Interactions cardio-pulmonaires

DIU réanimation des cardiopathies congénitales

Dr. A.Bordessoule

Intensiviste pédiatre Genève

17.01.2019

Hôpitaux Universitaires Genève

Plan

Rappels physiologie pédiatrique

- Respiratoire
- CV

Physio interaction cœur-poumon

- Effet de VS sur le système CV
- Effet de la Ventilation mécanique sur le système CV
  - Cœur droit
  - Cœur gauche
  - Interdépendance ventricules

- Effet du système CV sur la ventilation

Physiologie pédiatrique CV

Immaturité du myocarde en quantité et qualité

- Masse VD=VG
- Richesse élément non contractile
- Architectures aléatoires myocytes
- Réticulum sarcoplasmique peu fournie /faible capacité stokage Ca i
- faible densité R beta

Immaturité du syst nerveux Sympathique

- tonus vagal ++ période néonatale
- bradycardie est facilement induite par une stimulation vagale (laryngoscopie...) ou toute hypoxie…

Immaturité baro et chermoR et Modification de l'hémoglobine

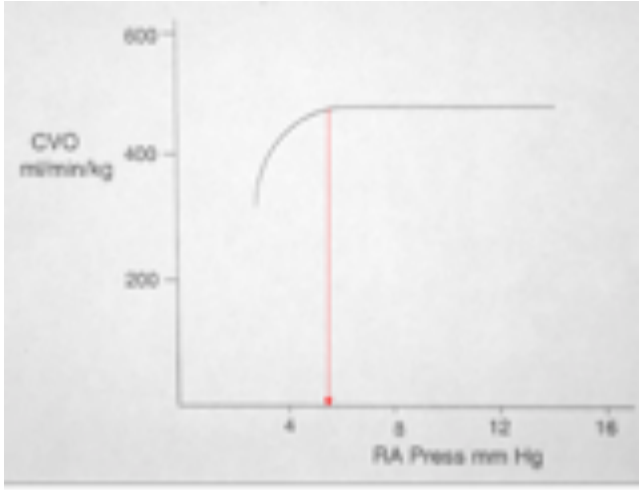
Physiologie pédiatrique CV

Débit cardiaque dépend stt FC

- !!! bradycardie = ↓ ↓ débit cardiaque !!!!
- Fonction systolique = Contractilité myocardique faible et d'emblée maximale
- Fonction diastolique ↓ car proportion ++ de fibres collagènes = médiocre distensibilité =mvs compliance

Adaptation

- adaptation VG rapide = masse VG *3/ 3 sem
- fonction diastolique optimale 3 mois
- Croissance différenciée 2 ventricules
  - VG : épais, contractile, peu compliant
  - VD : mince, peu contractile, très compliant



Limitation du STARLING

Hôpitaux Universitaires Genève

Physiologie pédiatrique CV

Débit = dépend FC
= Apport Ca++
Starling = limité par Compliance ↓
Réponse Catécholamines = ↓
Pré – postcharge = Sensible
Interdépendance V = ↑

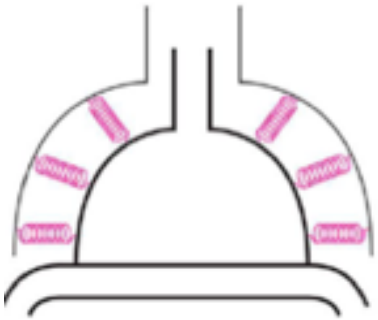
En pratique :
Patient de 7 jours de vie post switch artériel FC :105/min PAM :40 mmHg Svo2 : 50 %
Sous dexmed a 0.7mg.kg.h
=> Penser a accélérer avec PM

Hôpitaux Universitaires Genève

Physiologie pédiatrique respiratoire

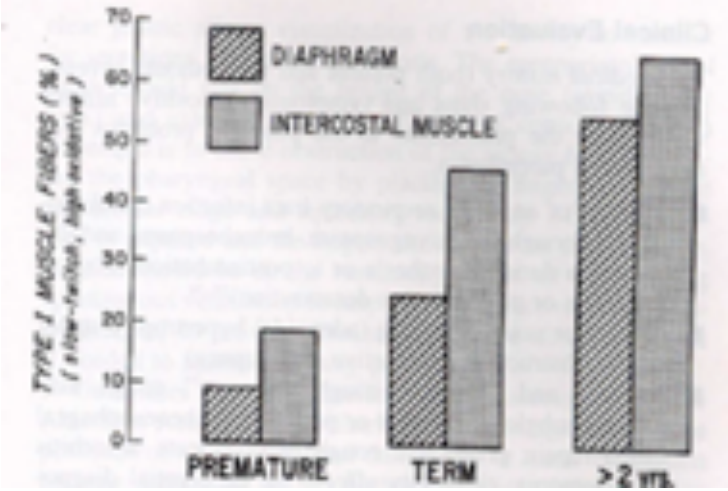
Immaturité thoraco-pulmonaire

- Compliance thoracique ↑
- Compliance pulmonaire ↓
- Déficit surfactant
- Résistance ↑ // VA étroites
- CRF basse
- Vt tres proche de la CRF = atélectasies



Immaturité Diaphragme

- peu de fibres musc de type 1 (endurance)
- ↓ force diaphragmatique



Immaturité centrale

- Apnées Centrales
- Apnées Obstructives

↑ consommation en O2 // besoins métaboliques liés croissance

Physiologie pédiatrique respiratoire

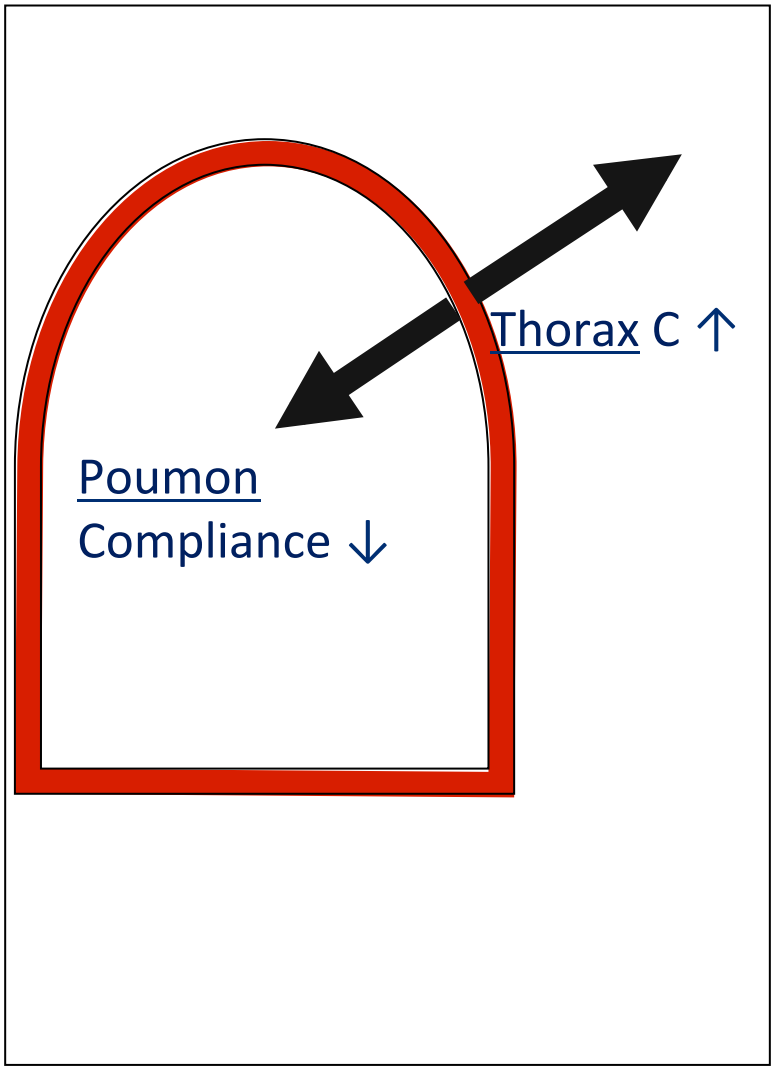
2 forces en opposition :

force élastique du poumon = force de retour

- Reflète sa tendance naturelle à la rétraction
- Constituée par f. collagène et élastine

force élastique de cage thoracique

- due aux ligaments
- fibres musculaires des m. respiratoires qui reprennent leur position de repos

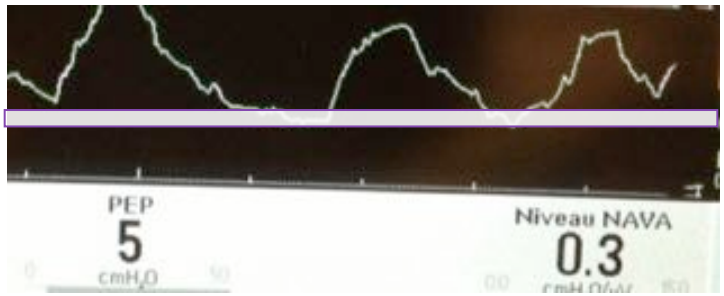


Physiologie pédiatrique respiratoire

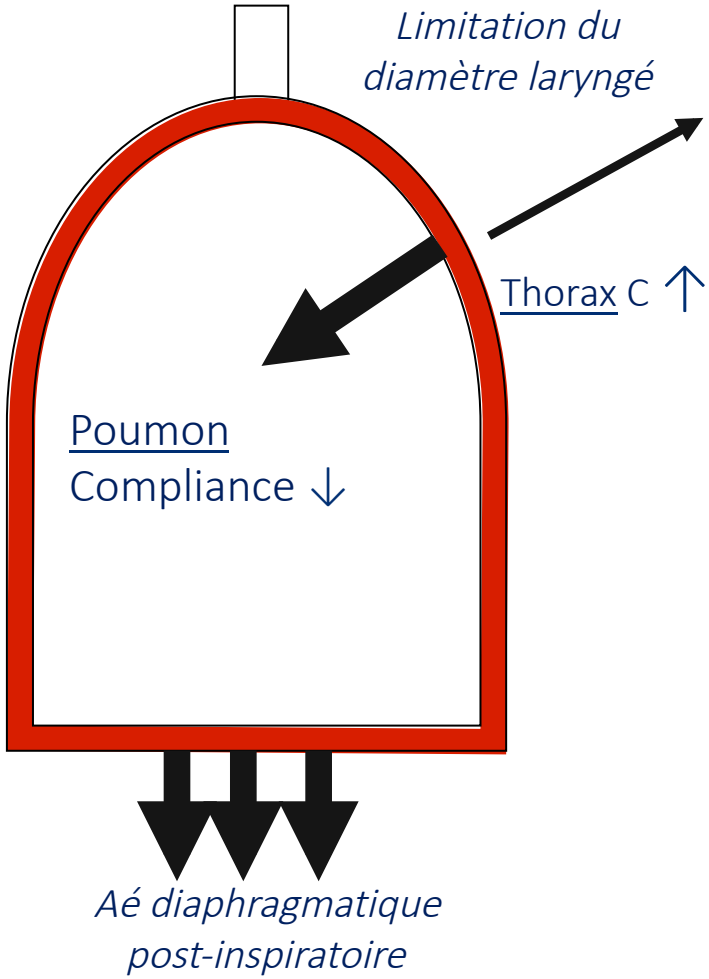
= Collapsus pulmonaire
= Fatiguabilité respiratoire

= > compensation

- ↑ FR
- Activité postinsp diaphragme
- ↓ diamètre laryngée a expiration



Eadi



Plan

Physio interaction cœur-poumon

- Effet de VS sur le système CV

Physiologie interaction cœur-poumon

«Le cœur est une pompe situé ds le thorax qui en est une autre»

Even. P. Pulmonary circulation 1980

- espace clos et mobile: cage thoracique

- 2 systèmes:
  - Cœur et gros vaisseaux
  - Poumon et arbre trachéo bronchique

- Soumis à des variations de régime de pressions

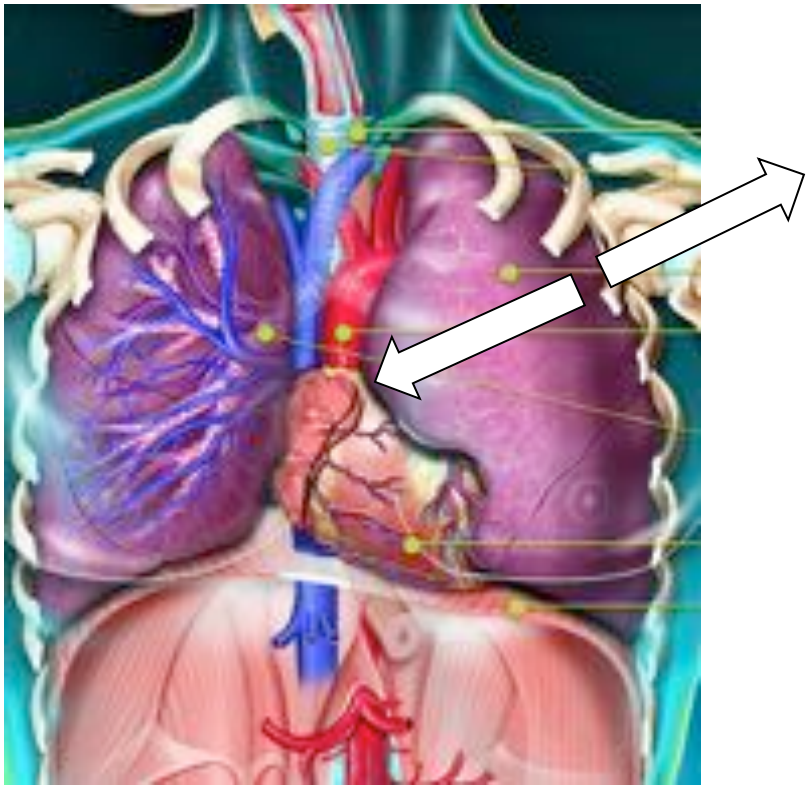
Physio interaction cœur-poumon

- Effet de VS sur le système CV
- Effet de la Ventilation sur le système CV

Effet de VS sur système CV / Repos

En VS, au repos = m respiratoires au repos

- Pression de retour élastique du poumons = Pression de la cage thoracique
- Pression alv = Pression atm
- L'air ne circule pas dans l'arbre bronchique.



Hôpitaux Universitaires Genève

Effet de VS sur système CV / Précharge

Précharge : tension musculaire au début de la contraction musculaire.

Débit retour veineux = Psm-POD / R système vx (Loi de Poiseuille)

Retour vx systémique dépend du gradient (modèle de Guyton)

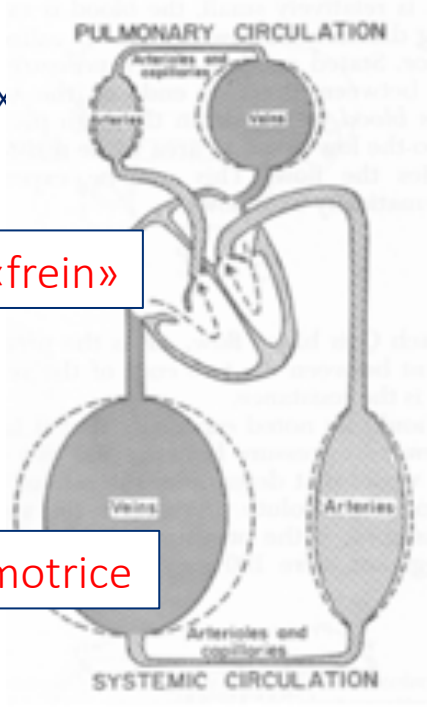
- **Pression systémique moyenne** des veines extra thoraciq =système vx capacitif qui dépend = Pression motrice
  - débit sanguin (volume contraint)
  - tonus vasculaire + /-
  - réservoir splanchnique (vol non contraint)

- POD = Pression « frein » a vaincre

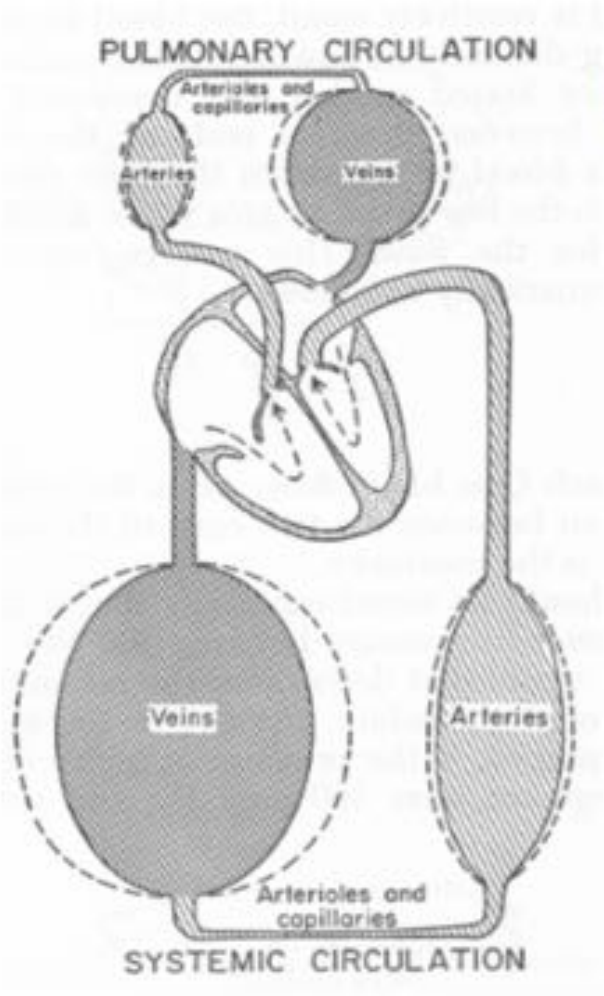
change en parallèle avec la pression qui l'entoure = pression pleurale

Goldberg. Am J Cardiol 1981

- RV bcp plus faible que les RAS



Hôpitaux Universitaires Genève

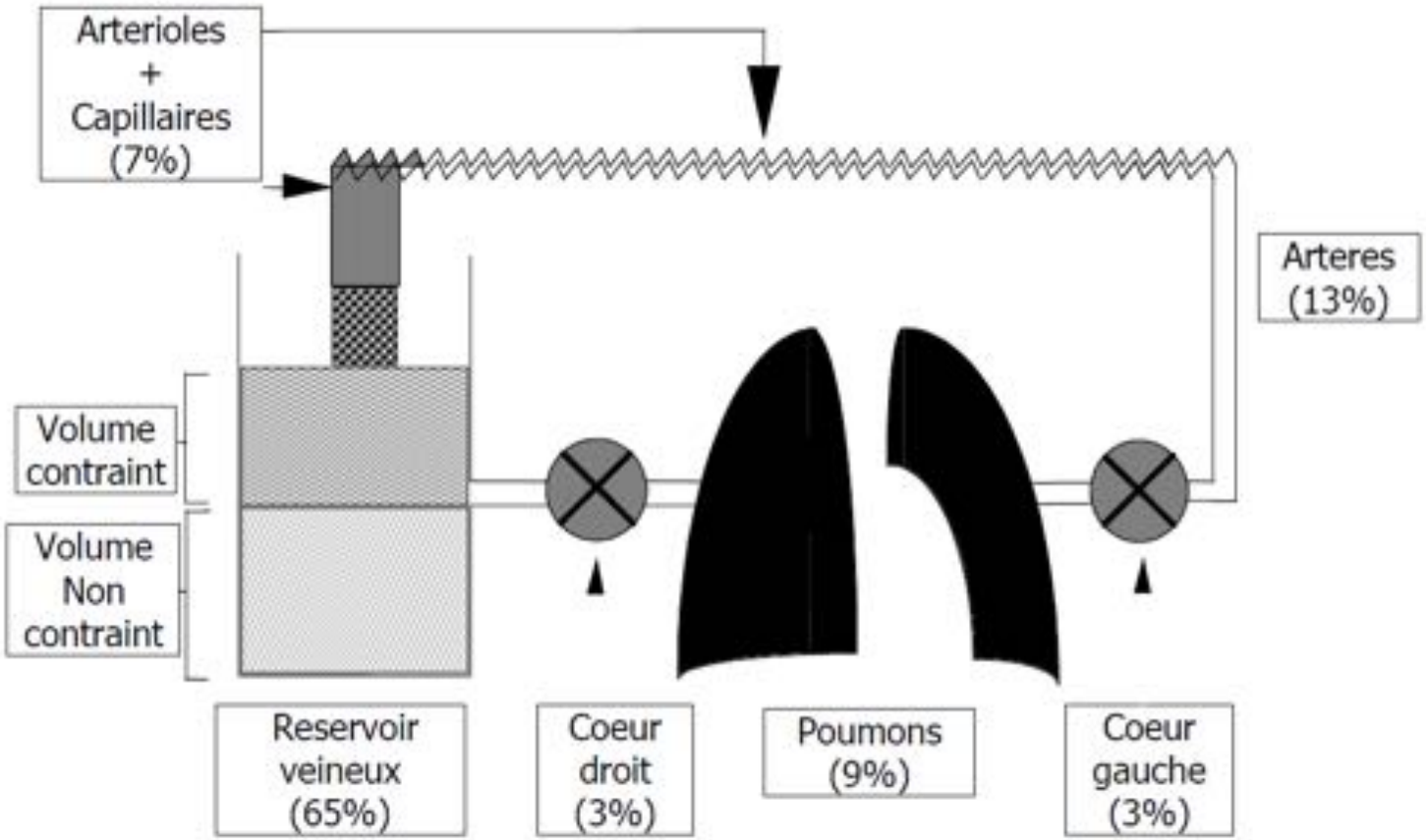


Répartition du volume sanguin total

Volémie : volume sanguin total de l'organisme (65 à 75 mL/kg : ~ 5 L adulte)

~ 65 % de la volémie est contenue dans le système veineux (rôle de stockage)

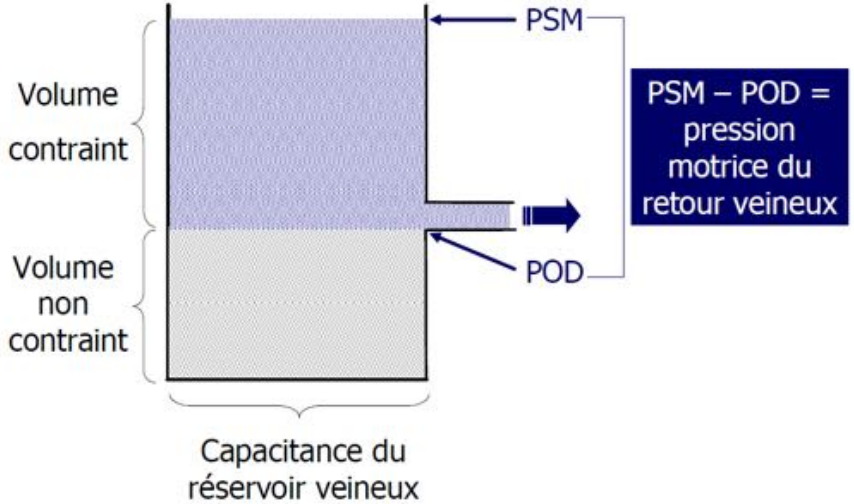
Hôpitaux Universitaires Genève



Cholley, 2002

En pratique : choc hémorragique

Réservoir veineux

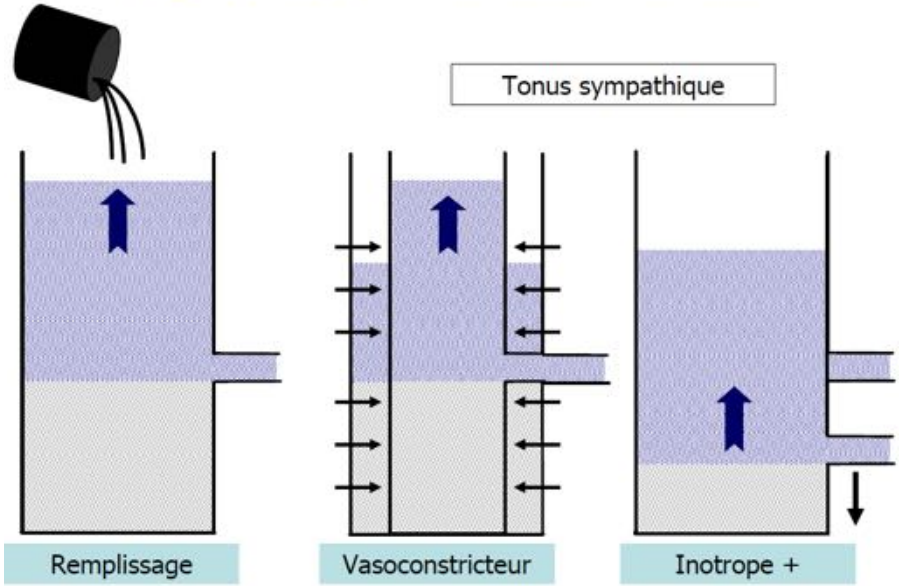


Recrutement de volume contraint ?

- Animal : stimulation sympathique maximale recrute ~12 à 16 ml/kg de volume contraint (aux dépens du volume non contraint)
- Extrapolation chez l'homme : > 1 L chez l'adulte de 70 kgs (soit 3 L de critalloïdes)

Clinique : phénomènes adaptatifs déjà activés et le plus souvent dépassés !!

Augmentation du retour veineux



Hôpitaux Universitaires Genève

Effet de VS sur système CV / Précharge

En VS à l'inspiration

- pr pleurale - => PIT - => ↓ POD
- ↑ Pr intra abdo (abaissement diaphragme)
- ↑ gradient

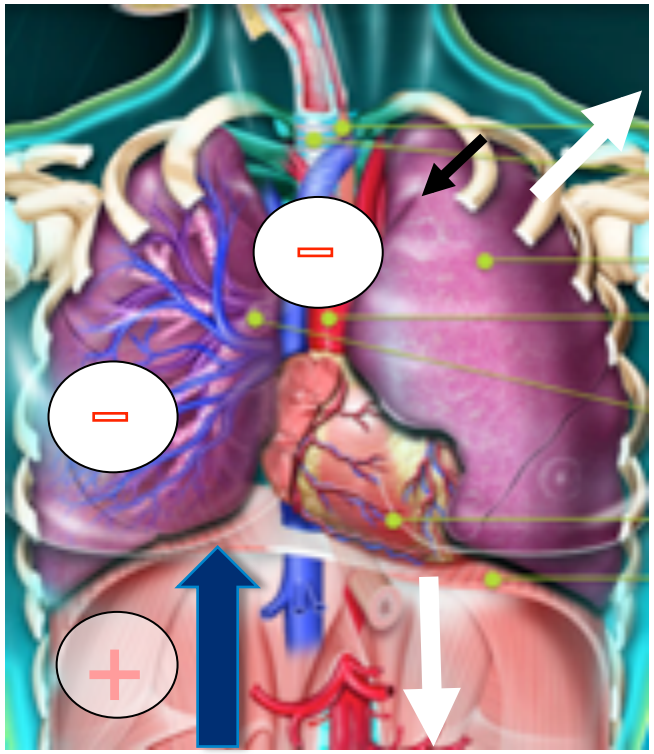
= > ↑ retour veineux = ↑ débit

- limitée par la collapsibilité des veines

= > collapsus VCI sousdiaphragmatique

Pr intra abdo tres + ce qui limite le risque de surcharge brutale du VD

Guyton Am J Physiol 1957

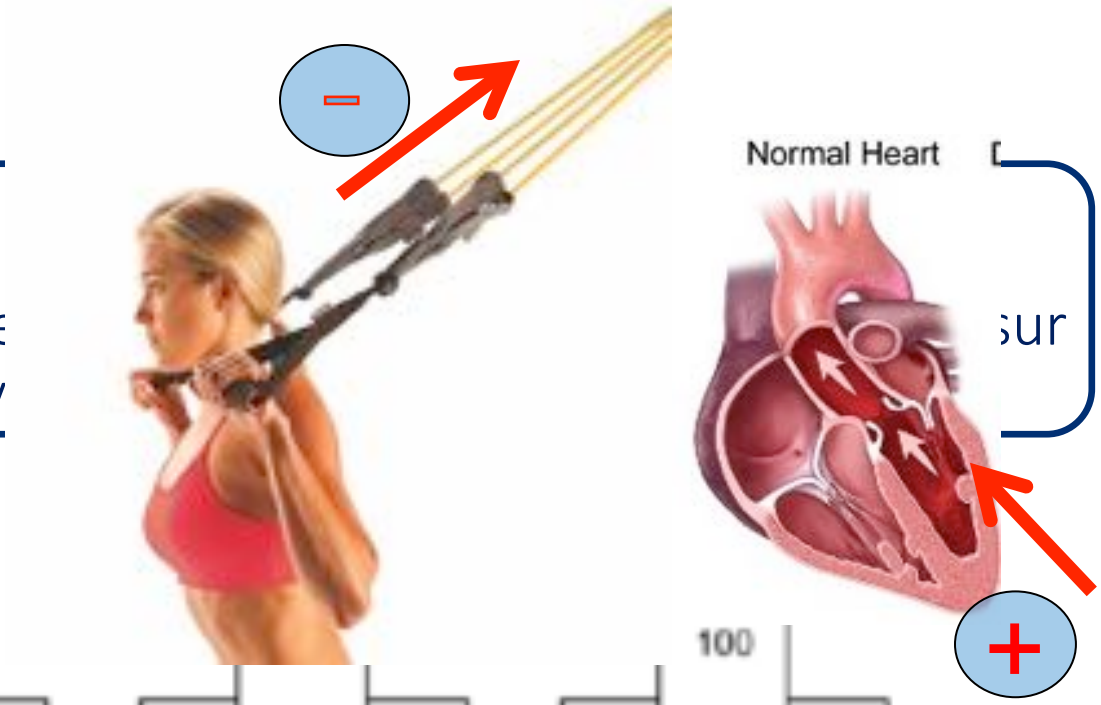


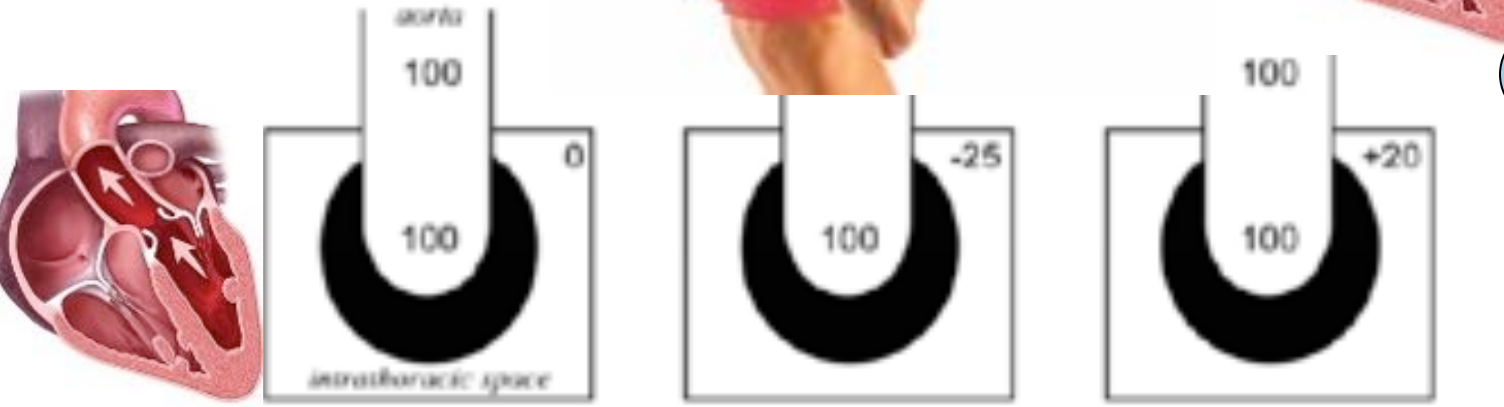
Hôpitaux Universitaires Genève

VS sur système CV / Postcharge du VG

ensemble de facte
paroi v

sur



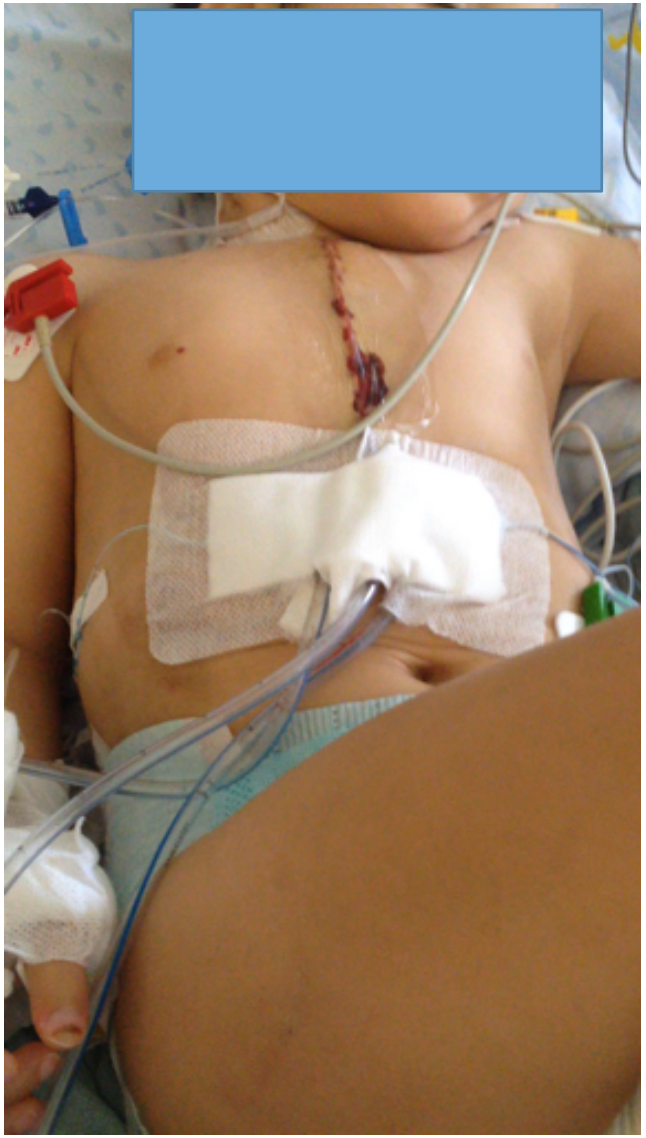


PTM = 100 - 0
= 100

PTM = 100 - (-25)
= 125

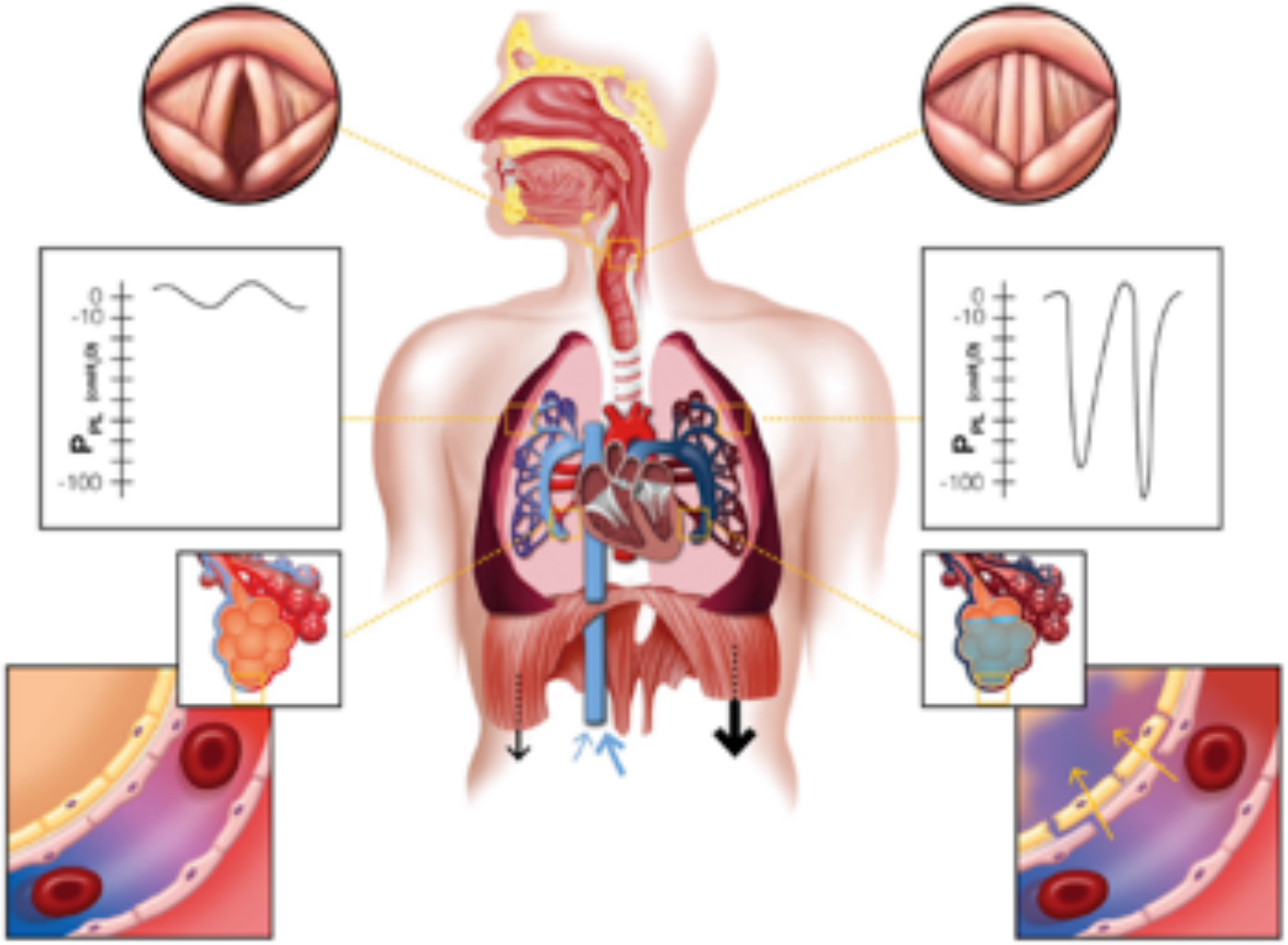
PTM = 100 - 20
= 80

En pratique : VS en postop chir cœur gauche



Hôpitaux
Universitaires
Genève

Œdème a pression négative



Lemyze M, Intensive care Med 2014

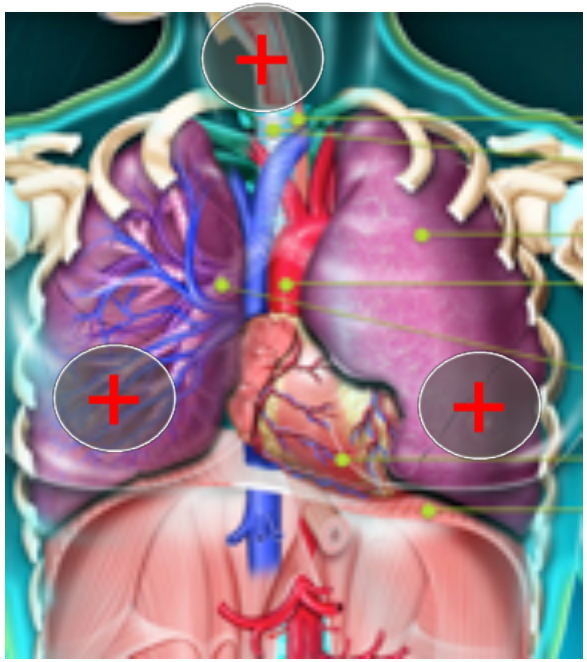
-Laryngospasme
-Drainage thoracique

- Effet de la Ventilation mécanique sur le système CV
  - Cœur droit
  - Cœur gauche

Effet VM sur cœur droit

En Ventilation mécanique

- En inspiration Pr + vs négatif
  - ↑ pression alvéolaire
  - ↑ pression pleurale
- Pression pleurale + tout le cycle respiratoire
- A l'expiration PEEP

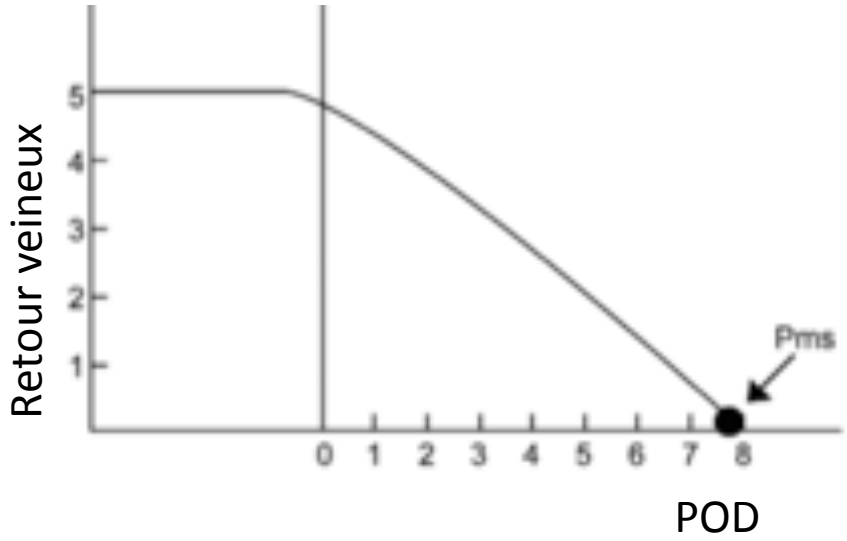


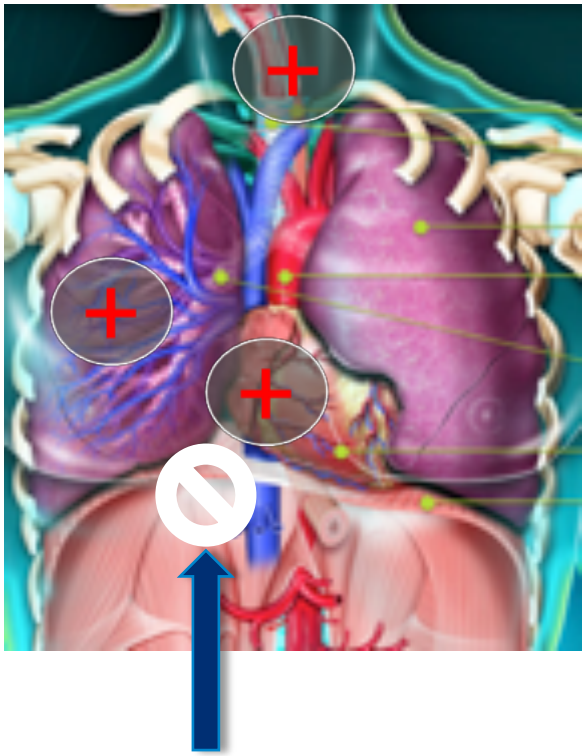
Hôpitaux Universitaires Genève

Effet VM sur cœur droit / Précharge

En inspiration, en VM :

- Pr alvéolaire + => transmise pr pleurale => ↑ POD
  - => ↓ retour veineux
  - => ↓ précharge VD

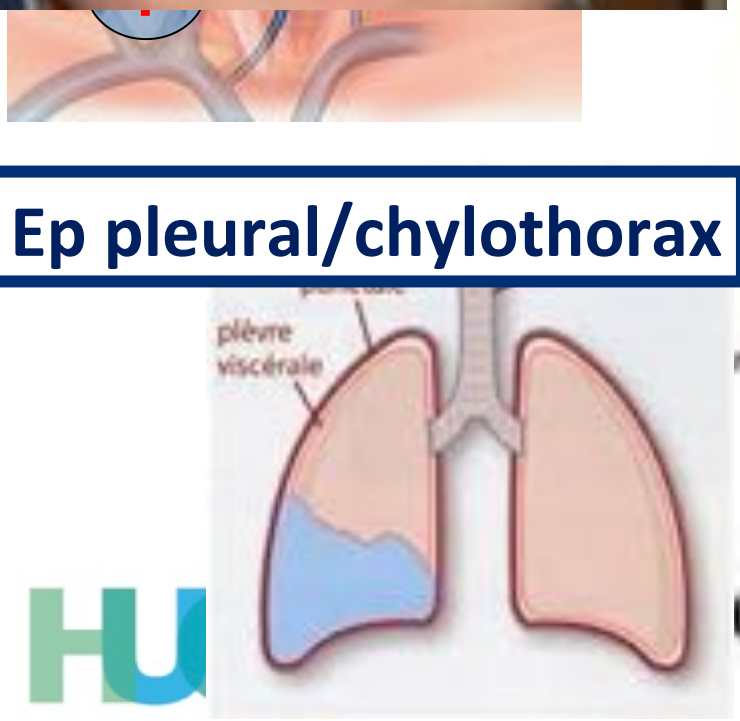




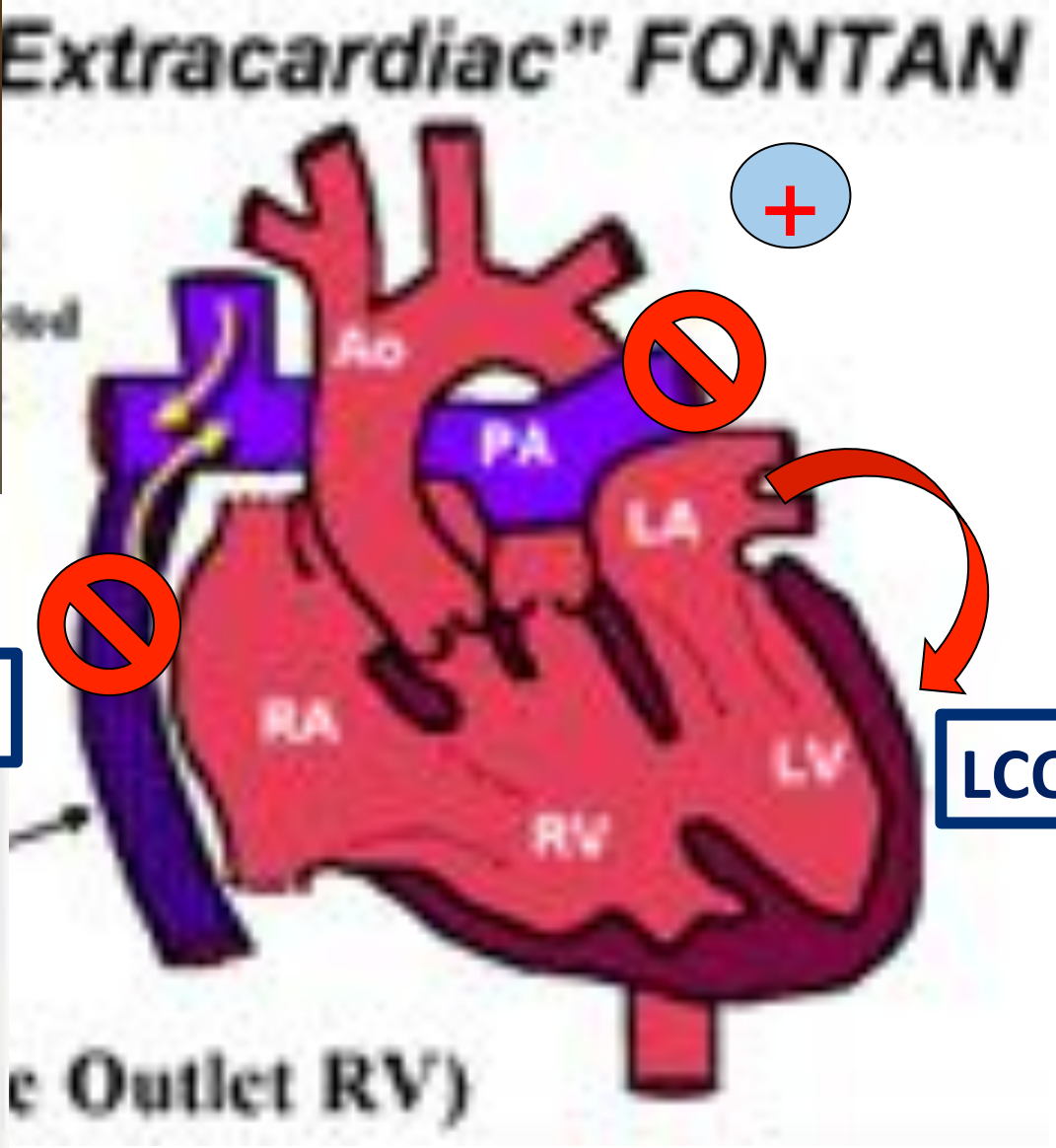
Hôpitaux Universitaires Genève

En pratique : VM et Fontan

Syndrome cave sup



Ep pleural/chylothorax

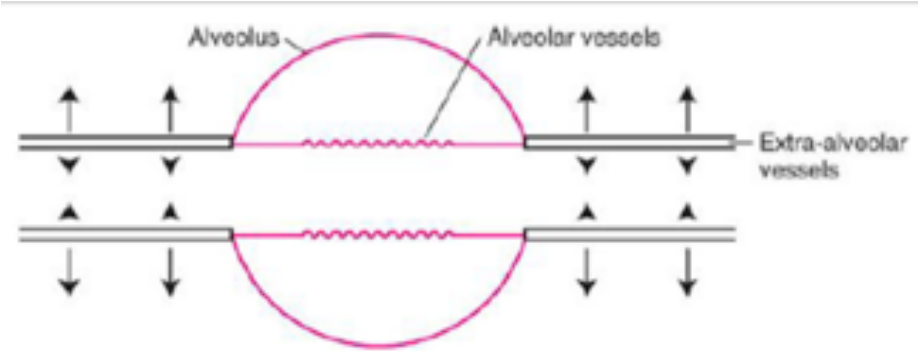


LCOS

Effet VM sur cœur droit / postcharge

2 types de vaisseaux pulmonaires

- Vx de gros calibre = Vx extra alvéolaire Soumis à la Pr° interstitielle pulm = Pr° pleurale
- Vx de petit calibre = Vx intra alvéolaire Soumis à la Pr° intra alvéolaire



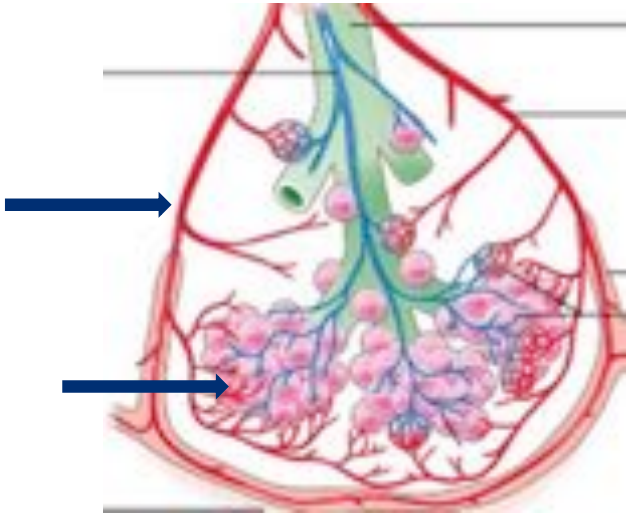
Hôpitaux Universitaires Genève

Effet VM sur cœur droit / postcharge

Volume pulmonaire a un effet opposé sur 2 types de vx

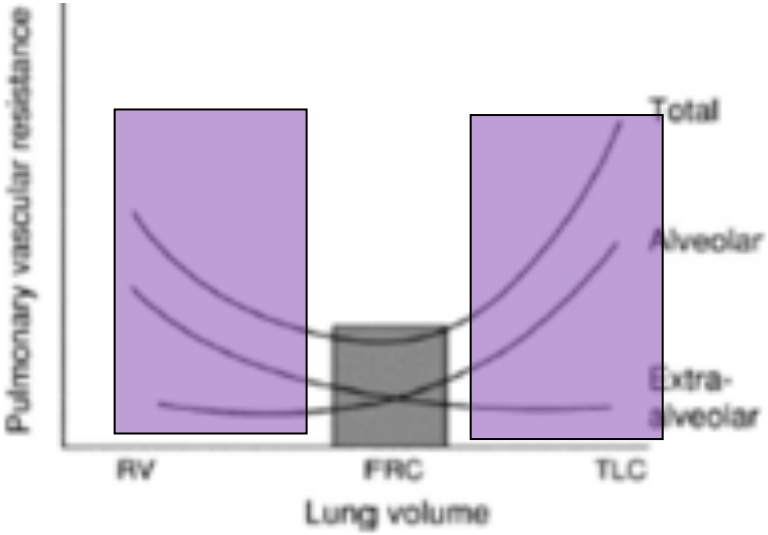
- Haut volume
  - Capillaires alvéolaire =diamètre ↓ par compression directe
  - Vx extra alvéolaire =inverse

  forces de traction s excercent sur le parenchyme pulmonaire et maintiennent ouvertes les VA et ces Vx



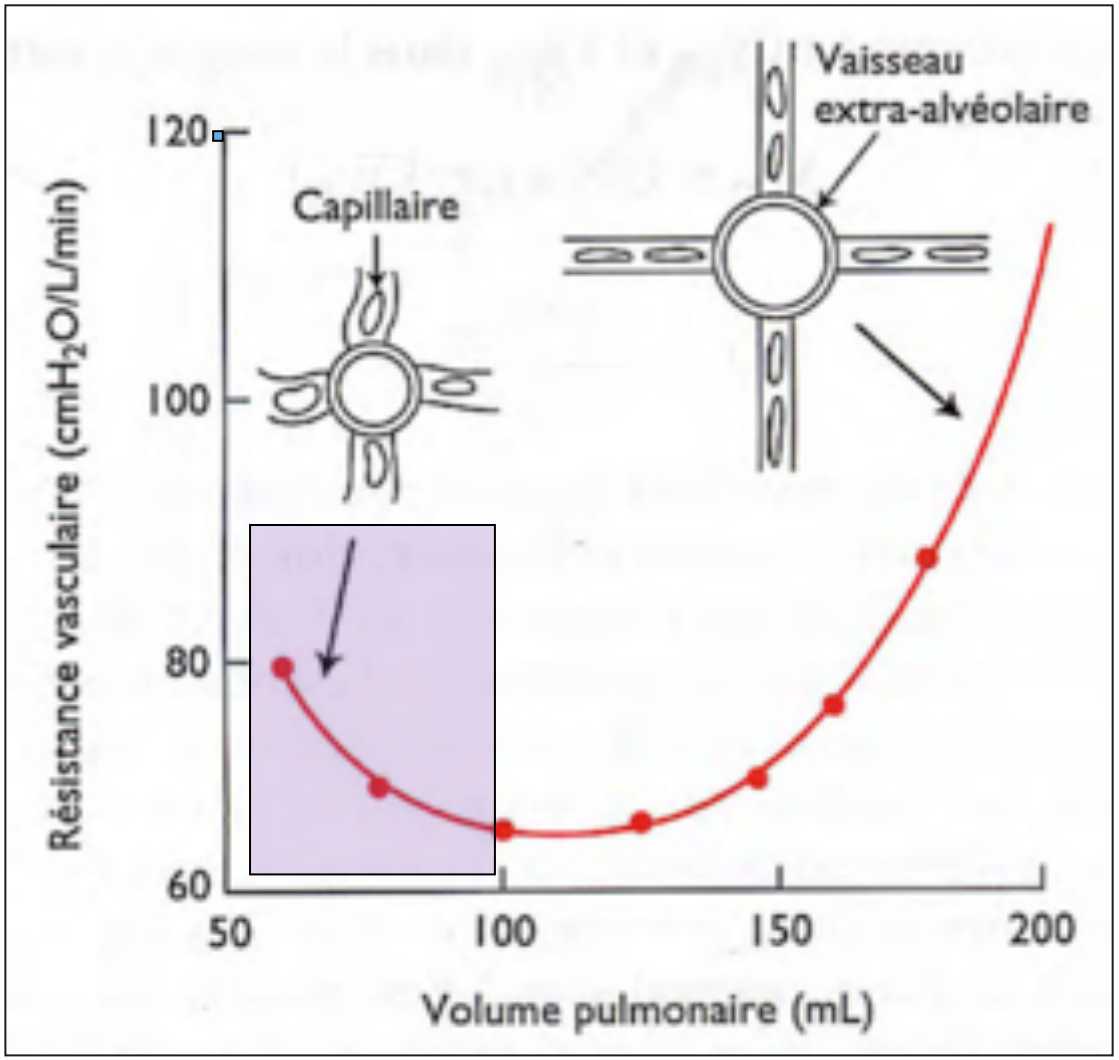
- Bas volume
  - Capillaire alv = diamètre ↑
  - Vx extra alv = diametre ↓

Dawson J appl physiol 1979

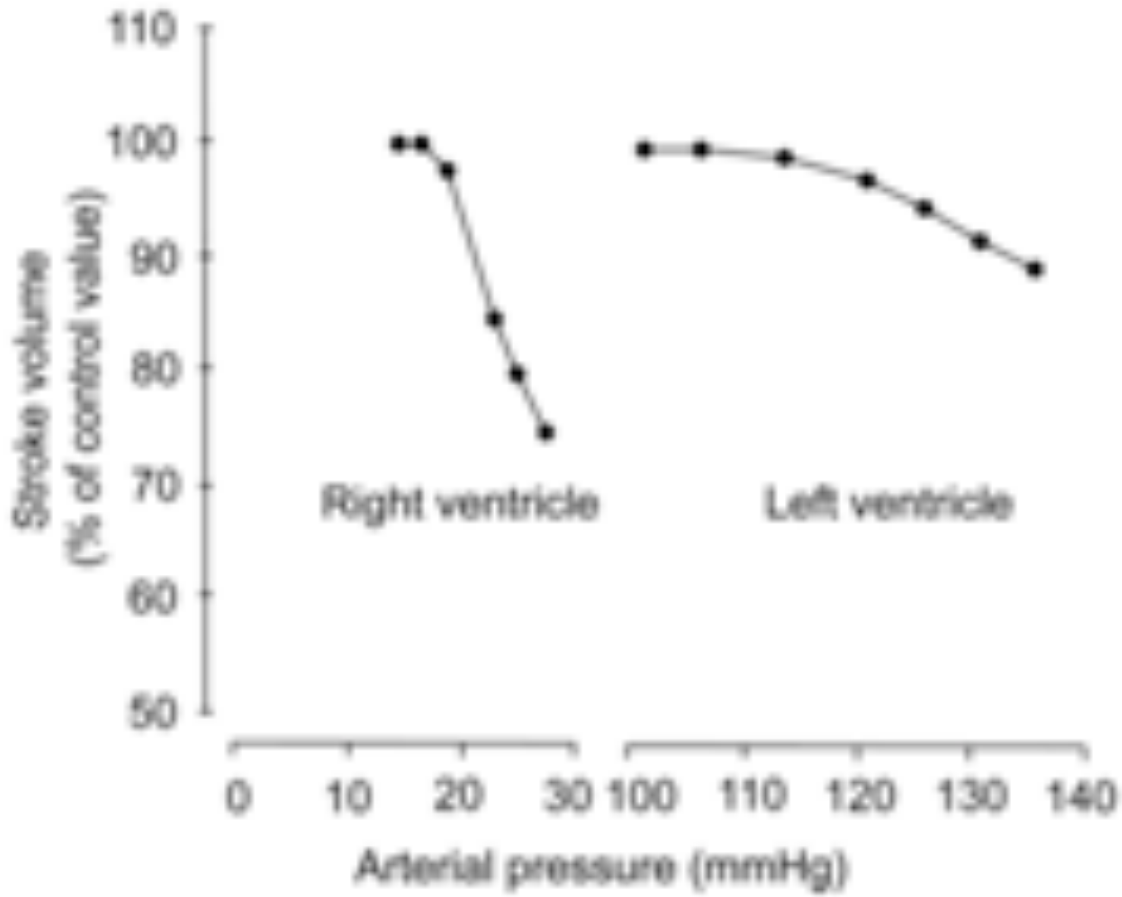


Hôpitaux
Universitaires
Genève

Effet VM sur cœur droit / postcharge



Effet VM sur cœur droit / postcharge

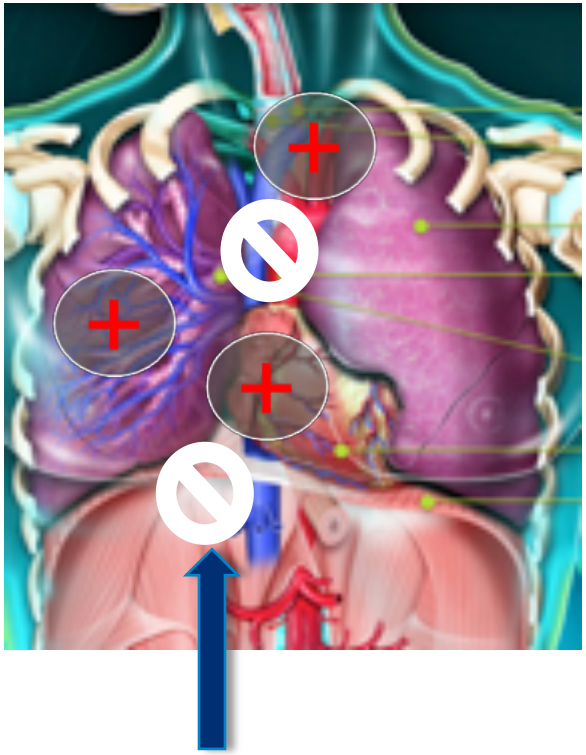


Mac Nee AJRCCM1994

Hôpitaux Universitaires Genève

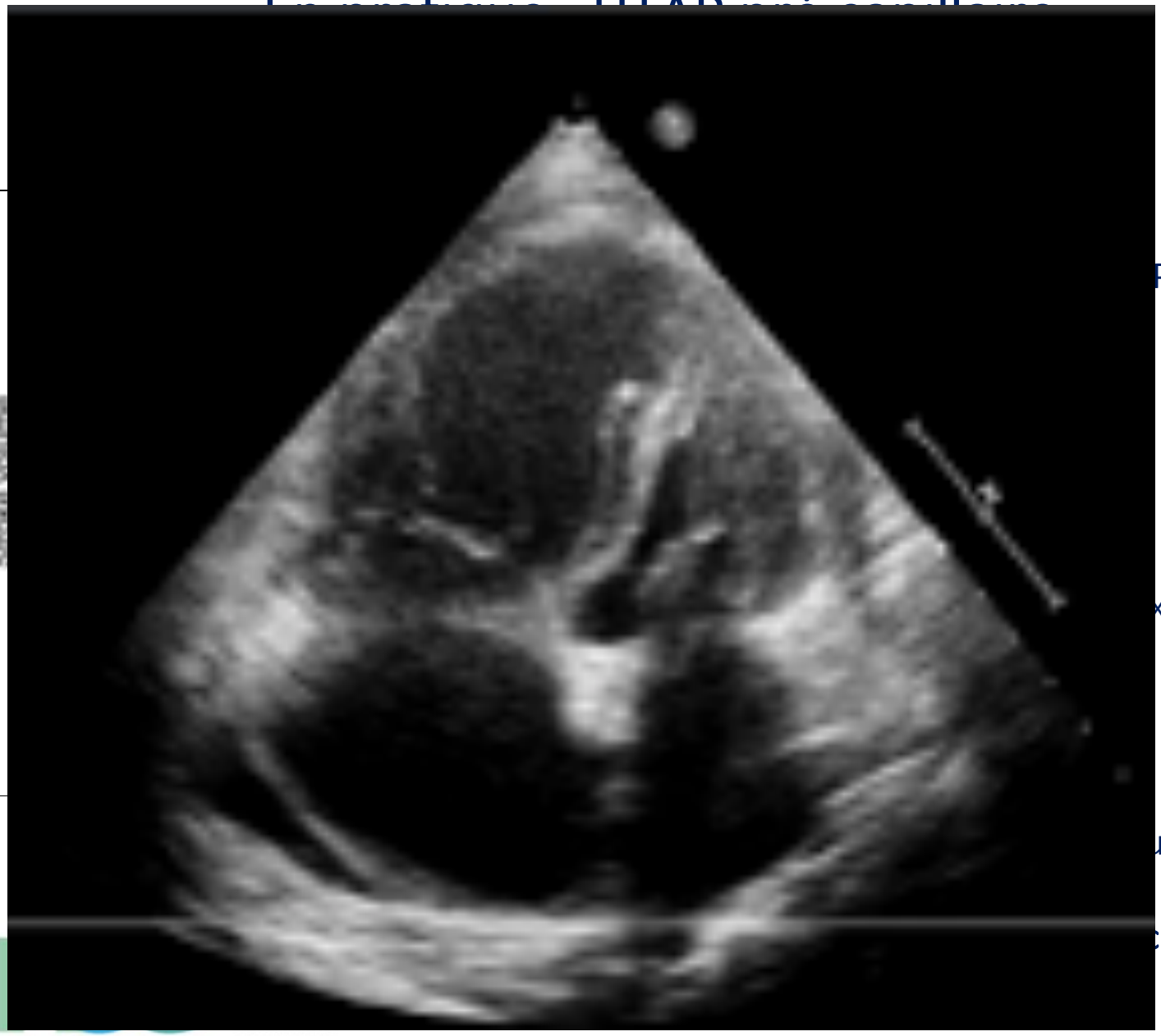
Effet VM sur cœur droit / Synthèse

- ↑ Pr° pleurale
  - ↑ Pr° OD
  - ↓ du retour veineux systémique
  - ↓ **précharge du VD**
- ↑ Pr° alvéolaire
  - ↑ R vasculaire pulmonaire
  - ↑ **postcharge du VD**



=> ↓ débit cardiaque Dr

Hôpitaux Universitaires Genève



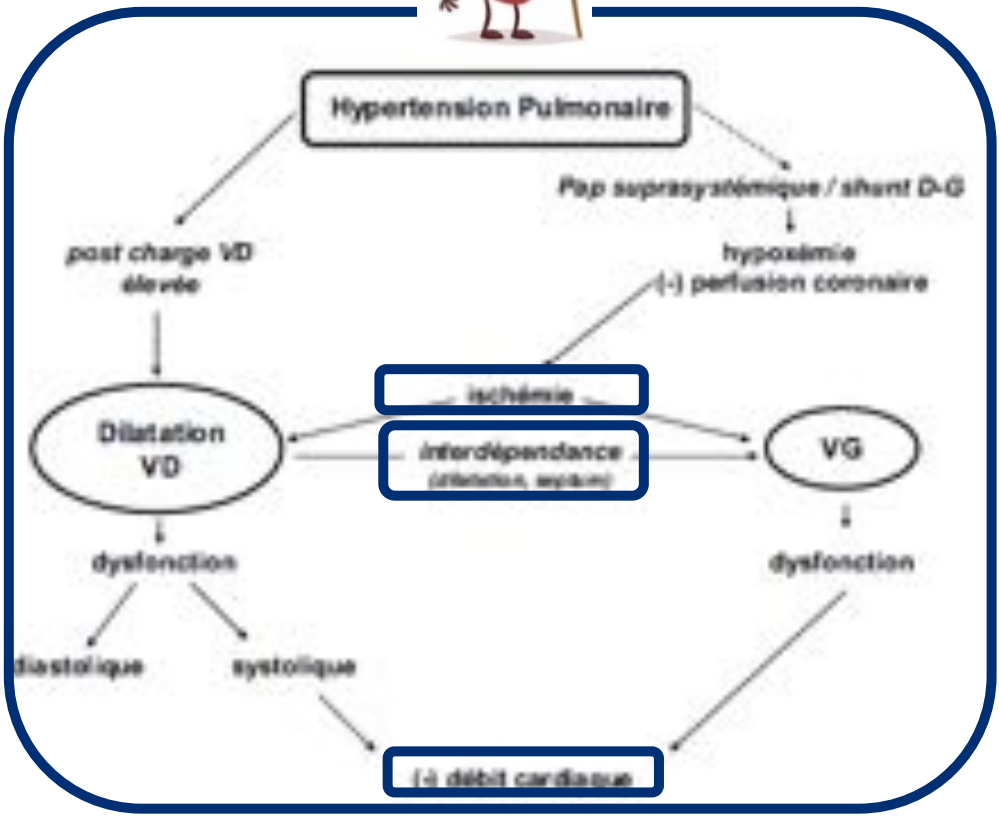
P pré capillaire

xcessif

ulmonaire lors de crise

rise = ↑ pression !!!!

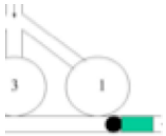
Conséquences cardiopulmonaire de l`HTP aigue =CRISE macrocirculatoire



- ↓compliance pulmonaire

sudden ↑ PAP = arterial distension of the smaller intrapulmonary arteries =lung oedema

- Compression bronchique extrinsèque par dilatation AP /OD
- ↑ espace mort par ↓ Qp

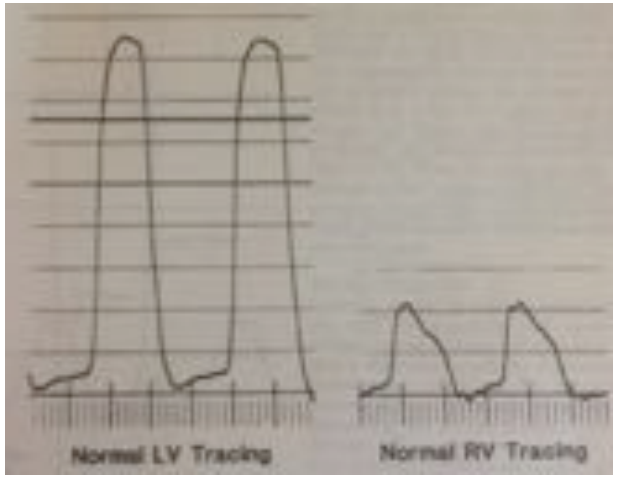


=V/Q mismatch causes hypoxia
respiratory acidosis
=↑ PAP and PVR

Hôpitaux Universitaires Genève

Bonnet et al. *Arch Pediatr* 2010
Kaestner, *Heart,* 2016

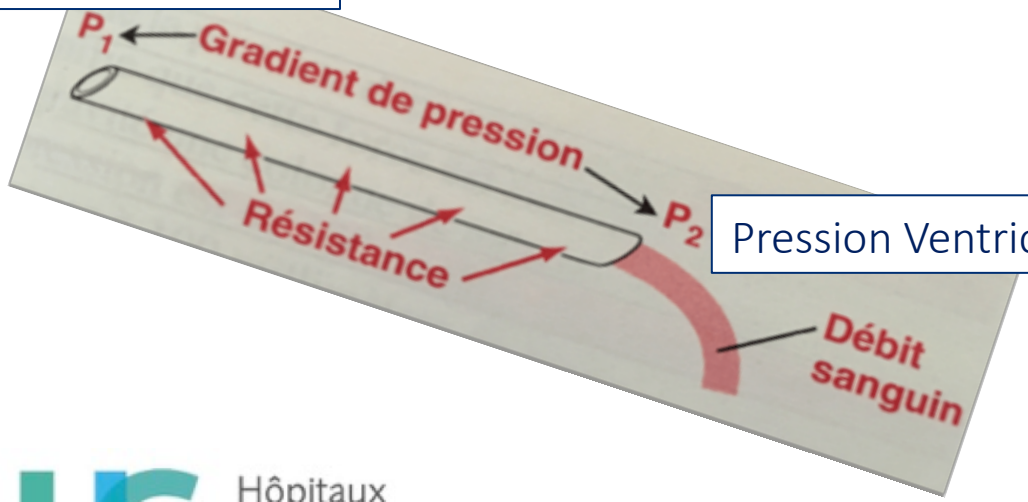
Perfusion coronarienne



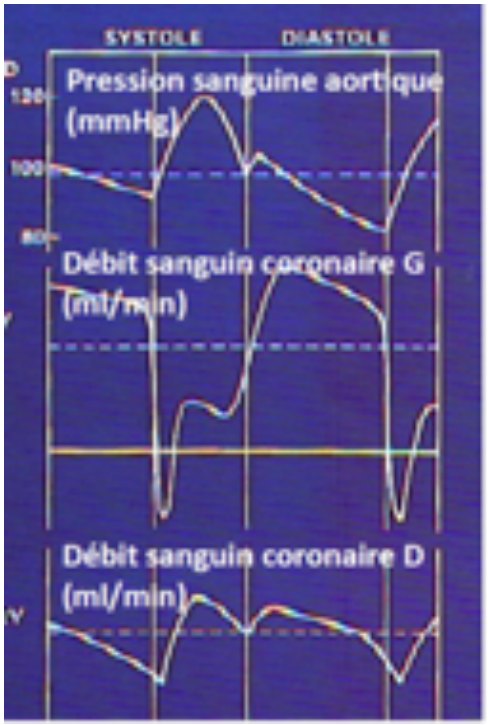
Perfusion coronaire G= PAo diastolique - PVG
=DIASTOLIQUE

Perfusion coronaire D = PAo – PVD
=SYSTOLO DIASTOLIQUE

Pression Aortique



Pression Ventricule

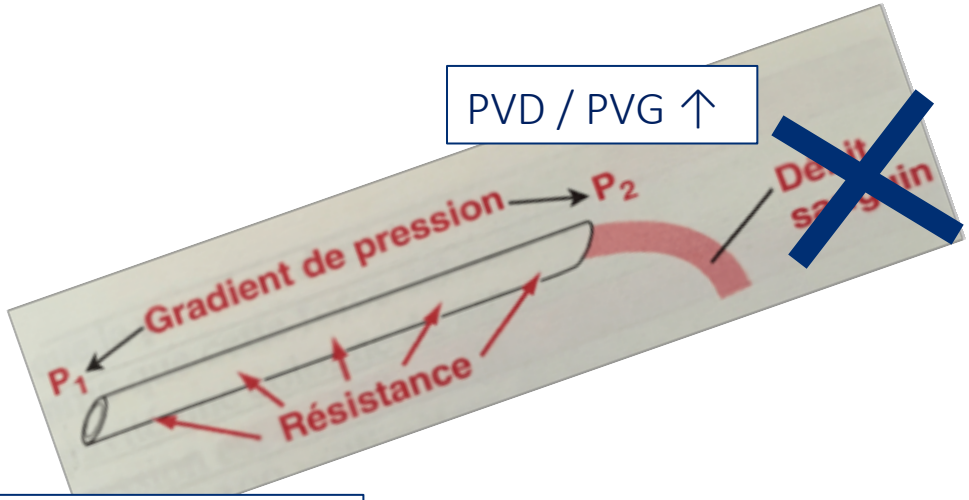


Hôpitaux Universitaires Genève

Lock Diagnostic and intervention KT in CHD 1987

Perfusion coronaire lors crise HTAP

PVD / PVG ↑



Pression Aortique ↓

= ISCHEMIE / TDR

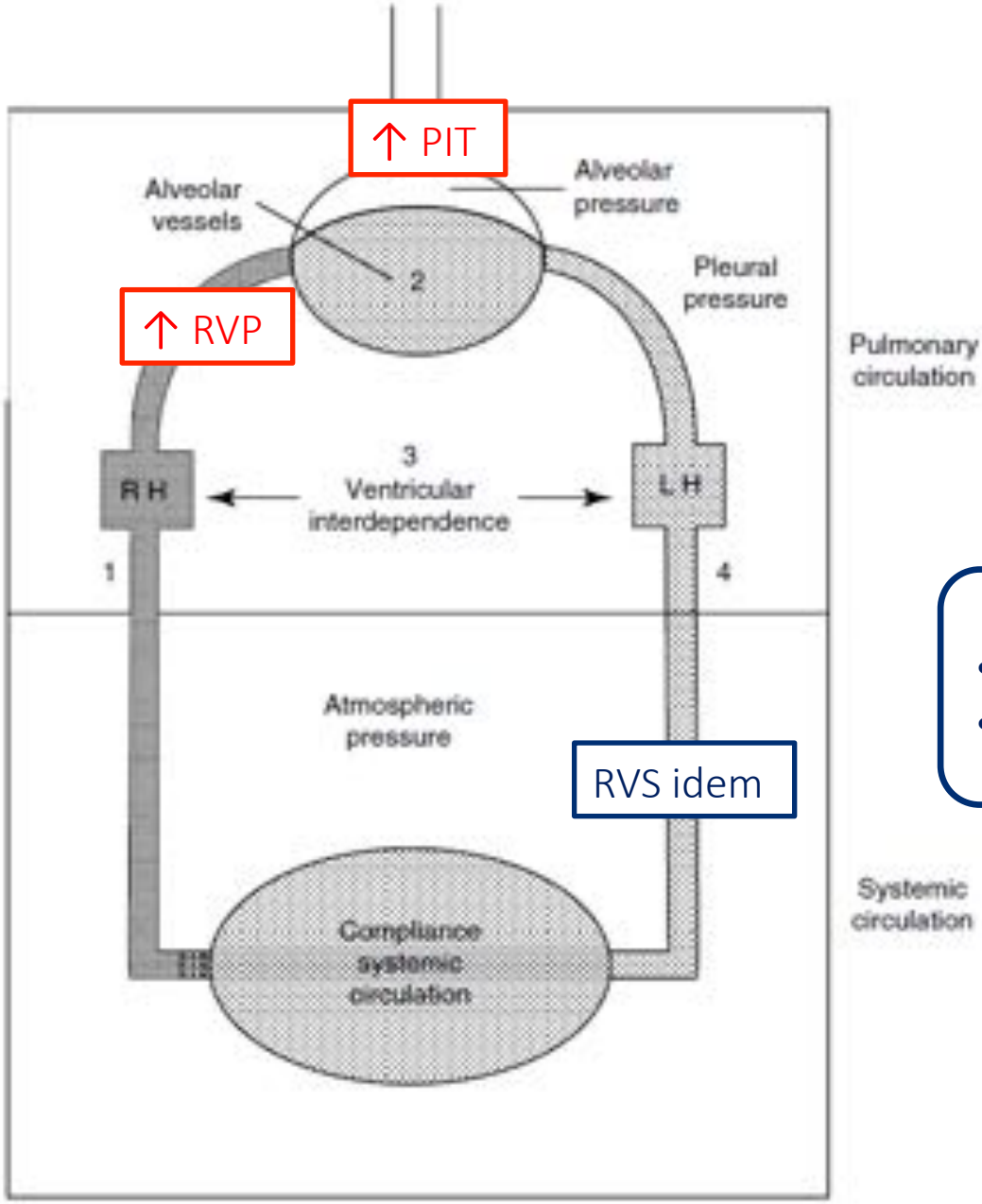
<u>Attention perfusion coronarienne</u> :

- severe RV hypertrophy
- RV filling pressures ++
-Tachycardia =diminution temps diastolique

= RV myocardial ischaemia, RV dilation
=>LV compression, causing a rise in LV filling pressures

Hôpitaux Universitaires Genève

- Effet de la Ventilation sur le système CV
  - Cœur droit
  - Cœur gauche



Cage thoracique rigide
=
Système clos

VX extrathoraciques
- ne subissent pas ↑ PIT
- Dc pas ↑Résistances vasc !!!!

Compartiment abdo
=
Système distensible

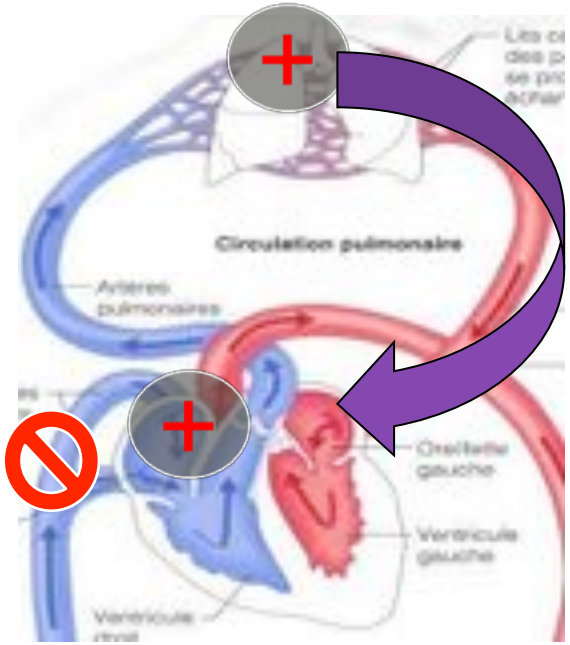
Effet VM sur cœur gauche pathologique/ Précharge

VM = Pr + =

- ↓du retour veineux = ↓ précharge
- VG rempli par retour veineux pul provenant circulation pulmonaire

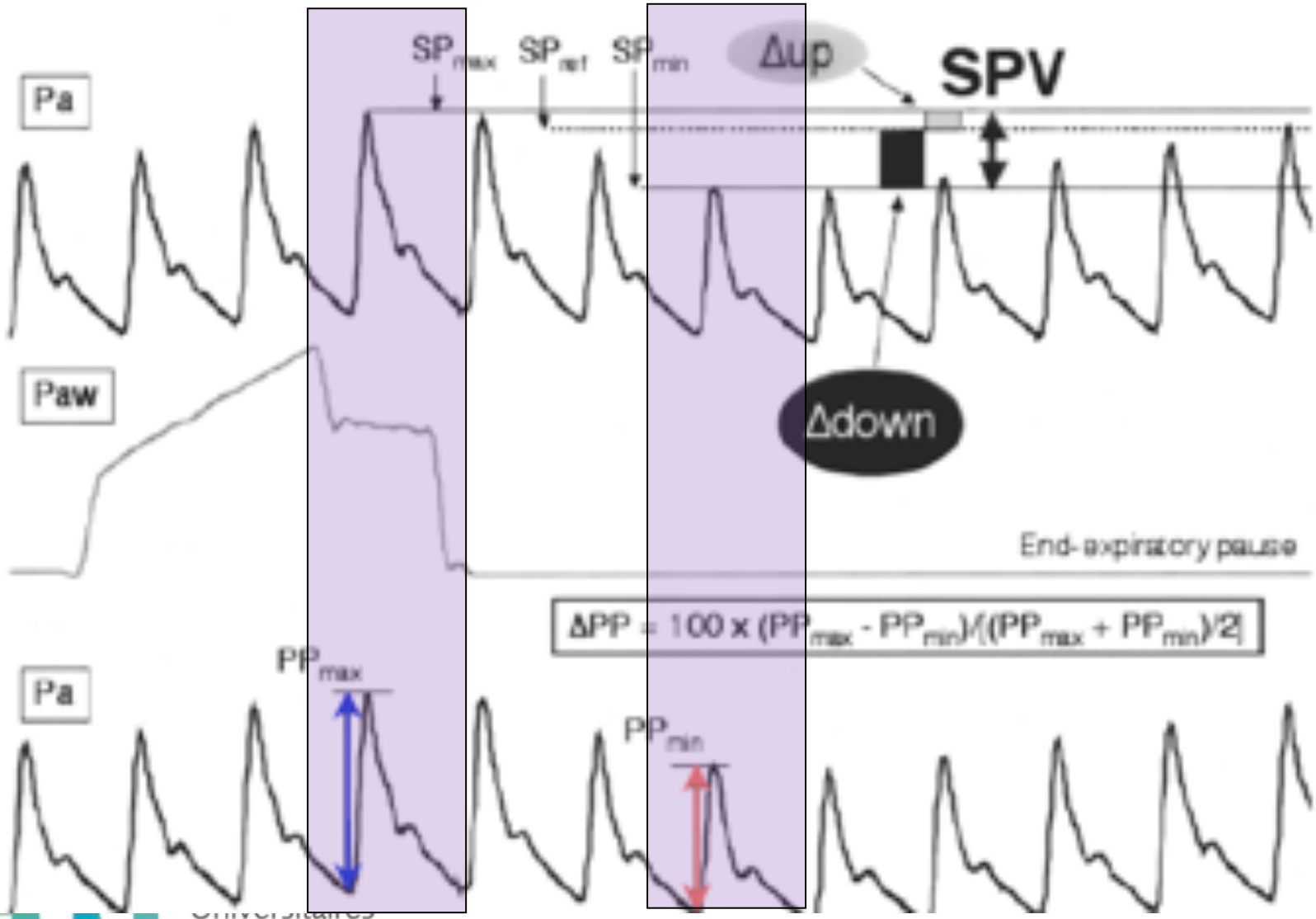
«chasse de sang» capillaires pulmonaires dans OG

= responsable du dUp sur PA sanglante



Hôpitaux Universitaires Genève

En pratique Delta PP



Genève

En pratique Delta PP

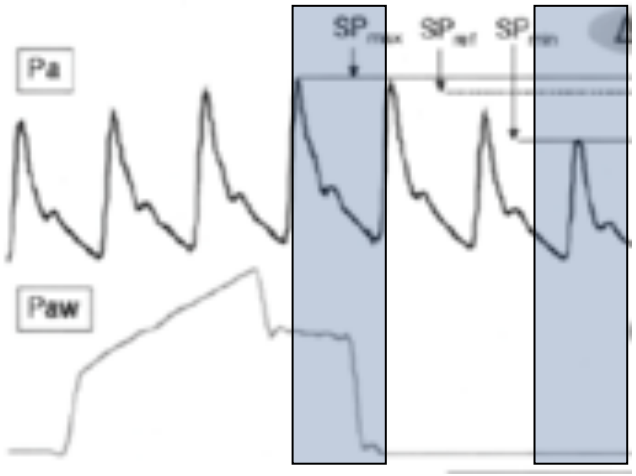
INSPIRATION

EXPIRATION

VG

VD

PATIENT HYPOVOLEMIQUE



Hôpitaux Universitaires Genève

Effet VM sur cœur gauche / Postcharge

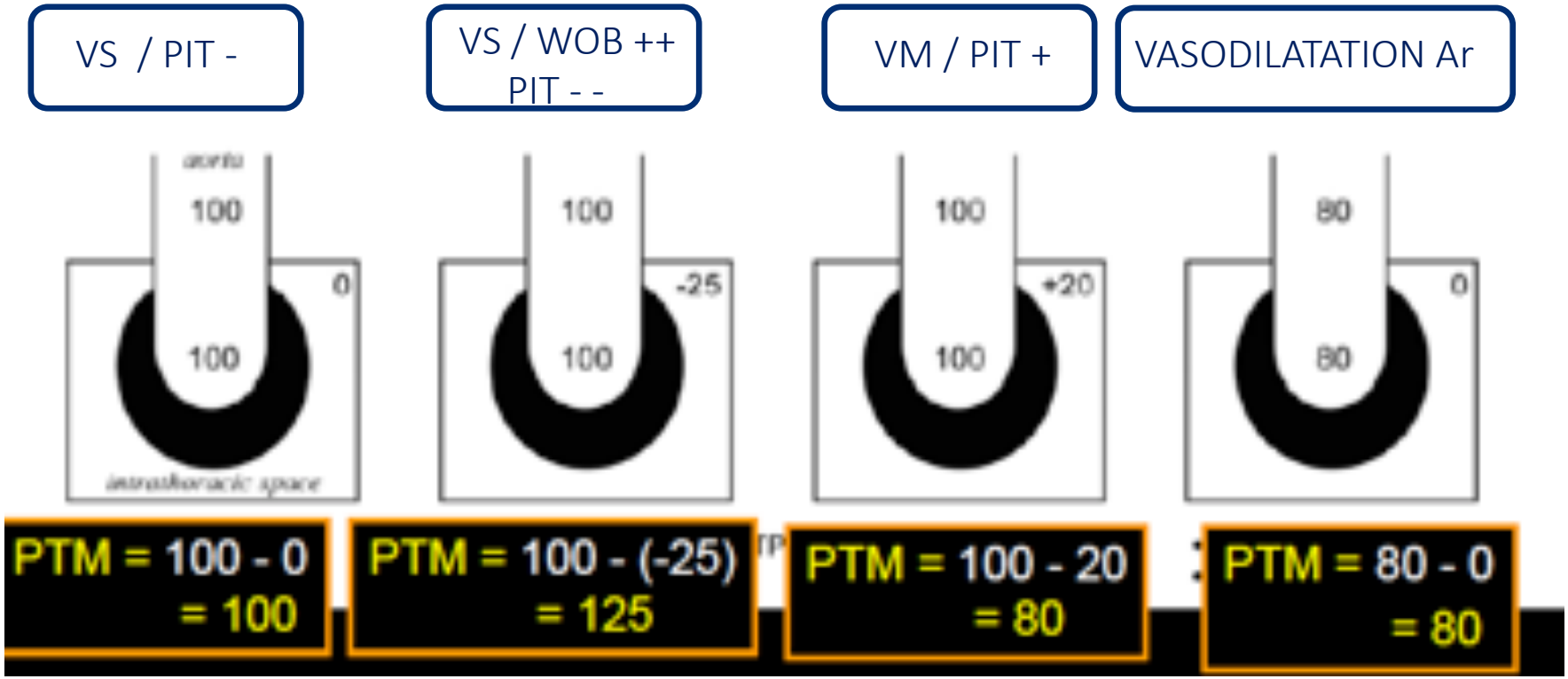
- Postcharge VG : contrainte pariétale systolique VG = ensemble de facteur contribuant a créer la contrainte sur la paroi VG pendant la contraction

- En VM:
  - ↑ PIT
  - ↓ Pr transmurale (Pr VG -PIT)
  - => ↓ post charge VG

  vx extrathoraciques ne subissent pas ↑ PIT Dc pas d augmentation des Résistances vasculaires !!!

Buda AJ, N Engl J Med 1979

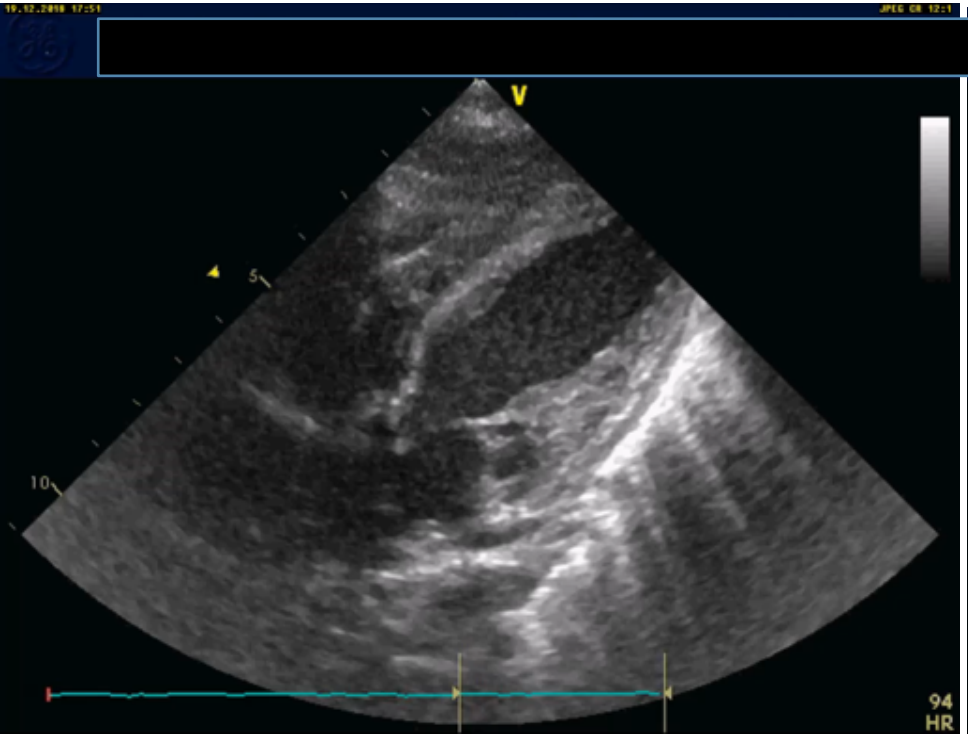
VM sur cœur gauche / Postcharge

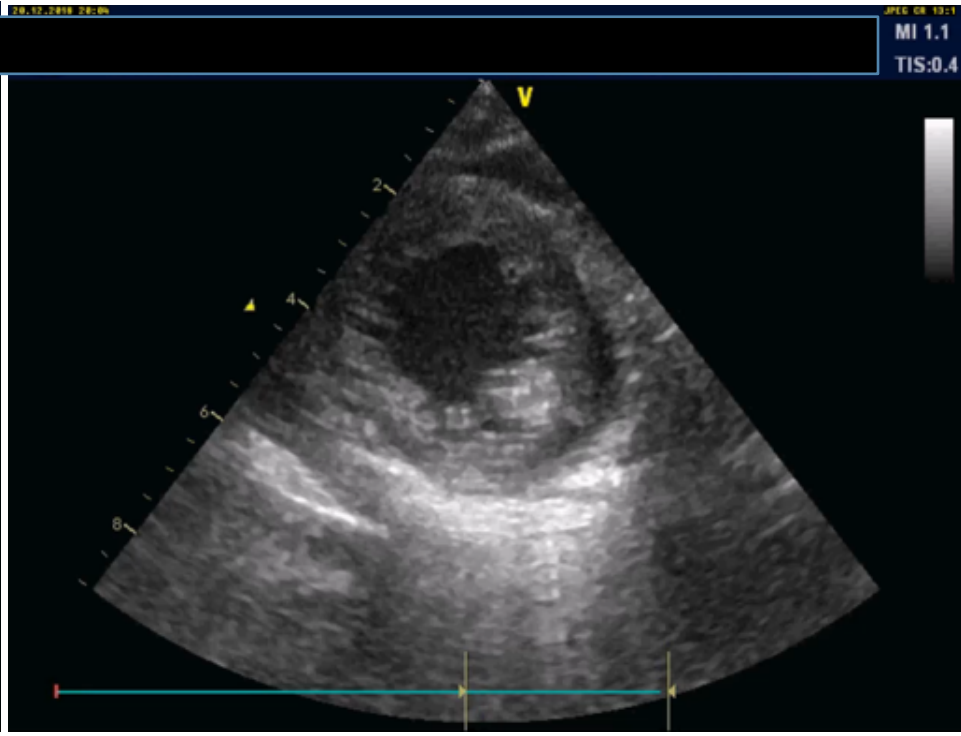


Hôpitaux Universitaires Genève

Bronicki PedCCM 2009

En pratique :





Hôpitaux
Universitaires
Genève

En pratique : Myocardite

- Insuffisance VG améliorent rapidement leur fonction VG lorsqu ils sont placés en VM

Scharf sm, Respiration 1987

1-↓**précharge** cardiaque par ↓ du retour veineux systémique

= ↓ l'œdème interstitiel et alvéolaire car ↓ pr hydrostatique qui règne dans les capillaires pulmonaires et ainsi ↓ de la formation de novo de l'œdème

2- ↑ **contractilité VG** En rétablissant la balance entre les apports/besoins O2 du myocarde.

Denault A.Y., J Appl Physiol 2001

- ↑ des apports O2 vers le myocarde résulte
  - de la restauration de l'oxygénation artérielle
  - de l'amélioration de la perfusion coronaire par la ↓ PTDVG, pression d'aval de la perfusion coronaire.

- ↓ des besoins en O2 par ↓ WOB qui, en situation de détresse respiratoire, ont une consommation en oxygène considérable.

Field S. Am Rev Respir Dis 1982

Hôpitaux Universitaires Genève

3- ↓ de la postcharge VG

- la décompensation cardiaque gauche est souvent associée à ↑ importante de la postcharge VG, 2nd à la dépression intrathoracique marquée à l'inspiration.

- VM peut réduire la postcharge VG en supprimant la dépression inspiratoire .

Fessler H.E.J Appl Physiol 1988.

= mécanisme prédominant pour expliquer l'amélioration de la fonction VG

VM

- ↑ VES en cas de dysfonction VG

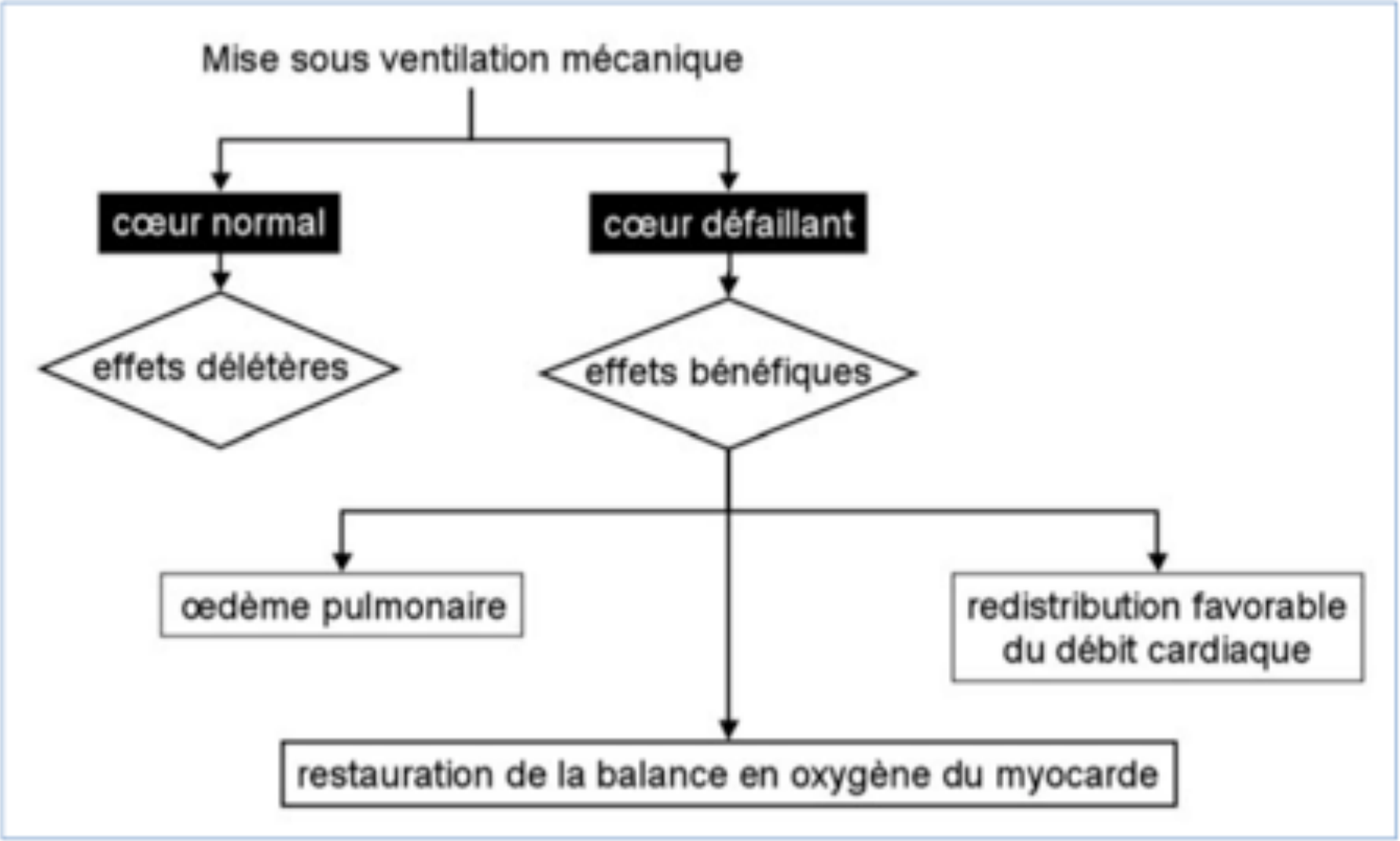
VES influencé majoritairement par les variations de postcharge en cas de défaillance ventriculaire.

- ↓ VES d'un cœur N

VES Dépend de la précharge cœur normal

Hôpitaux Universitaires Genève

Denault A.Y., J Appl Physiol 2001



X.Monnet Interaction cœur-poumons. Urgences 2013

Hôpitaux Universitaires Genève

En pratique : Intubation d'une myocardite

- Intubation A RISQUE

- Hypoxie
- Effet drogues d'induction peut entrainer perte du drive aminergique du patient
- Réaction vagale a l'introduction du laryngoscope

= ACR

ANTICIPATION

- Adrénaline a bord
- Planche a masser
- Drogue de réa
- ECMO prete /chirurgien présent

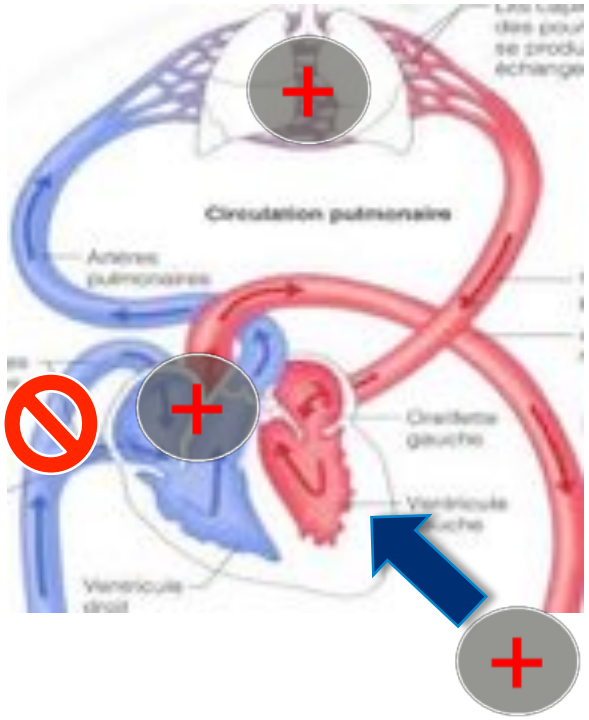
Hôpitaux Universitaires Genève

Effet VM sur cœur gauche / Synthèse

lors de l'insuffisance cardiaque gauche congestive,

PIT +

- ↓ précharge ↓ par retour vx systémique
- ↓ **postcharge du VG +++** par ↓ Pression transmurale
- atténuant une éventuelle ischémie myocardique.
- ↓ WOB permet de ↓ le débit sanguin alimentant les muscles respiratoires et de le redistribuer vers d'autres organes.

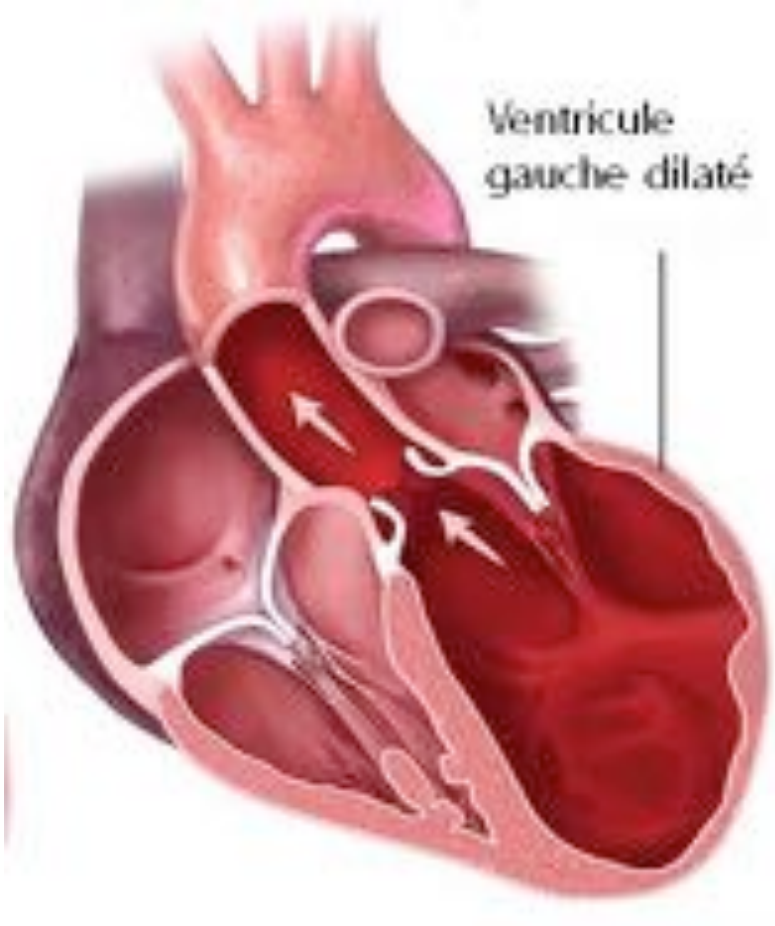


Pinsky M.R J Appl Physiol 1985

=> ↑ débit cardiaque G

Hôpitaux Universitaires Genève

En pratique : Extubation pathologie cœur gauche

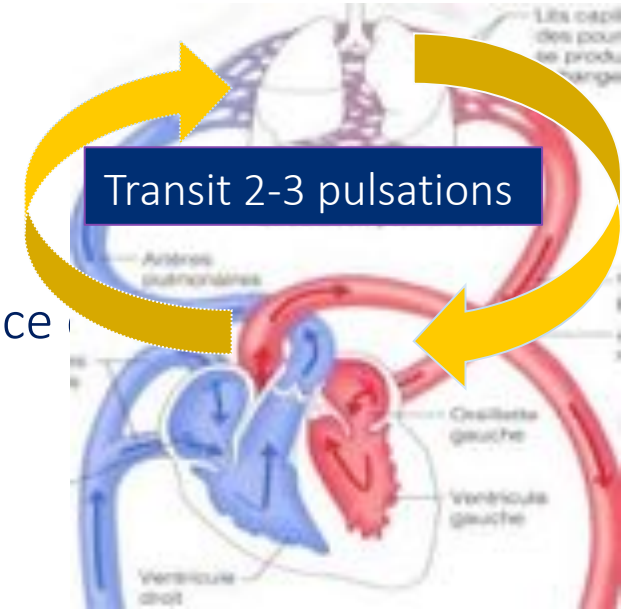


Hôpitaux
Universitaires
Genève

- Interdépendance ventricules

Interdépendance ventriculaire

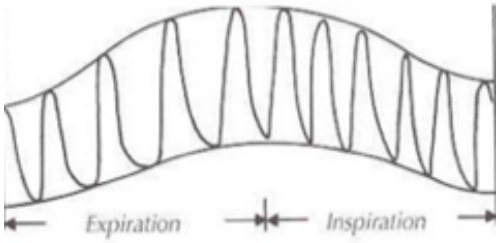
- Interaction en série : Délai de transit entre VD et VG 2-3 battements cardiaques
- ce délai ↑ si
  - hypovolemie
  - ↑ Vt
  - ↑ Fr
- L'interdépendance ventriculaire est liée à la présence **péricarde inextensible**



- Dilatation brutale du ventricule
  - ➔ déplacement SIV
  - ➔ ↓ distensibilité de la cavité VG et gêne son remplissage.
  - La fonction systolique affectée par ↓ de la cinétique septale.

Jardin N Engl J Med 1981

En pratique : Pouls paradoxal



En VS a Inspiration

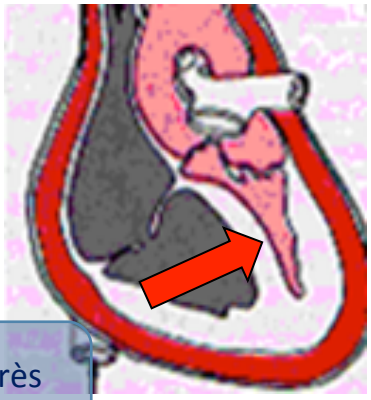
- ↑ retour veineux
- ↑ volume et pression VD
- bombement du septum IV compression du VG =↓ compliance VG =«dysfonction diastolique»
- ↑ inspiratoire de la postcharge du VG =«dysfonction systolique»

= ↓ inspiratoire de PA = **Pouls paradoxal : PHYSIOLOGIQUE**

Si variation > 20mmHg :PATHOLOGIQUE

Ex : Asthme /manœuvre de recrutement / tamponnade/HTAP /EP

Wise RA, Lung 1981

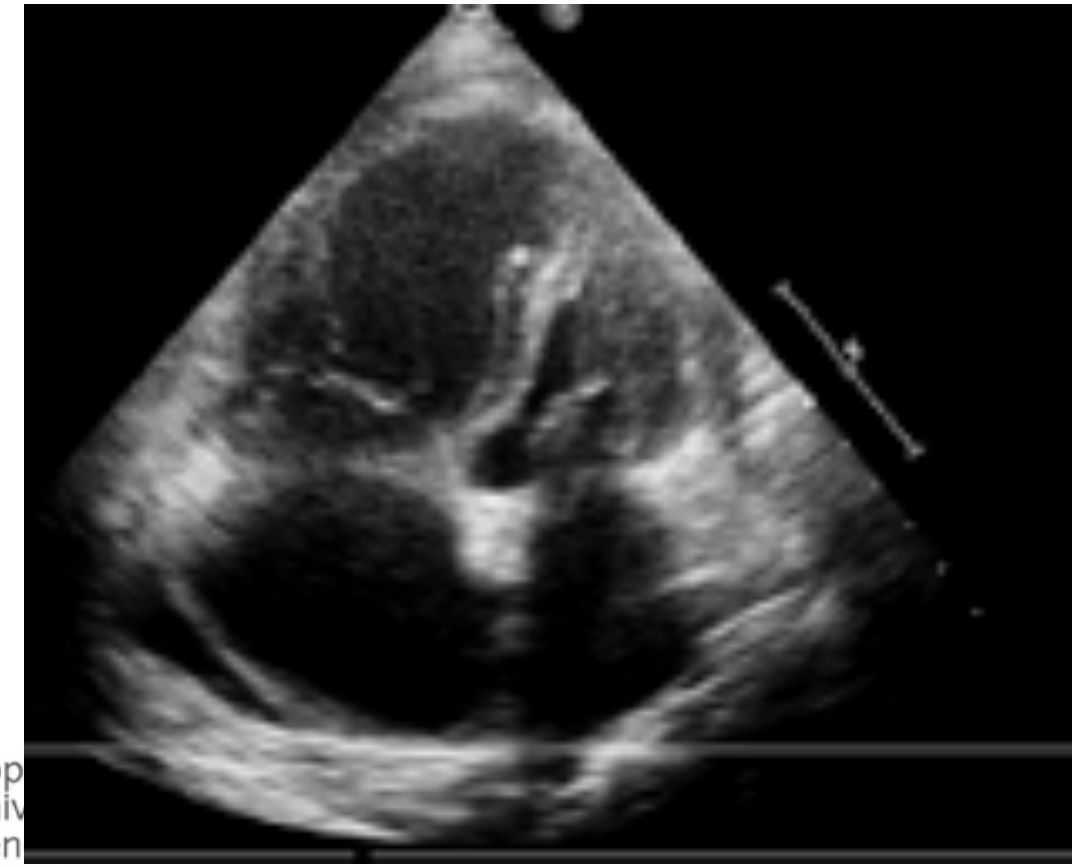


PIT très négative

Hôpitaux Universitaires Genève

En pratique :HTAP

Dilatation du VD avec compression du VG



Hôp
Univ
Gen

Plan

- Effet du système CV sur la ventilation

Influence fonction CV sur système respiratoire

Dysfonction du VG => OAP oedème aigue du poumon

- ↑ WOB = ↑ VO_2 muscles respiratoires
- ↓ DO_2 par dysfonction cardiaque

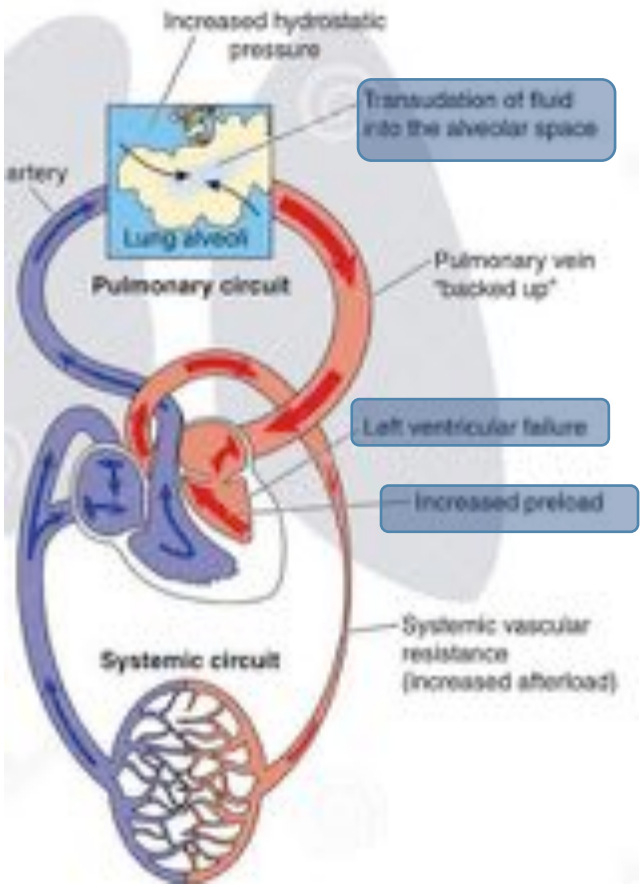
Faiblesse musc respiratoire (=dyspnée /intolérance exercice IC)

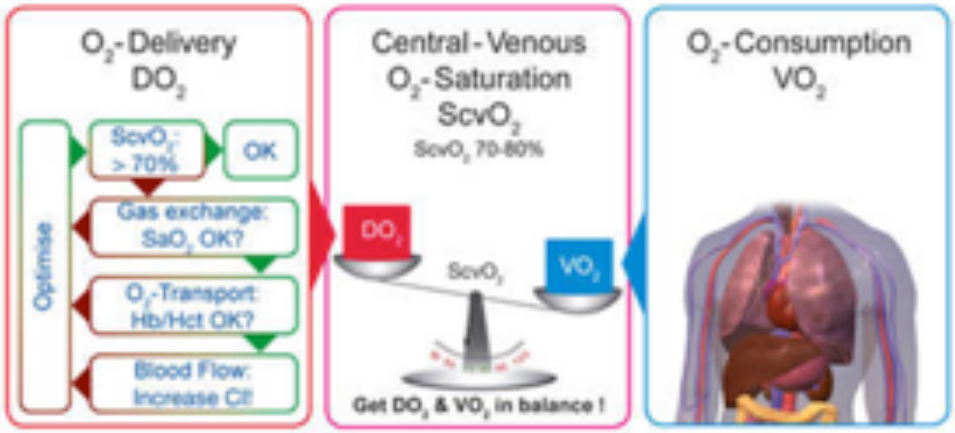
- Ex: lors de la mis en VS si dysfonction VG

=> altération échanges

=>VM = ↓ VO2 m. respiratoire par mise au repos muscles

↑ DO2 par amélioration de la fonction du VG





En pratique : Désaturation / ↑ WOB en postopératoire

1-DOPES

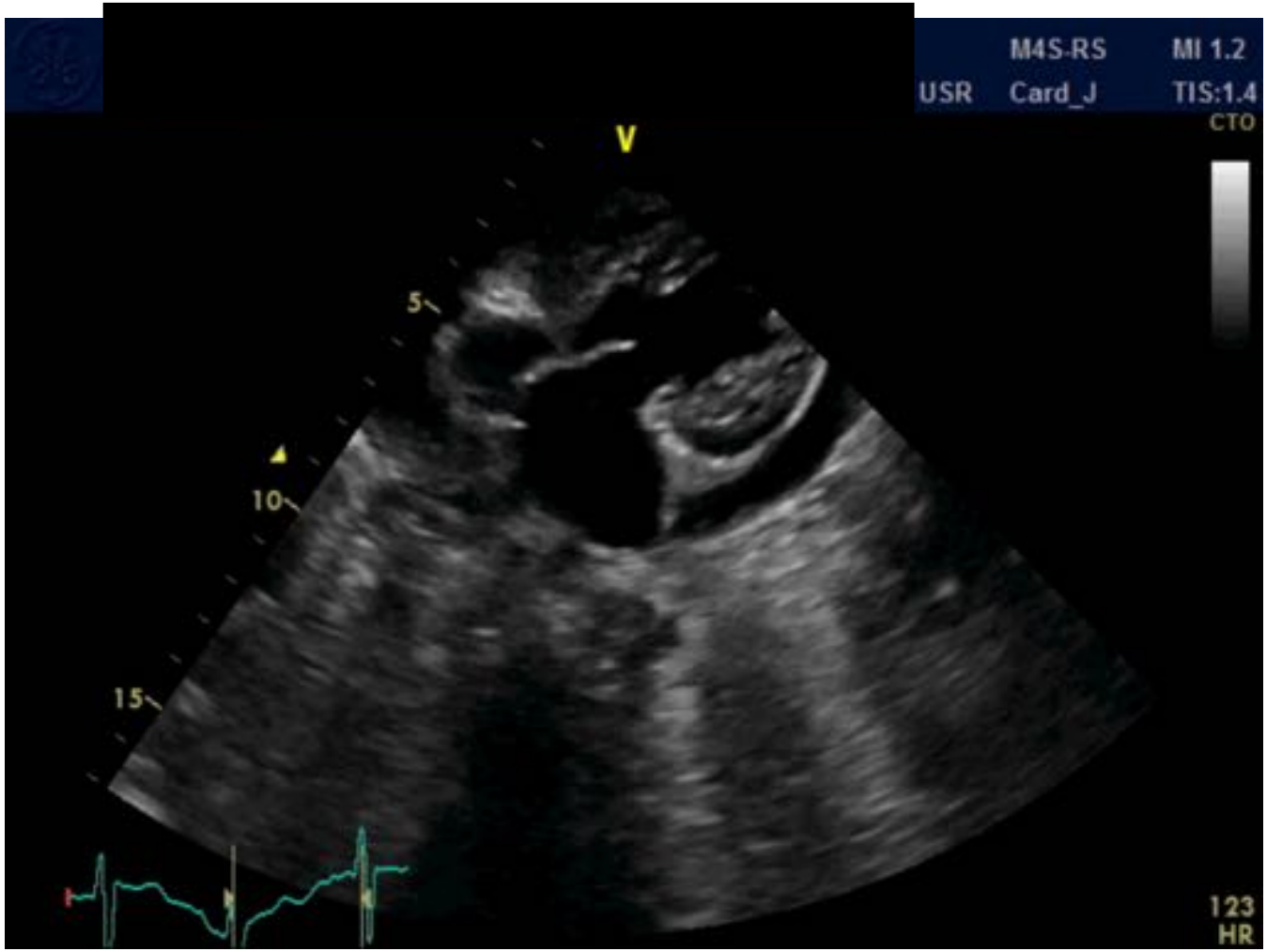
2-Etiologie respiratoire …

3-Etiologie cardiaque:

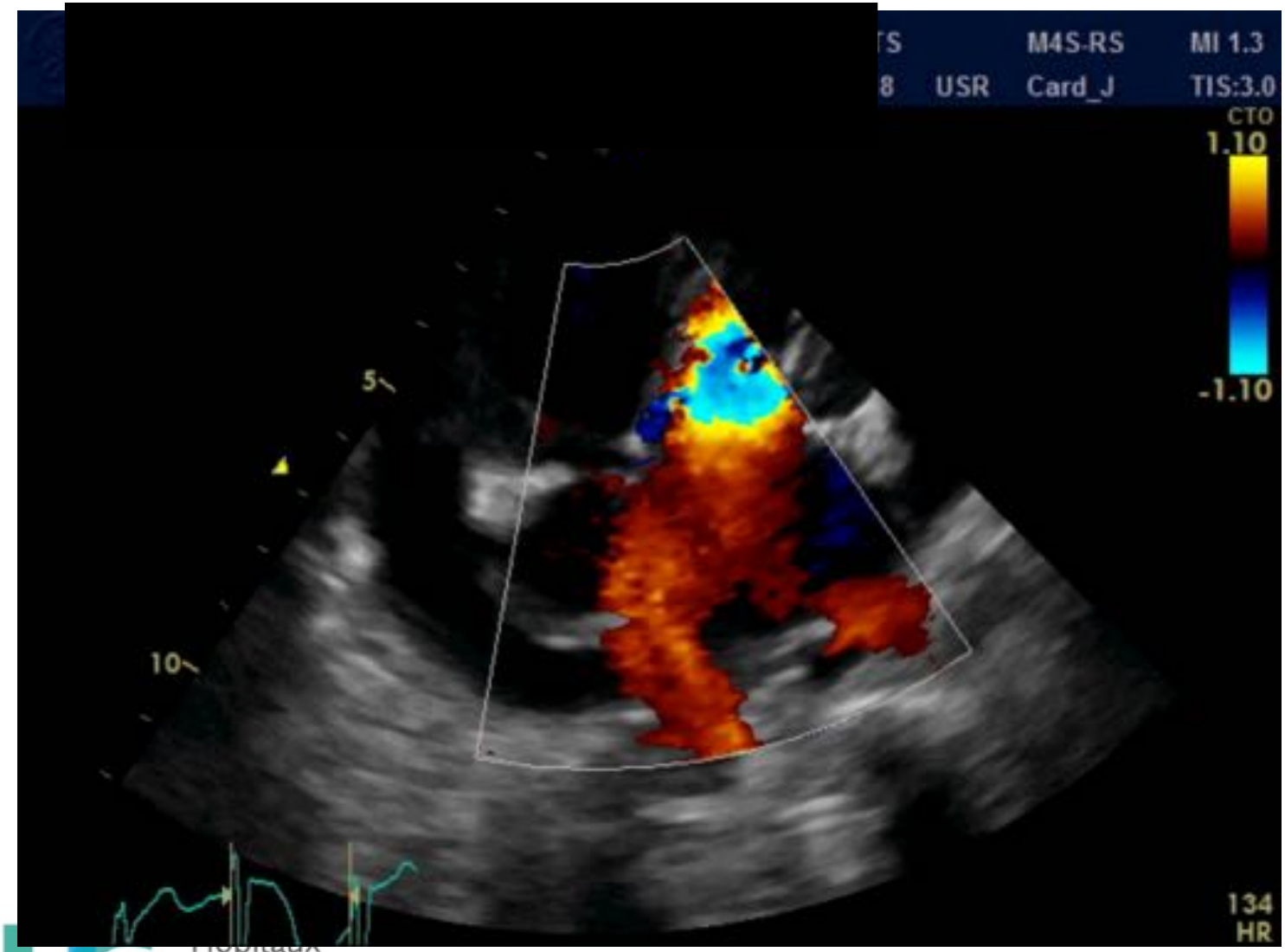
- OAP
  - Dysfonction VG
  - Fuite mitrale sur lâchage de suture ou résiduelle?
  - Poussée HTA…

- Shunt intracardiaque Dr-G ou G-D ? Lésion résiduelle ? Lâchage de suture patch de CIV? …

Hôpitaux Universitaires Genève



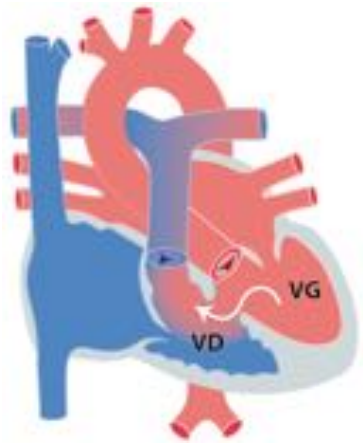
Hôpitaux
Universitaires
Genève



Hôpitaux
Universitaires
Genève

Influence fonction CV sur système respiratoire

- IC chronique se complique d anomalies fonction respiratoire
  - Obstructif
  - Restrictif
  - Diffusion



- Shunt G-D = altération parenchyme

- Compression pulmonaire par cardiomégalie

ex: reconstruction Arche Aortique associée compression bronchique

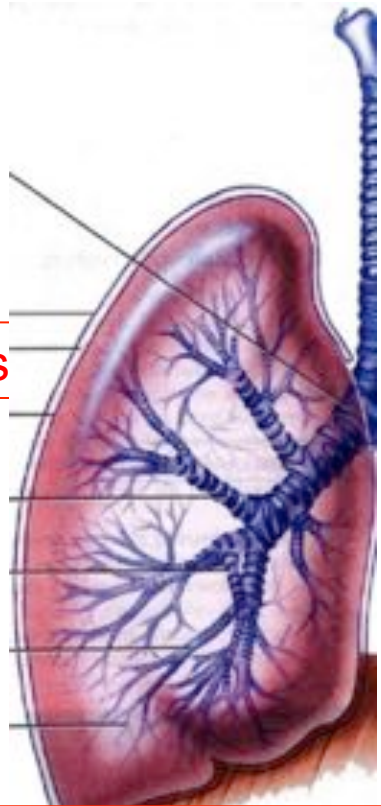
Hôpitaux Universitaires Genève

Ventilation mécanique

Cœur gauche

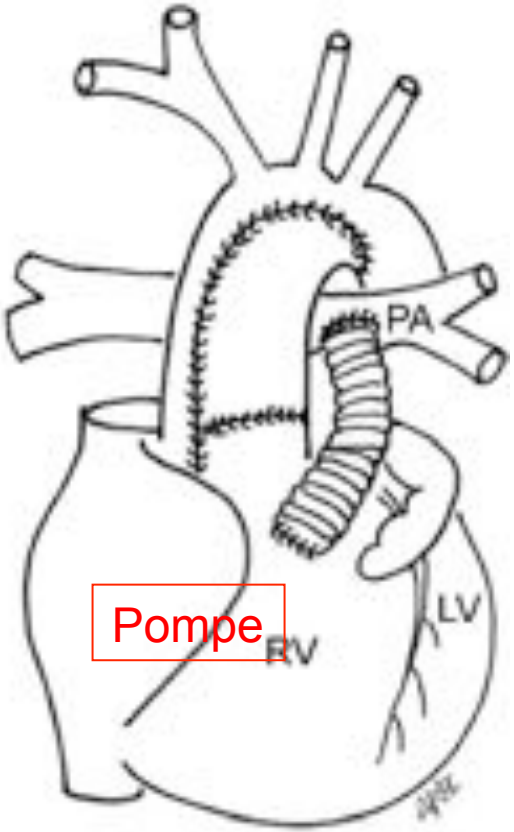
Cœur droit

Faire exemple de Norwood/sano



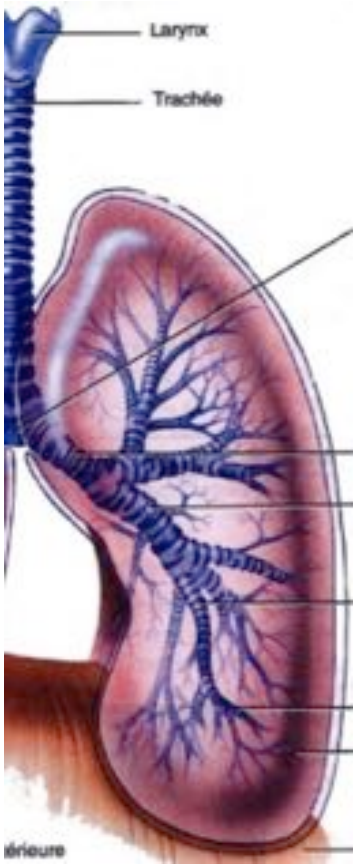
Rvas

Valve neo Aortique



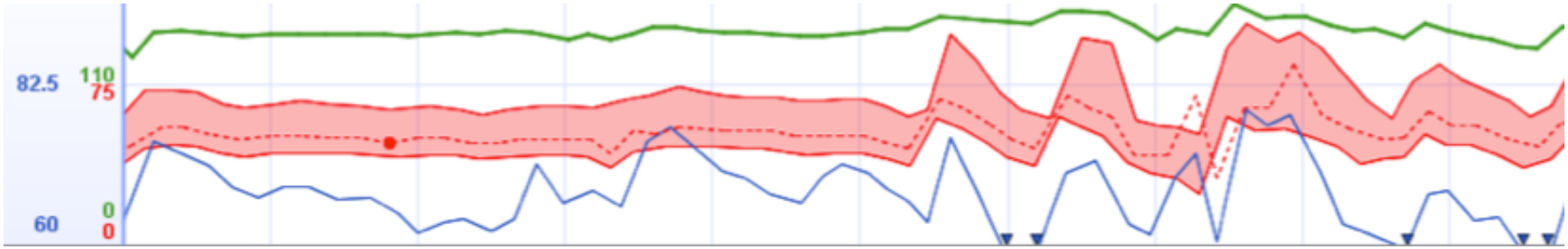
Pompe

Sano shunt



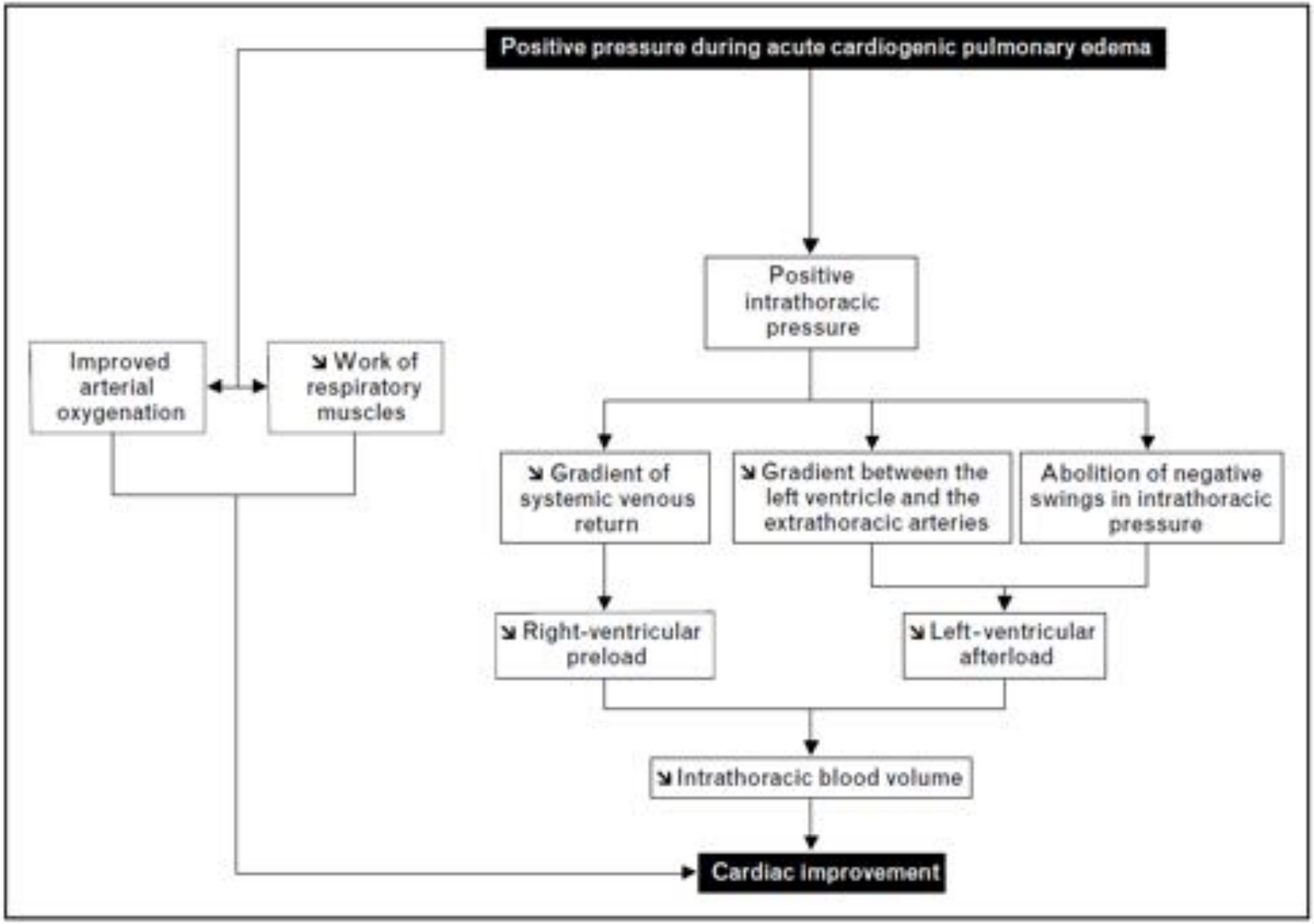
Rvasc systémique

Hôpitaux Universitaires Genève



Ex d un sano (ben)
Pour avoir une bonne saturation il faut avoir une bonne pression artérielle

Hôpitaux
Universitaires
Genève



Monnet X. Current Opinion in critical care 2007

Hôpitaux Universitaires Genève

Débit pulmonaire et hypoxie
Hypoxie = vasoconstriction

- Si la PO2 diminue mais reste > à 100 mmhg la résistance vasculaire est peu modifiée.
- Si la PO2 est < à 70 mmhg-> vasoconstriction
- Si la PO2 est très basse le débit local peut être aboli

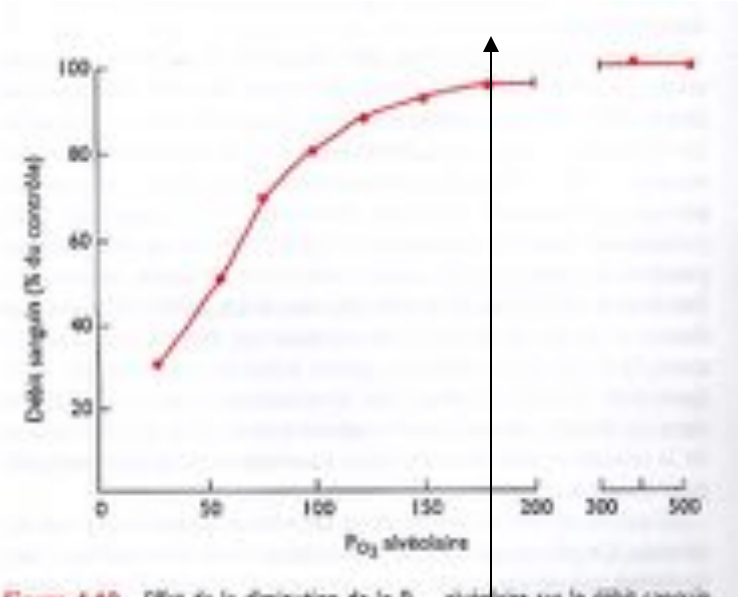


Figure 4.10 Effet de la diminution de la P_{O_2} alvéolaire sur le débit sanguin (observations chez un chat anesthésié). (D'après G. R. Barer et coll., *J Physiol*, 211, 139, 1970)

Hôpitaux Universitaires Genève