

Αναπνευστικές οξεοβασικές διαταραχές Σχόλια – Παραδείγματα και πολλά άλλα...

Ετήσιο Μετεκπαιδευτικό Σεμινάριο

Υγρών, Ηλεκτρολυτών & Οξεοβασικής ισορροπίας

**11ο Σεμινάριο Διαταραχές Υγρών & Ηλεκτρολυτών
22-23 Σεπτεμβρίου 2017, Κομοτηνή**

**Στρογγυλό τραπέζι III: Αναπνευστικές οξεοβασικές διαταραχές
Προεδρείο: *I. Πνευματικός - N. Αφεντάκης***

Σάββατο, 23 Σεπτεμβρίου 2017 09.00-11.00

Γεώργιος Ι. Μπαλτόπουλος
Ομότιμος Καθηγητής ΕΚΠΑ
Πνευμονολόγος – Εντατικολόγος

Δήλωση συμφερόντων για τα τελευταία 4 χρόνια- Conflict of Interest

- Υποστήριξη έρευνας 1/4ετία
 - BIOTEST AG, Germany – Astellas
- Για υπηρεσίες συμβούλου (advisory board meetings) 1/4έτη
 - Astellas, Delta
- Honoraria για διαλέξεις 1/4ετία
 - Baxter

Αναπνευστικές οξεοβασικές διαταραχές

Τι αναφέρθηκε;

- Παθοφυσιολογία και σημειολογία της αναπνευστικής οξέωσης
Δ. Μπαχαράκη
- Διάγνωση και αντιμετώπιση της αναπνευστικής οξέωσης
Κ. Κατωπόδης
- Παθοφυσιολογία και σημειολογία της αναπνευστικής αλκάλωσης
Γ. Τουλκερίδης
- Διάγνωση και αντιμετώπιση της αναπνευστικής αλκάλωσης
Κ. Κανταρτζή
- Σχόλια - Παραδείγματα:
Γ. Μπαλτόπουλος

Εντός Φυσιολογικών ορίων I

- **pH: 7.35 - 7.45**
 - Μέτρο της οξεοβασικής ισορροπίας (συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου)
- **pCO₂: 35-45 mmHg**
 - Μέτρο της μερικής πίεσης του διοξειδίου στο πλάσμα, μέτρο του κατά λεπτό αερισμού, ρυθμίζεται από τον αερισμό, ανακλά την κατάσταση της αναπνευστικής οξεοβασικής ισορροπίας
- **HCO₃: 22-26 mEq/L → 24mEq**
 - Μέτρο των ελεύθερων διττανθρακικών στο αίμα ανακλά την μεταβολική οξεοβασική ισορροπία που ρυθμίζεται από τους νεφρούς
- **BE: (-2) - (+2)**
 - Δείχνει την ποσότητα του οξέως ή της βάσης που απαιτείται για να ομαλοποιηθεί το pH στο φυσιολογικό κάτω από ορισμένες συνθήκες

Εντός Φυσιολογικών ορίων II

- **pO_2 : 60-90 mmHg**
 - Μέτρο της μερικής πίεσης του οξυγόνου στο αρτηριακό αίμα
- **$O_2\text{Sat}$: 96-100%**
 - Δείχνει το ποσοστό της αιμοσφαιρίνης που είναι δεσμευμένο με το O_2
- **PO_2 σε Υπερβαρικό θάλαμο O_2 : 2.8 atm- 1500 mmHg**
- **Αέρια αίματος στα Ιμαλάια: PO_2 - 32mmHg, PCO_2 - 7mmHg, pH- 7.70**

Το «παραβολικό CO₂ !! »

$$PaCO_2 = 0.863 \times VCO_2 / VA$$

VCO_2 = CO₂ production

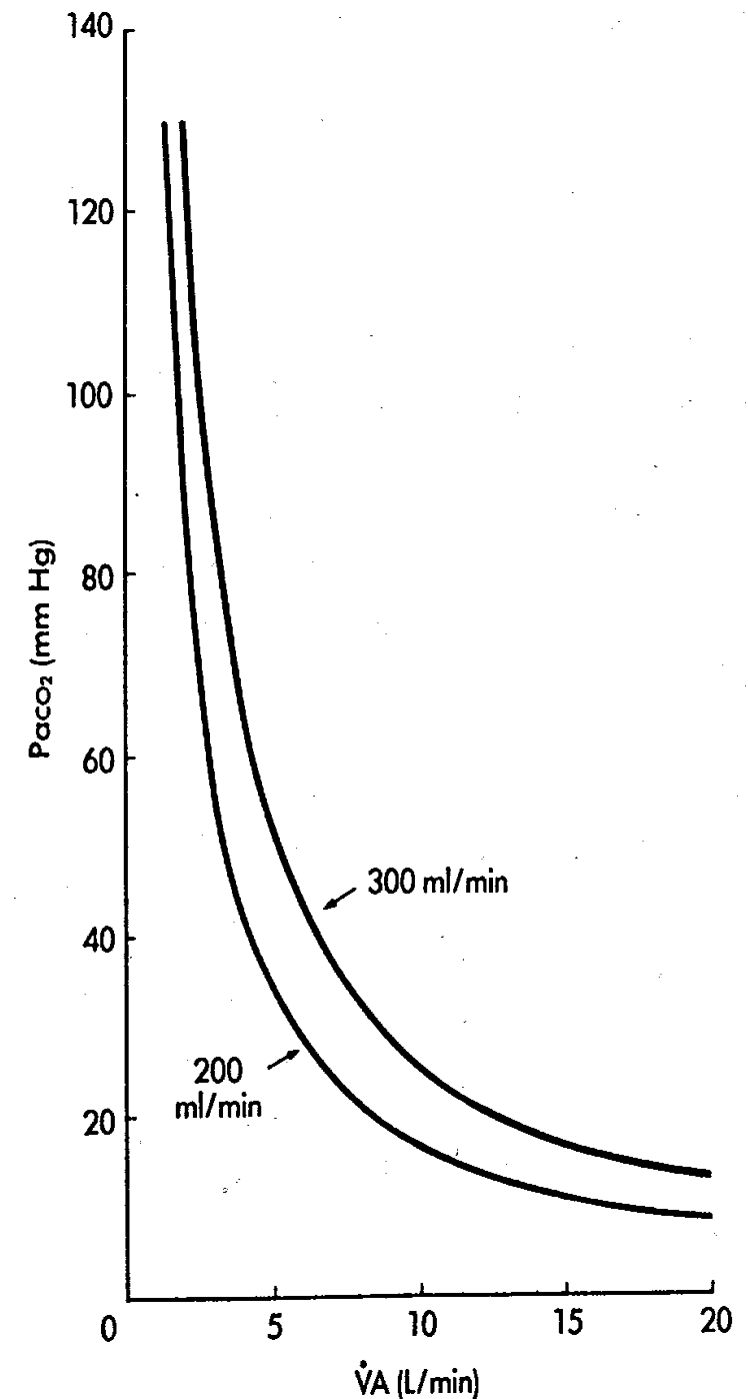
$VA = VE - VD = VT \times f (1 - VD/VT)$

VE = minute (total) ventilation

VD = dead space ventilation

0.863 converts units to mmHg

Εξίσωση του Bohr: $VD/VT = PaCO_2 - PECO_2 / PaCO_2$



Evaluation of Arterial Blood Gas

Primary process

$$\downarrow \text{pH} \cong \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\uparrow \text{PCO}_2}$$

$$\uparrow \text{pH} \cong \frac{[\text{HCO}_3^-]}{\downarrow \text{PCO}_2}$$

$$\downarrow \text{pH} \cong \frac{\downarrow [\text{HCO}_3^-]}{\text{PCO}_2}$$

$$-\text{pH} @ \frac{-[\text{HCO}_3^-]}{\text{PCO}_2}$$

Compensatory response

Respiratory acidosis

Respiratory alkalosis

Metabolic acidosis

Metabolic alkalosis

$$-\text{pH} @ \frac{-[\text{HCO}_3^-]}{-\text{PCO}_2}$$

$$\downarrow \text{pH} \cong \frac{\downarrow [\text{HCO}_3^-]}{\downarrow \text{PCO}_2}$$

$$\uparrow \text{pH} \cong \frac{\downarrow [\text{HCO}_3^-]}{\downarrow \text{PCO}_2}$$

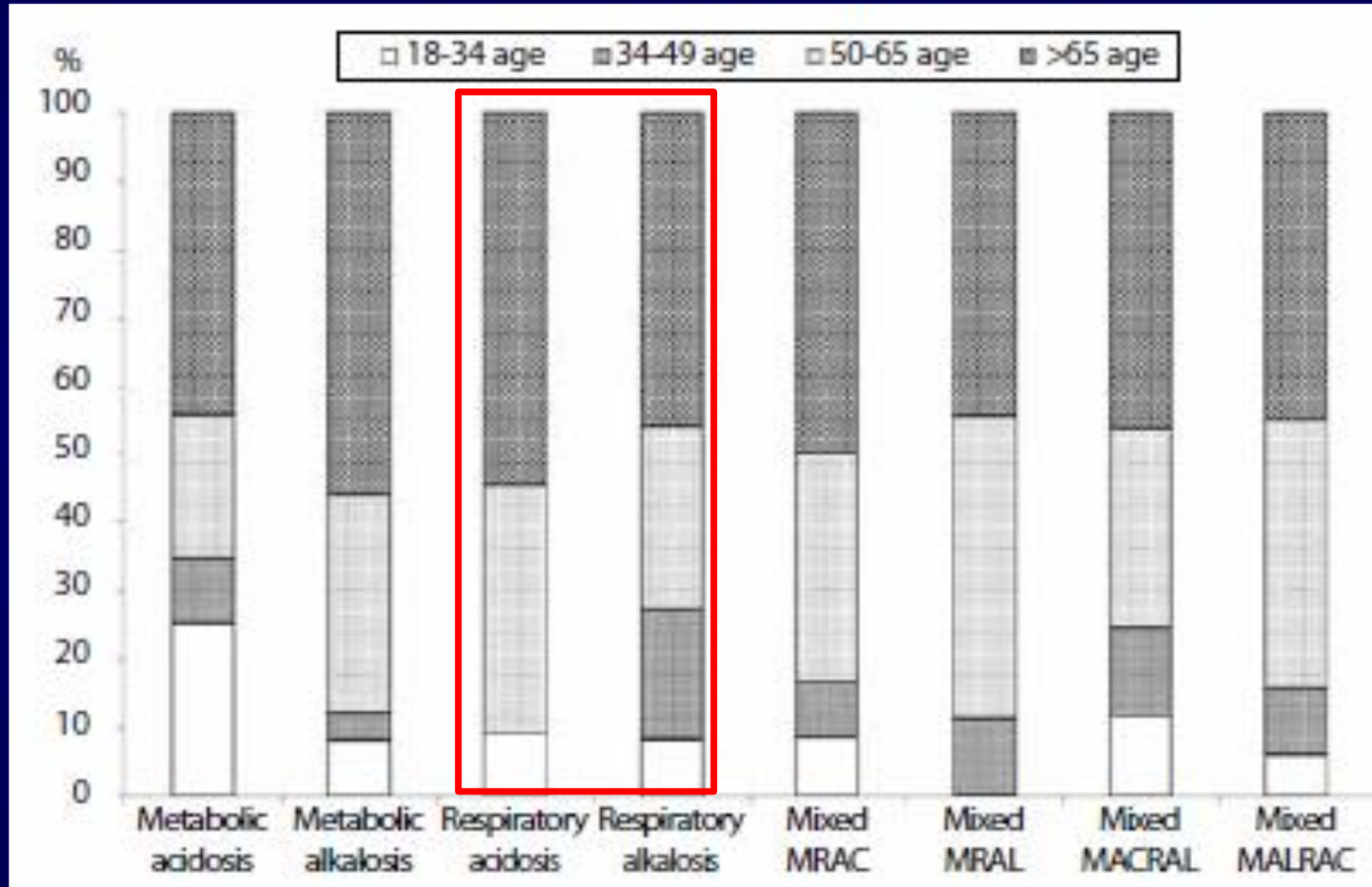
$$\downarrow \text{pH} \cong \frac{\uparrow [\text{HCO}_3^-]}{\uparrow \text{PCO}_2}$$

Acid-Base Disorders in the Emergency Department: Incidence, Etiologies and Outcomes

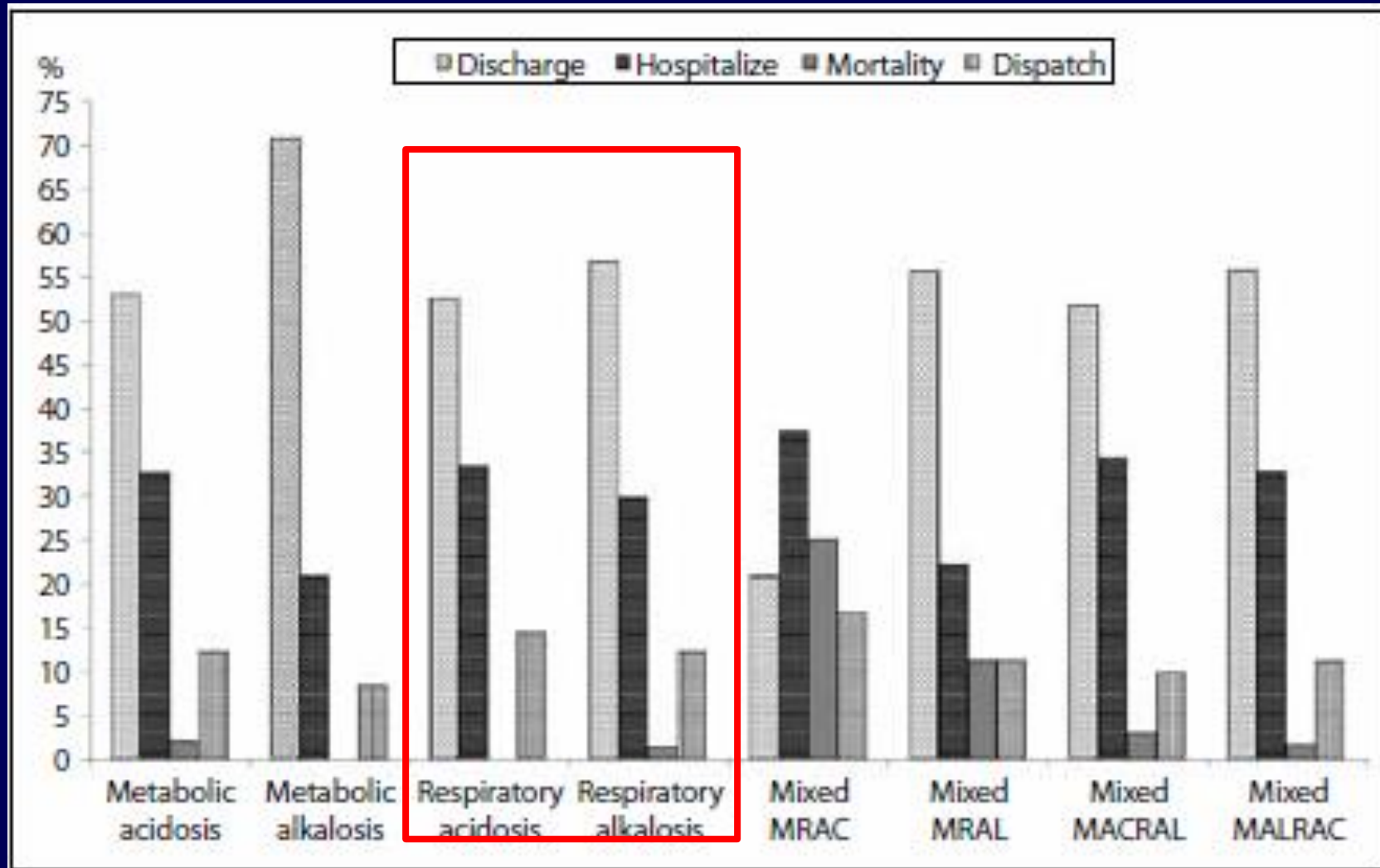
1037 consecutive admissions

- 736 (71%) showed an acid base disturbance
 - **74 acidosis**
 - respiratory 22 /74 (30%) / 736 (3%) /1037 (2%)
 - metabolic 52
 - **99 alkalosis**
 - respiratory 74 /99 (75%) /736 (10%) /1037 (7%)
 - metabolic 25
 - **563 mixed**

Acid-Base Disorders in the Emergency Department: Incidence, Etiologies and Outcomes



Acid-Base Disorders in the Emergency Department: Incidence, Etiologies and Outcomes



General hospital: Incidence of acid-base disturbances

110 consecutive admissions

– 62 (56%) showed a disturbance in acid base equilibrium

- **21 acidosis**

- respiratory 15 /21 (71%) /62 (24%) /110 (14%)

- metabolic 6

- **30 alkalosis**

- respiratory 21 /30 (70%) /62 (34%) /110 (19%)

- metabolic 9

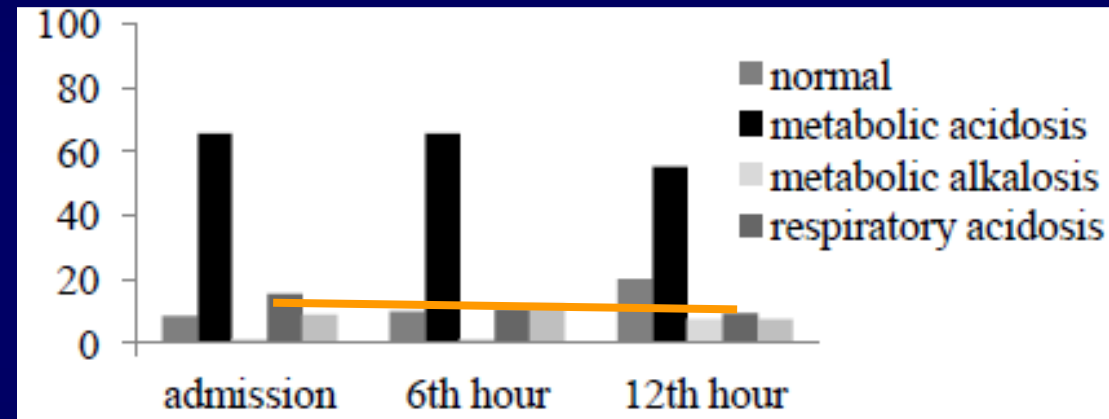
- **11 mixed**

Recenti Prog Med. 1990 Dec;81(12):788-91.

Incidence of acid-base and electrolyte disturbances in a general hospital: a study of 110 consecutive admissions

The prevalence of acid-base disturbances (%) at zero, six, 12 hrs after ICU admission.

	During admission	After 6 hr	After 12 hr	P- value
PH	7.29(0.13)	7.35(0.1)	7.36(0.1)	0.001
PaCO ₂	38.3(11.9)	35(8.8)	33.6(8.60)	0.03
HCO ₃	17.7(4.5)	18.9(5.1)	19.4(4.5)	0.001
BE	-6.3(11.6)	-3.1(12.3)	-2.9(12.3)	0.003
PaO ₂	91.6(51.4)	86.2(41.50)	79.9(36.8)	0.57
SaO ₂	87(16.5)	86(18.9)	86.6(15.9)	0.29



213 patients post operatively admitted in ICU

123 male and 90 female (age 14-85 yrs)

18 pts (8.5%) → normal ABG

195 pts (91.5%) → acid-base dysfunction (metabolic acidosis & alkalosis:67.1%)

Acid-Base Disorders: Τοπογραφία!!

- In the Emergency Department
 - 71% Total
 - 23.5% Respiratory
- On Hospital Admission
 - 56% Total
 - 82% Respiratory
- On ICU admission postoperatively
 - 91.5%
 - 32.9%

Compensation

Primary Disturbance	pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂	Compensation
Respiratory acidosis	<7.35	Compensatory increase	Primary increase	Acute: 1-2 mEq/L increase in HCO₃⁻ for every 10 mm Hg increase in PCO₂ Chronic: 3-4 mEq/L increase in HCO₃⁻ for every 10 mm Hg increase in PCO₂
Respiratory alkalosis	>7.45	Compensatory decrease	Primary decrease	Acute: 1-2 mEq/L decrease in HCO₃⁻ for every 10 mm Hg decrease in PCO₂ Chronic: 4-5 mEq/L decrease in HCO₃⁻ for every 10 mm Hg decrease in PCO₂
Metabolic acidosis	<7.35	Primary decrease	Compensatory decrease	1.2 mm Hg decrease in PCO₂ for every 1 mEq/L decrease in HCO₃⁻
Metabolic alkalosis	>7.45	Primary increase	Compensatory increase	0.6-0.75 mm Hg increase in PCO₂ for every 1 mEq/L increase in HCO₃⁻, PCO₂ should not rise above 55 mm Hg in compensation

Respiratory acidosis

PCO₂ greater than expected
Acute or chronic

Causes

✓ excess CO₂ in inspired air

- ✓ rebreathing of CO₂-containing expired air
- ✓ addition of CO₂ to inspired air
- ✓ insufflation of CO₂ into body cavity

✓ decreased alveolar ventilation

- ✓ central respiratory depression & other CNS problems
- ✓ nerve or muscle disorders
- ✓ lung or chest wall defects
- ✓ airway disorders
- ✓ external factors (Lung-protective MV with permissive hypercapnia)

✓ increased production of CO₂

- ✓ hypercatabolic disorders

Acute Respiratory Acidosis- No renal compensation

65-yr ♂ with a BMI 30 kg/m²

3-hour history of shortness of breath + feeling ill for the past week

Temp 38.3°C, HR 96/min, RR 20/min and shallow, BP 145/90 mm Hg

Hypoventilation : History/Physical Exam + increased PCO₂ and (A-a)PO₂ difference

Na ⁺	138 mEq/L	pH	7.33
K ⁺	4.2 mEq/L	Pco ₂	50 mm Hg
Cl ⁻	101 mEq/L	Po ₂	67 mm Hg
CO ₂ , total	28 mEq/L	HCO ₃ ⁻	26 mEq/L

1-2 mEq/L increase in HCO₃⁻ for every 10 mm Hg increase in PCO₂

PCO₂ increase = 50-40 = 10 mm Hg.

HCO₃⁻ increase predicted = (1-2) x (10/10) = 1-2 mEq/L

add to 24 mEq/L (reference point) = 25-26 mEq/L

Chronic Respiratory Acidosis - Renal compensation

56-yr ♀ with COPD

3-hour history of shortness of breath.

Temp 37°C, HR 90/min, RR 22/min and shallow, BP 135/80 mm Hg

V/Q imbalance: History/PE + increased PCO_2 and (A-a) PO_2 difference

Na^+	145 mEq/L	pH	7.33
K^+	4.5 mEq/L	P_{CO_2}	62 mm Hg
Cl^-	99 mEq/L	P_{O_2}	32 mm Hg
CO_2 , total	34 mEq/L	HCO_3^-	32 mEq/L

3-4 mEq/L increase in HCO_3^- for every 10 mm Hg increase in PCO_2 .

PCO_2 increase = $62 - 40 = 22$ mm Hg.

HCO_3^- increase predicted = $(3-4) \times (22/10) = 7-9$ mEq/L

add to 24 mEq/L (reference point) = 31-33 mEq/L

Respiratory alkalosis

PCO₂ less than expected

Acute or chronic

Causes

✓ increased alveolar ventilation

✓ central causes, direct action via respiratory center

- ✓ Head Injury-Stroke
- ✓ Anxiety-hyperventilation syndrome (psychogenic)
- ✓ Other 'supra-tentorial' causes (pain, fear, stress, voluntary)
- ✓ Various drugs (eg analeptics, propanidid, salicylate intoxication)
- ✓ Various endogenous compounds (eg progesterone during pregnancy, cytokines during sepsis, toxins in patients with chronic liver disease)

✓ hypoxaemia, act via peripheral chemoreceptors

✓ pulmonary causes, act via intrapulmonary receptors

- ✓ Pulmonary Embolism
- ✓ Pneumonia
- ✓ Asthma- Pulmonary oedema (all types)

✓ iatrogenic, act directly on ventilation)

- ✓ Excessive controlled ventilation

Acute Respiratory Alkalosis-no renal compensation

17-yr ♀ with epigastric pain & nausea for 3-hrs

She admits taking a large dose of aspirin. RR 20/min- full range

Hyperventilation:History/PE + decreased PCO_2

Na ⁺	136 mEq/L	pH	7.55
K ⁺	3.7 mEq/L	P CO_2	25 mm Hg
Cl ⁻	101 mEq/L	P O_2	104 mm Hg
CO ₂ , total	23 mEq/L	HCO ₃ ⁻	22 mEq/L

1-2 mEq/L decrease in HCO₃⁻ for every 10 mm Hg decrease in PCO₂.

PCO₂ decrease = 40-25 = 15 mm Hg.

HCO₃⁻ decrease predicted = (1-2) x (15/10) = 2-3 mEq/L

subtract from 24 mEq/L (reference point) = 21-22 mEq/L

Chronic Respiratory Alkalosis-Renal compensation

81-yr ♀ Living at 2743m for the past 1 month + anxiety

2-day history of shortness of breath. RR 20/min full range

Hyperventilation:History/PE + decreased P_{CO_2}

Na ⁺	133 mEq/L	pH	7.48
K ⁺	4.9 mEq/L	P_{CO_2}	22 mm Hg
Cl ⁻	105 mEq/L	P_{O_2}	69 mm Hg
CO ₂ , total	17 mEq/L	HCO ₃ ⁻	16 mEq/L

4-5 mEq/L decrease in HCO₃⁻ for every 10 mm Hg decrease in PCO₂.

PCO₂ decrease = 40-22 = 18 mm Hg.

HCO₃⁻ decrease predicted = (4-5) x (18/10) = 7-9 mEq/L

subtract from 24 mEq/L (reference point) = 15-17 mEq/L

Respiratory Alkalosis: Hysterical Hyperventilation

Charlotte Lind, a 55-year-old interior designer, has been terrified of flying ever since she had a "bad" experience on a commuter flight. Nevertheless, she and her husband planned a trip to Paris to celebrate their thirtieth wedding anniversary.

As the time for the trip approached, Charlotte had what she called "anxiety attacks." One evening, a few days before the scheduled flight to Paris, Charlotte started hyperventilating uncontrollably. She became light-headed, and her hands and feet were numb and tingling.

She thought she was having a stroke. Her husband rushed her to the local emergency department, where a blood sample was drawn immediately

PH	7.56 (normal, 7.4)
PCO ₂	23 mm Hg (normal, 40 mm Hg)
HCO ₃ ⁻	20 mEq/L (normal, 24 mEq/L)

The emergency department staff asked Charlotte to breathe into and out of a paper bag. A second blood sample was drawn.

pH	7.41 (normal, 7.4)
PCO ₂	41 mm Hg (normal, 40 mm Hg)
HCO ₃ ⁻	25 mEq/L (normal, 24 mEq/L)

Charlotte was pronounced "well," and she returned home that evening.

Ο κύκλος της Αναπνευστικής Αλκάλωσης και η σακούλα!!!

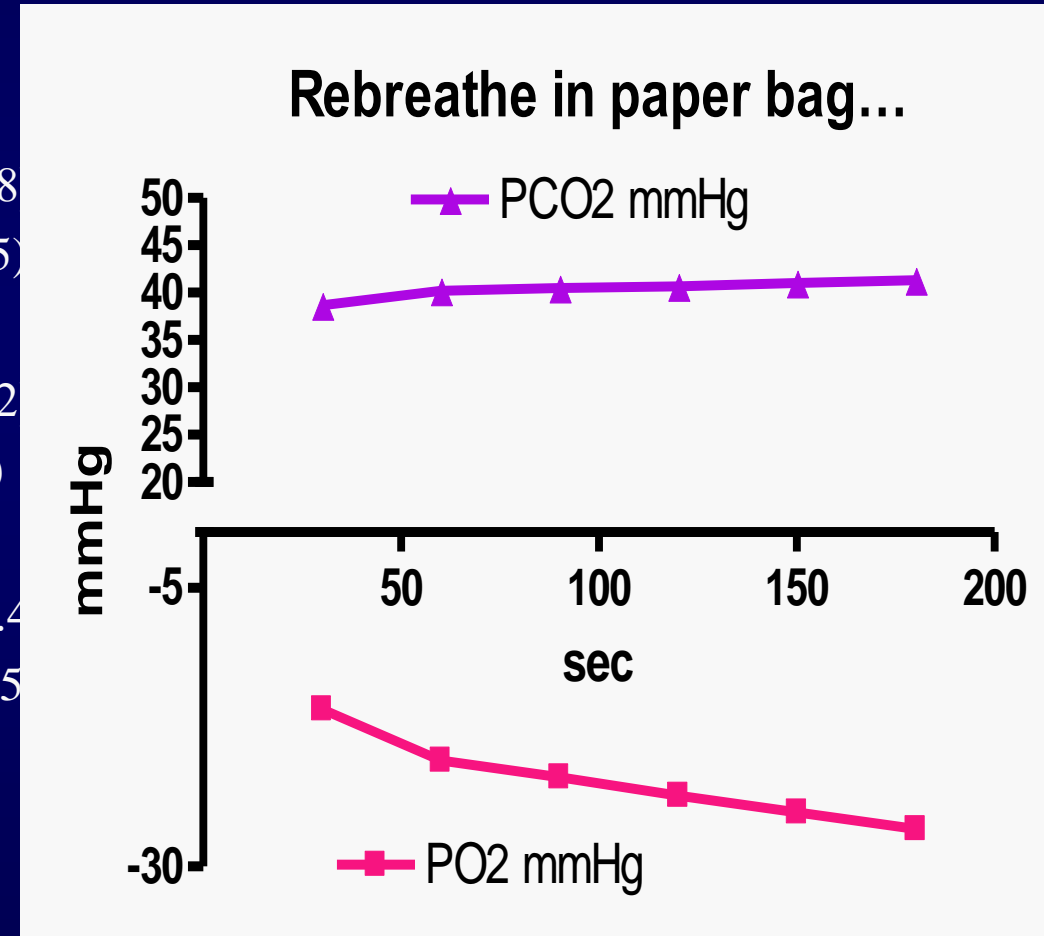


14♂ & 6♀ young healthy volunteers

Hyperventilation to a mean ETCO₂: 21.6 mmHg

Rebreathe.. paper bag...

- **30 seconds**
 - O₂: -15.9 (SD, 4.6)
 - CO₂: 38.7 (SD, 6.2)
- **60 seconds**
 - O₂: -20.5 (6.0),
 - CO₂: 40.2 (6.4);
- **90 seconds**
 - O₂: -22 (6.8)
 - CO₂: 40.5 (6.4)
- **120 seconds**
 - O₂: -23.6 (6.8)
 - CO₂: 40.7 (6.5)
- **150 seconds**
 - O₂: -25.1 (1.2)
 - CO₂: 41 (7.3)
- **180 seconds**
 - O₂: -26.6 (8.4)
 - CO₂: 41.3 (7.5)



Signs & Symptoms

SYMPTOMS OF ACIDOSIS

Central Nervous System

- Headache
- Sleepiness
- Confusion
- Loss of consciousness
- Coma

Respiratory System

- Shortness of breath
- Coughing

Heart

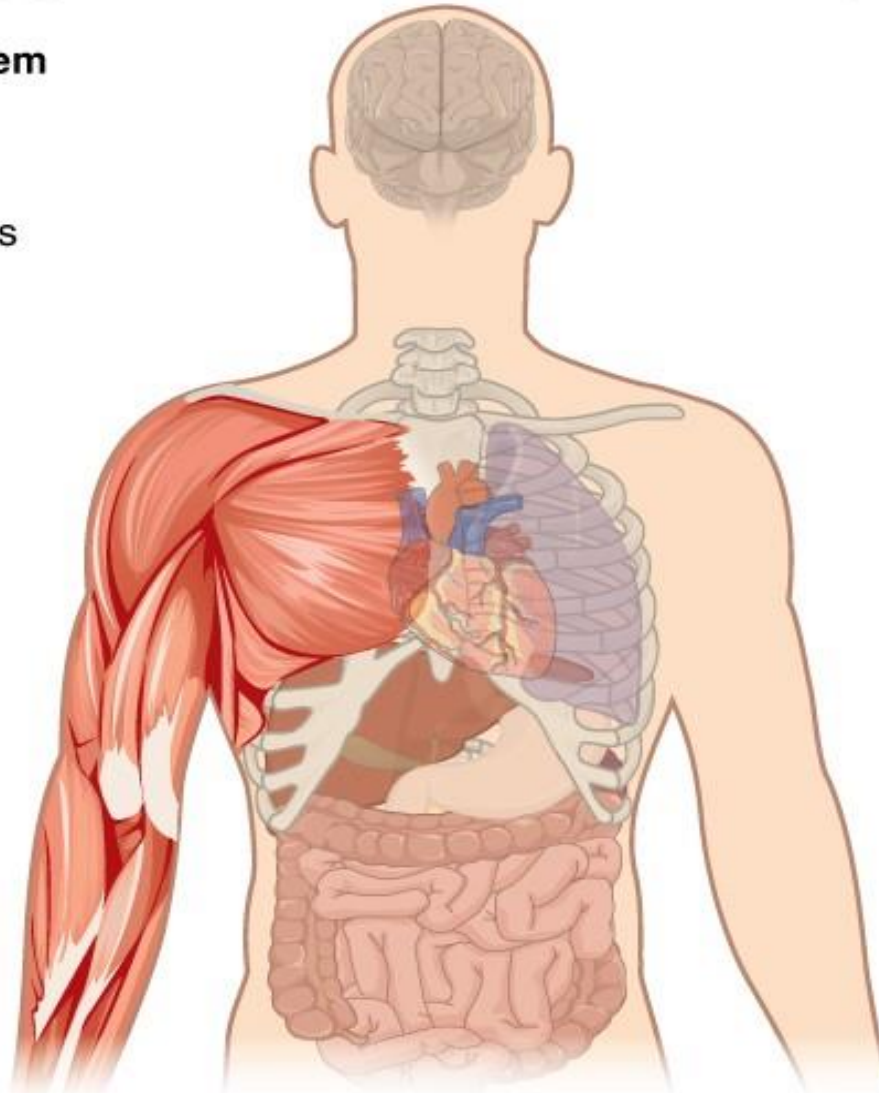
- Arrhythmia
- Increased heart rate

Muscular System

- Seizures
- Weakness

Digestive System

- Nausea
- Vomiting
- Diarrhea



SYMPTOMS OF ALKALOSIS

Central Nervous System

- Confusion
- Light-headedness
- Stupor
- Coma

Peripheral Nervous System

- Hand tremor
- Numbness or tingling in the face, hands, or feet

Muscular System

- Twitching
- Prolonged spasms

Digestive System

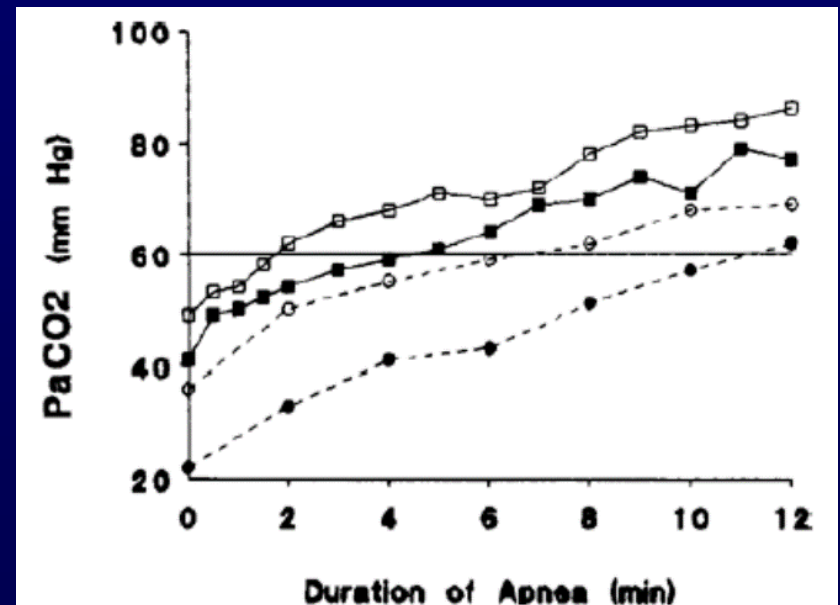
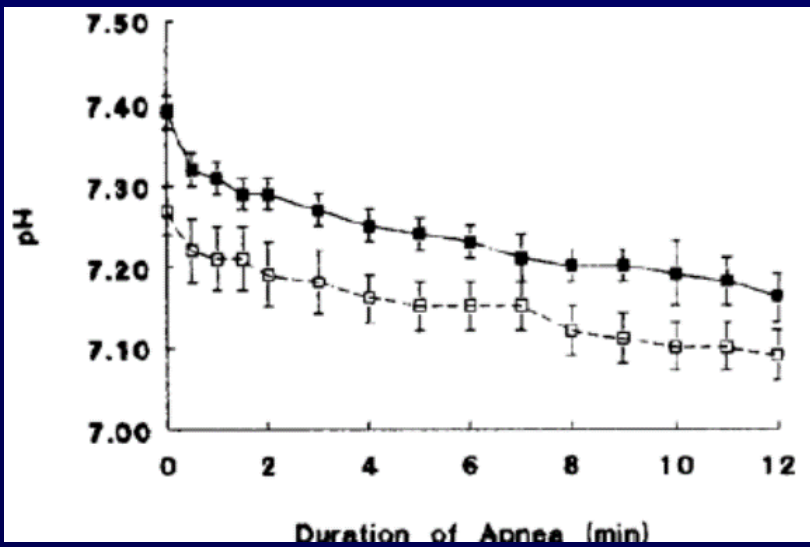
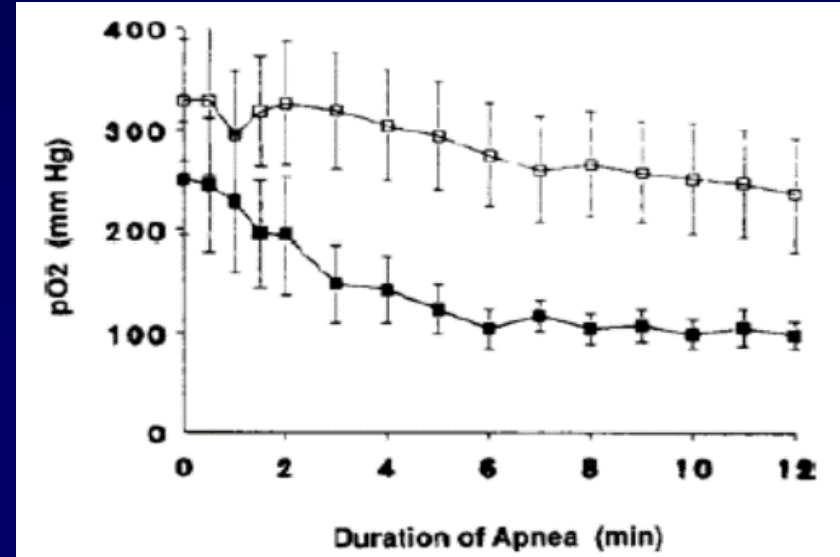
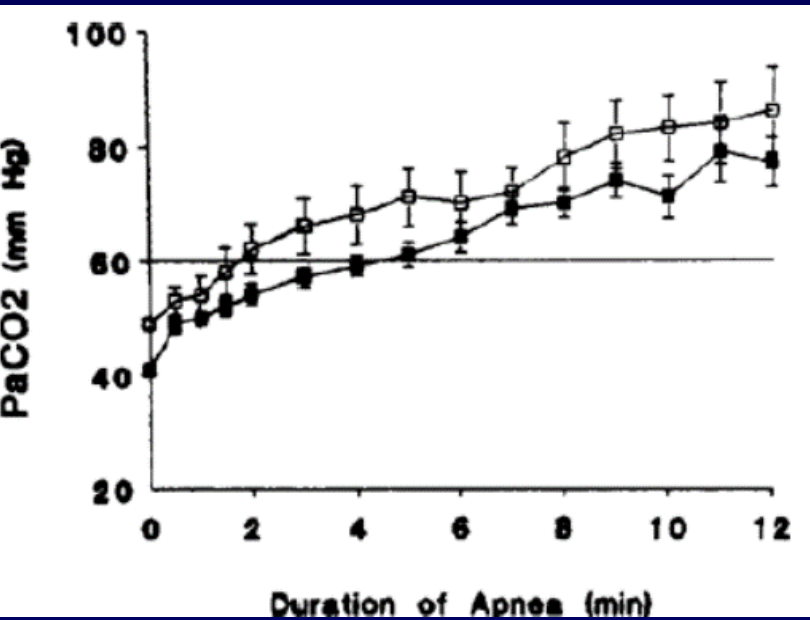
- Nausea
- Vomiting

Βασικές αρχές

- Ακραίες τιμές pH: 6.8-7.8 (20-160nmol/L)
- Οι μεταβολές του pH αντιμετωπίζονται με ταχείς και βραδείς μηχανισμούς
- Κάθε λεπτό χωρίς αναπνοή αυξάνει το CO₂ στο αίμα κατά 3 mmHg
- Κάθε μεγάλη αναπνοή μειώνει το CO₂ κατά 3 mmHg
- Στο σχεδιασμό μας είμαστε **αλκαλικά όντα (pH=7,37-7,43)**, στη λειτουργία όμως είμαστε παραγωγοί οξέων

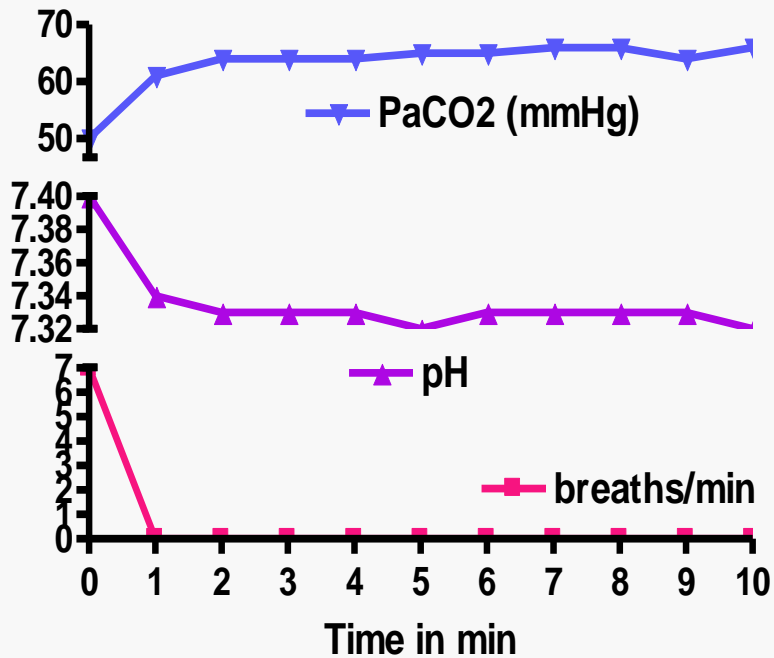
PaCO₂-pH-Apnea in 11 Neurosurgery pts

BENZEL EC, MASHBURN JP, CONRAD S, MODLING D. J. Neurosurg. 1992; 76:1029-1031

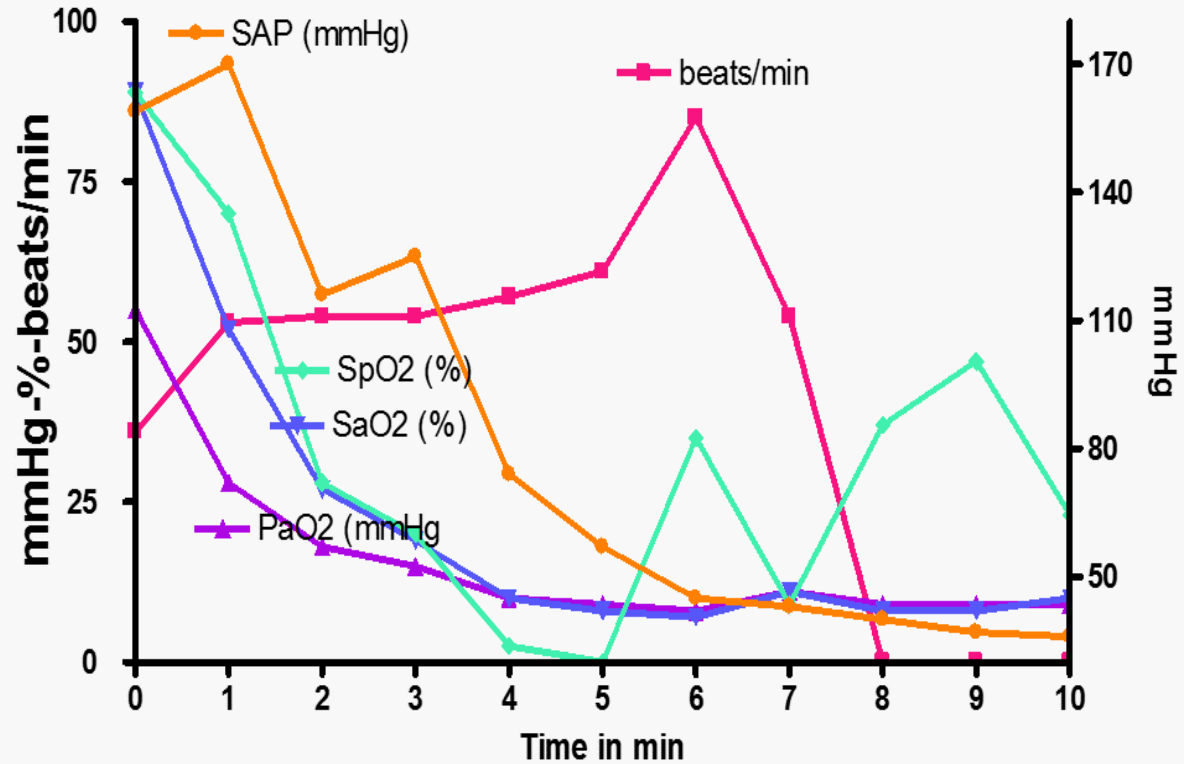


5 ενήλικα άλογα και ένα πουλάρι για ευθανασία- median values plotted

6 Άλογα για ευθανασία



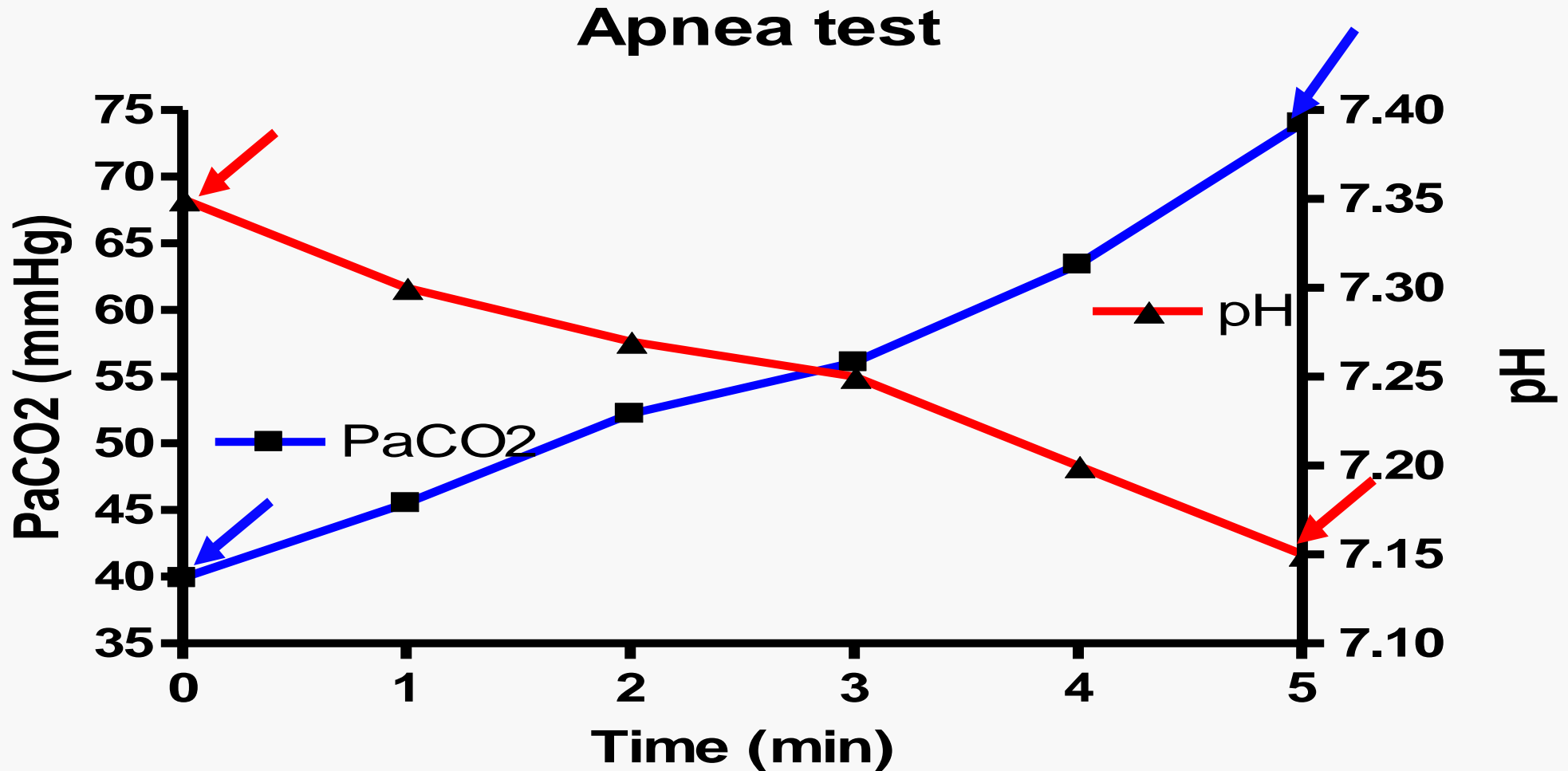
Changes post apnea



Αναισθησία: Xylazine–midazolam–ketamine

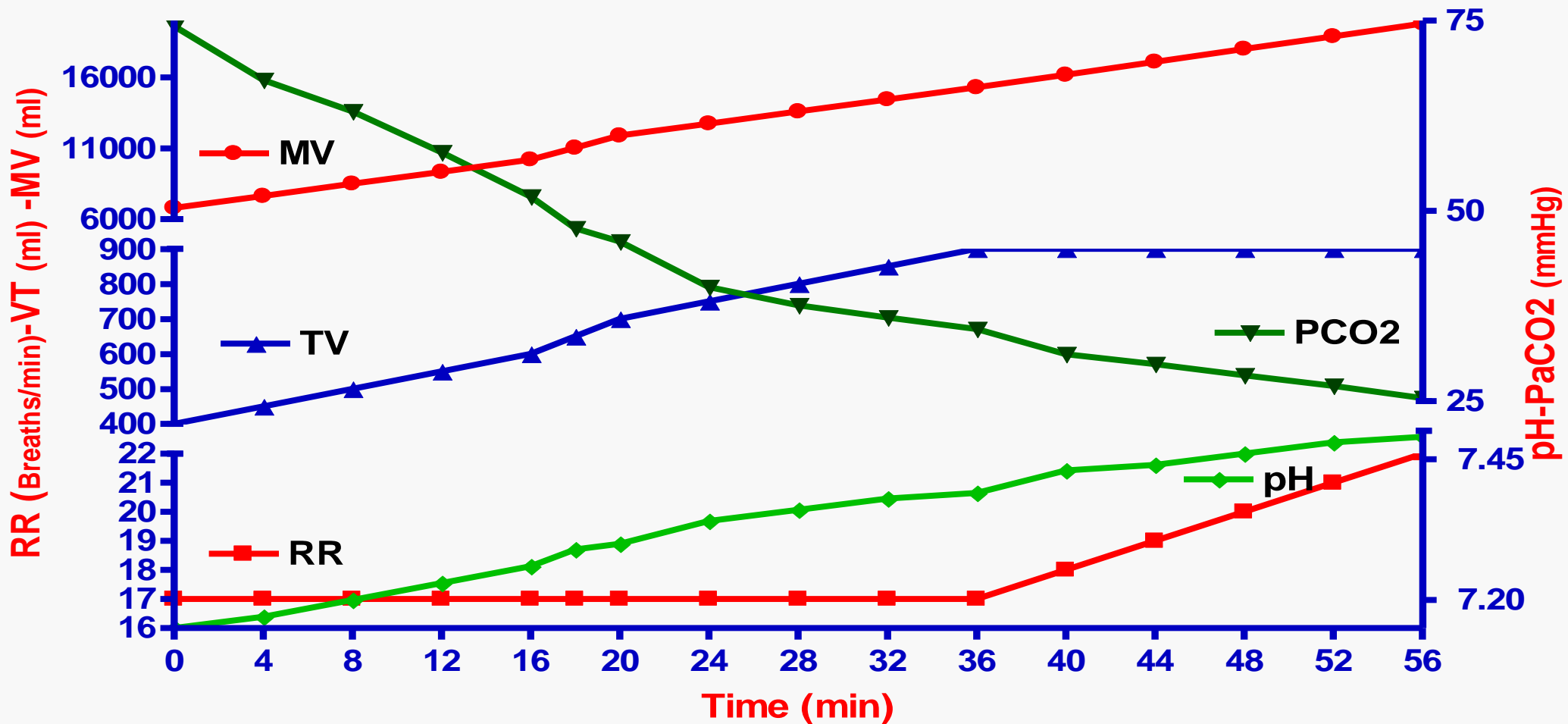
Ευθανασία: atlanto-occipital intrathecal lidocaine injection

Apnea Test Personal case



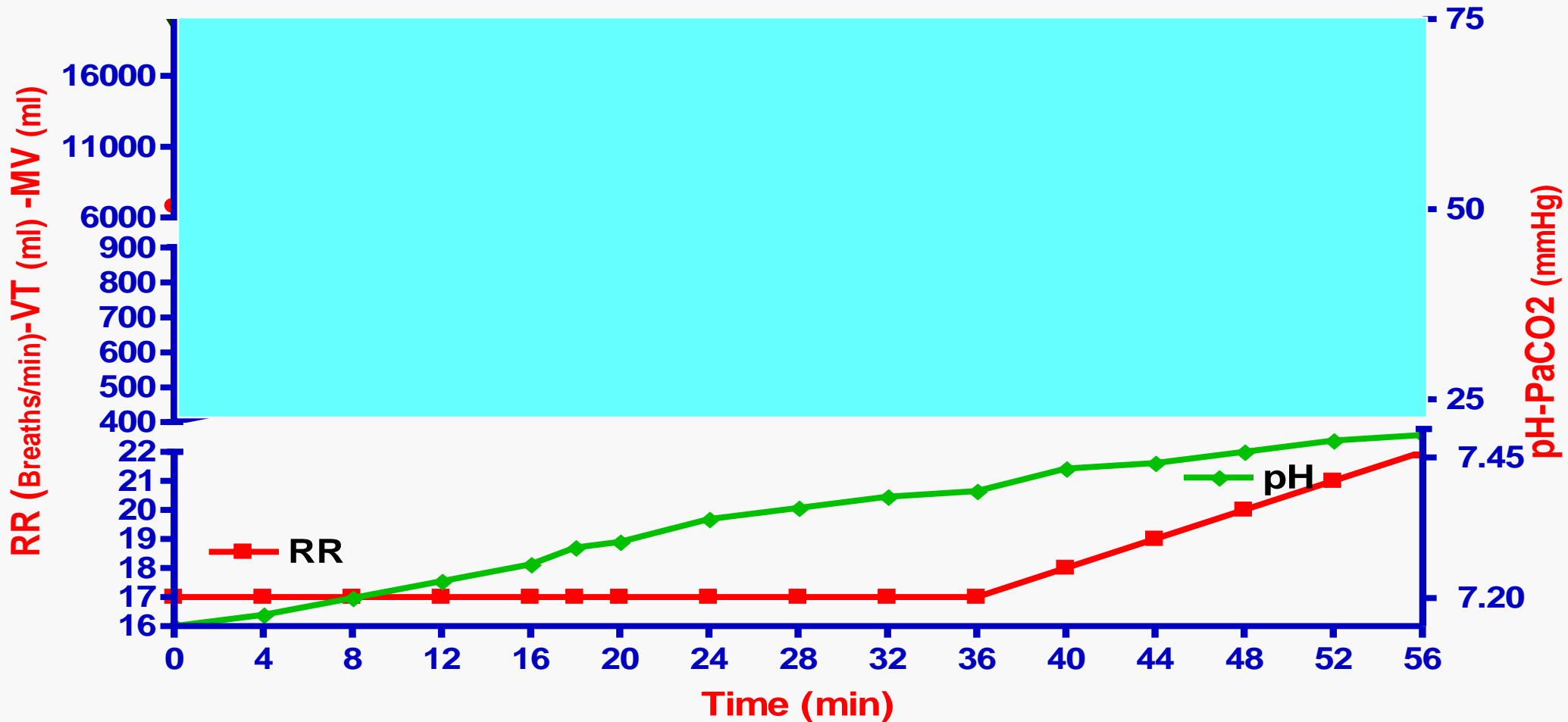
Same case-Post Apnea test

Post Apnea Mechanical Ventilation Several different sets



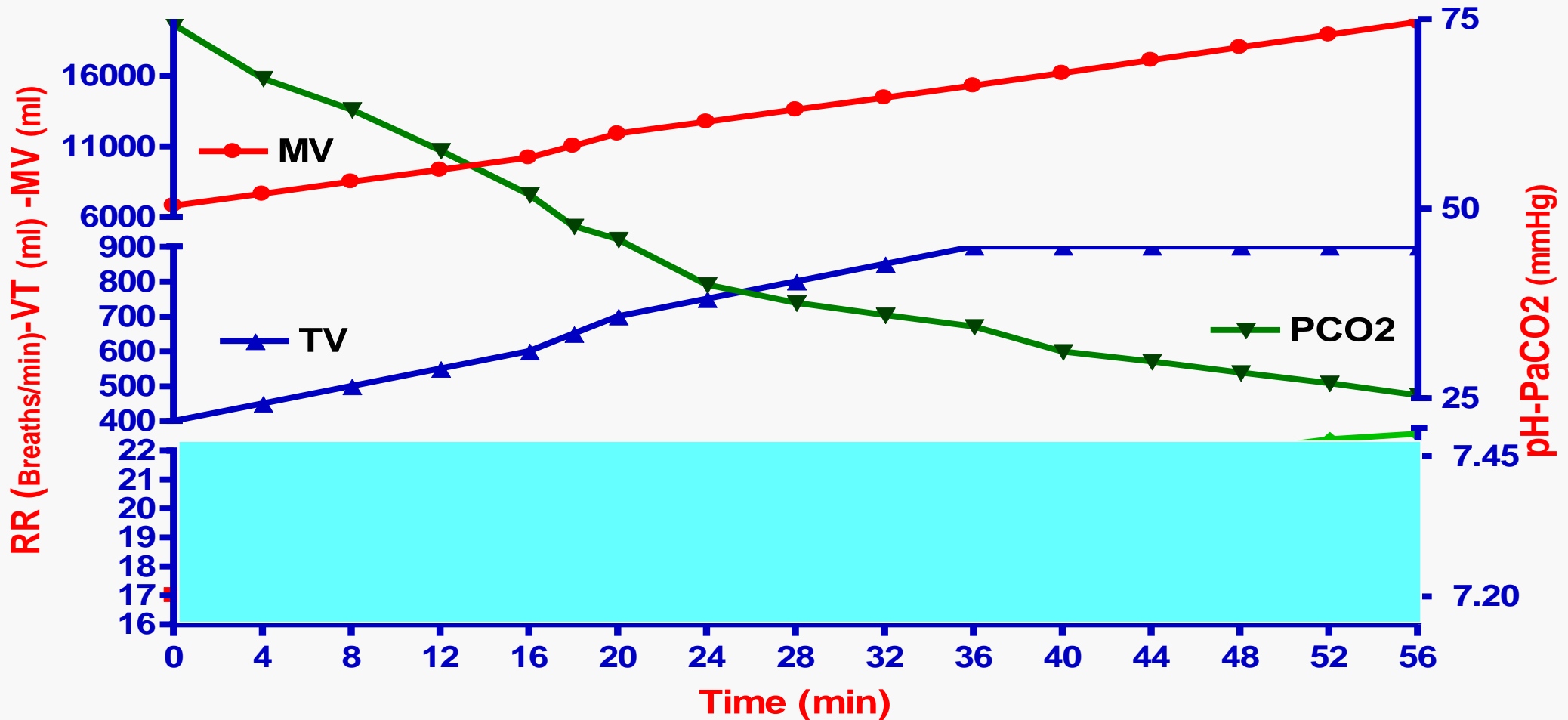
Same case-Post Apnea test

Post Apnea Mechanical Ventilation Several different sets



Same case-Post Apnea test

Post Apnea Mechanical Ventilation Several different sets



Συμπεράσματα

- Οι αναπνευστικές οξεοβασικές διαταραχές είναι συνηθισμένες στα επείγοντα, στις πτέρυγες και στη ΜΕΘ, με μικρότερη όμως συχνότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες οξεοβασικές διαταραχές

Ευχαριστώ για την προσοχή σας

- Επι κατάργησης της αναπνευστικής λειτουργίας οι αναπνευστικές οξεοβασικές μεταβολές είναι προβλέψιμες είτε χωρίς καθόλου αερισμό είτε με μηχανική υποστήριξη της αναπνοής