

Αιμοδυναμική στην Πνευμονική Υπέρταση

Γεώργιος Μόσχος
Επεμβατικός καρδιολόγος
Κλινική Άγιος Λουκάς Θεσσαλονίκη

Δήλωση Γνωστοποίησης

Δεν έχω να δηλώσω κάτι σχετικό με το θέμα της παρουσίασης

Ορισμός

Πνευμονική υπέρταση είναι μία παθοφυσιολογική διαταραχή που μπορεί να παρατηρηθεί σε πολλές κλινικές καταστάσεις και ορίζεται ως μία αύξηση της μέσης πνευμονικής αρτηριακής πίεσης $\geq 25\text{mmHg}$ σε ηρεμία όπως υπολογίζεται με τον δεξιό καρδιακό καθετηριασμό.

Ορισμοί πνευμονικής υπέρτασης με βάση την αιμοδυναμική

Definition	Characteristics ^a	Clinical group(s) ^b
PH	PAPm ≥ 25 mmHg	All
Pre-capillary PH	PAPm ≥ 25 mmHg PAWP ≤ 15 mmHg	1. Pulmonary arterial hypertension 3. PH due to lung diseases 4. Chronic thromboembolic PH 5. PH with unclear and/or multifactorial mechanisms
Post-capillary PH	PAPm ≥ 25 mmHg PAWP > 15 mmHg	2. PH due to left heart disease 5. PH with unclear and/or multifactorial mechanisms
Isolated post-capillary PH (Ipc-PH)	DPG < 7 mmHg and/or PVR ≤ 3 WU ^c	
Combined post-capillary and pre-capillary PH (Cpc-PH)	DPG ≥ 7 mmHg and/or PVR > 3 WU ^c	

CO = cardiac output; DPG = diastolic pressure gradient (diastolic PAP – mean PAWP); mPAP = mean pulmonary arterial pressure; PAWP = pulmonary arterial wedge pressure; PH = pulmonary hypertension; PVR = pulmonary vascular resistance; WU = Wood units.

^aAll values measured at rest; see also section 8.0.

^bAccording to Table 4.

^cWood Units are preferred to $\text{dynes}\cdot\text{cm}^{-5}$.

Ορισμοί πνευμονικής υπέρτασης με βάση την αιμοδυναμική

Definitions	Characteristics	Clinical groups [#]
Pre-capillary PH	mPAP >20 mmHg PAWP ≤15 mmHg PVR ≥3 WU	1, 3, 4 and 5
Isolated post-capillary PH (IpcPH)	mPAP >20 mmHg PAWP >15 mmHg PVR <3 WU	2 and 5
Combined pre- and post-capillary PH (CpcPH)	mPAP >20 mmHg PAWP >15 mmHg PVR ≥3 WU	2 and 5

Κλινική ταξινόμηση πνευμονικής υπέρτασης

1. Pulmonary arterial hypertension 1.1 Idiopathic 1.2 Heritable 1.2.1 BMPR2 mutation 1.2.2 Other mutations 1.3 Drugs and toxins induced 1.4 Associated with: 1.4.1 Connective tissue disease 1.4.2 Human immunodeficiency virus (HIV) infection 1.4.3 Portal hypertension 1.4.4 Congenital heart disease (Table 6) 1.4.5 Schistosomiasis	3. Pulmonary hypertension due to lung diseases and/or hypoxia 3.1 Chronic obstructive pulmonary disease 3.2 Interstitial lung disease 3.3 Other pulmonary diseases with mixed restrictive and obstructive pattern 3.4 Sleep-disordered breathing 3.5 Alveolar hypoventilation disorders 3.6 Chronic exposure to high altitude 3.7 Developmental lung diseases (Web Table III)
1'. Pulmonary veno-occlusive disease and/or pulmonary capillary haemangiomatosis 1'.1 Idiopathic 1'.2 Heritable 1'.2.1 EIF2AK4 mutation 1'.2.2 Other mutations 1'.3 Drugs, toxins and radiation induced 1'.4 Associated with: 1'.4.1 Connective tissue disease 1'.4.2 HIV infection	4. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension and other pulmonary artery obstructions 4.1 Chronic thromboembolic pulmonary hypertension 4.2 Other pulmonary artery obstructions 4.2.1 Angiosarcoma 4.2.2 Other intravascular tumors 4.2.3 Arteritis 4.2.4 Congenital pulmonary arteries stenoses 4.2.5 Parasites (hydatidosis)
1''. Persistent pulmonary hypertension of the newborn	5. Pulmonary hypertension with unclear and/or multifactorial mechanisms 5.1 Haematological disorders: chronic haemolytic anaemia, myeloproliferative disorders, splenectomy 5.2 Systemic disorders: sarcoidosis, pulmonary histiocytosis, lymphangioleiomyomatosis, neurofibromatosis 5.3 Metabolic disorders: glycogen storage disease, Gaucher disease, thyroid disorders 5.4 Others: pulmonary tumoral thrombotic microangiopathy, fibrosing mediastinitis, chronic renal failure (with/without dialysis), segmental pulmonary hypertension
2. Pulmonary hypertension due to left heart disease 2.1 Left ventricular systolic dysfunction 2.2 Left ventricular diastolic dysfunction 2.3 Valvular disease 2.4 Congenital / acquired left heart inflow/outflow tract obstruction and congenital cardiomyopathies 2.5 Congenital /acquired pulmonary veins stenosis	

Κλινική ταξινόμηση πνευμονικής υπέρτασης

1 PAH

- 1.1 Idiopathic PAH
- 1.2 Heritable PAH
- 1.3 Drug- and toxin-induced PAH (table 3)
- 1.4 PAH associated with:
 - 1.4.1 Connective tissue disease
 - 1.4.2 HIV infection
 - 1.4.3 Portal hypertension
 - 1.4.4 Congenital heart disease
 - 1.4.5 Schistosomiasis
- 1.5 PAH long-term responders to calcium channel blockers (table 4)
- 1.6 PAH with overt features of venous/capillaries (PVOD/PCH) involvement (table 5)
- 1.7 Persistent PH of the newborn syndrome

2 PH due to left heart disease

- 2.1 PH due to heart failure with preserved LVEF
- 2.2 PH due to heart failure with reduced LVEF
- 2.3 Valvular heart disease
- 2.4 Congenital/acquired cardiovascular conditions leading to post-capillary PH

3 PH due to lung diseases and/or hypoxia

- 3.1 Obstructive lung disease
- 3.2 Restrictive lung disease
- 3.3 Other lung disease with mixed restrictive/obstructive pattern
- 3.4 Hypoxia without lung disease
- 3.5 Developmental lung disorders

4 PH due to pulmonary artery obstructions (table 6)

- 4.1 Chronic thromboembolic PH
- 4.2 Other pulmonary artery obstructions

5 PH with unclear and/or multifactorial mechanisms (table 7)

- 5.1 Haematological disorders
- 5.2 Systemic and metabolic disorders
- 5.3 Others
- 5.4 Complex congenital heart disease

WHO Functional Classification of PAH Symptoms

Class	Definition
I	<i>No limitation of usual physical activity.</i> Ordinary physical activity does not cause shortness of breath, fatigue, chest pain, or feeling faint
II	<i>Mild limitation of physical activity.</i> No discomfort at rest, but normal physical activity causes symptoms
III	<i>Marked limitation of physical activity.</i> No discomfort at rest, but even a little activity causes symptoms
IV	<i>Severe limitations with any physical activity.</i> Shortness of breath and/or fatigue may be present at rest, and symptoms get worse with almost any physical activity. Many have signs of heart failure

Διαγνωστικός αλγόριθμος σε σχέση με την υπερηχοκαρδιογραφική πιθανότητα ύπαρξης πνευμονικής υπέρτασης

Echocardiographic probability of PH	Without risk factors or associated condition for PAH or CTEPH ^d	Class ^a	Level ^b	With risk factors or associated conditions for PAH or CTEPH ^c	Class ^a	Level ^b	Ref ^e
Low	Alternative diagnosis should be considered	IIa	C	Echo follow-up should be considered	IIa	C	
Intermediate	Alternative diagnosis, echo follow-up, should be considered	IIa	C	Further assessment of PH including RHC should be considered ^e	IIa	B	45, 46
	Further investigation of PH may be considered ^e	IIb					
High	Further investigation of PH (including RHC ^e) is recommended	I	C	Further investigation of PH ^e including RHC is recommended	I	C	

Δεξιός καθετηριασμός

Recommendations	Class ^a	Level ^b	Ref. ^c
RHC is recommended to confirm the diagnosis of pulmonary arterial hypertension (group 1) and to support treatment decisions	I	C	
In patients with PH, it is recommended to perform RHC in expert centres (see section 12) as it is technically demanding and may be associated with serious complications	I	B	69
RHC should be considered in pulmonary arterial hypertension (group 1) to assess the treatment effect of drugs (Table 16)	IIa	C	
RHC is recommended in patients with congenital cardiac shunts to support decisions on correction (Table 24)	I	C	
RHC is recommended in patients with PH due to left heart disease (group 2) or lung disease (group 3) if organ transplantation is considered	I	C	
When measurement of PAWP is unreliable, left heart catheterization should be considered to measure LVEDP	IIa	C	
RHC may be considered in patients with suspected PH and left heart disease or lung disease to assist in the differential diagnosis and support treatment decisions	IIb	C	
RHC is indicated in patients with CTEPH (group 4) to confirm the diagnosis and support treatment decisions	I	C	

Αντενδείξεις δεξιού καθετηριασμού

Παρουσία θρόμβου στις δεξιές κοιλότητες

Παρουσία όγκων στις δεξιές κοιλότητες

Ενδοκαρδίτιδα στις δεξιές κοιλότητες

Σηπτική κατάσταση

Μηχανικές βαλβίδες στην τριγλώχινα ή την πνευμονική

Πρόσφατη τοποθέτηση βηματοδοτικών καλωδίων

Παρουσία LBBB χωρίς την τοποθέτηση προσωρινού βηματοδότη

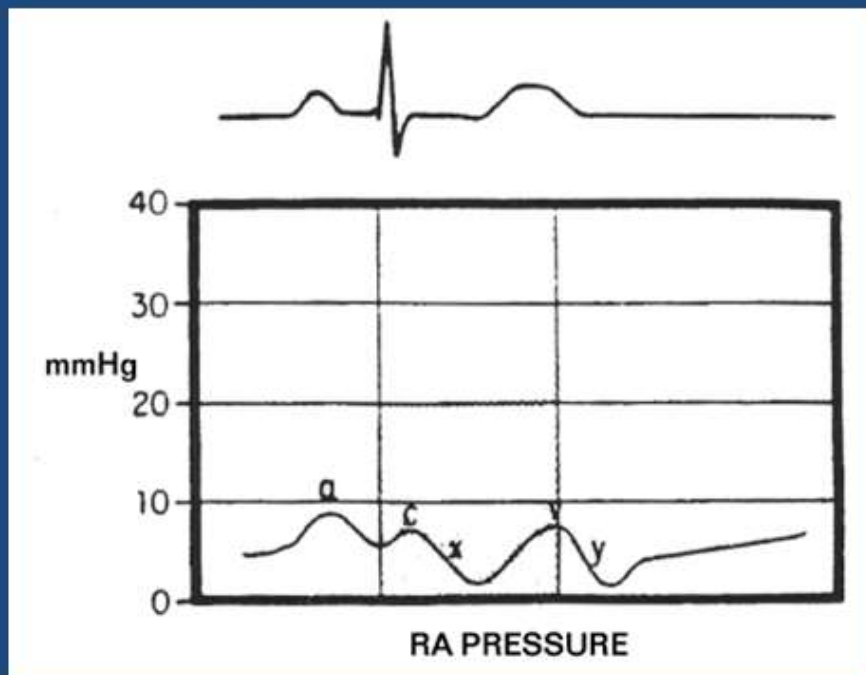
Υπαρξη ετερόπλευρου πνευμοθώρακα (υποκλείδιο)

Επιπλοκές κατά τη διάρκεια δεξιού καθετηριασμού σε ασθενείς με πνευμονική υπέρταση

	Retrospective Analysis 2000–2004	Prospective Analysis January–June 2005	Total 2000–2005
Number of procedures	5,727	1,491	7,218
Total number of serious adverse events	57 (1) [0.7–1.3]	19 (1.3) [0.7–1.9]	76 (1.1) [0.9–1.3]
Hospitalization required*	16 (0.3) [0.2–0.4]	5 (0.3) [0–0.6]	21 (0.3) [0.2–0.4]
Disabilities	1 (0.02) [0–0.05]	0 [0–0]	1 (0.01) [0–0.03]
Fatalities	3 (0.052) [0–0.111]	1 (0.067) [0–0.197]	4 (0.055) [0.01–0.099]

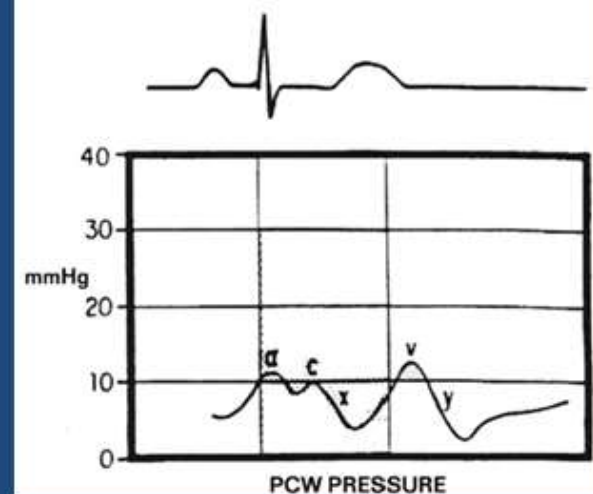
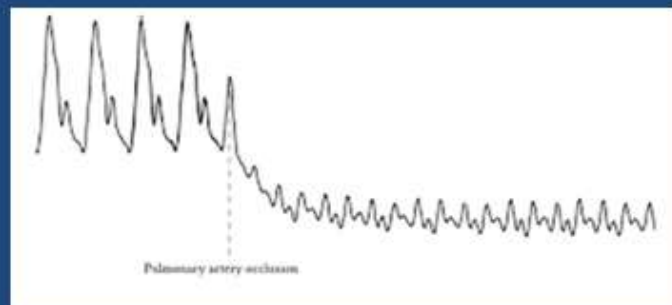
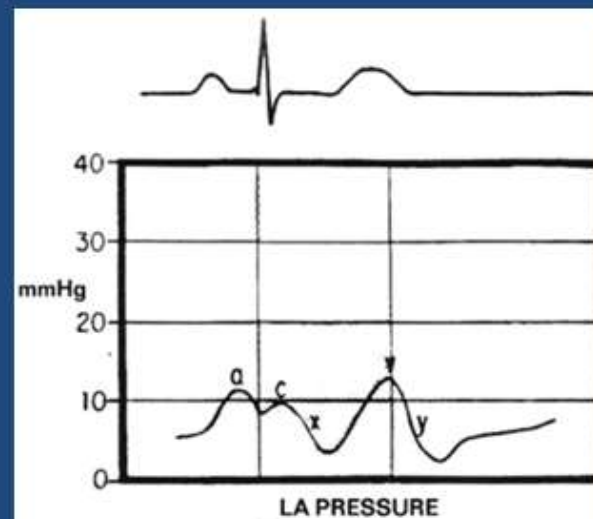
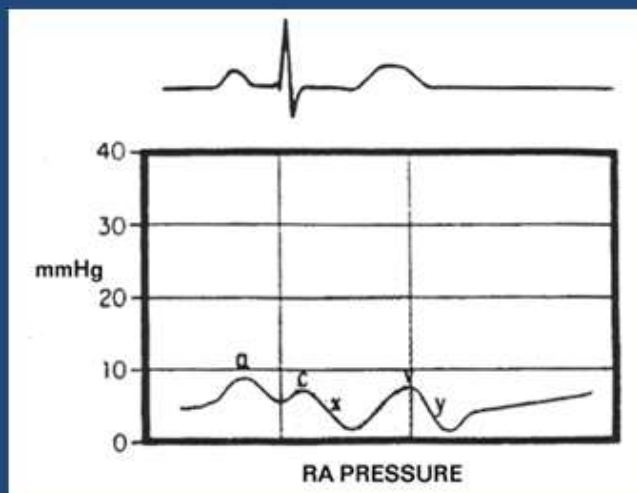
Values expressed as n (%) [95% confidence interval]. *Includes new or prolonged hospitalization.

Πίεση δεξιού κόλπου 3-8 mmHg



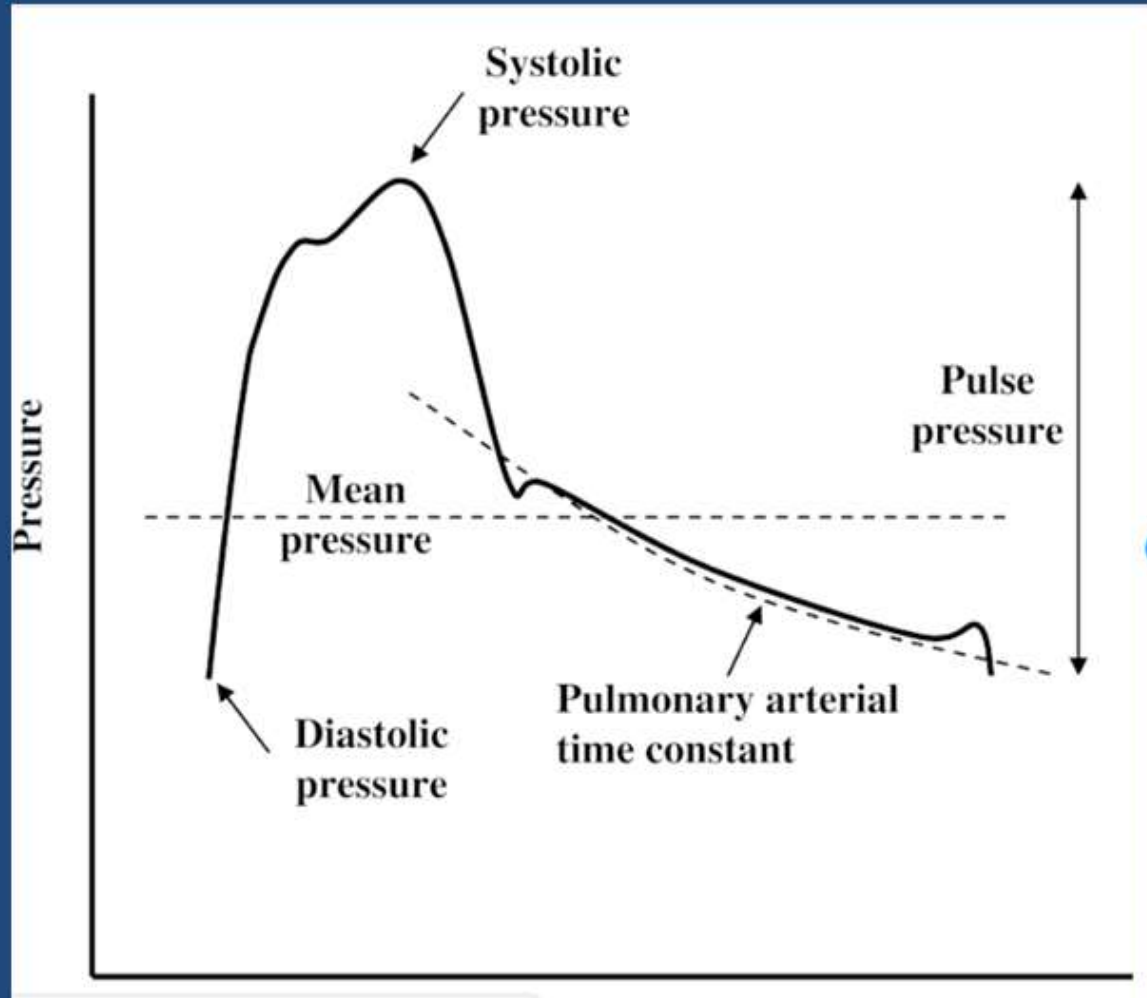
- Το μηδέν θα πρέπει να πραγματοποιείται σε ύπτια θέση στη μέση θωρακική γραμμή
- Μετρήσεις στο τέλος μίας ήρεμης εκπνοής

Μετρήσεις στον δεξιό καθετηριασμό



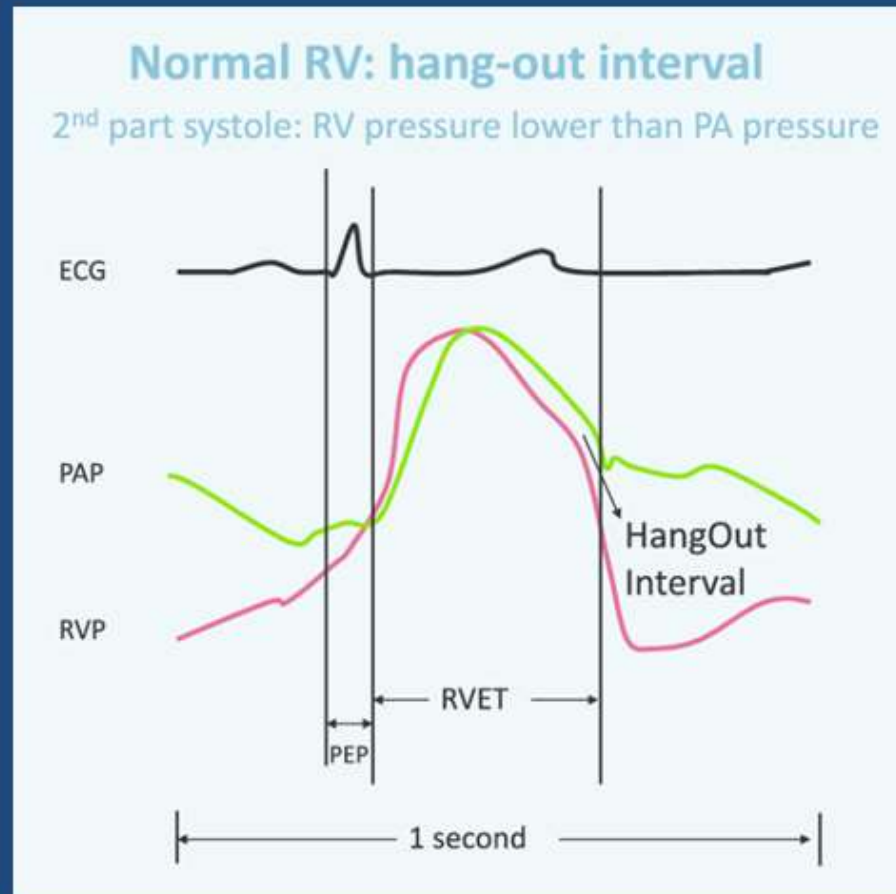
Πνευμονική πίεση ενσφήνωσης 2-15 mmHg

Πίεση πνευμονικής αρτηρίας (μέση) 14 ± 3 mmHg ανώτερο φυσιολογικό όριο 20 mmHg
πνευμονική υπέρταση ≥ 25 mmHg.



Πίεση δεξιάς κοιλίας

RV Συστολική 15-30 mmHg
Διαστολική 3-8 mmHg



Μετρήσεις στον δεξιό καθετηριασμό

- Δείγματα αίματος για οξυμετρία:
- Πίεση ενσφήνωσης
 - Πνευμονική αρτηρία
 - Άνω κοίλη
 - Κάτω κοίλη
 - Και άλλα διαδοχικά δείγματα αν υπάρχει υποψία shunt

Μετρήσεις στον δεξιό καθετηριασμό

Καρδιακή παροχή (CO 4-8 L/min)

Καρδιακός δείκτης (CI 2,6-4,2 L/m²/min)

Thermodilution



Fick direct/indirect

$$CO = \frac{VO_2}{C_a - C_v}$$

$$C = Hgb \cdot 1.34 SpO_2 + 0.003 \cdot PO_2$$

Μετρήσεις στον δεξιό καθετηριασμό

Δοκιμασία Αγγειοδραστικότητας
Σε Ιδιοπαθή ΠΥ, κληρονομούμενη ΠΥ, ΠΥ από φάρμακα

Χορήγηση: • εισπνεόμενου NO 10-20 ppm
• iv epoprostenol
• iv adenosin

Θετική δοκιμασία (10%) αν μέση ΠΑΠ $\geq 10\text{mmHg}$ ή ΠΑΠ $\leq 40\text{mmHg}$
Χορήγηση αναστολέων διαύλων Ca

Μετρήσεις στον δεξιό καθετηριασμό

Μέτρηση πνευμονικών αγγειακών αντιστάσεων

$$PVR=(mPAP-PAWP)/CO$$

Σε προτριχοειδική PH PVR ≥ 3 Wood Units
+ mPAP ≥ 25 mmHg
+ PAWP ≤ 15 mmHg

Μετρήσεις στον δεξιό καθετηριασμό

Χορήγηση υγρών

Στην ΠΥ τύπου 2(μετατριχοειδική) είναι δυνατόν PAWP <15mmHg λόγω διουρητικών.

Χορήγηση ταχέως 500ml υγρών

Πραγματική PAWP

Προγνωστικοί παράγοντες στην πνευμονική υπέρταση

Determinants of prognosis* (estimated 1-year mortality)	Low risk <5%	Intermediate risk 5–10%	High risk >10%
Clinical signs of right heart failure	Absent	Absent	Present
Progression of symptoms	No	Slow	Rapid
Syncope	No	Occasional syncope ^b	Repeated syncope ^c
WHO functional class	I, II	III	IV
6MWD	>440 m	165–440 m	<165 m
Cardiopulmonary exercise testing	Peak VO ₂ >15 ml/min/kg (>65% pred.) VE/VCO ₂ slope <36	Peak VO ₂ 11–15 ml/min/kg (35–65% pred.) VE/VCO ₂ slope 36–44.9	Peak VO ₂ <11 ml/min/kg (<35% pred.) VE/VCO ₂ slope ≥45
NT-proBNP plasma levels	BNP <50 ng/l NT-proBNP <300 ng/l	BNP 50–300 ng/l NT-proBNP 300–1400 ng/l	BNP >300 ng/l NT-proBNP >1400 ng/l
Imaging (echocardiography, CMR imaging)	RA area <18 cm ² No pericardial effusion	RA area 18–26 cm ² No or minimal, pericardial effusion	RA area >26 cm ² Pericardial effusion
Haemodynamics	RAP <8 mmHg CI ≥2.5 l/min/m ² SvO ₂ >65%	RAP 8–14 mmHg CI 2.0–2.4 l/min/m ² SvO ₂ 60–65%	RAP >14 mmHg CI <2.0 l/min/m ² SvO ₂ <60%

Συμπεράσματα

- Παρά το ότι το υπερηχοκαρδιογράφημα συνήθως βγάζει την πρώτη πιθανή διάγνωση της πνευμονικής υπέρτασης, η τεκμηρίωση γίνεται με τον δεξιό καθετηριασμό που αποτελεί το gold standard και πρέπει να διενεργείται πάντοτε όταν υπάρχει μέτρια ή σημαντική πιθανότητα πνευμονικής υπέρτασης.
- Ακολουθεί μετά την ολοκλήρωση των υπολοίπων εξετάσεων.
- Ο καθετηριασμός θα πρέπει να διενεργείται σε κέντρο με σημαντικό αριθμό τέτοιων πράξεων και να εκτελείται από έμπειρο ιατρό ενώ θα πρέπει να είναι πλήρης έτσι ώστε να απαντηθούν τα διαγνωστικά ερωτήματα που έχουν τεθεί.