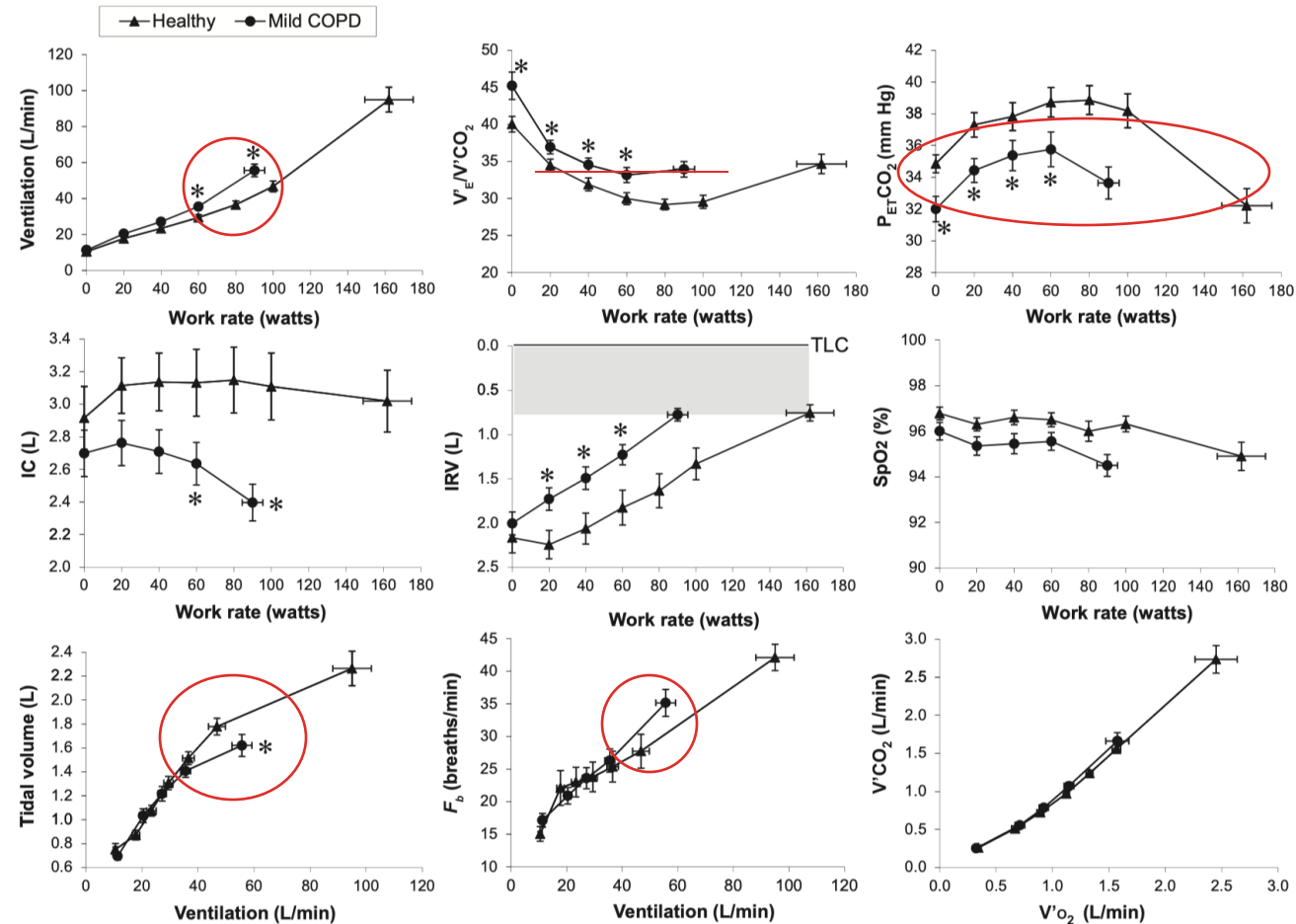
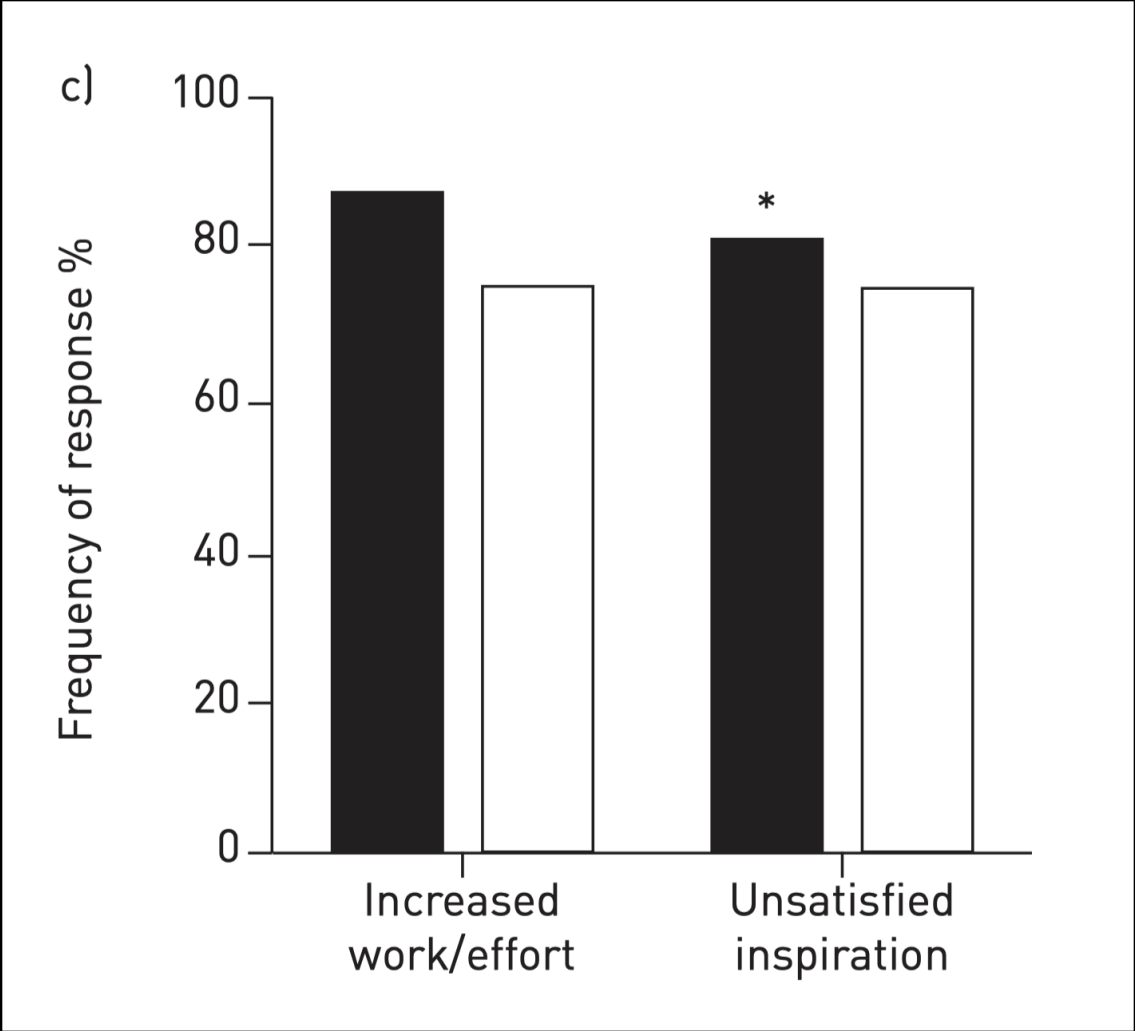
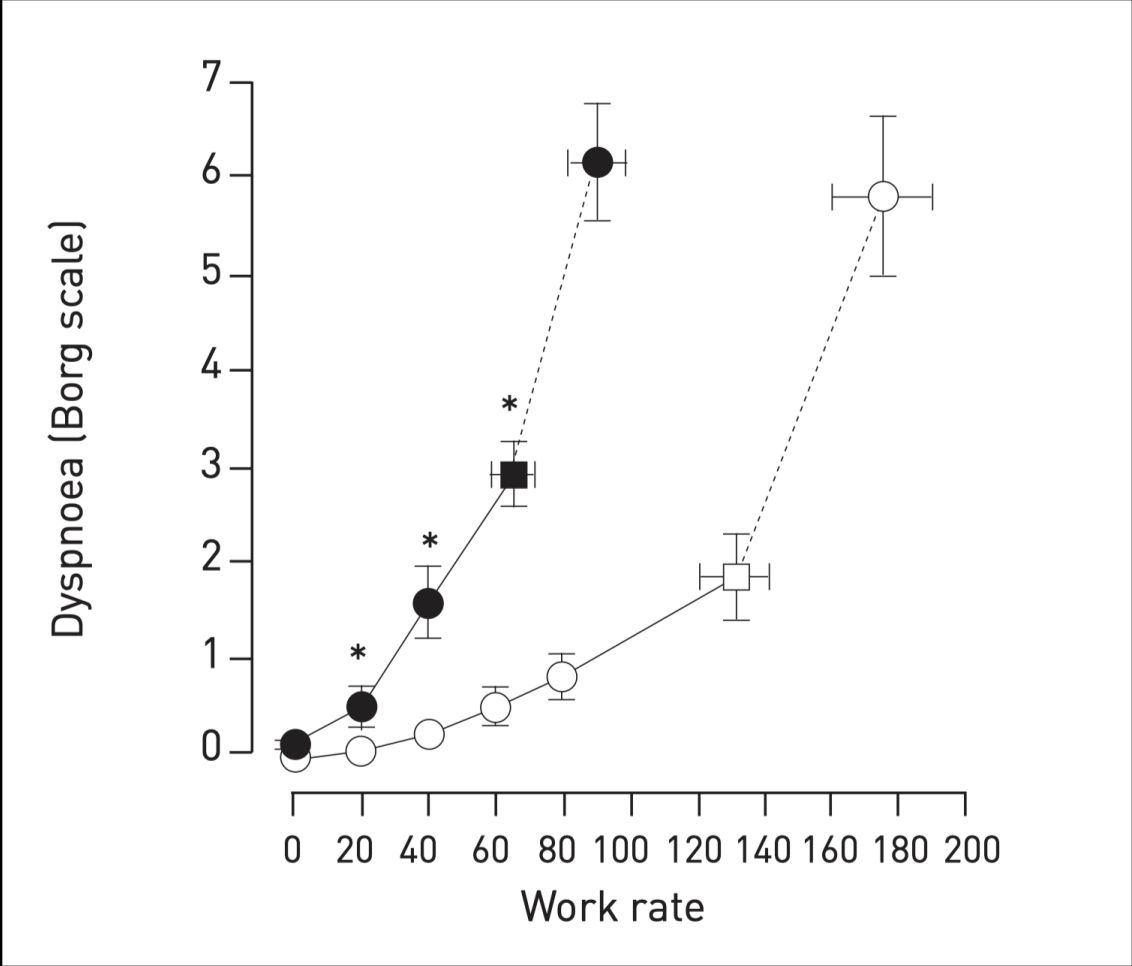


Fig. 2. Responses to incremental cycle exercise in mild COPD and in age- and gender-matched healthy normal subjects. * $P < .05$ COPD versus healthy group at standardized work rates or at peak exercise. Values are means $\pm$ SEM. F_b , breathing frequency; IC, inspiratory capacity; IRV, inspiratory reserve volume; $P_{ET}CO_2$, partial pressure of end-tidal carbon dioxide; SpO_2 , oxygen saturation; $\dot{V}_{CO_2}$, carbon dioxide production; $\dot{V}_E/\dot{V}_{CO_2}$, ventilatory equivalent for carbon dioxide; $\dot{V}_{O_2}$, oxygen consumption. (Reprinted with permission of the American Thoracic Society. Copyright © 2013 American Thoracic Society. Chin RC, Guenette JA, Cheng S, et al. Does the respiratory system limit exercise in mild COPD? Am J Respir Crit Care Med 2013;187(12):1319–20. Official Journal of the American Thoracic Society.)

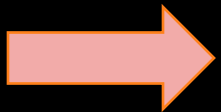
(O'Donnell, et al., 2014). Chronic obstructive pulmonary disease: clinical integrative physiology. *Clinics in chest medicine*, 35(1), 51-69.

O'Donnell, D. E., Elbehairy, A. F., Faisal, A., Webb, K. A., Neder, J. A., & Mahler, D. A. (2016). Exertional dyspnoea in COPD: the clinical utility of cardiopulmonary exercise testing. *European Respiratory Review*, 25(141), 333-347.



B. ΑΙΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΟΡΙΖΟΥΝ ΤΗΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΆΣΚΗΣΗΣ

- **Καρδιαγγειακό σύστημα/ αιμοδυναμικός περιορισμός:** Ανισορροπία μεταξύ των ενεργειακών αναγκών και της παροχής ενέργειας παροχής οξυγόνου στους αναπνευστικούς και περιφερικούς μύες
- Μείωση της καρδιακής παροχής στους αναπνευστικούς, περιφερικούς μύες και ιστούς (CO).
- Μειωμένη φλεβική επιστροφή στην καρδιά.



κόπωση και μειωμένη αντοχή

➤ Όγκος Παλμού (Stroke Volume)

$$SV = EDV - ESV$$

- **SV**: Όγκος παλμού - ποσότητα αίματος που εξωθεί η καρδιά σε κάθε συστολή (ml)
- **EDV (End-Diastolic Volume)**: Όγκος αίματος στην κοιλία στο τέλος της διαστολής (πριν τη συστολή)
- **ESV (End-Systolic Volume)**: Όγκος αίματος που παραμένει στην κοιλία μετά τη συστολή

➤ Καρδιακή Παροχή (Cardiac Output)

$$CO = SV \times HR$$

- **CO**: Καρδιακή παροχή - όγκος αίματος που αντλεί η καρδιά κάθε λεπτό (λίτρα/λεπτό)
- **SV**: Όγκος παλμού (ml ή λίτρα)
- **HR (Heart Rate)**: Καρδιακοί παλμοί ανά λεπτό (bpm)

Η αιμοδυναμική απόκριση στην άσκηση σε ασθενείς με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια

FEV 1 = 56 % predicted

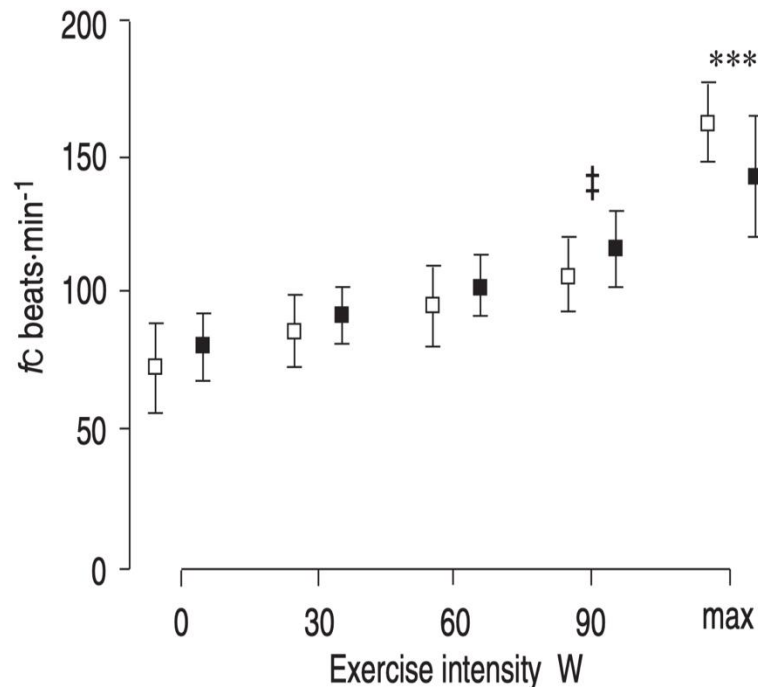


Fig. 3. – Cardiac frequency (fc) during exercise in 22 patients with chronic obstructive pulmonary disease (■) and 20 control subjects (□). ‡: $p < 0.02$; ***: $p < 0.001$.

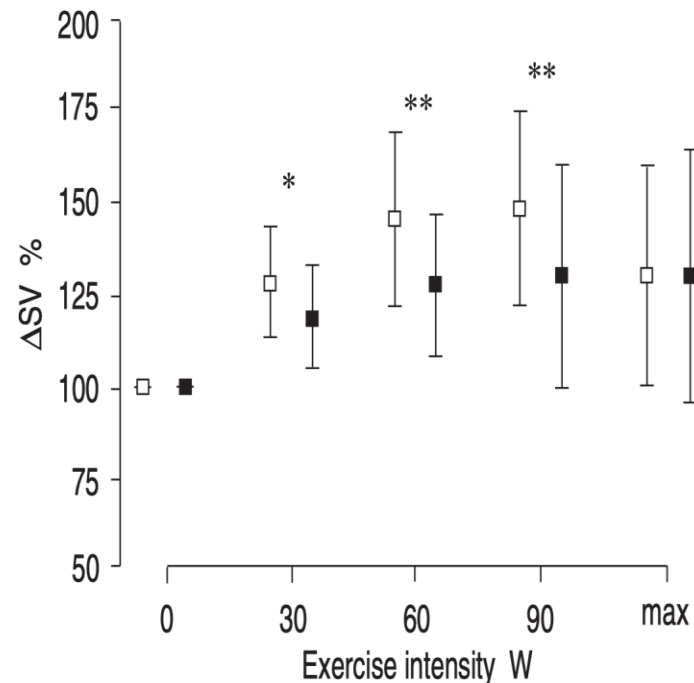


Fig. 4. – Change in stroke volume (ΔSV) during exercise in 22 patients with chronic obstructive pulmonary disease (■) and 20 control subjects (□). *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$.

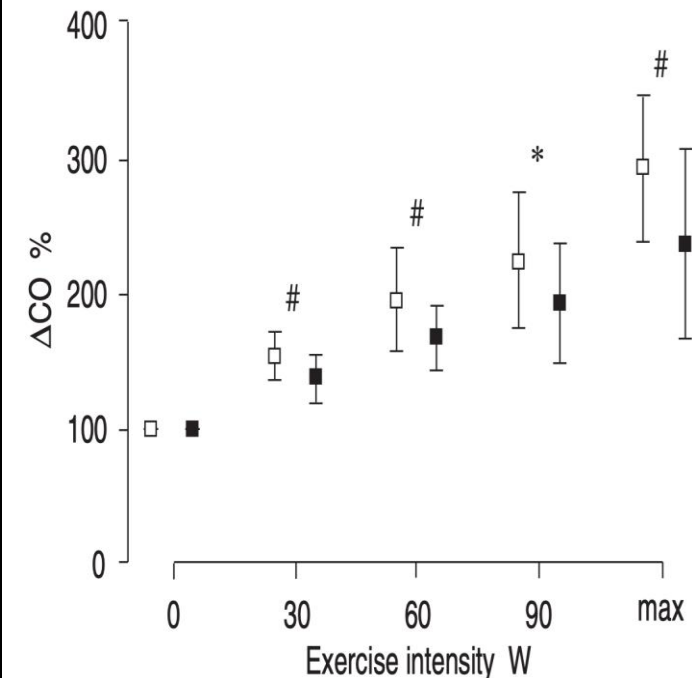
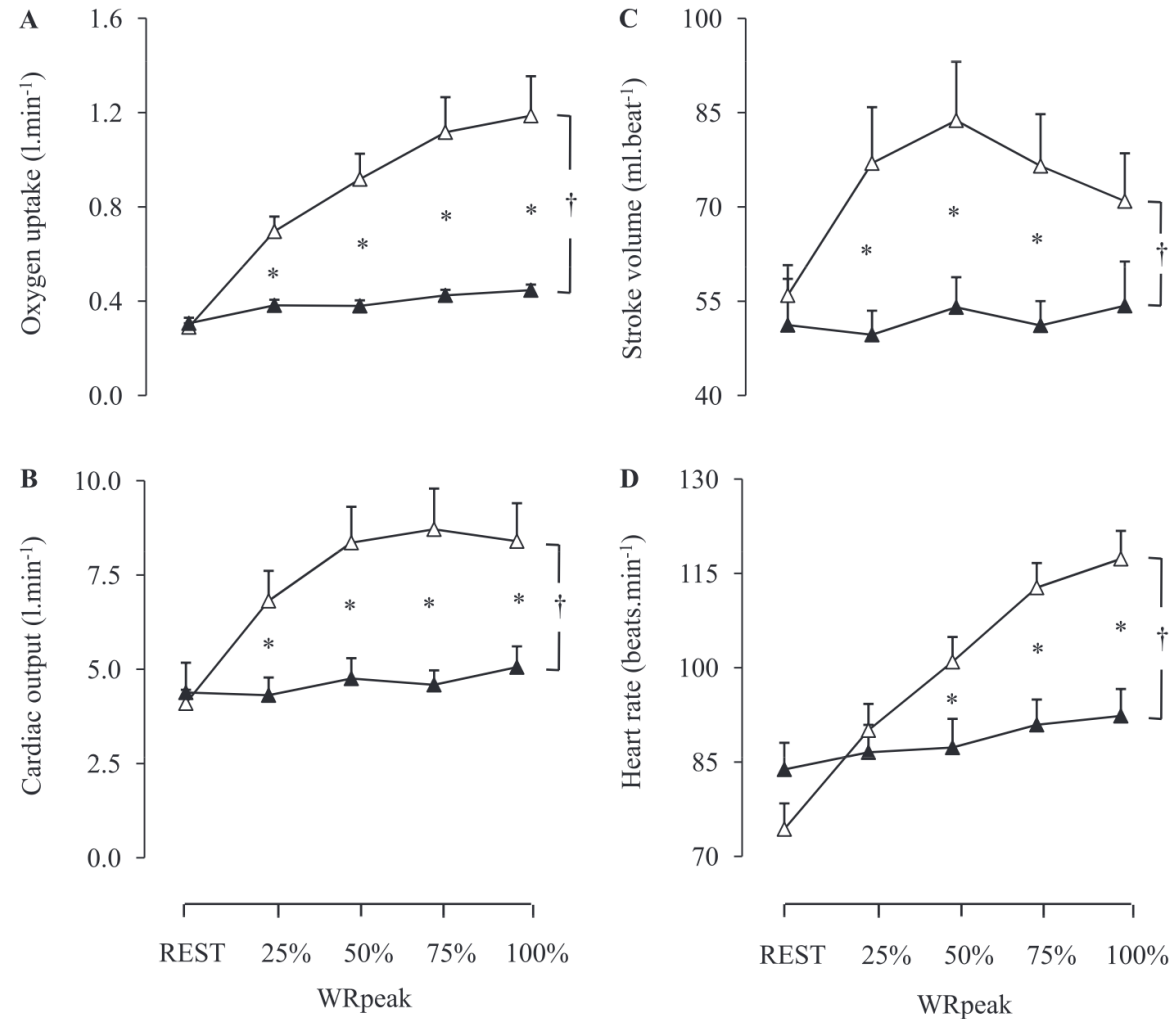


Fig. 5. – Change in cardiac output (ΔCO) during exercise in 22 patients with chronic obstructive pulmonary disease (■) and 20 control subjects (□). #: $p < 0.005$; *: $p < 0.05$.

(Bogaard et al., 1998). *European Respiratory Journal*, 12(2), 374-379.



FEV 1 = 50.5 % predicted

Figure 4. Metabolic and central hemodynamic responses. (A) Oxygen uptake, (B) cardiac output, (C) stroke volume, and (D) heart rate recorded at different fractions of peak work rate (WRpeak) during exercise (open triangles) and during isocapnic hyperpnea trials (closed triangles) that were sustained at levels of minute ventilation similar to those recorded during exercise. Values are means $\pm$ SEM for 10 subjects. Asterisks denote significant differences between the exercise and hyperpnea tests at different fractions of WRpeak. Crosses denote significant differences across the two trials.

(Vogiatzis et al., 2010)

Γ. ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΤΩΝ ΣΚΕΛΕΤΙΚΩΝ ΜΥΩΝ

➤ Μυϊκές αλλαγές στη ΧΑΠ

- **Μείωση** μεγέθους μυϊκών ινών (ατροφία)
- **Αλλαγή τύπου ινών:** ↓ Ίνες τύπου I (οξειδωτικές, ανθεκτικές στην κόπωση) + ↑ Ίνες τύπου IIb (γλυκολυτικές, ταχείας κόπωσης) → μειωμένη οξειδωτική ικανότητα
- **Διαταραχές στην κατανομή μυϊκών μυών**

➤ Μιτοχονδριακή & μεταβολική δυσλειτουργία

- **Μειωμένη πυκνότητα μιτοχονδρίων** → ↓ αερόβια παραγωγή ATP → **Στροφή προς αναερόβιο μεταβολισμό** → ↑ γαλακτικό οξύ → πρόωρη κόπωση
- **Αυξημένες ελεύθερες ρίζες O_2 & οξειδωτικό στρες** → καταστρέφουν τις μυϊκές πρωτεΐνες, μειώνουν τη λειτουργικότητά τους και οδηγούν σε αποδόμηση των πρωτεϊνών
- **Αυξημένες κυττοκίνες (IL-6, TNF- α)** → επιδεινώνουν τη μυϊκή φλεγμονή και δυσλειτουργία

➤ Κυκλοφορικές & συστηματικές επιδράσεις

Μειωμένη αιμάτωση μυών:

- Ανεπαρκής καρδιακή παροχή
- Υποξαιμία
- Μειωμένη ανακατανομή αιματικής ροής
- Μυϊκή ατροφία λόγω αχρησίας (ακινησίας)



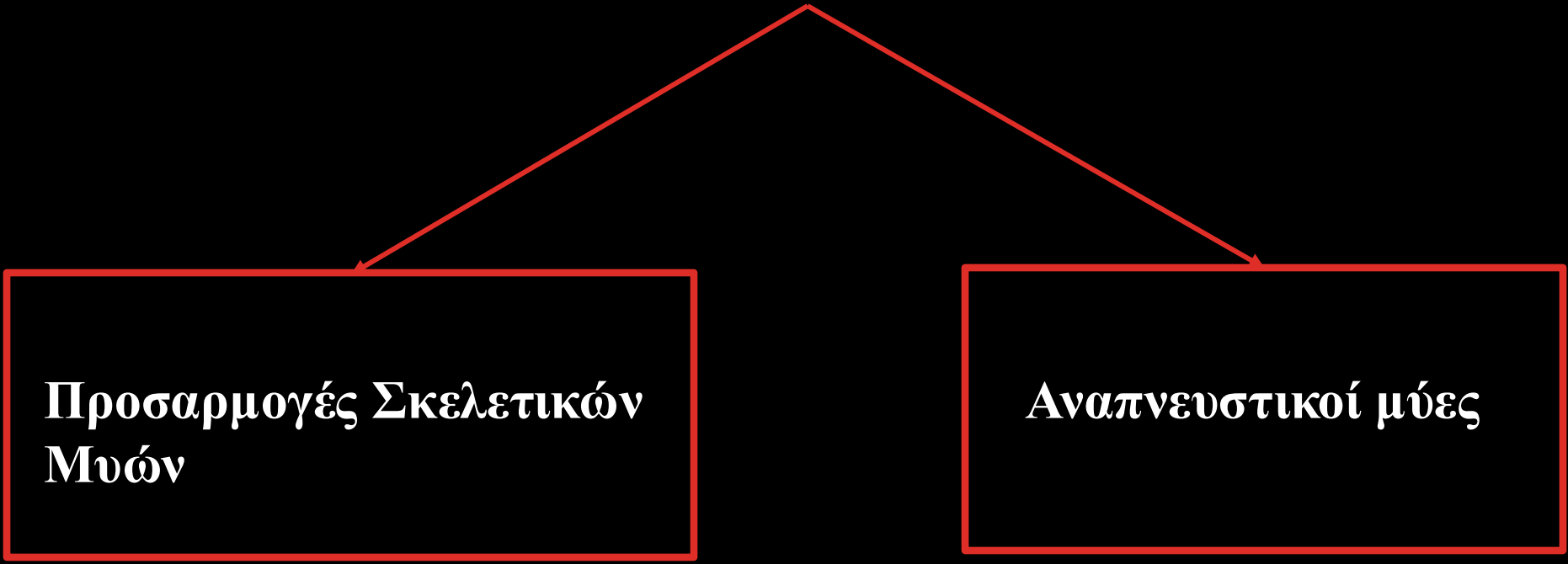
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- ο Μυϊκή αδυναμία απώλεια μυϊκής μάζας και μυϊκής ισχύος
- ο Πρόωρη κόπωση
- ο Περιορισμένη αντοχή στην άσκηση

Στόχος των Προγραμμάτων Άσκησης & Αποκατάστασης

- 
1. Αριθμός ασθενών που εισάγονται ετησίως με παροξύνσεις ΧΑΠ (μειώνει έως και 30 % την πιθανότητα παροξύνσεων)
 2. Συμπτωμάτων
 3. Συνολική διάρκεια ημερών παραμονής στο νοσοκομείο μετά από επιδείνωση
 4. Κόστος νοσηλείας ανά ασθενή/ έτος
 5. Αριθμός επισκέψεων στα επείγοντα
 6. Θνησιμότητα

ΚΥΡΙΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ



```
graph TD; A[ΚΥΡΙΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ] --> B[Προσαρμογές Σκελετικών Μυών]; A --> C[Αναπνευστικοί μύες]
```

Προσαρμογές Σκελετικών
Μυών

Αναπνευστικοί μύες

ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΑΣΚΗΣΗ

- CP (American College of Chest Physicians)
- AACVPR (American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation)
- ATS (American Thoracic Society)
- BTS (British Thoracic Society)

KATEΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΑΣΚΗΣΗ

Continuous endurance training (CET)	ACCP/AACVPR 2007 ⁸	BTS 2013 ⁷	ATS/ERS 2013 ⁵	Evidence from the literature (n=13 studies) 1 Meta-analysis ¹⁰	Expert-based practices from the current survey 2022
Modality	Walking or cycling	Walking or cycling	Walking (treadmill or ground-based) or cycling (cycle ergometer)	Stationary cycling	Walking (treadmill or ground-based) or cycling (cycle ergometer)
Frequency	Not stated	2-3 days per week (minimum)	3-5 days per week	2-6 days per week	2-3 days per week (outpatient) 5-7 days per week (inpatient)
Intensity	60-80% of peak work rate	>60% of peak work rate	>60% of peak work rate	50-80% of peak work rate	60-70% of peak work rate
Duration	Not stated	30-60 minutes per session	20-60 minutes per session	20-47 minutes per session	30-40 minutes per session

Interval endurance training (IET)	ACCP/AACVPR 2007 ⁸	BTS 2013 ⁷	ATS/ERS 2013 ⁵	Evidence from the literature (n=13 studies) 1 Meta-analysis ¹⁰	Expert-based practices from the current survey 2022
Modality	Not stated	Walking or cycling	Typically stationary cycle based	Stationary cycling	Typically cycle based
Frequency	Not stated	2-3 days per week (minimum)	3-5 days per week	2-6 days per week	2-3 days per week (outpatient) 5-7 days per week (inpatient)
Intensity	Not stated	Not stated	Not stated	80-100% of peak work rate for the active period and typically complete rest in the passive period	80-100% of peak work rate
Duration	Not stated	30-60 minutes per session, interval duration not stated	20-60 minutes per session; interval duration not stated	20-45 minutes per session, most common rate 1:1 with 30 seconds per interval	20-40 minutes per session; The most common mode is 1:1 with 30-60 seconds per interval

Πρακτικές Συστάσεις

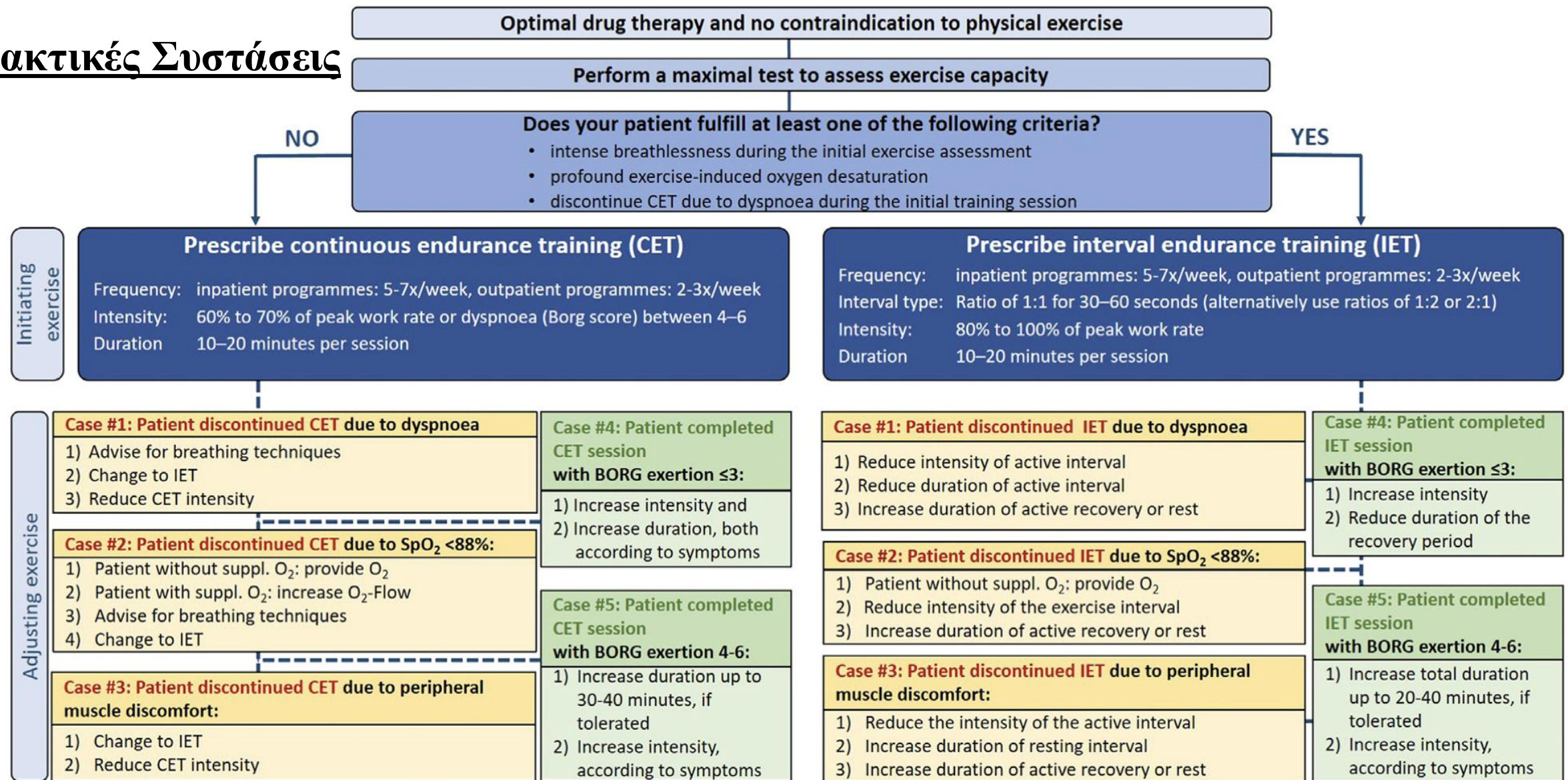


Fig. 1 Summary of expert-based practices for prescribing and adjusting continuous and interval endurance training in patients with chronic respiratory diseases.

ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΑΣΚΗΣΗ

Strength Training (ST)	ACCP/AACVPR 2007 ⁸	BTS 2013 ⁷	ATS/ERS 2013 ⁵	Evidence from the literature (n=11 RCTs) 2 Meta-Analyses ^{11 12}	Expert-based recommendations from the current survey 2022
Modality	Machine weights, free weights, elastic resistance bands, and lifting the body against gravity	Not stated	Not stated	Strength training machines, dumbbells, elastic tubes, or bodyweight	Strength training machines, dumbbells, elastic tubes, or bodyweight
Frequency	2-3 days per week	2 days per week (minimum)	2-3 days per week	2-3 days per week	2-3 days per week (outpatient) 5-7 days per week (inpatient)
Load	Not stated	Not stated	60-70%1RM or 8-12 RM	40-90% 1RM	8-15 RM at an intensity that evolves 'local muscular exhaustion'
Duration	Not stated	2-4 sets of 10-15 repetitions	1-3 sets of 8-12 repetitions	2-4 sets of 5-15 repetitions	3 sets à 8-15 repetitions

Προπόνηση Αντιστάσεων:

- Μηχανήματα
- Ελαστικούς ιμάντες
- Αλτήρες
- Βάρος του σώματος

Πλεονεκτήματα:

- Αύξηση μυικής ισχύος
- Αύξηση μυικής μάζας
- Λιγότερη δύσπνοια vs αερόβια άσκηση
- Δυνατότητα εκτέλεσης σε φάση παρόξυνσης

(Ortega et al., 2002). Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 166(5), 669-674.

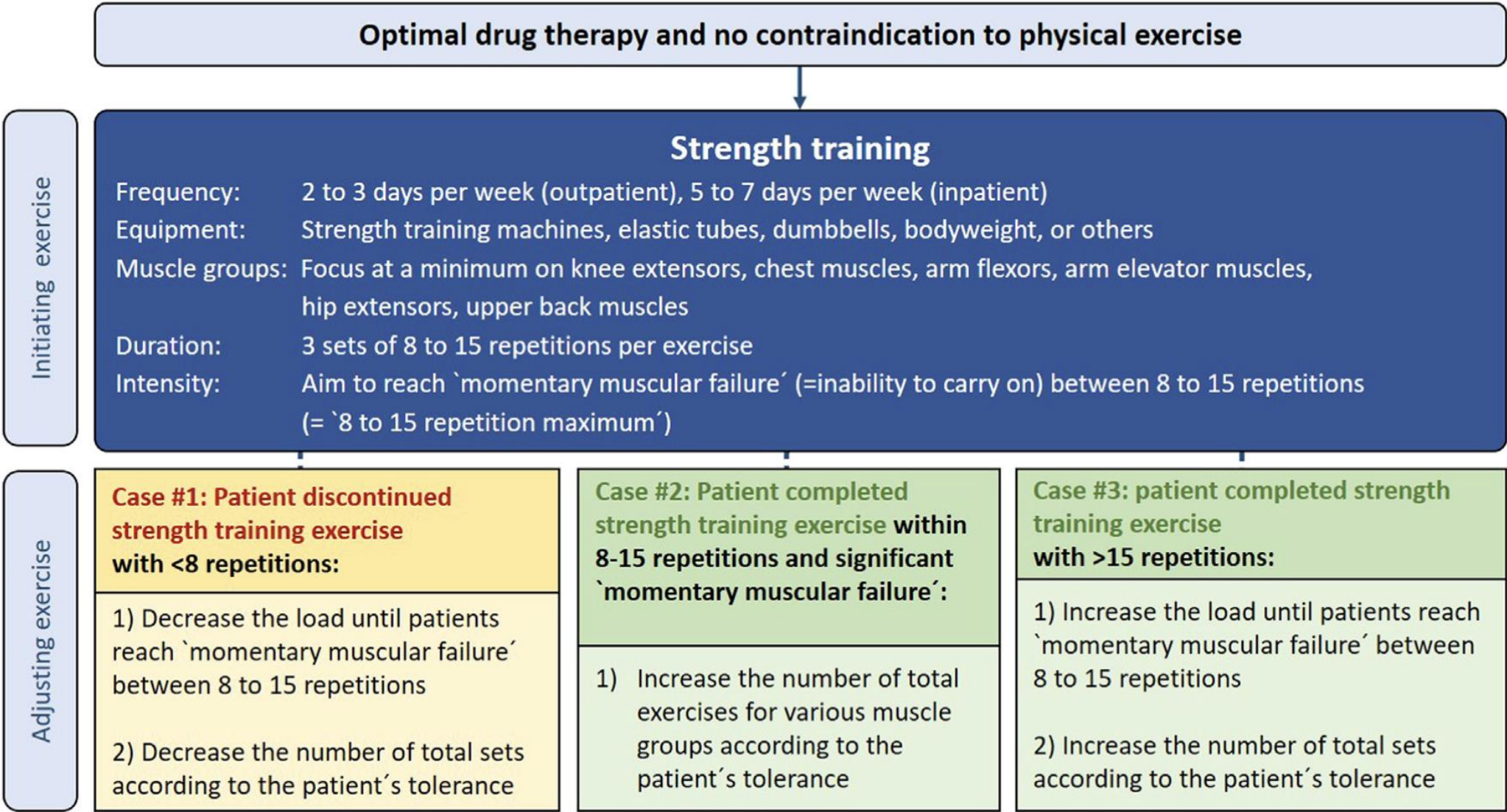


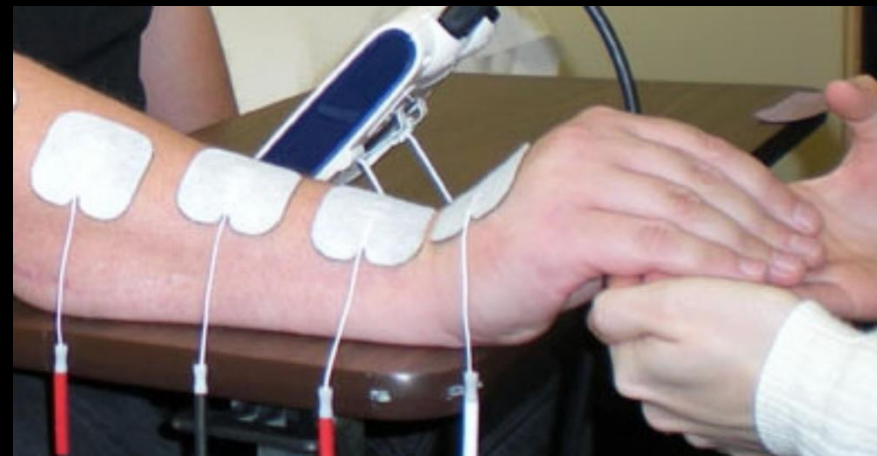
Fig. 2 Summary of expert-based practices for prescribing and adjusting strength training in patients with chronic respiratory diseases.

Συμπληρωματικοί Τύποι Άσκησης

Νευρομυϊκή Ηλεκτρική Διέγερση

Η συχνότητα, η διάρκεια και η μορφή κύματος του ερεθίσματος επιλέγονται ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή μυϊκή απόκριση.

Το ένταση του ηλεκτρικού ερεθίσματος καθορίζει τη δύναμη της μυϊκής σύσπασης.



Προπόνηση των εισπνευστικών μυών (IMT)

χρησιμοποιεί συσκευές που επιβάλλουν αντίσταση ή οριακό φορτίο.

Η προπόνηση IMT που πραγματοποιείται με φορτία ίσα ή μεγαλύτερα από το 30% της μέγιστης εισπνευστικής πίεσης ενός ατόμου (P_Imax) οδηγεί σε βελτιώσεις στη δύναμη και στην αντοχή των εισπνευστικών μυών



Προπόνηση Ευλυγισίας

- διατάσεις κύριων μυϊκών ομάδων
2–3 ημέρες την εβδομάδα

□ ΚΟΥΙΖ – Άσκηση και Πνευμονική Αποκατάσταση στη ΧΑΠ

1] Η ανοχή στην άσκηση βελτιώνεται μετά από πρόγραμμα αποκατάστασης σε ασθενείς με ΧΑΠ εξαιτίας:

- a. Αυξημένου κινήτρου
- b. Μειωμένης ευαισθησίας στη δύσπνοια
- c. Πραγματικών φυσιολογικών αλλαγών στους μύες των κάτω άκρων

2] Ποια δήλωση για την άσκηση σε ασθενείς με ΧΑΠ είναι αληθής:

- a. Η άσκηση βελτιώνει τη λειτουργία των πνευμόνων σε ηρεμία
- b. Η άσκηση μπορεί να προκαλέσει σημαντική βελτίωση στην απόδοση και στην κατάσταση υγείας σε ασθενείς με ΧΑΠ και συν-νοσηρότητες
- c. Η άσκηση δεν έχει θετική επίδραση στις συν-νοσηρότητες
- d. Η άσκηση ορίζεται ως οποιαδήποτε σωματική κίνηση που προκαλεί ενεργειακή δαπάνη

3] Ποια δήλωση για την πνευμονική αποκατάσταση είναι αληθής:

- a. Η εργοθεραπεία είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της πνευμονικής αποκατάστασης
- b. Η διατροφική συμβουλευτική είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της πνευμονικής αποκατάστασης
- c. Η εποπτευόμενη άσκηση είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της πνευμονικής αποκατάστασης
- d. Η ψυχολογική υποστήριξη είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της πνευμονικής αποκατάστασης

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΔΥΣΠΝΟΙΑΣ

- Κλίμακα υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης (Borg scale 0-10)
- Οπτική Αναλογική Κλίμακα - **Visual Analogue Scale (VAS)**
- Διάγραμμα Κόστους Οξυγόνου - **Oxygen Cost Diagram (OCD)**
- **MRC Questionnaire (Medical Research Council Dyspnea Scale)** – Ερωτηματολόγιο MRC / Κλίμακα Δυσπνοίας του Ιατρικού Ερευνητικού Συμβουλίου
- **Baseline and Transitional Dyspnea Indices (BDI/TDI)** – Δείκτες Δυσπνοίας Βάσης και Μεταβατικοί Δείκτες Δυσπνοίας
- **Chronic Respiratory Questionnaire (CRQ)** – Χρόνιο Αναπνευστικό Ερωτηματολόγιο

Ποιο είναι το όφελος της άσκησης στο αίσθημα της δύσπνοιας

Η πνευμονική αποκατάσταση μειώνει την αίσθηση δύσπνοιας:

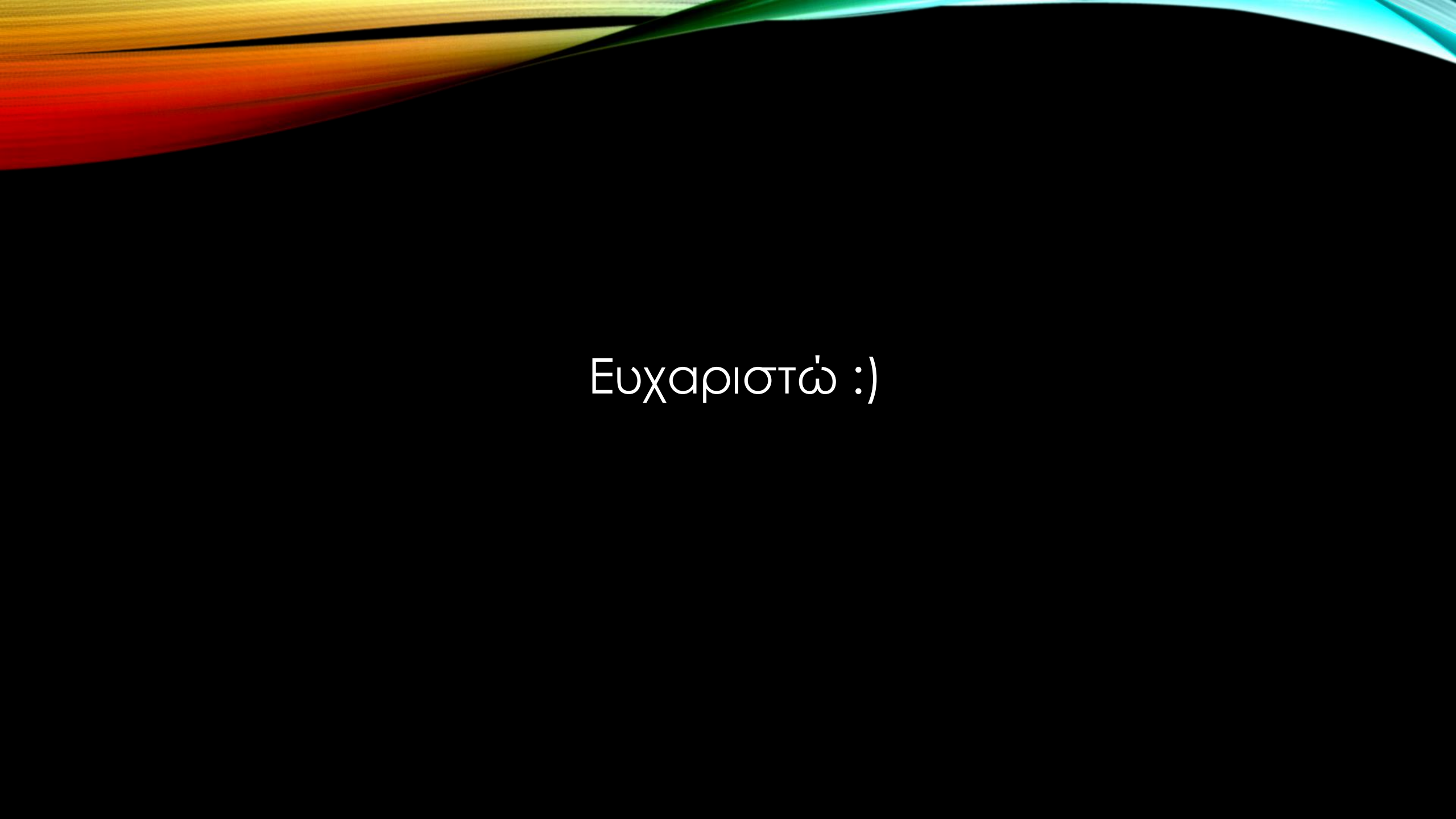
- Κατά την άσκηση
- Στην εκτέλεση καθημερινών δραστηριοτήτων

Η θετική επίδραση της πνευμονικής αποκατάστασης υπερβαίνει τα αποτελέσματα που παρέχονται ξεχωριστά:

- Από τη θεραπεία με βρογχοδιασταλτικά
- Από την οξυγονοθεραπεία

ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ

1. Ασταθής στηθάγχη
2. Οξεία φάση εμφράγματος μυοκαρδίου ή οι ισχαιμικού τύπου μεταβολές του ηλεκτροκαρδιογραφήματος
3. Μη ελεγχόμενες καρδιακές αρρυθμίες που προκαλούν ανεπιθύμητα συμπτώματα ή αρνητικές αιμοδυναμικές αποκρίσεις
4. Ορθοστατική υπόταση
5. Διαγνωσμένο ανεύρισμα
6. Αυξημένη αρτηριακή πίεση (**$\Sigma\text{ΑΠ} > 170\text{mmHg}$, $\Delta\text{ΑΠ} > 110\text{mmHg}$**)
7. Μυοσκελετικά προβλήματα



Ευχαριστώ :)