

Monitorización del periodo perianestésico

Los 5 esenciales:

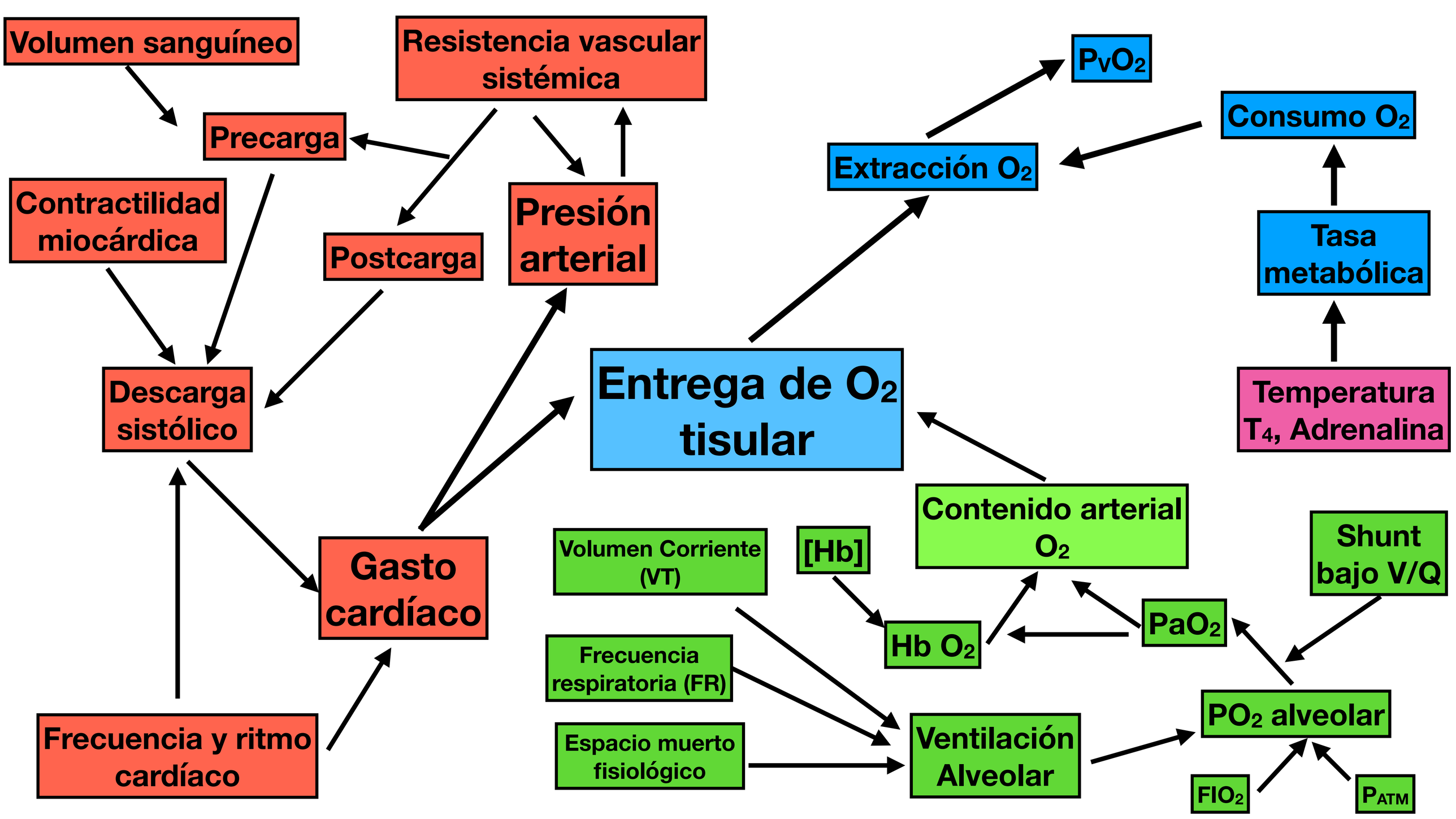
oximetría de pulso, capnografía, presión arterial, electrocardiografía y temperatura

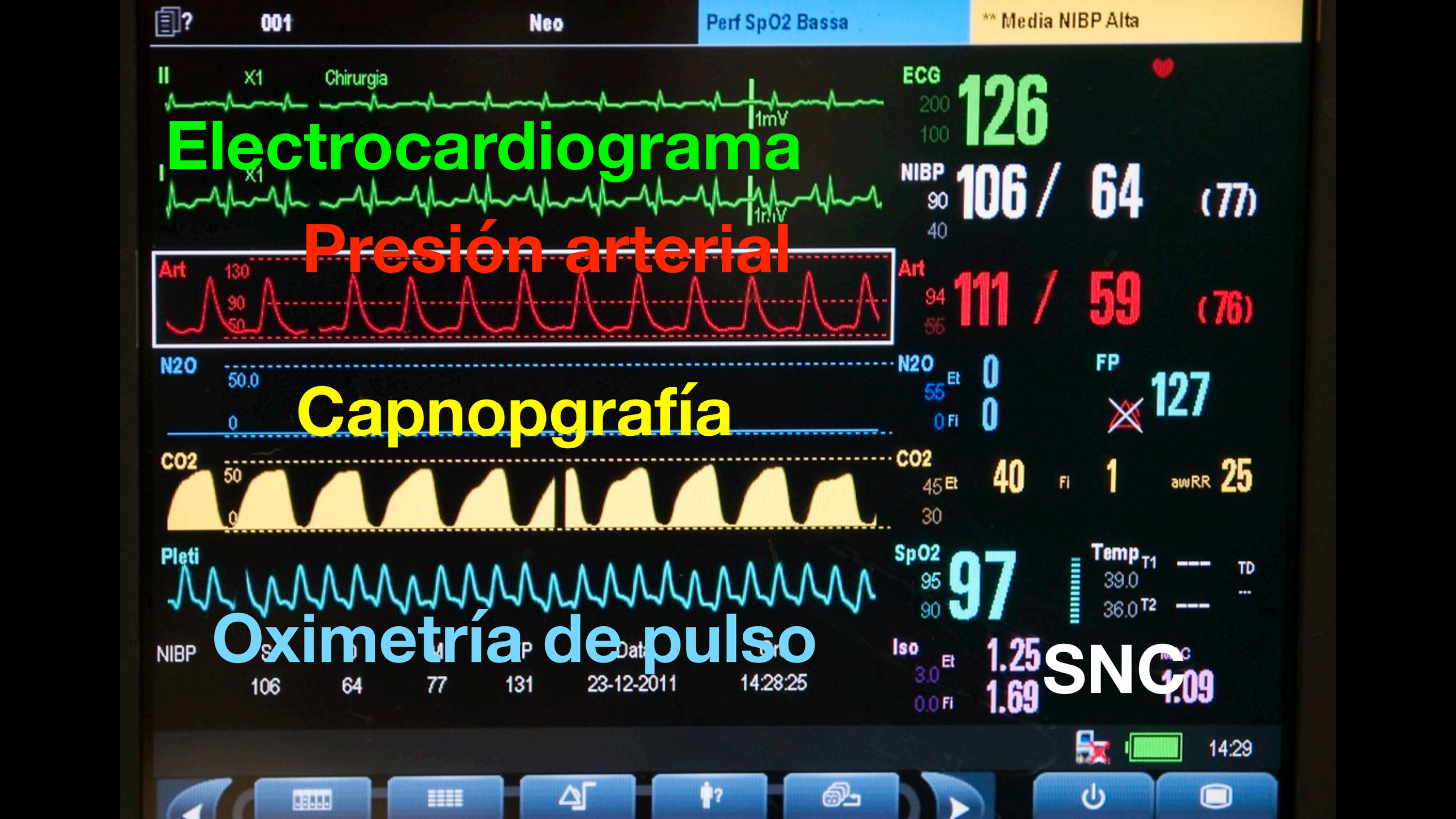
Dr. Martin R. Ceballos, Vet., PhD

Universidad de Buenos Aires,
Facultad de Ciencias Veterinarias.
JTP Cátedra de Anestesiología y Algiología
Miembro de AAAVRA

Facultad de Ciencias VETERINARIAS
Universidad de Buenos Aires

Universidad de Buenos Aires


Volumen sanguíneo
Resistencia vascular sistémica
Precarga
Contractilidad miocárdica
Postcarga
Presión arterial
Descarga sistólico
Gasto cardíaco
Frecuencia y ritmo cardíaco
Entrega de O2 tisular
PvO2
Extracción O2
Consumo O2
Tasa metabólica
Temperatura T4, Adrenalina
Contenido arterial O2
Volumen Corriente (VT)
[Hb]
Hb O2
PaO2
Shunt bajo V/Q
Frecuencia respiratoria (FR)
Espacio muerto fisiológico
Ventilación Alveolar
PO2 alveolar
FIO2
PATM


001
Neo
Perf SpO2 Bassa
** Media NIBP Alta
II X1 Chirurgia
1mV
I X1
ECG
200
100
126
Electrocardiograma
NIBP
90
40
106 / 64 (77)
Presión arterial
Art
130
90
50
Art
94
56
111 / 59 (76)
N2O
50.0
0
N2O
55 Et
0 Fi
0
0
FP
127
Capnopgrafía
CO2
50
0
CO2
45 Et
30
40
Fi
1
awRR
25
Pleti
SpO2
95
90
97
Temp
T1
39.0
36.0 T2
TD
Oximetría de pulso
NIBP
106
64
77
131
23-12-2011
14:28:25
Iso
3.0 Et
0.0 Fi
1.25
1.69
SNC
1.09
14:29

Abordaje clásico de los planos anestésicos (anestésicos generales)

pérdida de la conciencia

Sin movimientos musculares y respiración regular

Dpresión SNC marcada, respiratorio y comienza colapso cardiovascular

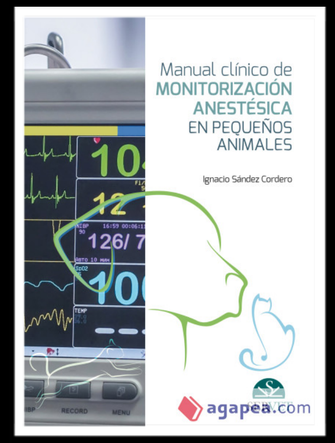


	VENTILATION			Pupil	Eyeball position	Eyeb reflexes	Lacri-mation	Response to surgical stim.
	Inter-costal	Dia-phragm	Pattern					
Awake			Irregular panting					
Stage II			Irregular breath-holding			Palpebral		
Stage III LIGHT Plane I			Regular					
MEDIUM Plane 2			Regular shallow					
DEEP Plane 3			Jerky			Corneal		
Stage IV								

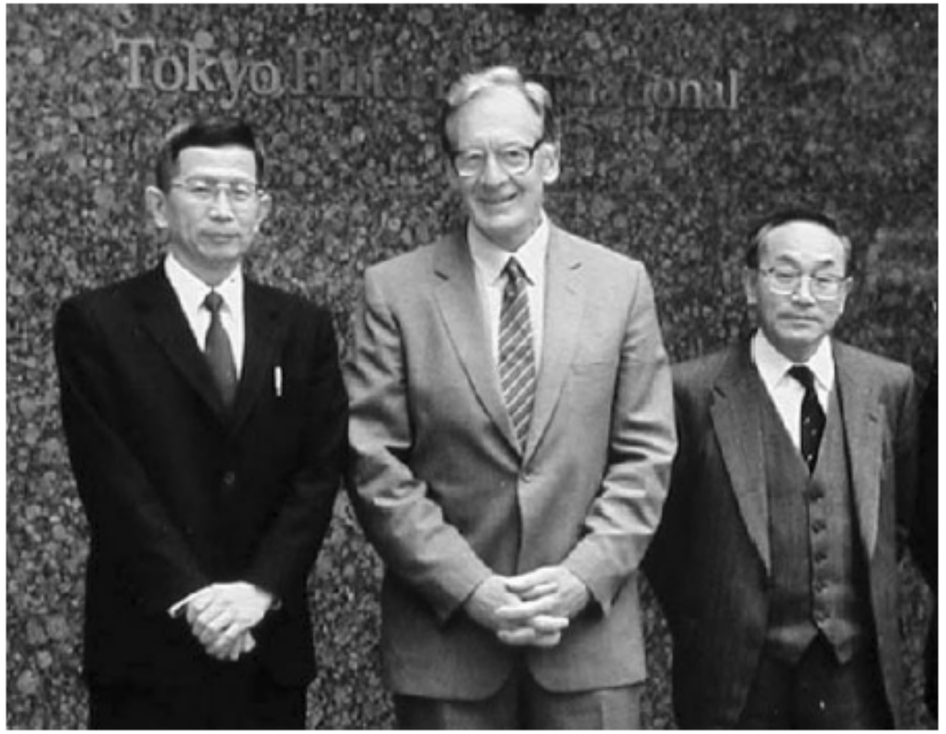
SNC Reflejos & posición GO

Reflejos palpebral y corneal
Isquiático y patelar





SpO_2



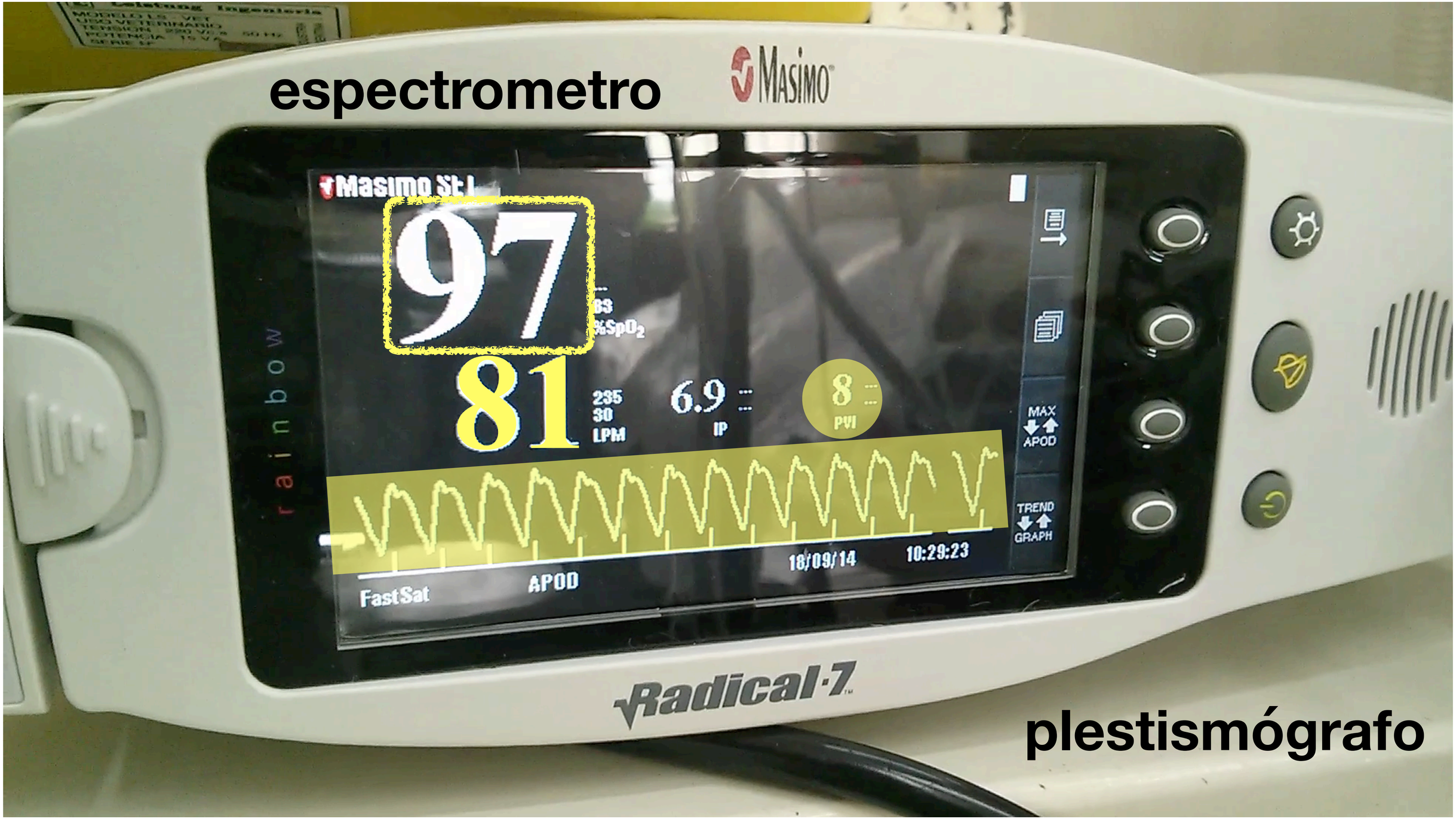
Takuo Aoyagi: Discovery of Pulse Oximetry

John W. Severinghaus, MD

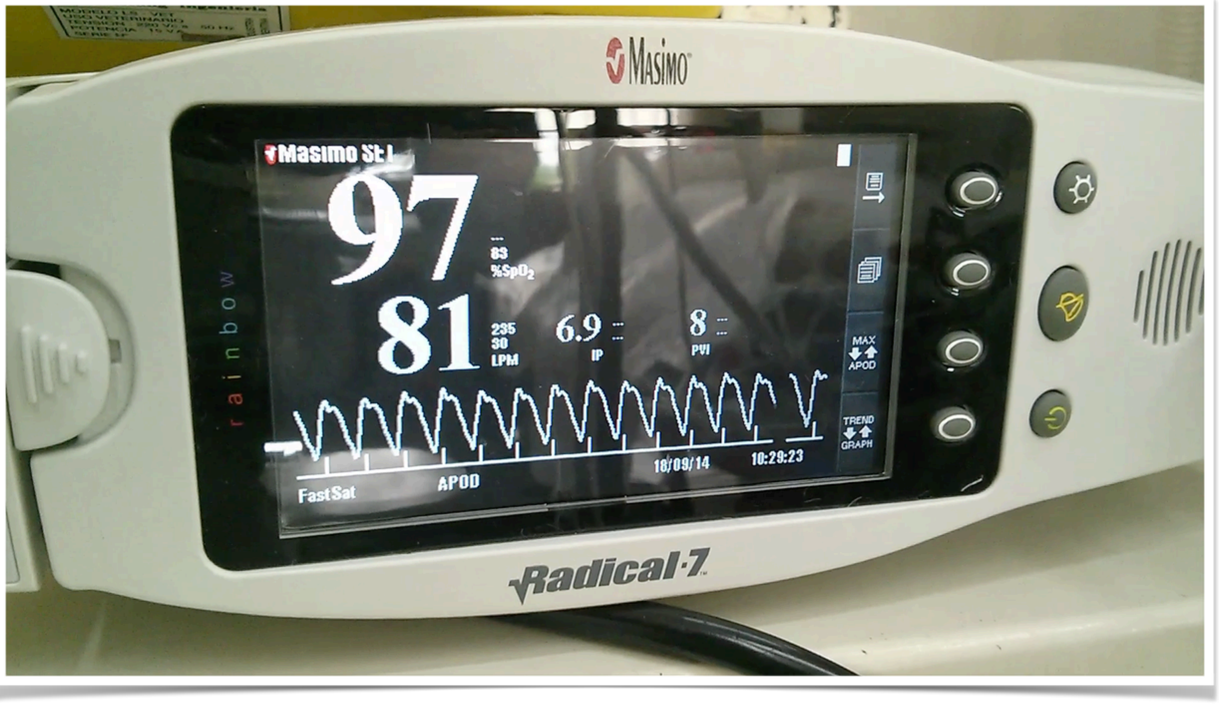
CONCLUSION

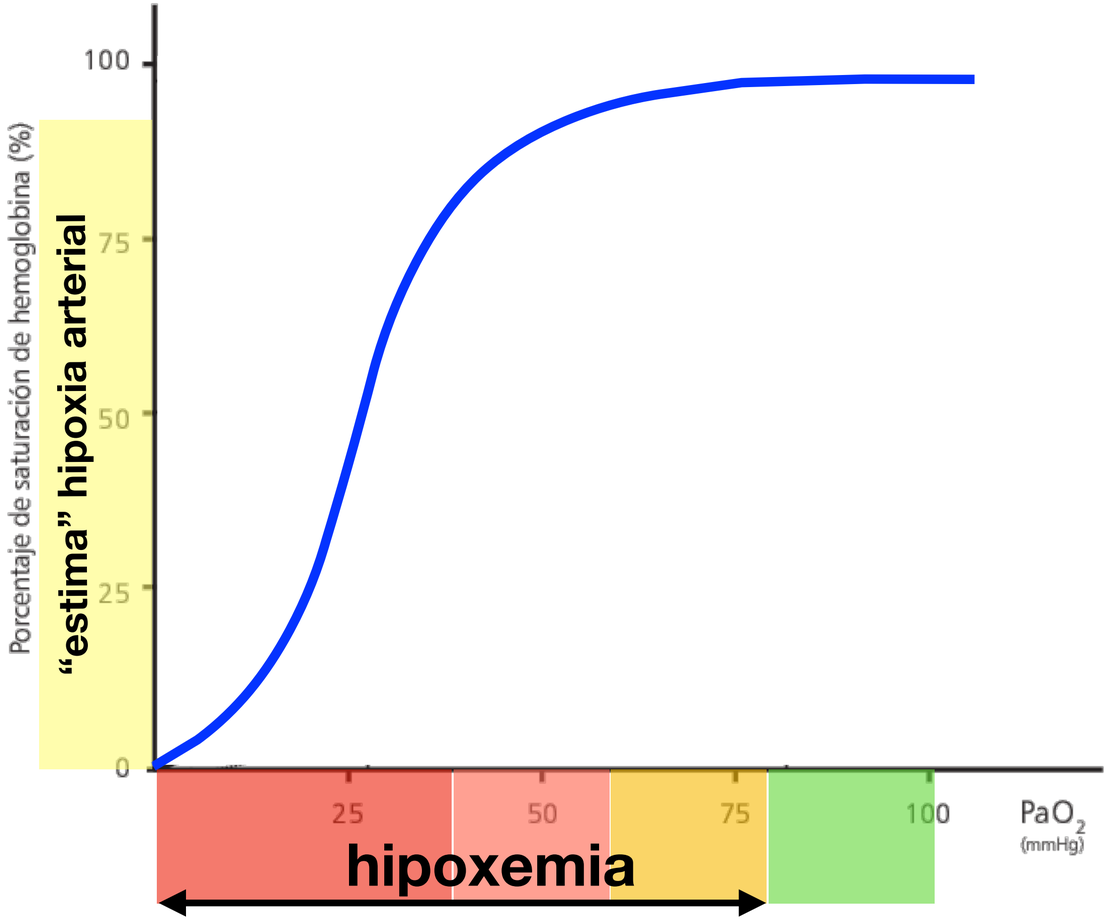
Introduction of pulse oximetry coincided with a 90% reduction in anesthesia-related fatalities.

1973


espectrometro
MASIMO
Masimo SET
97
83
%SpO2
81
235
30
LPM
6.9
IP
8
PVI
MAX
APOD
TREND
GRAPH
18/09/14
10:29:23
FastSat
APOD
rainbow
Radical-7
plestismógrafo

“espectrometro”





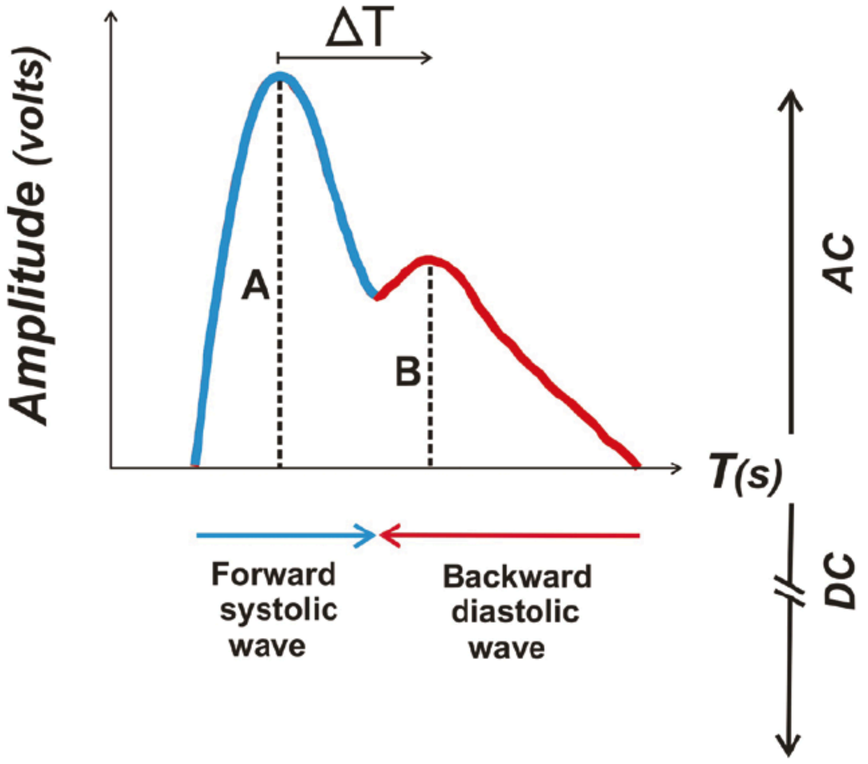
“pletismógrafo”

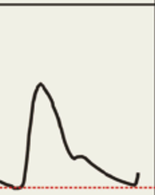
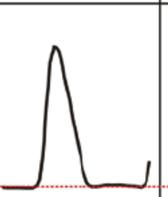
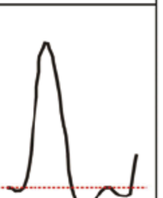
interacción VENTRICULO-VASCULAR

SPECIAL ARTICLE

Advanced Uses of Pulse Oximetry for Monitoring Mechanically Ventilated Patients

Gerardo Tusman, MD,* Stephan H. Bohm, MD,† and Fernando Suarez-Sipmann, PhD‡§

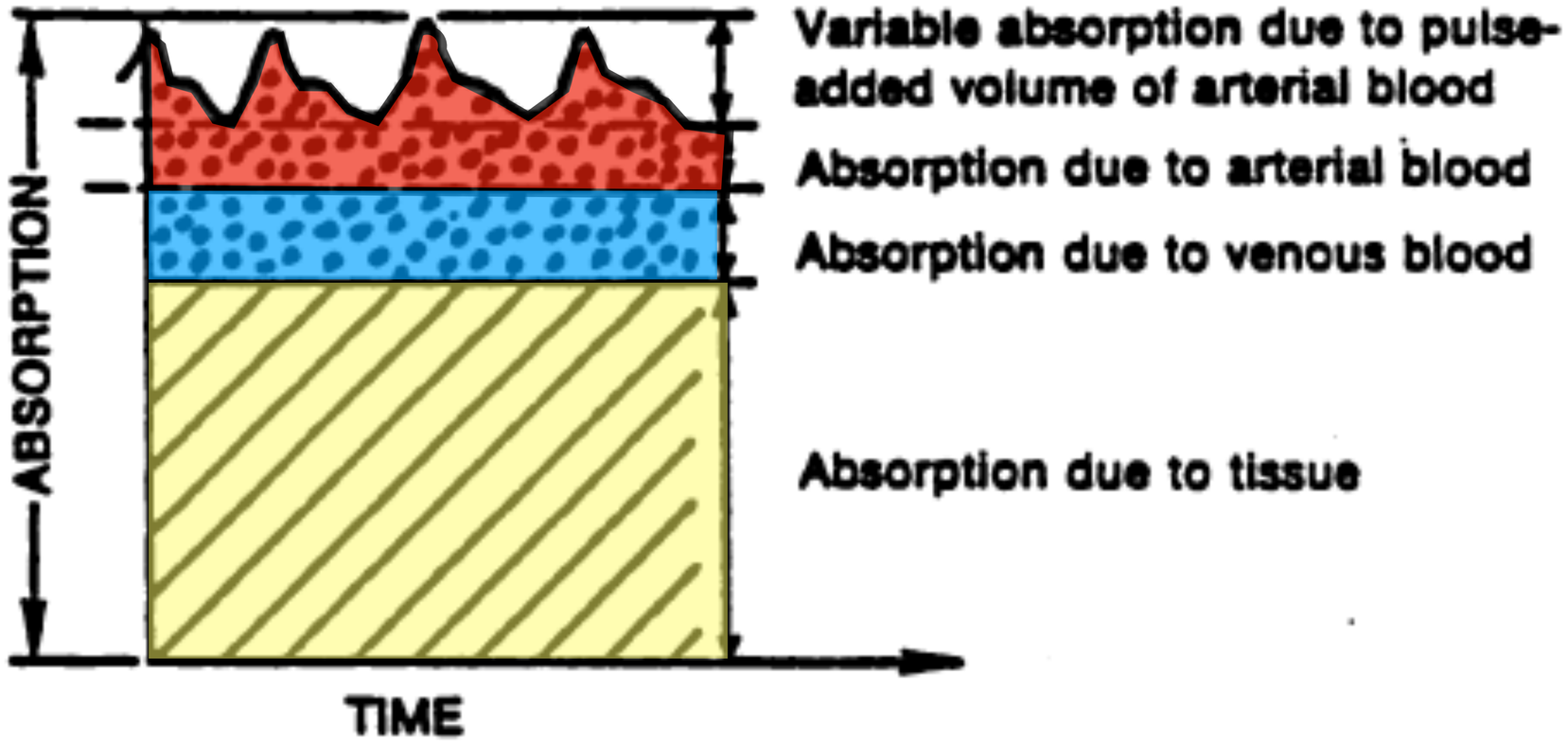


Vascular tone	Vasocontriction		Normal	Vasodilation		
	severe	*moderate*		*slight*	*moderate*	*severe*
PPG waveform shape						
Amplitude	↓↓↓	↓↓	=	↑	↑↑	↑↑↑
Notch position	↑↑↑	↑↑	=	↓	↓↓	↓↓↓
RI	↑↑↑	↑↑	=	↓	↓↓	↓↓↓
PI	↓↓↓	↓↓	=	↑	↑↑	↑↑↑
SI	↓↓↓	↓↓	=	↑	↑↑	↑↑↑

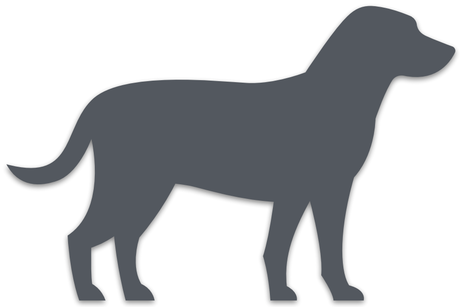
CLIN. CHEM. 38/9, 1601–1607 (1992)

Pulse Oximetry: Theory and Applications for Noninvasive Monitoring

Yitzhak Mendelson

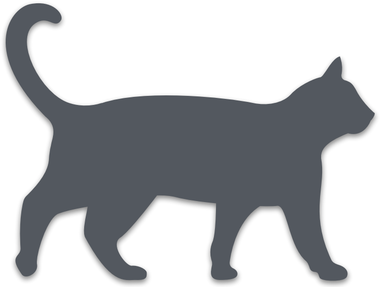


Oximetría de pulso: tipos de sensores



lengua
pabellón auricular
labios
vulva/prepucio
digital (perros pequeños)
Tendón gastrocnemio
base de la cola





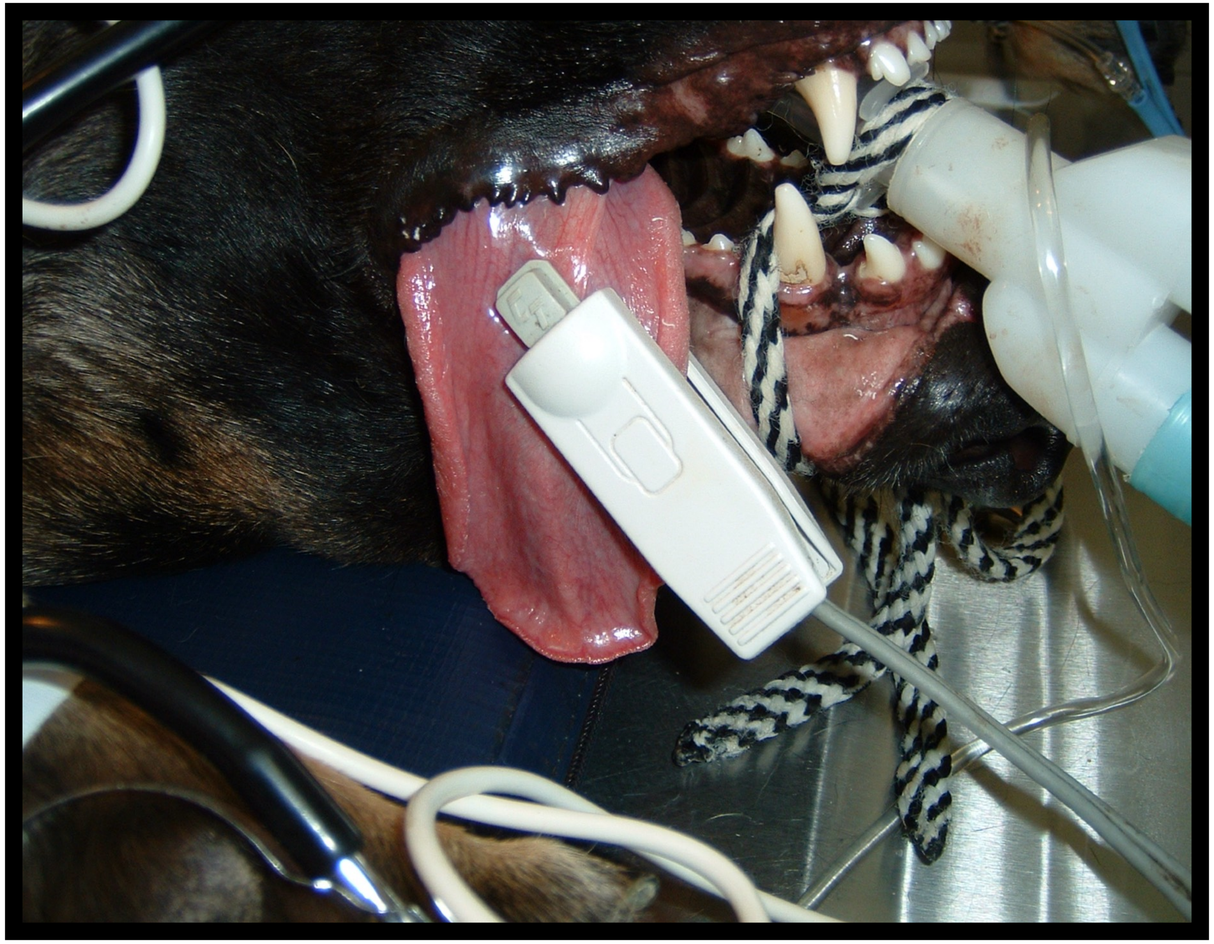
lengua
pabellón auricular
digital
labios





ECG BPM
PNI mmHg
0:03:31
Neonato
Auto
63
101/40
SPO2 %
100
99
RESP
T1
T2
NO USER ID
11-10-13 12:41:16
-LA x1 12.5
Cable Descon.


O_2
máscara





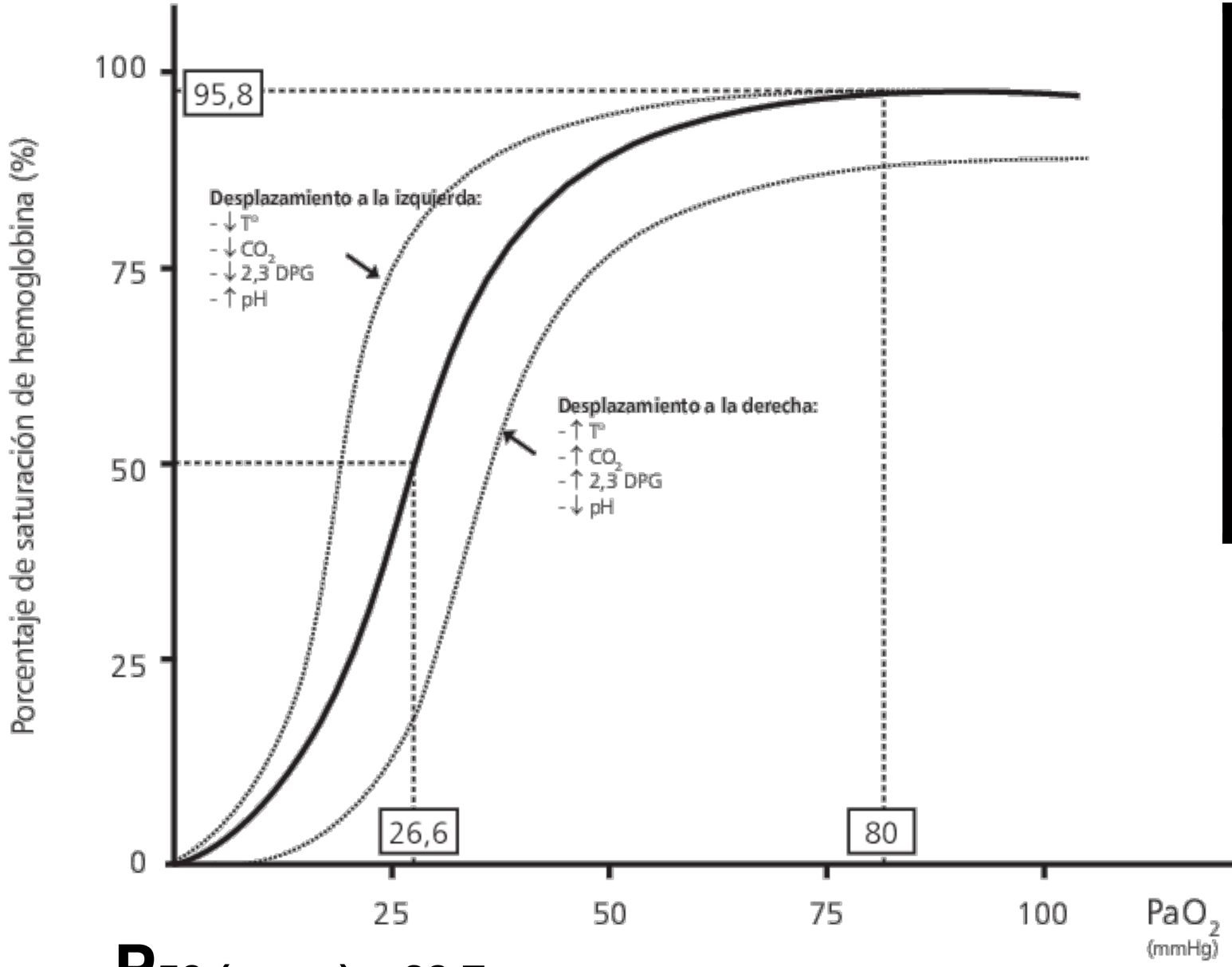

(c)


(b)


(e)


(a)


(b)



SpO_2	PaO_2	Importancia
100-98	100	normal
<97	<80	hipoxemia
<90	<60	hipoxemia grave
<75	<40	Hipoxemia muy grave

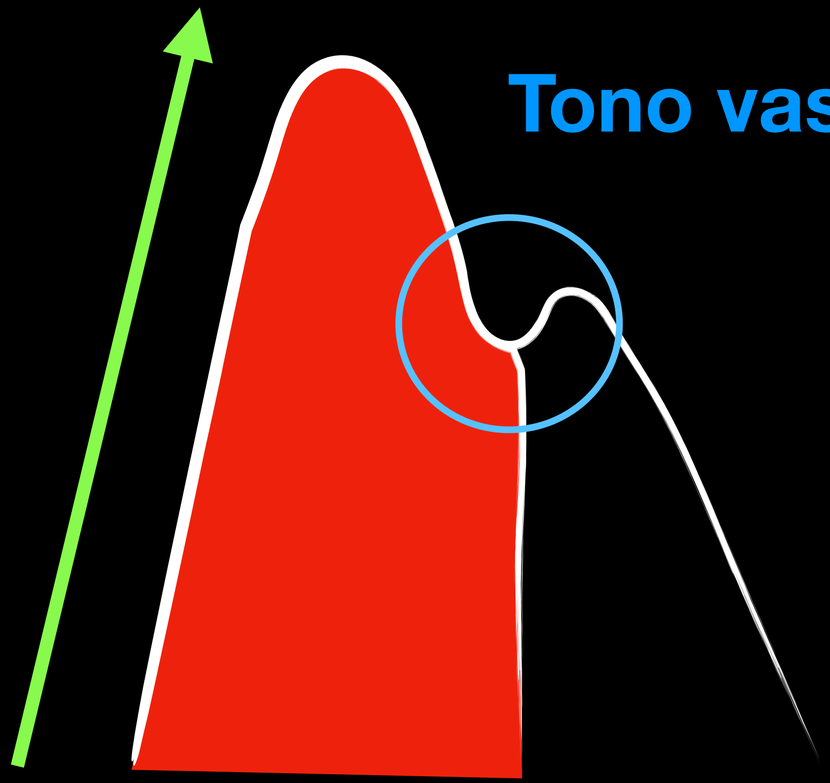
	Dog	Cat
pH	7.41 (7.35–7.46)	7.39 (7.31–7.46)
P_aCO_2 (mmHg)	36.8 (30.8–42.8)	31.0 (25.2–36.8)
HCO_3^- (mEq/l)	22.2 (18.8–25.6)	18.0 (14.4–21.6)
P_aO_2 (mmHg)	92.1 (80.9–103.3)	106.8 (95.4–118.2)

Brunson DB, Johnson RA. Respiratory disease. In: Culp-Snyder LB, Johnson RA (eds) *Canine and Feline Anesthesia and Co-Existing Disease*, 1st edn. Wiley: Hoboken NJ, 2014:55–70.

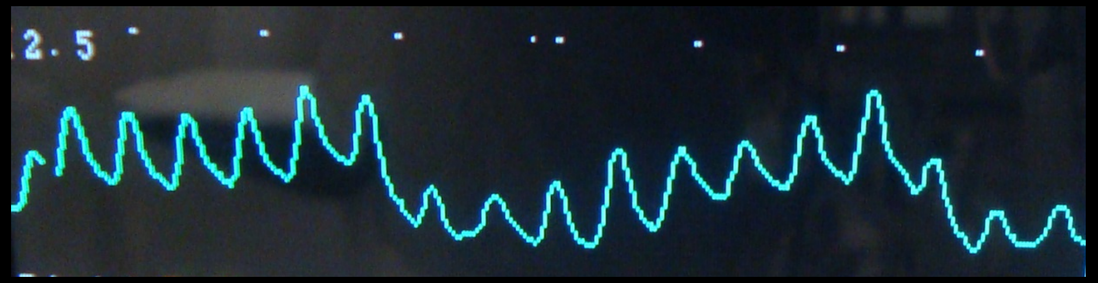
P_{50} (perro) = 28,7

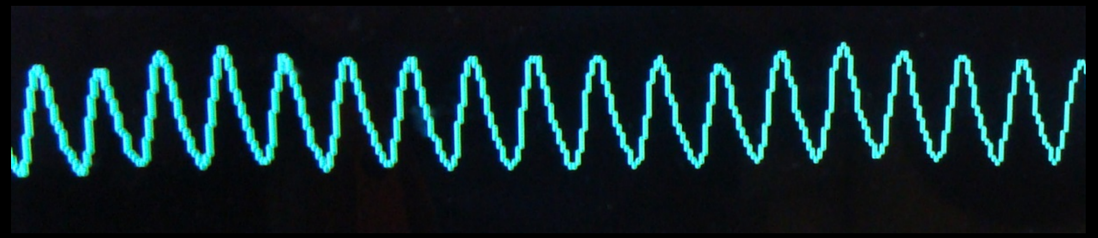
es la PO_2 que satura al 50% de la hemoglobina

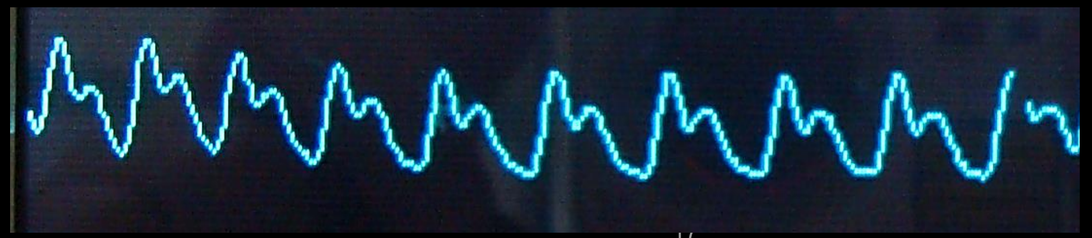
Contractilidad



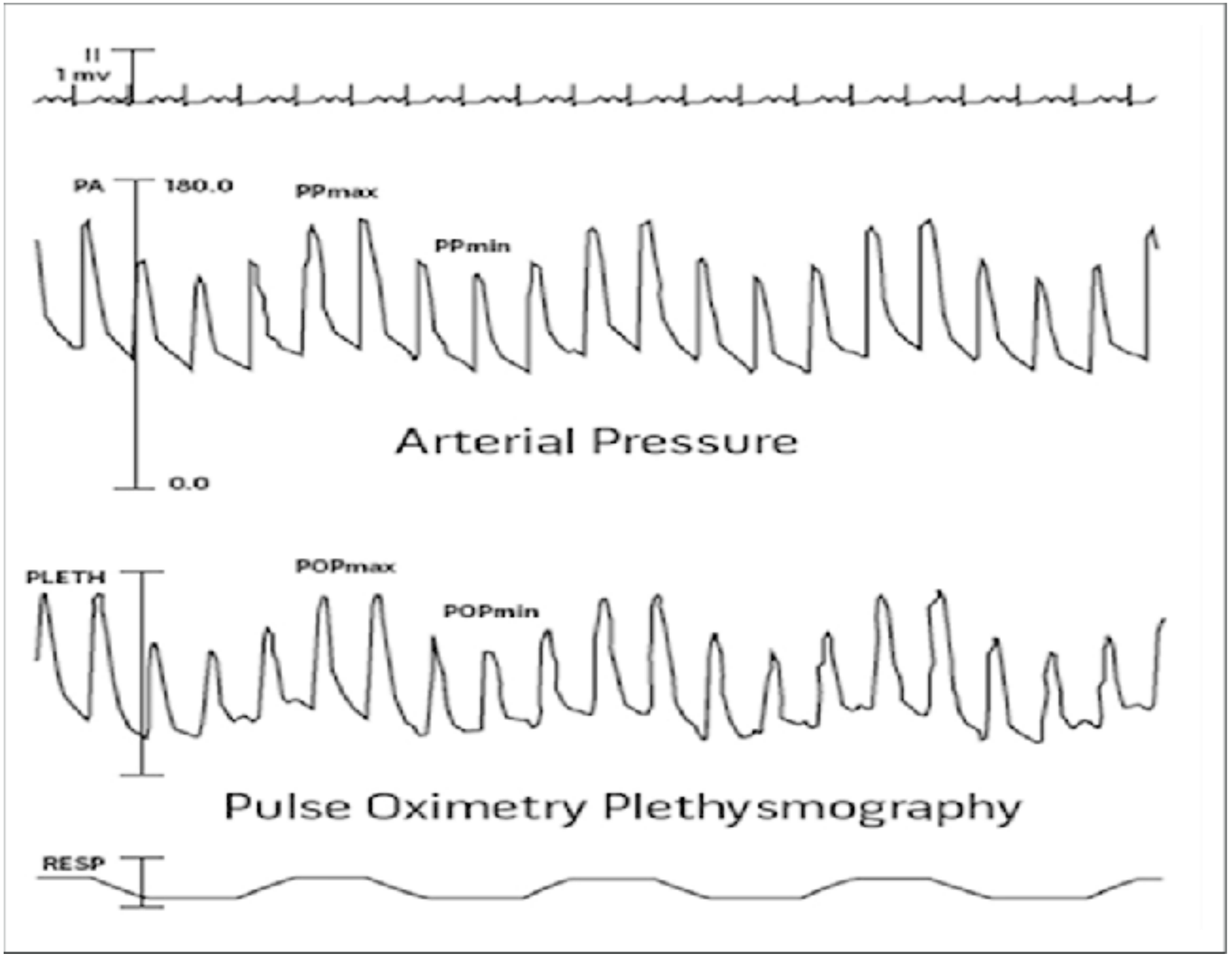
Tono vasomotor



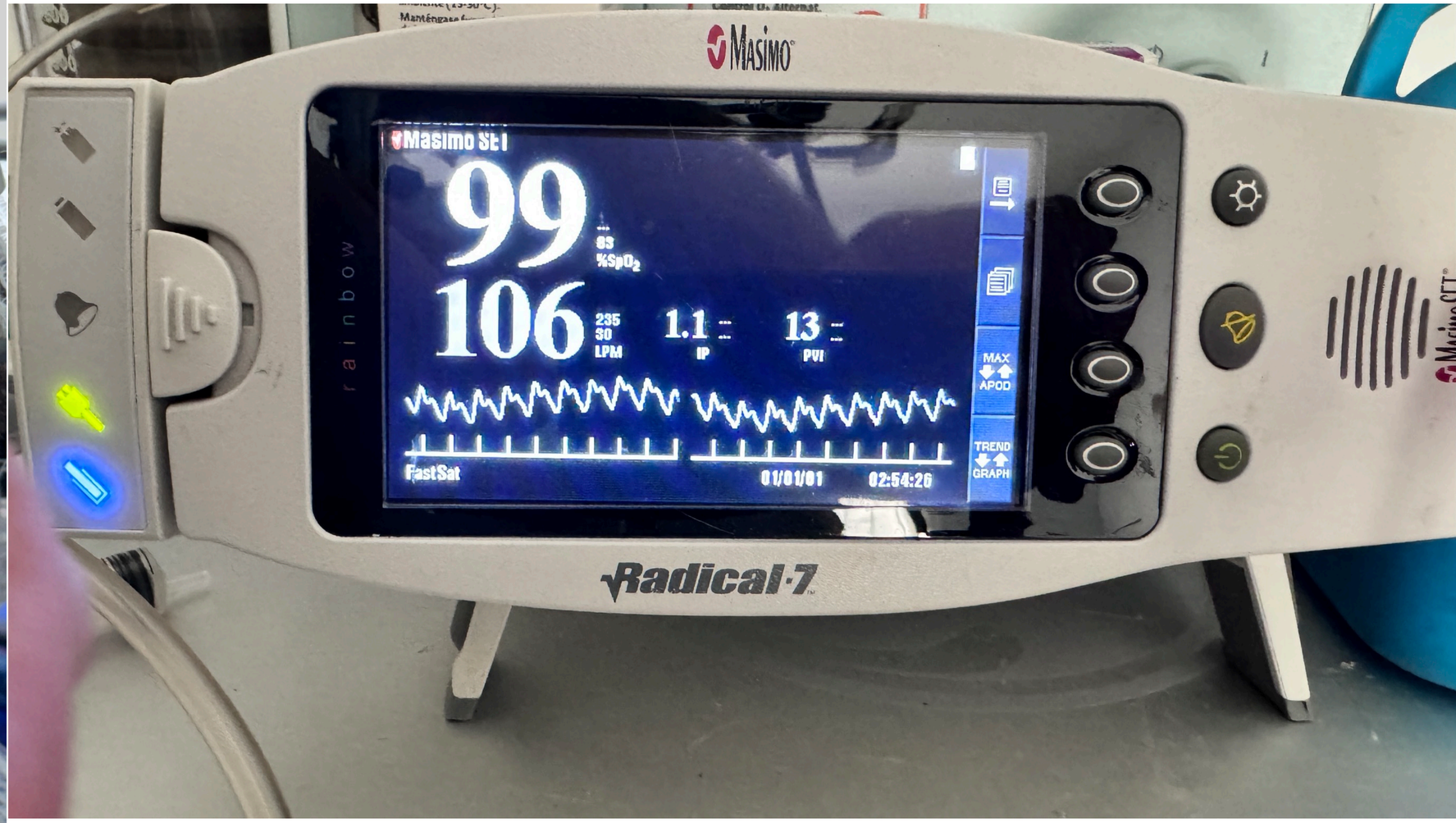




Descarga sistólica


II
1 mv
PA
180.0
PPmax
PPmin
0.0
Arterial Pressure
PLETH
POPmax
POPmin
Pulse Oximetry Plethysmography
RESP




Masimo
Masimo SET
99
83
%SpO2
106
235
30
LPM
1.1
RP
13
PVI
rainbow
MAX
APOD
TREND
GRAPH
FastSat
01/01/01
02:54:26
Radical-7

Oximetría de pulso: limitaciones

- Información errónea x **circulación periférica alterada**
- Información incompleta s/oxigenación tisular **(anémicos)**
- **Pigmentación, ictericia**
- Fuentes lumínicas externas
- **Tejido muy espeso o edematoso**
- No diferencia dishemoglobinas
- **Movimientos del sensor**

Capnografía: generalidades



mide la concentración de CO_2 al final de la espiración

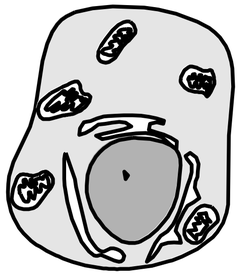
mide la concentración de CO_2 en la inspiración

curva: capnograma

frecuencia respiradoria

$ETCO_2$

Metabolismo



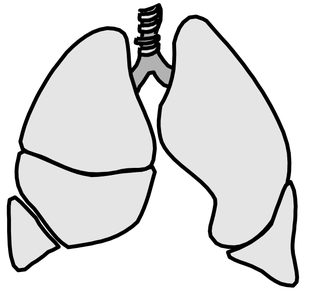
CO_2

Transporte

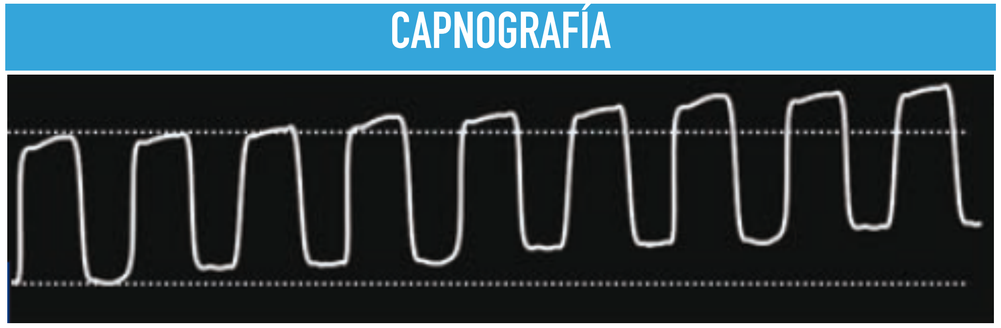


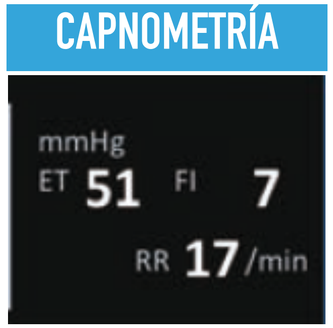
CO_2

Ventilación



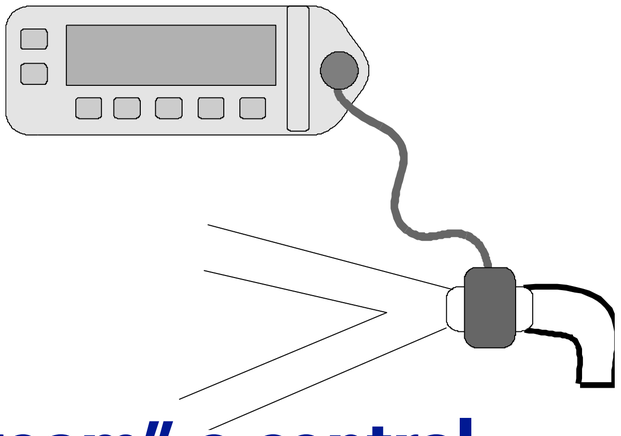
CO_2





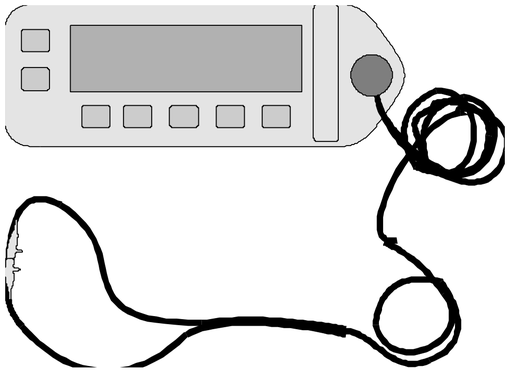
Absorción infrarroja:

Las moléculas de CO_2 absorben la energía lumínica en longitudes de onda específicas.



“Mainstream” o central

- Sensor colocado entre el paciente y el circuito respiratorio.
- Rápida lectura.
- No necesita trampas de agua ni tubuladuras.

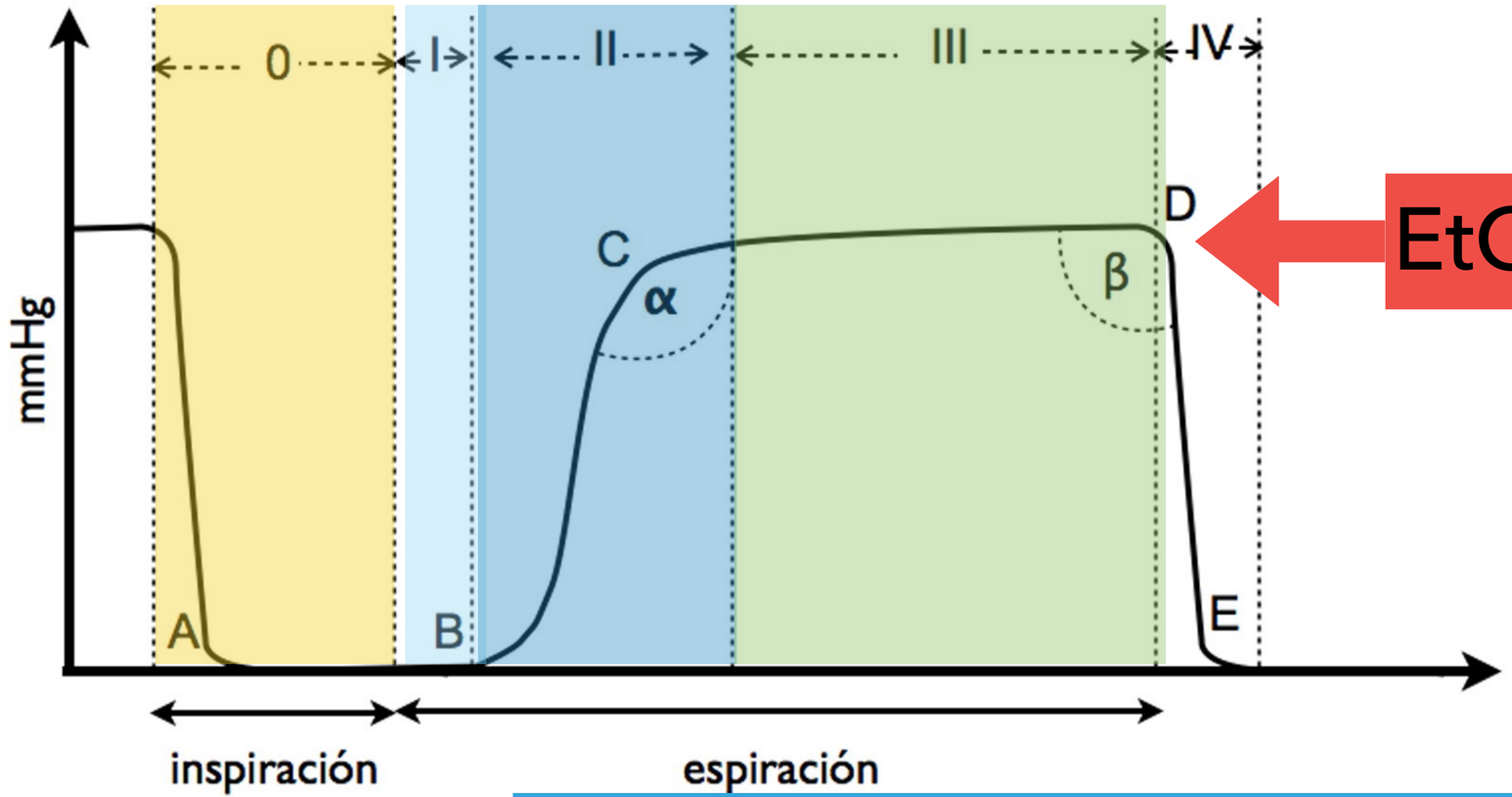


“Sidestream” o lateral

- Las mediciones se realizan en el interior gracias a una bomba (50-250 mL/min).
- Necesita trampas de agua.
- Lenta respuesta.

I: espiración del volumen de gas de la vía aérea (sin CO_2)

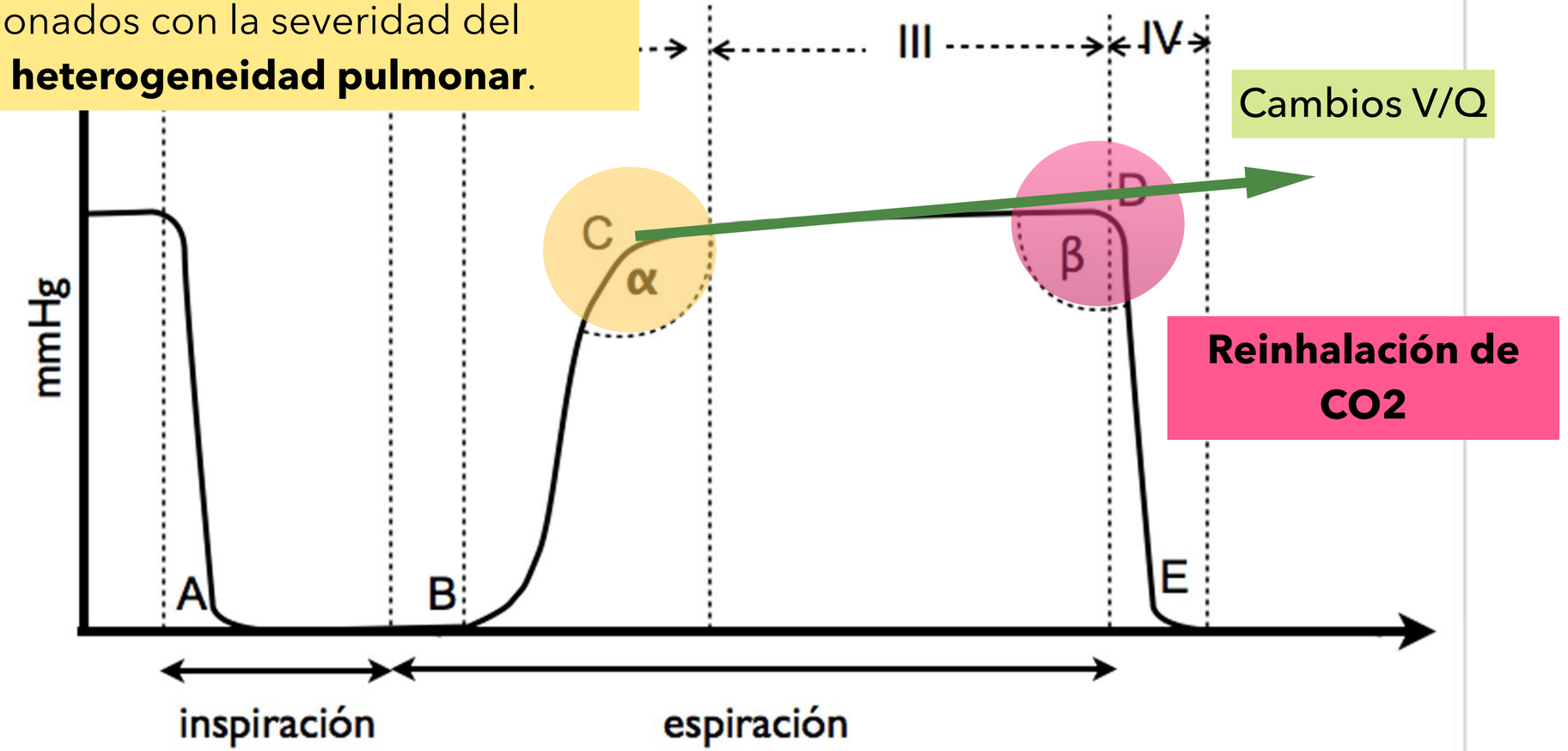
III: corresponde al vaciado del gas alveolar rico en CO_2

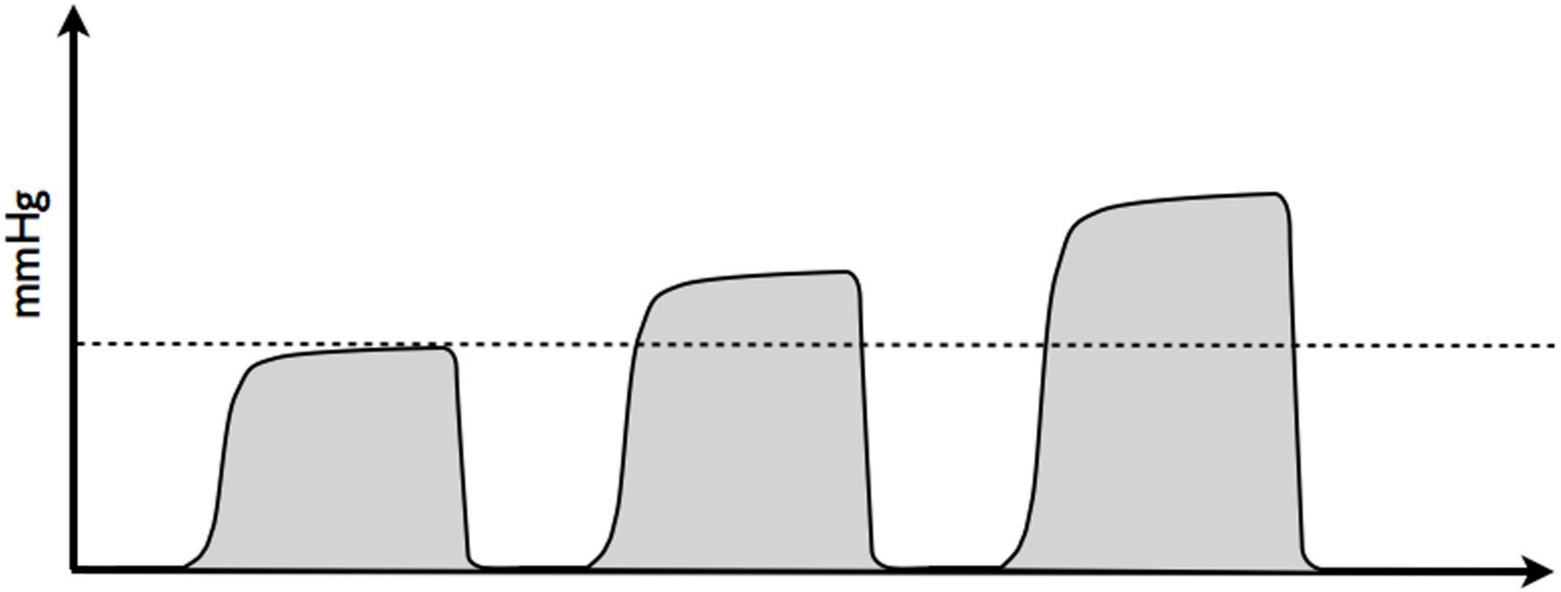


$EtCO_2$

II: comienza a eliminarse el CO_2 del gas alveolar

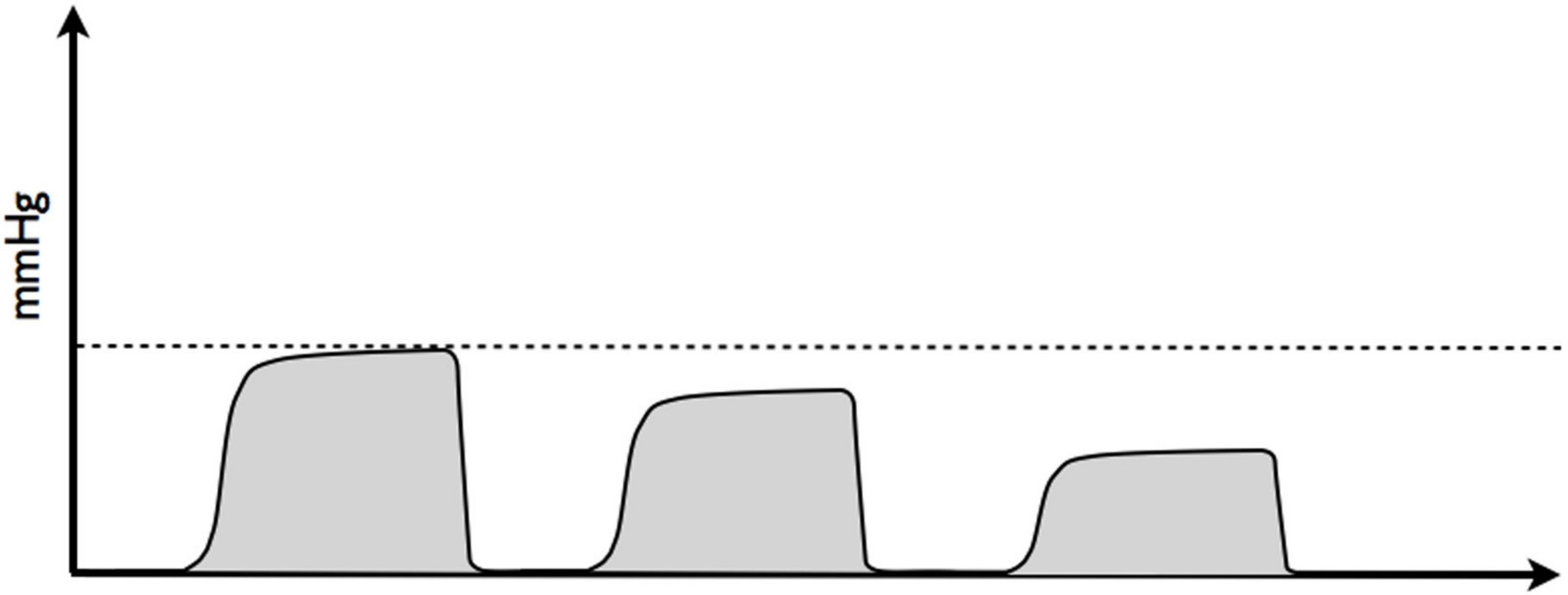
Los cambios en el ángulo parecen estar directamente relacionados con la severidad del **broncoespasmo** y **heterogeneidad pulmonar**.





Hipoventilación

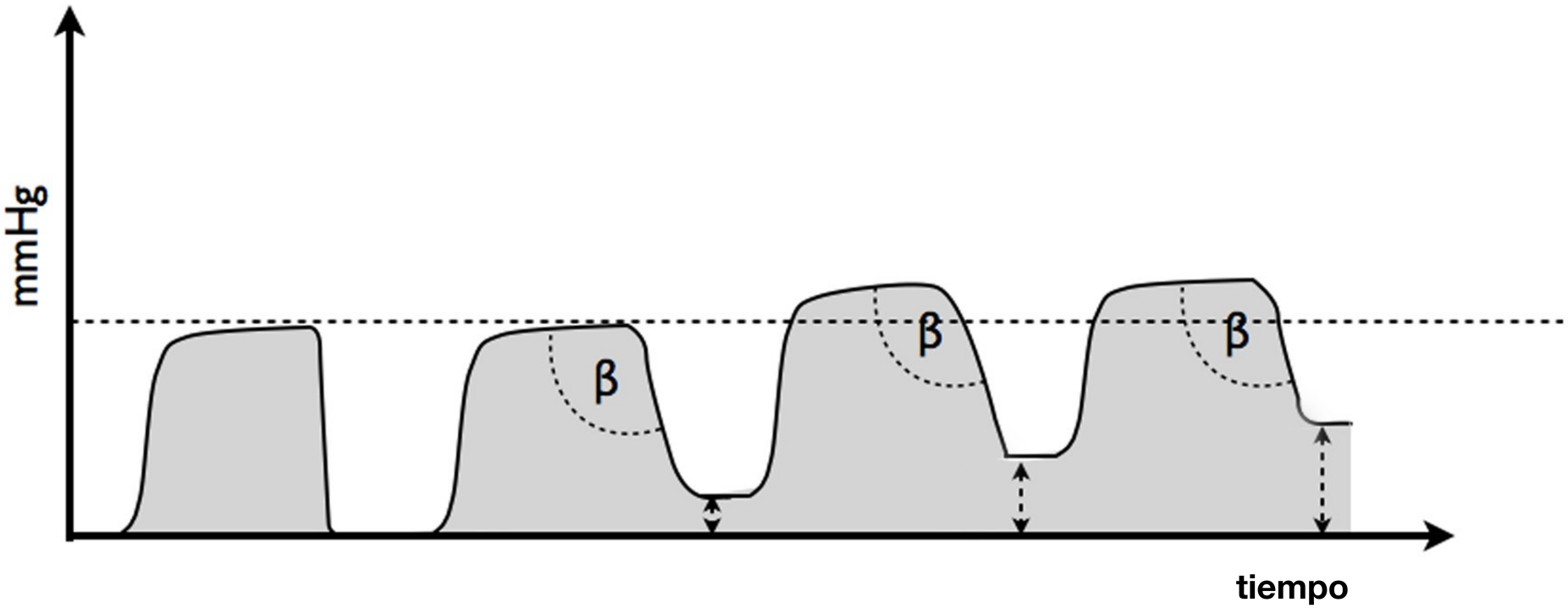
Se observa como el $ETCO_2$ aumenta gradualmente. Un incremento rápido puede ser causado por un suministro exógeno de CO_2 (terapia con bicarbonato) o por optimización de la perfusión pulmonar luego de un periodo de bajo gasto cardíaco.



Disminución de la $ETCO_2$

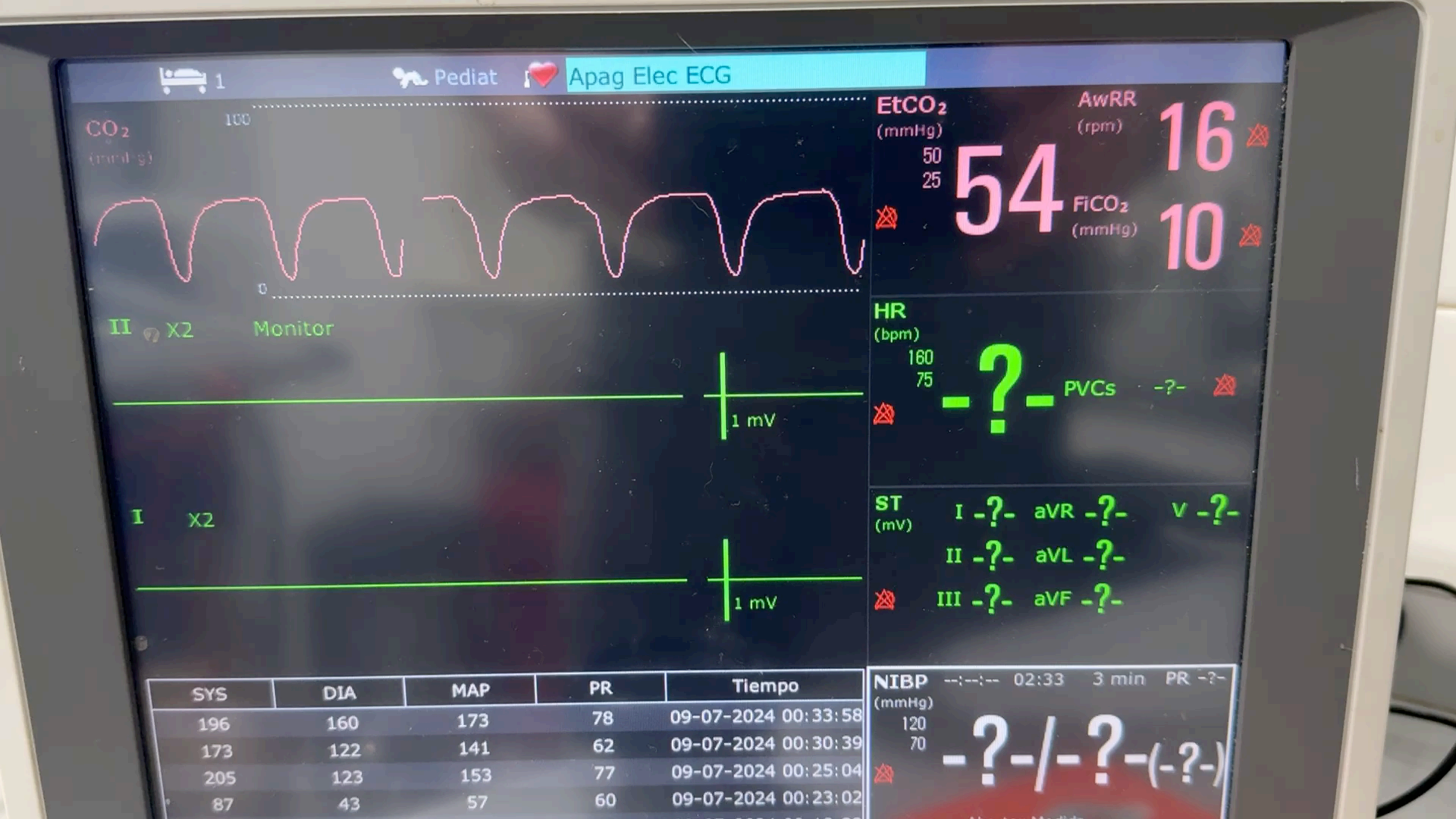
Hiperventilación o de una disminución del transporte de CO2 hacia el pulmón debido a una **reducción del gasto cardíaco**.
Durante el paro cardíaco el valor de ETCO2 tiende a 0.

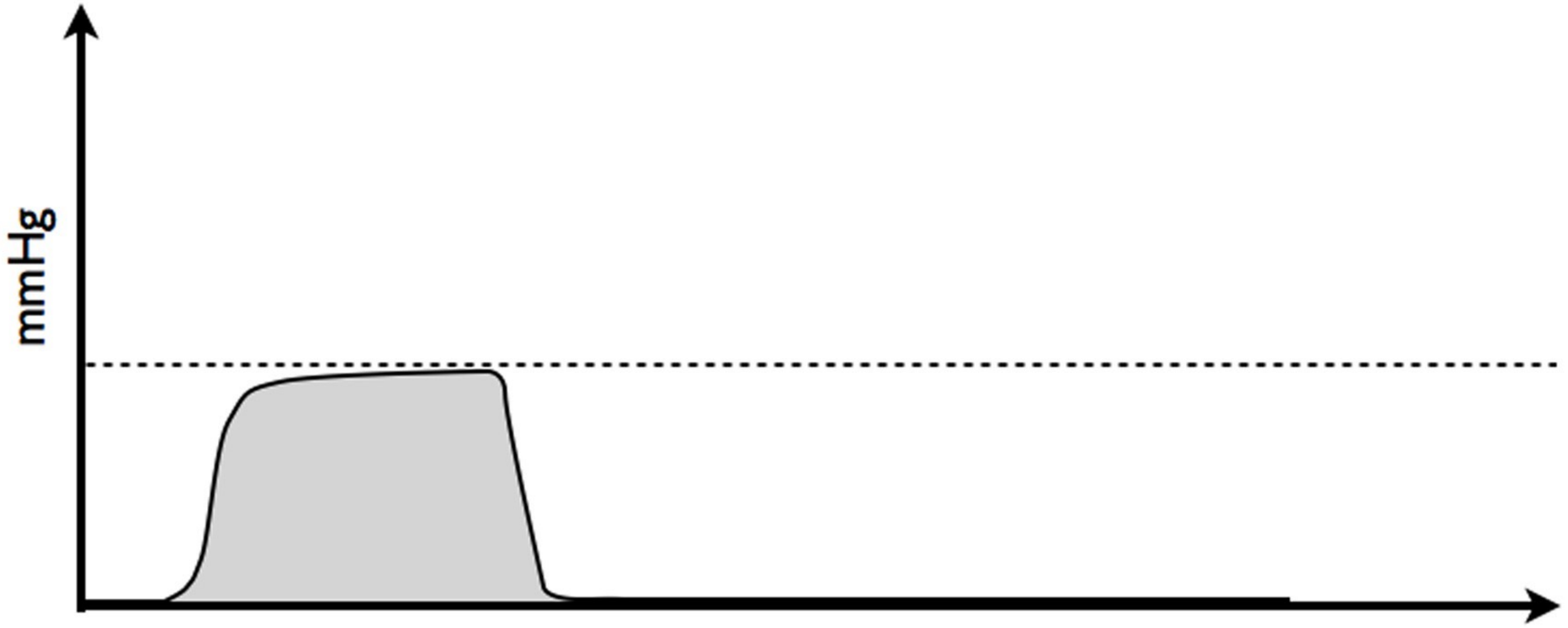




Reinhalación de CO2

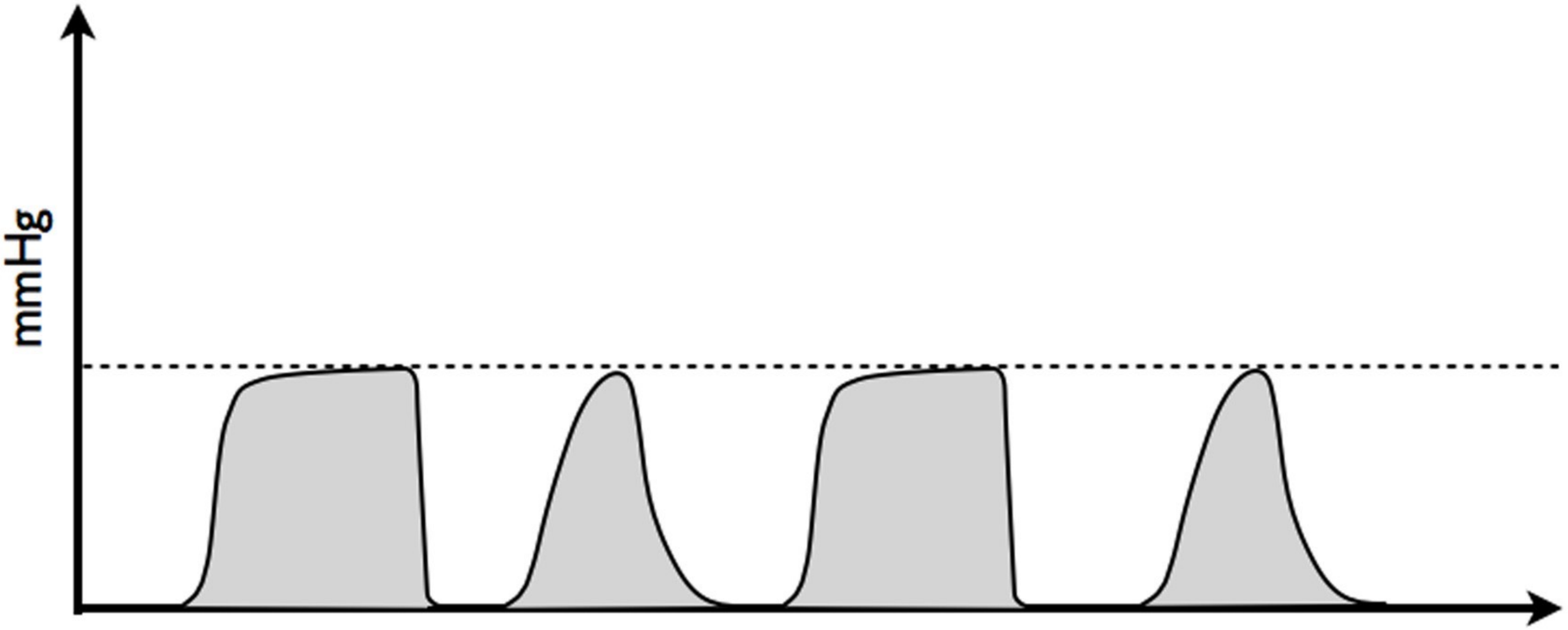
Aumento del ángulo y aumento del valor de la línea de base, el cual determina una concentración de CO_2 inspirado mayor de 0.
Revisar máquina de anestesia: la válvula espiratoria del circuito no se cierra correctamente durante la inspiración, una cal sodada exhausta o la adición de un excesivo espacio muerto al tubo endotraqueal. Las flechas punteadas indican el aumento de la línea de base.


1
Pediat
Apag Elec ECG
CO2
(mmHg)
100
0
II X2 Monitor
1 mV
I X2
1 mV
EtCO2
(mmHg)
50
25
54
AwRR
(rpm)
16
FiCO2
(mmHg)
10
HR
(bpm)
160
75
-?-
PVCs -?-
ST
(mV)
I -?- aVR -?- V -?-
II -?- aVL -?-
III -?- aVF -?-
NIBP --:--:-- 02:33 3 min PR -?-
(mmHg)
120
70
-?-/-?-(-?-)
SYS DIA MAP PR Tiempo
196 160 173 78 09-07-2024 00:33:58
173 122 141 62 09-07-2024 00:30:39
205 123 153 77 09-07-2024 00:25:04
87 43 57 60 09-07-2024 00:23:02



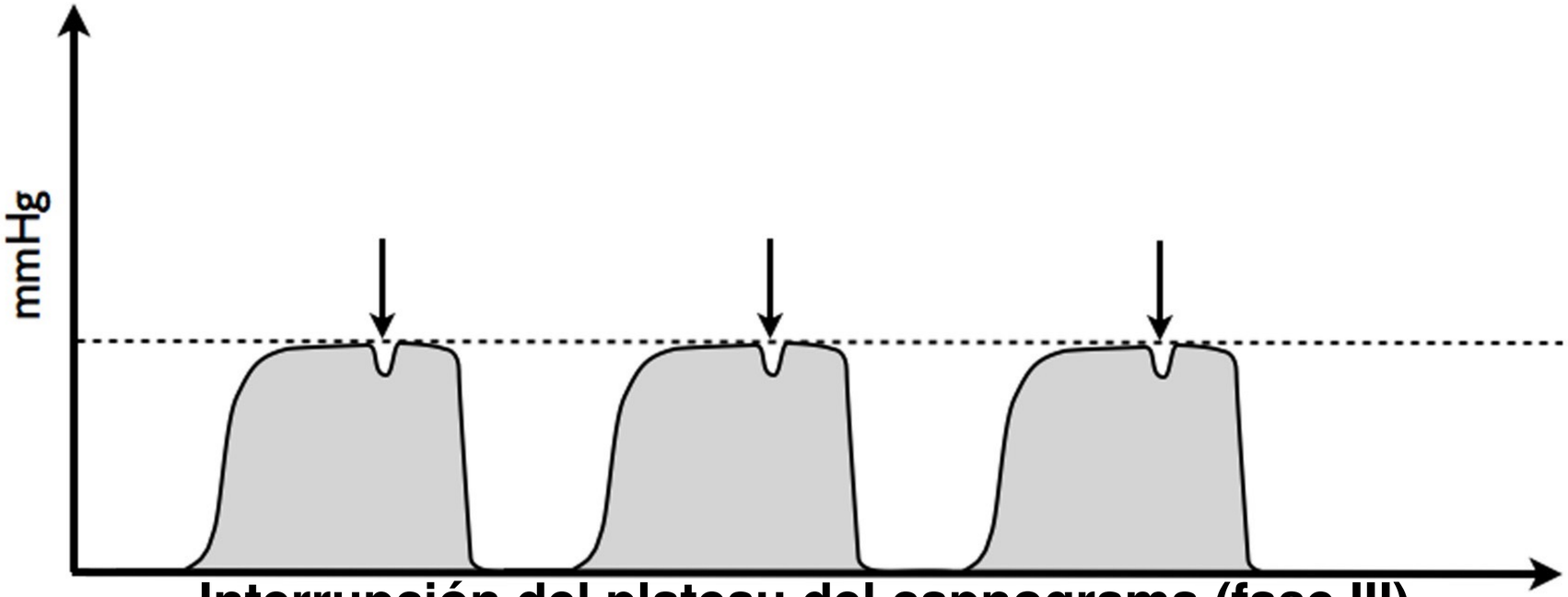
Pérdida brusca de la ventilación

Puede ser debido a apnea, desconexión del capnógrafo del circuito respiratorio, extubación, colapso u oclusión del tubo endotraqueal.



Interrupción del plateau del capnograma (fase III)

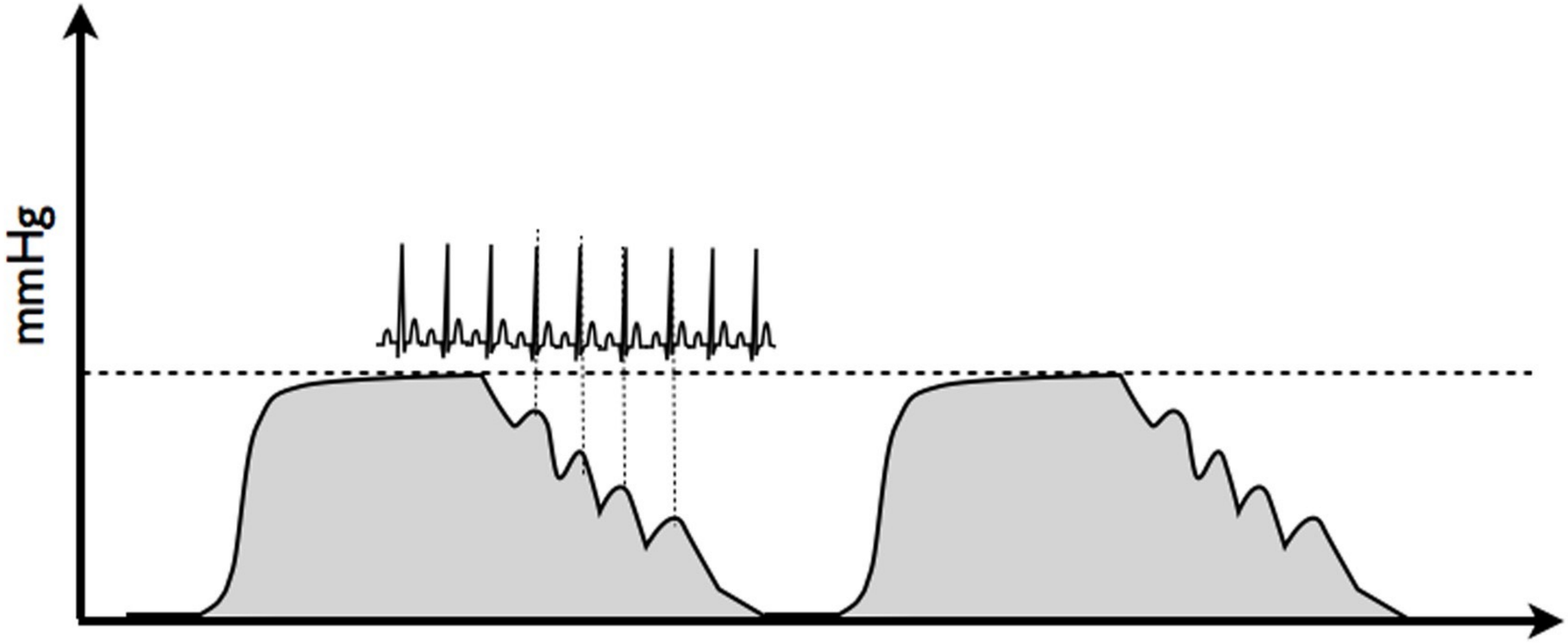
Puede deberse a inspiración espontánea del paciente durante la ventilación mecánica. La inspiración espontánea produce un volumen corriente suficientemente alto para llevar la concentración de CO_2 a cero.



Interrupción del plateau del capnograma (fase III)

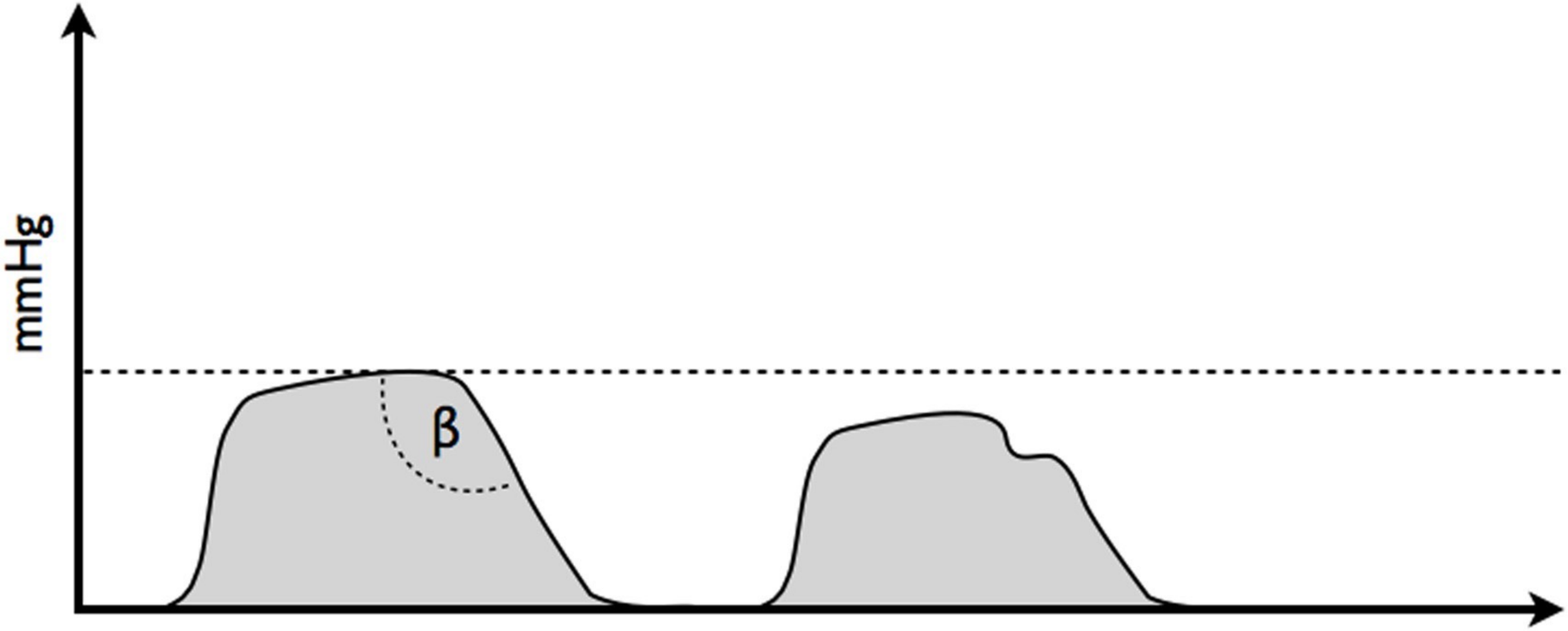
Debido a pequeños esfuerzos respiratorios del paciente. Esta situación puede ser observada durante la ventilación mecánica en pacientes en un plano ligero de anestesia, o durante la recuperación del efecto de un bloqueante neuromuscular o por ejemplo en casos de respuesta nociceptiva.

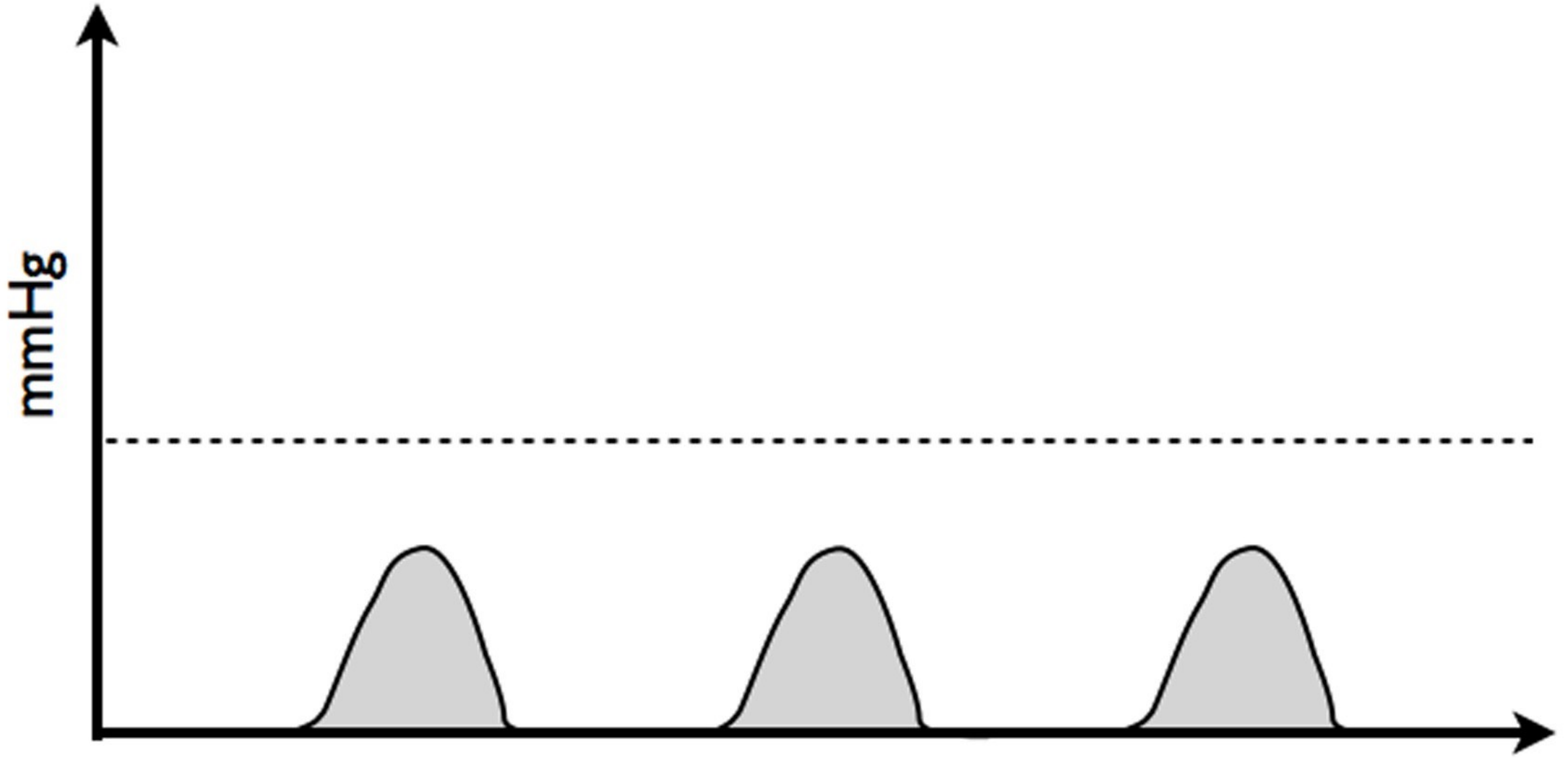
Compresiones de la caja torácica por parte de un operador también causar cuasar irregularidades en la fase III del capnograma.



Oscilaciones cardiogénicas del capnograma

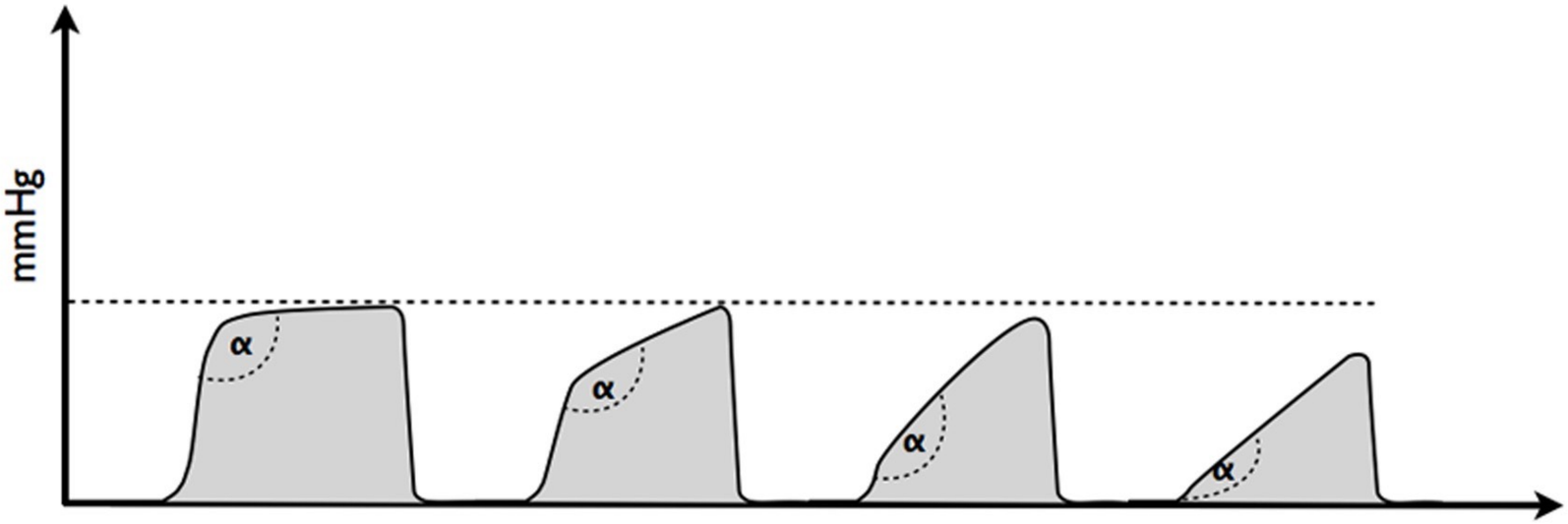
Estas oscilaciones son debidas a que las **contracciones cardíacas** producen **compresiones de pequeñas áreas pulmonares** determinando una pequeña movilización del aire de la vía aérea.


mmHg
β



Capnograma “amortiguado” (damped)

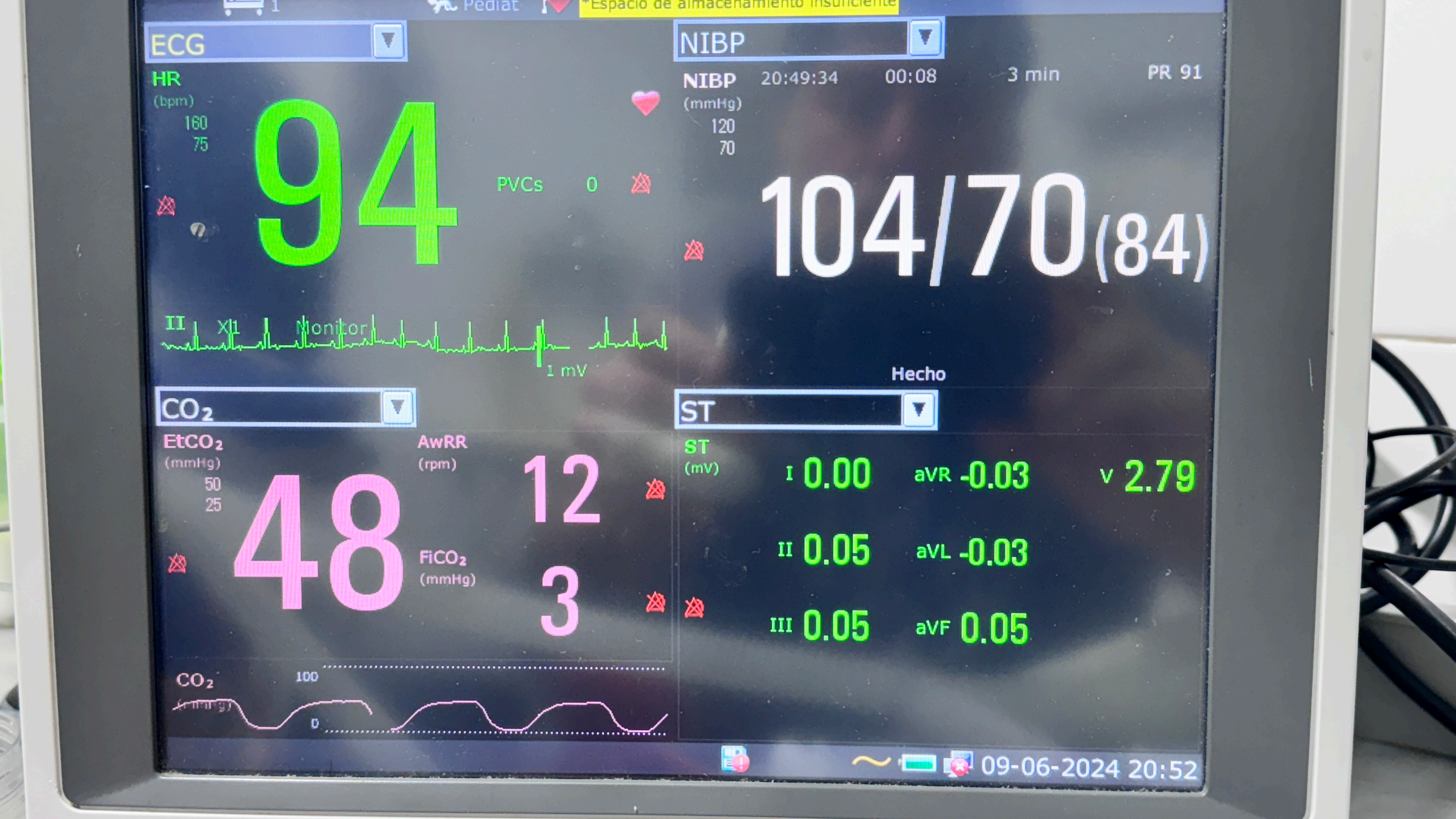
Fases no distinguibles y error en la medición de la $ETCO_2$.
Estas curvas son difíciles de interpretar correctamente y su morfología generalmente obedece al uso de un flujo de gas fresco elevado en pacientes que respiran espontáneamente, generalmente en circuitos lineales. Este tipo de curva no permite obtener conclusiones sobre la calidad de la ventilación ni tampoco del valor de CO_2 al final de la espiración.



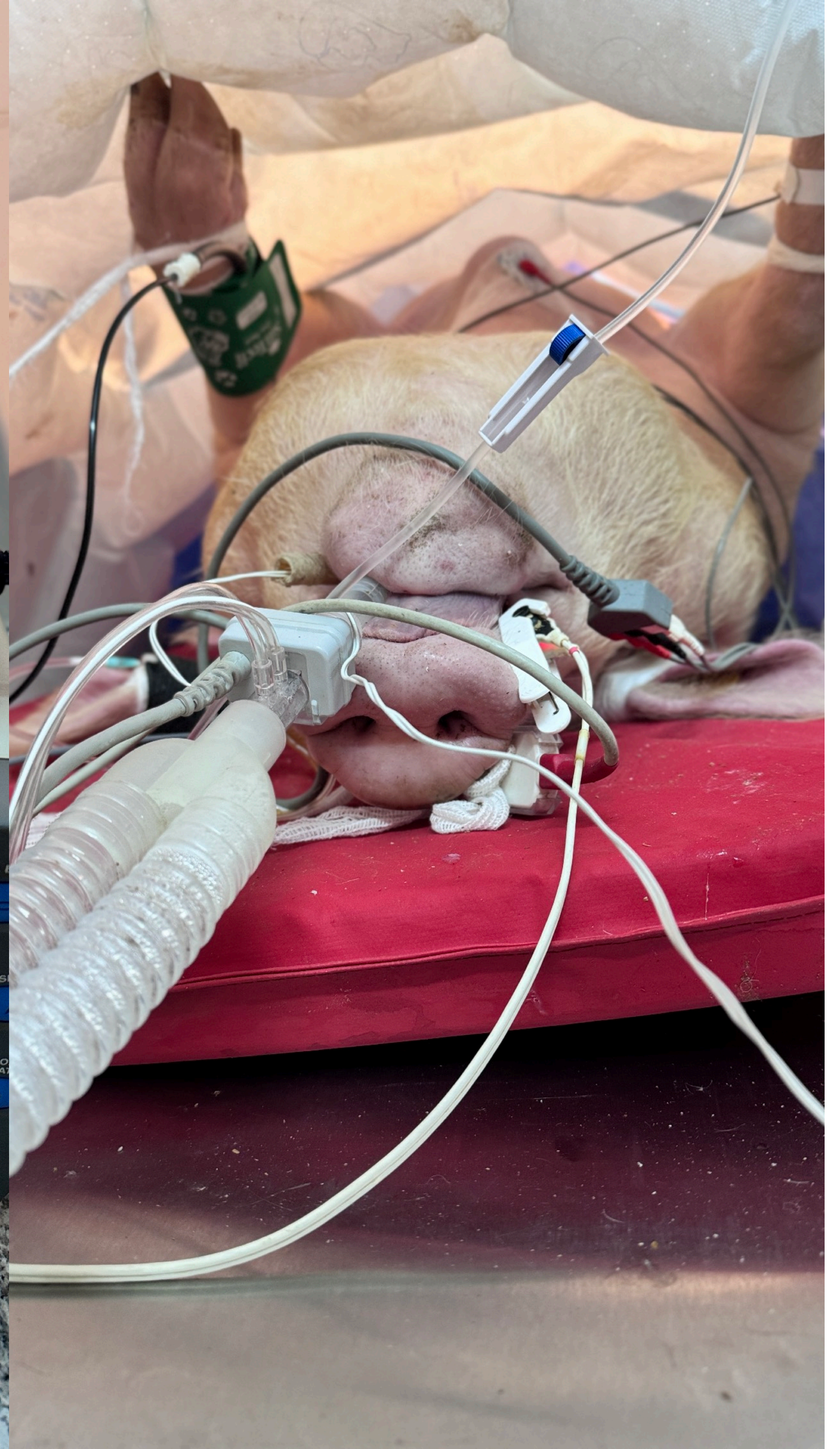
Capnograma con aumento del ángulo

Esta situación puede verificarse en pacientes con alteración de la relación V/Q. Además es característico de una obstrucción de la vía aérea como puede observarse en caso de laringo-espasmo, asma o en un problema del circuito respiratorio.


1
Pediat
*Espacio de almacenamiento insuficiente
CO2
100
EtCO2
(mmHg)
50
25
46
AwRR
(rpm)
12
FiCO2
(mmHg)
0
II X1 Monitor
1 mV
HR
(bpm)
160
75
103
PVCs
0
I X1
1 mV
ST
(mV)
I -0.04
aVR 0.00
V 5.25
II 0.04
aVL -0.06
III 0.07
aVF 0.05
SYS DIA MAP PR Tiempo
103 66 82 90 09-06-2024 20:53:23
110 68 84 91 09-06-2024 20:52:47
104 70 84 91 09-06-2024 20:49:34
113 76 91 96 09-06-2024 20:46:33
101 75 87 100 09-06-2024 20:43:36
NIBP --:--:-- 3 min PR -?-
(mmHg)
120
70
89/-?-(-?-)
Medición Automática
09-06-2024 20:56


Pediat
*Espacio de almacenamiento insuficiente
ECG
HR
(bpm)
160
75
94
PVCs 0
II XI Monitor
1 mV
NIBP
NIBP 20:49:34 00:08 3 min PR 91
(mmHg)
120
70
104/70(84)
Hecho
CO2
EtCO2
(mmHg)
50
25
48
AwRR
(rpm)
12
FiCO2
(mmHg)
3
CO2
100
0
ST
ST
(mV)
I 0.00 aVR -0.03 V 2.79
II 0.05 aVL -0.03
III 0.05 aVF 0.05
09-06-2024 20:52


SunTech
141
60
77
104
Vet20
nico2
ETCO2
36
SpO2
VCO2
321
Vte
1142
RR 10
MV 11.0
Vti 1109
ALERTS OFF
Vd/Vt
Vtalv
799
MValv
7.8
PIP
16
Vdalv
VdAW 312
MAP 11
Pplat 15
Vt/kg
Cst
117
Raw
2
PEEP
6
MENU
RESPIRONICS



Presión arterial: generalidades



mide la presión sistólica, diastólica y media

Presión arterial (PA):

PAS
PAD

PA = GC x RVS

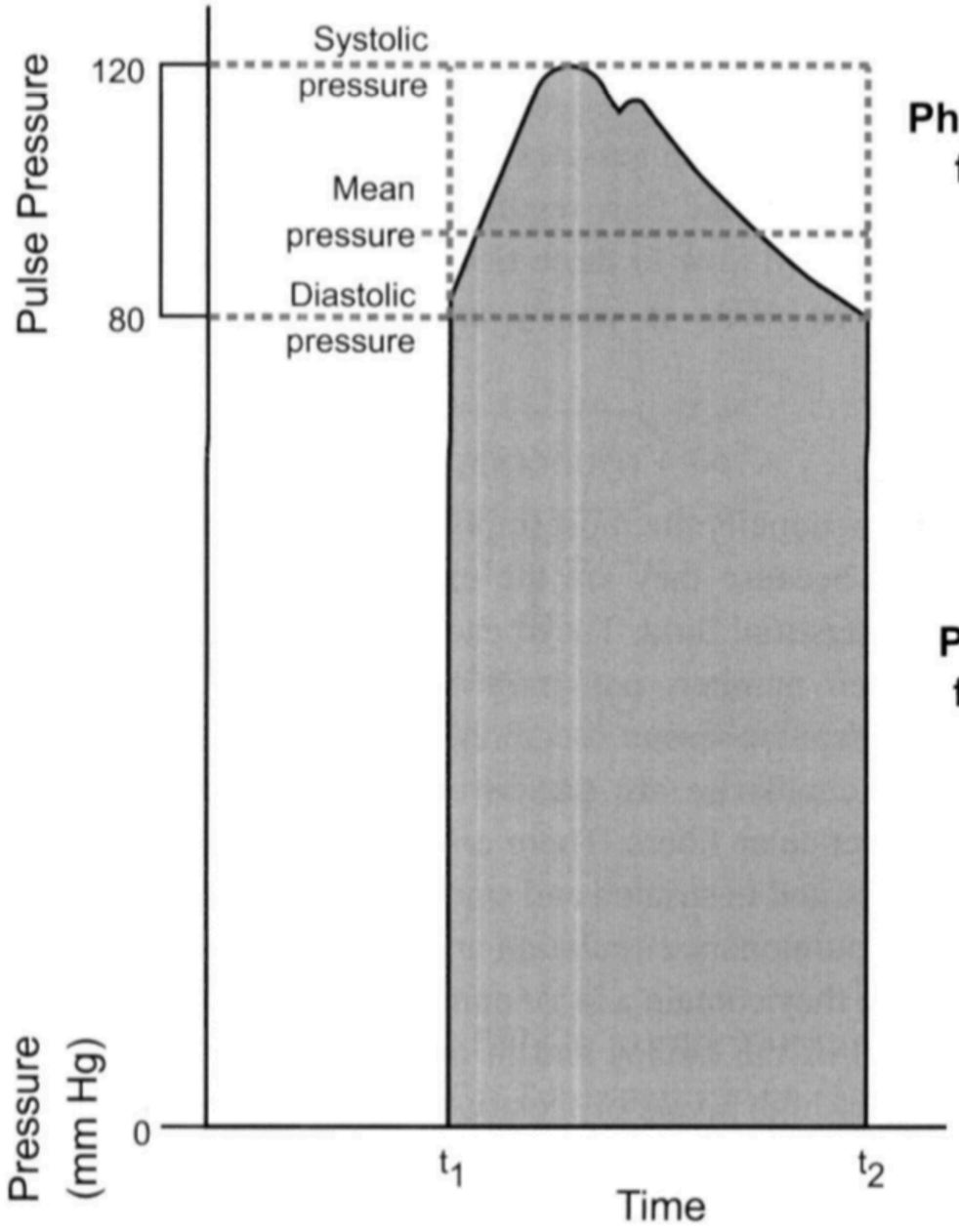
PAM = PAD + 1/3 (PAS - PAD)

60 mmHg

Presión de Pulso (PP)

GC: gasto cardíaco; RVS: resistencia vascular sistémica

$$P_m = P_d + 1/3\,(P_s - P_d)$$



Physiologic factors

- *Heart rate*
- *Stroke volume*
- *Cardiac Output*
- *Peripheral resistance*

Physical factors

- *Arterial stiffness*
- *Arterial compliance*

Arterial blood pressure

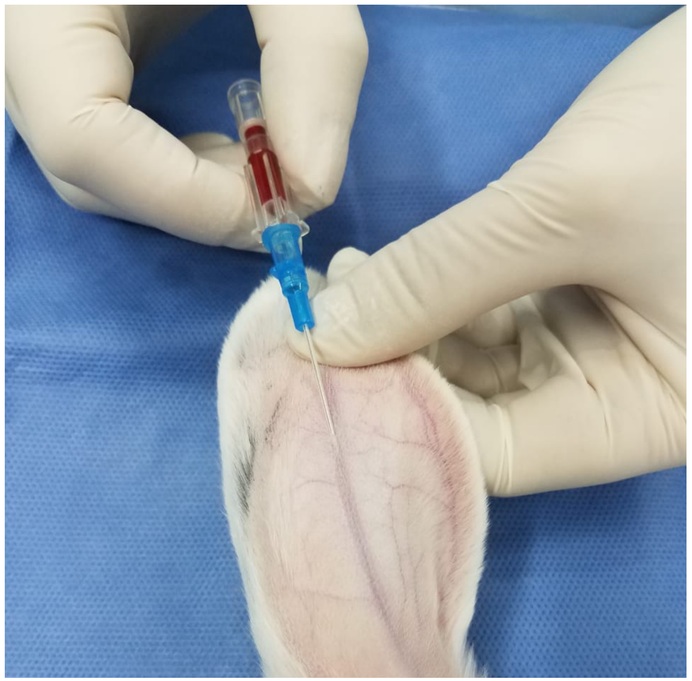
PA

PAnI
(presión arterial no invasiva)



ancho del brazalete o manguito debe ser 40% de la circunferencia

PAI
(presión arterial invasiva)



PAnI

Fáciles de implementar, menos precisas, y no generan curva de presión

Método Doppler:

manguito
esfingomanómetro
Doppler
gel
cinta de papel o adherente

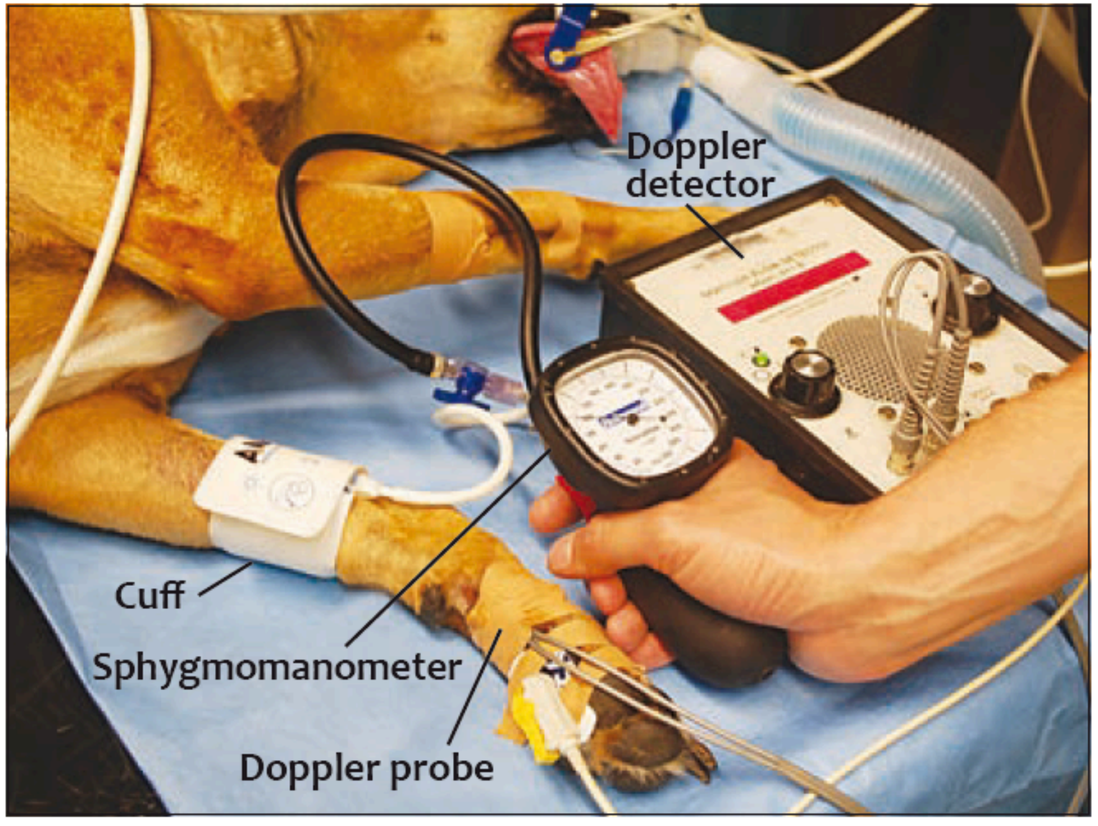
manguito debe estar al nivel del **atrio derecho**

+ 10 cm

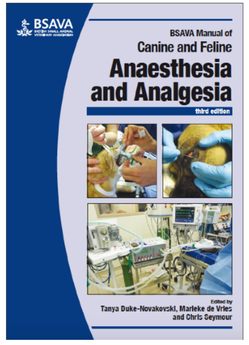
subestima 7 mmHg

sobreestima 7 mmHg

- 10 cm



Sonido audible



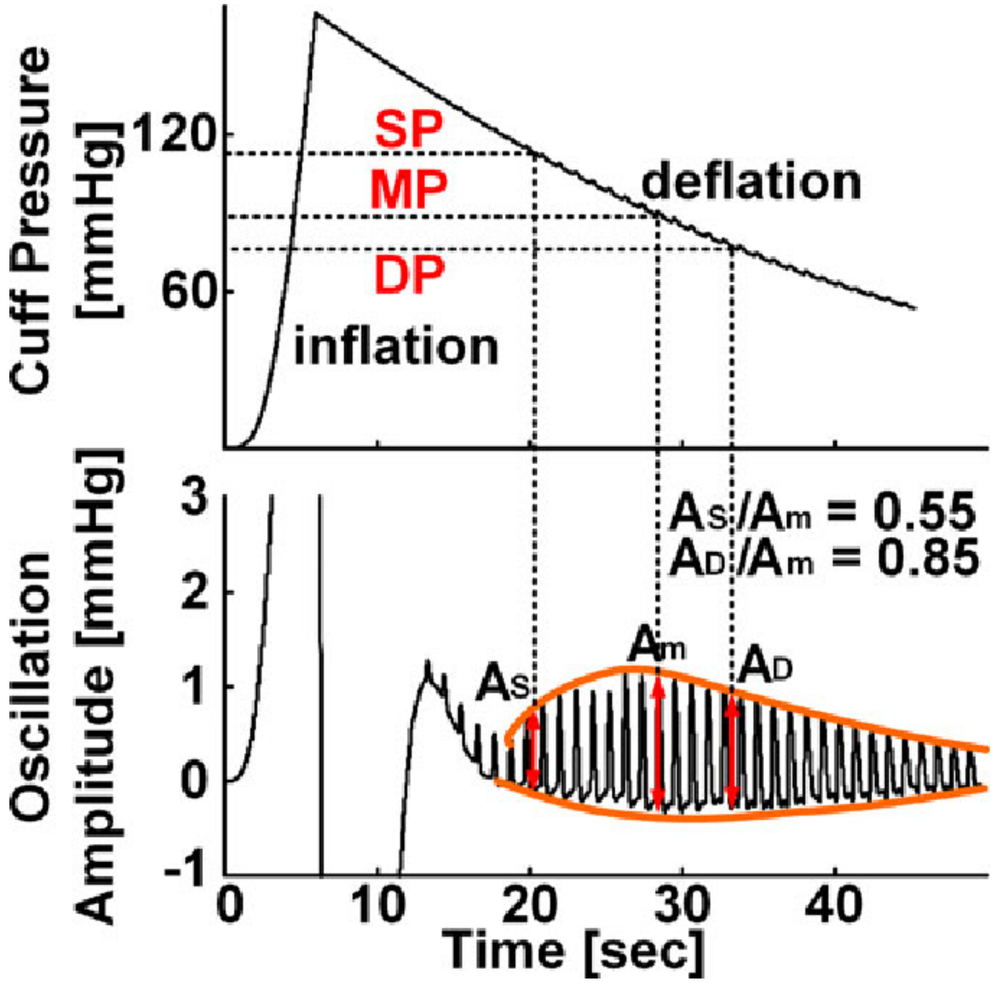
PAnI

Fáciles de implementar, menos precisas, y no generan curva de presión

Método oscilométrico:

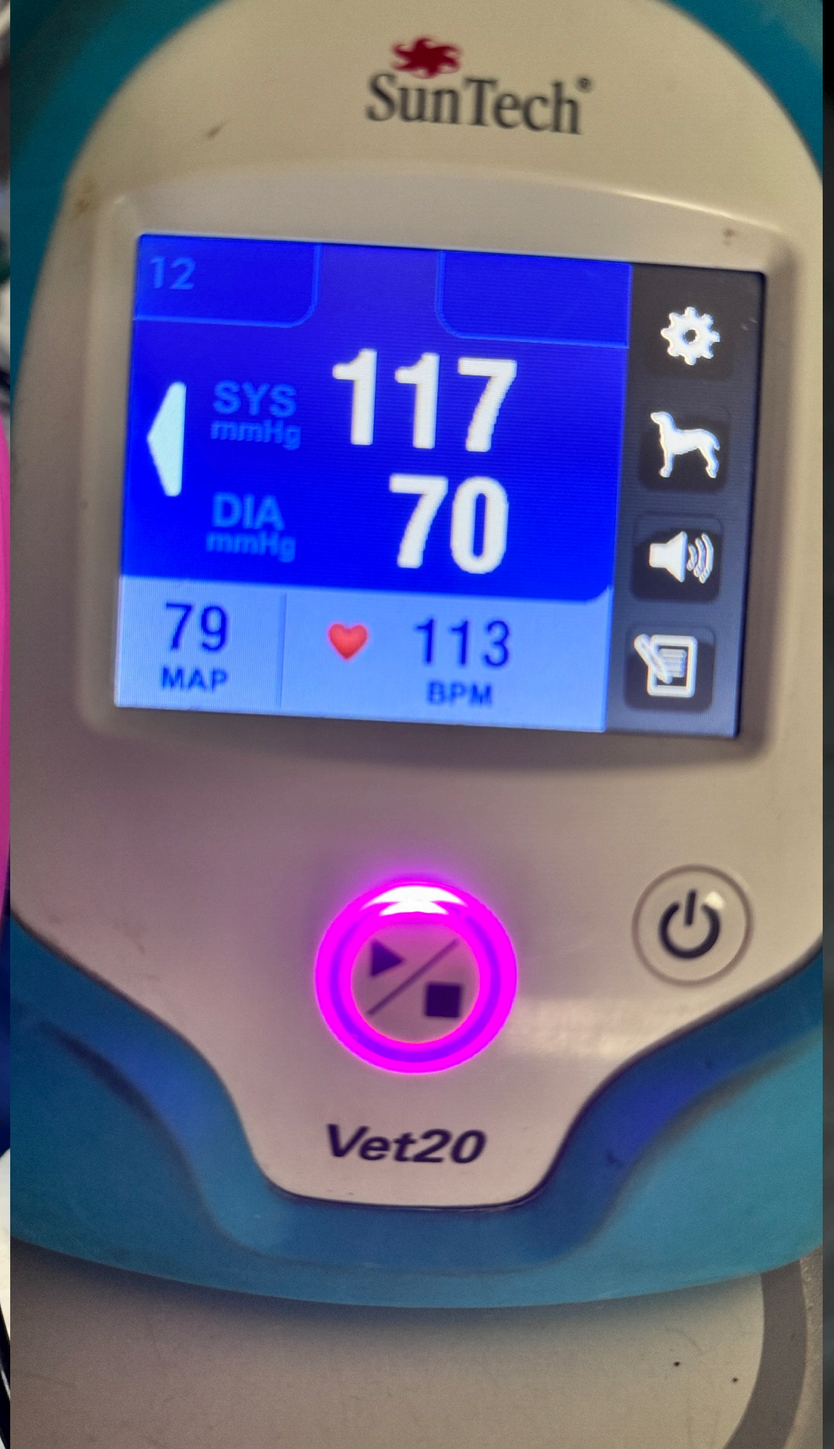
miden automáticamente PAS, PAD y PAM por las oscilaciones alrededor del manguito





High-definition oscillometry


SunTech
1
SYS
mmHg
198
DIA
mmHg
120
140
MAP
84
BPM
Vet20


SunTech
12
SYS
mmHg
117
DIA
mmHg
70
79
MAP
113
BPM
Vet20



PAnI



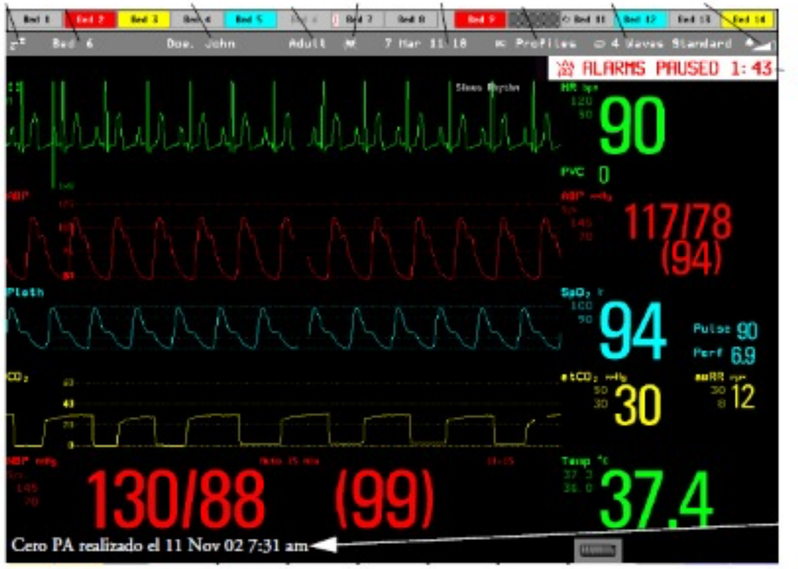
Cortesía: Dr. Pablo Otero

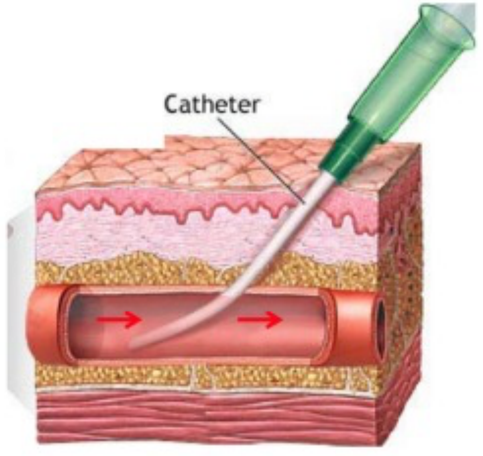
Opciones de medición de la PAI



PAS
PAD
PAM

Monitor







PAM

Manometro aneroide



PAI

Requiere cateterización arterial (posibilidad de análisis de gases)

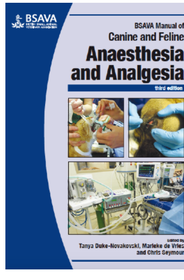
catéter conectado a un transductor de presión

↓

hacer el “0” ambiental
evitar burbujas de aire
Solución heparinizada presurizada o con jeringa








CO
TMPs
Trace
Trend
Print
System
Patient Management Canceled
ID Undefined
BURN
BED 1
HR
176
BPM
ECG
IP1
Sys
80/54
Mean (65)
SpO2
SpO2
Pulse
PI

SAP
Dicrotic notch
DAP

PAI

Requiere cateterización arterial (posibilidad de análisis de gases)



Presión arterial

Manómetro anaeroide Brinda PAM











Out of plane

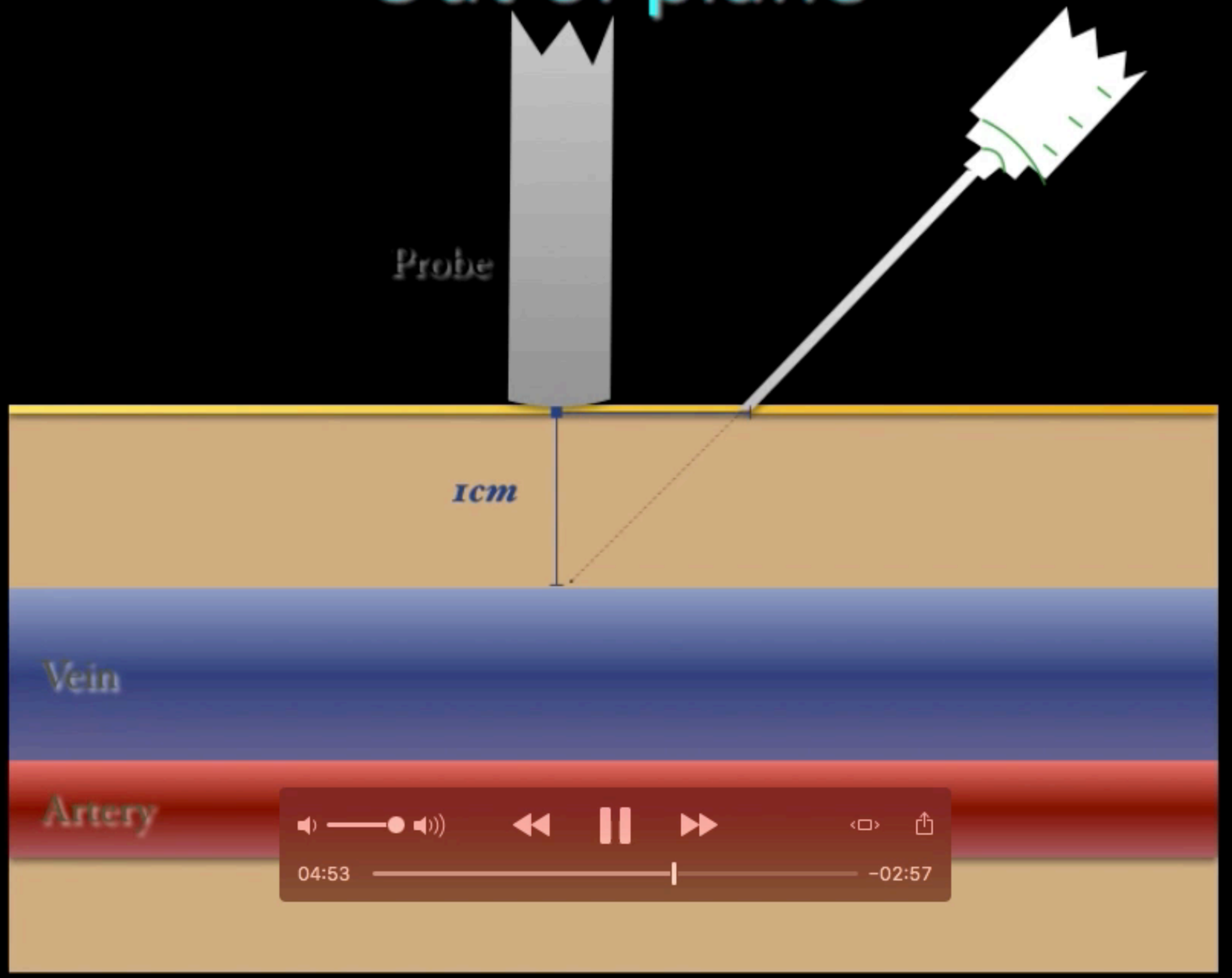


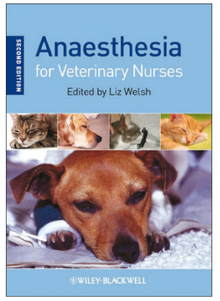
Figure used with the permission of Saudi Emergency Ultrasound Group

¿ es lo mismo “palpar" el pulso que “medir” la presión?









JOURNAL OF Veterinary Emergency AND Critical Care

Original Study

Journal of Veterinary Emergency and Critical Care **26**(1) 2016, pp 52–57
doi: 10.1111/vec.12418

Prediction of systolic blood pressure using peripheral pulse palpation in cats

Erica L. Reineke, VMD, DACVECC; Colleen Rees, CVT and Kenneth J. Drobatz, DVM, DACVIM, DACVECC, MSCE

Table 2: Femoral pulse quality and median systolic blood pressure

Femoral pulse quality	Median SBP (range)	*P* value
Absent	30 mm Hg (30–105 mm Hg)	*0.0022*
Poor	64 mm Hg (30–240 mm Hg)	< *0.0001*
Moderate	107.5 mm Hg (78–160 mm Hg)	*0.043*
Strong	132.5 mm Hg (58–210 mm Hg)	< *0.001*

SBP, systolic blood pressure.

Table 3: Metatarsal pulse quality and median blood pressure

Metatarsal pulse quality	Median SBP (range)	*P* value
Absent	30 mm Hg (30–120 mm Hg)	< *0.0001*
Poor	80 mm Hg (30–140 mm Hg)	0.108
Moderate	110 mm Hg (78–160 mm Hg)	0.064
Strong	135 mm Hg (58–210 mm Hg)	< *0.0001*

SBP, systolic blood pressure.

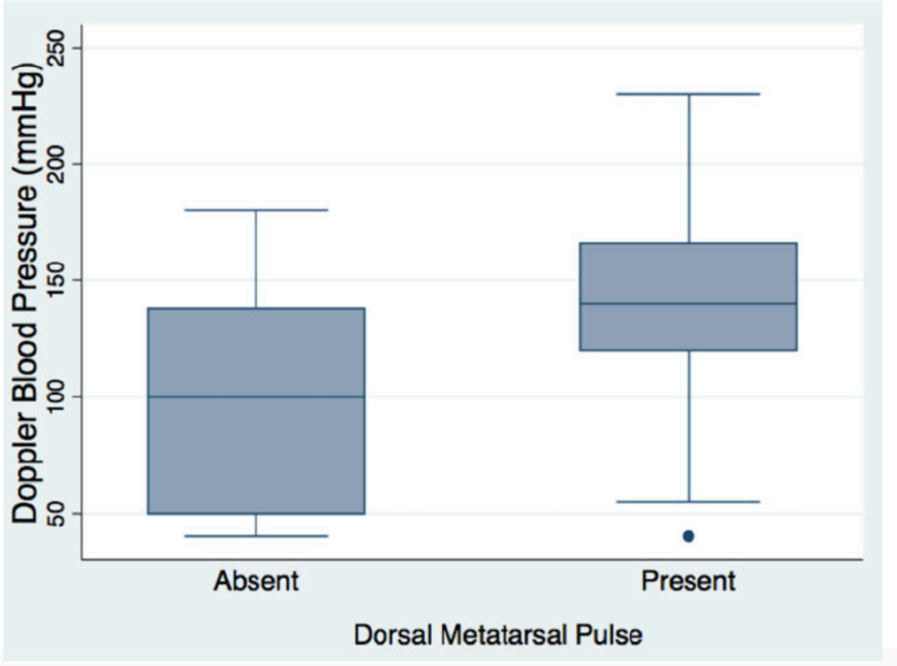
JOURNAL OF Veterinary Emergency AND Critical Care

Original Study

Journal of Veterinary Emergency and Critical Care () 2018, pp 1–6
doi: 10.1111/vec.12718

Evaluation of the relationship between peripheral pulse palpation and Doppler systolic blood pressure in dogs presenting to an emergency service

Laura B. Ateca, VMD, DACVECC; Erica L. Reineke, VMD, DACVECC and Kenneth J. Drobatz, DVM, MSCE, DACVIM, DACVECC



JOURNAL OF Veterinary Emergency AND Critical Care

Original Study

Journal of Veterinary Emergency and Critical Care **26**(1) 2016, pp 52–57
doi: 10.1111/vec.12418

Prediction of systolic blood pressure using peripheral pulse palpation in cats

Erica L. Reineke, VMD, DACVECC; Colleen Rees, CVT and Kenneth J. Drobatz, DVM, DACVIM, DACVECC, MSCE

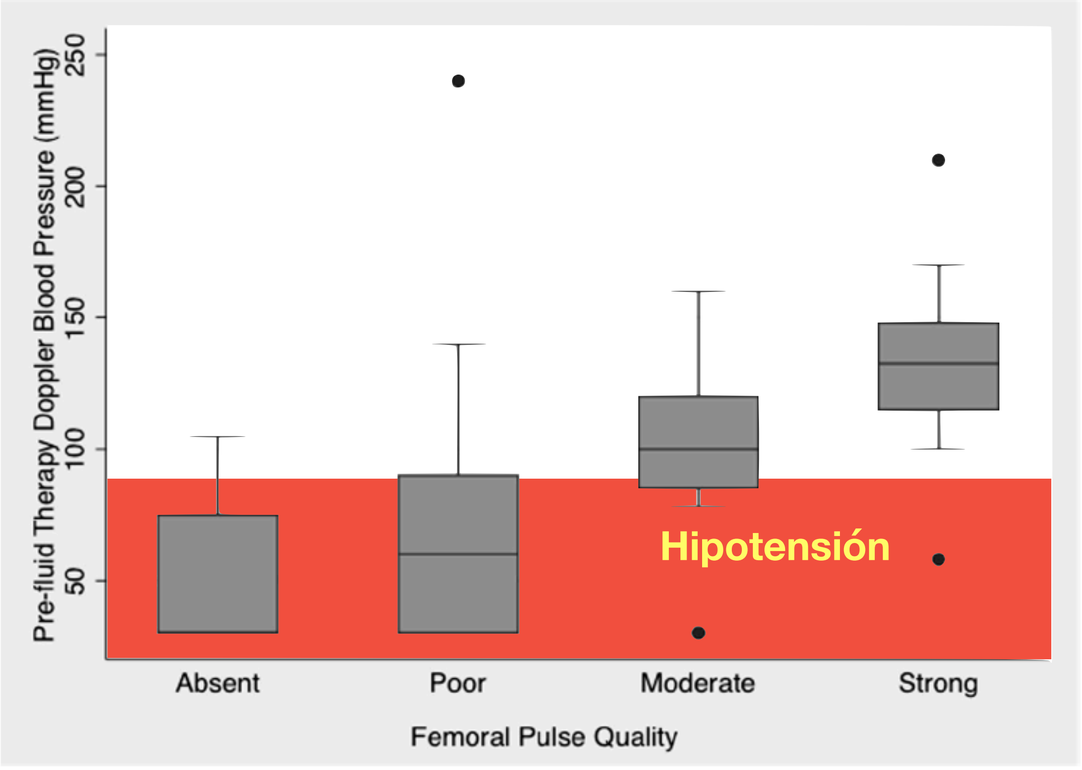


Figure 1: Box and whiskers plot illustrating femoral pulse quality and systolic blood pressure prior to fluid therapy. The top of the box is the first quartile, the bottom of the box is the third quartile, and the band inside the box is the median. Outliers are indicated as dots. The median SBP for each femoral pulse quality category was significantly different when compared with all other femoral pulse quality categories ($P < 0.05$). SBP, systolic blood pressure.

ECG



Monitor de la FC y arritmias
3 (usual) o 5 electrodos

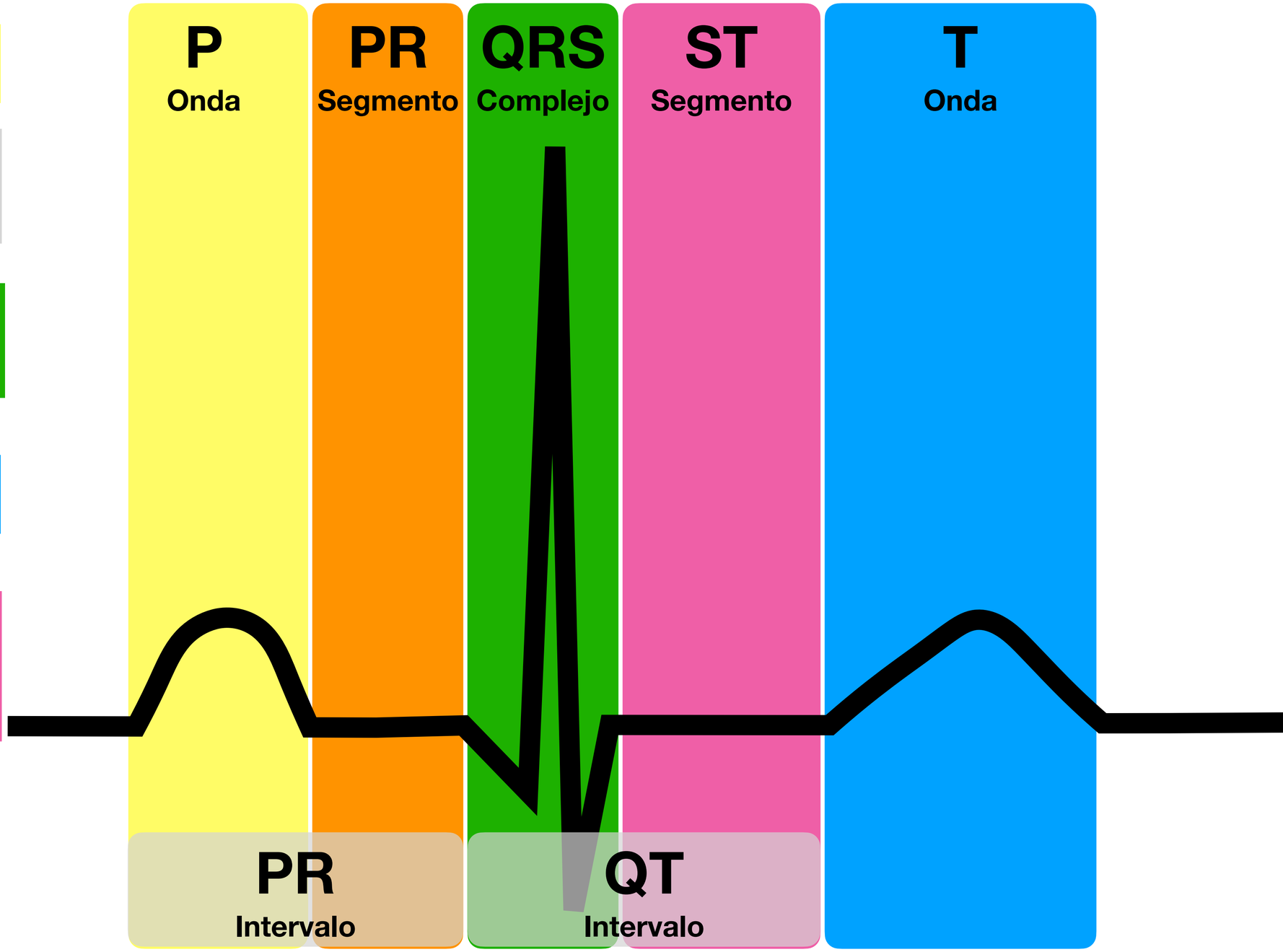
Onda P:
Despolarización atrial

Intervalo PR:
Tiempo de conducción a travez del atrio, NAV

QRS
Conducción ventricular y despolarización

Onda T:
Repolarización ventricular

Segmento ST:
Es isoelectrico y representa el momento cuando los ventrículos están complemente despolarizados



Bradiarritmias

Bradicardia Sinusal

FC bajas, onda P por cada QRS, regular

Arritmia sinusal

Onda P por cada QRS, regularmente irregular
Relación con ventilación: "BeTi"



Bloqueo Auriculo-Ventricular:

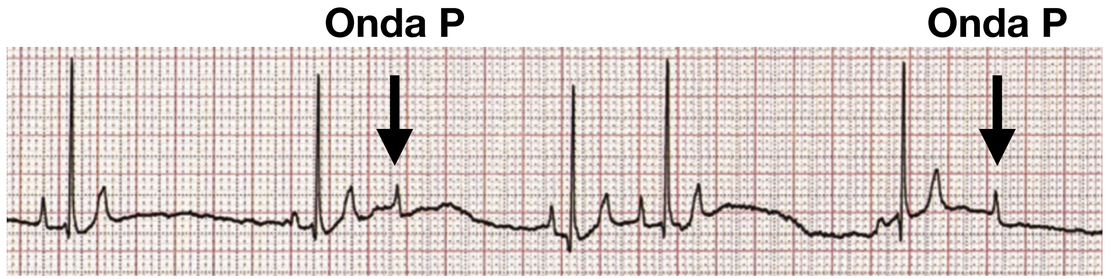
Primer grado:

Prolongación del intervalo PQ

Segundo grado:

Tipo I: progresivo incremento del intervalo PQ, seguido de onda P que no conduce.

Tipo II: ondas P que no conducen



Tercer grado: ondas P, disociadas de QRS, con frecuencias de onda P mayor que QRS

Síndrome de seno enfermo



Taquiarritmias

Arritmias

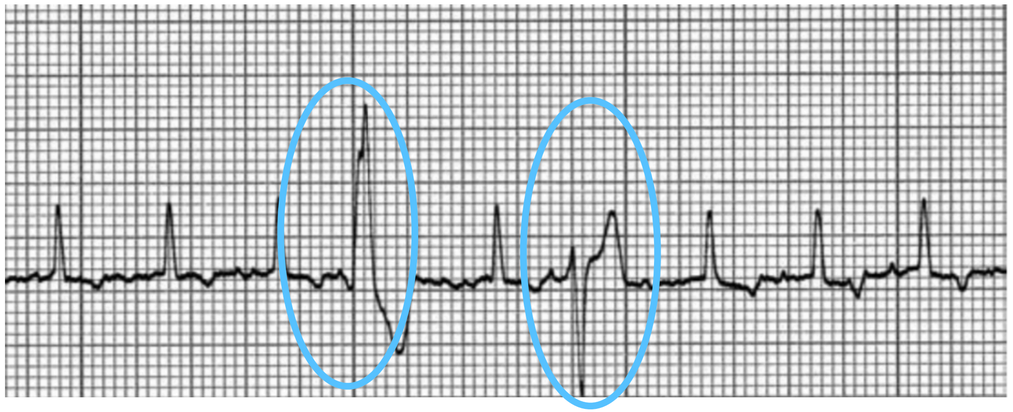
Taquicardia Sinusal:

Onda P, seguida de QRS, con FC altas (>160 lat/ min, 🐈 ; >220 lat/min 🐈)



Fibrilación atrial:

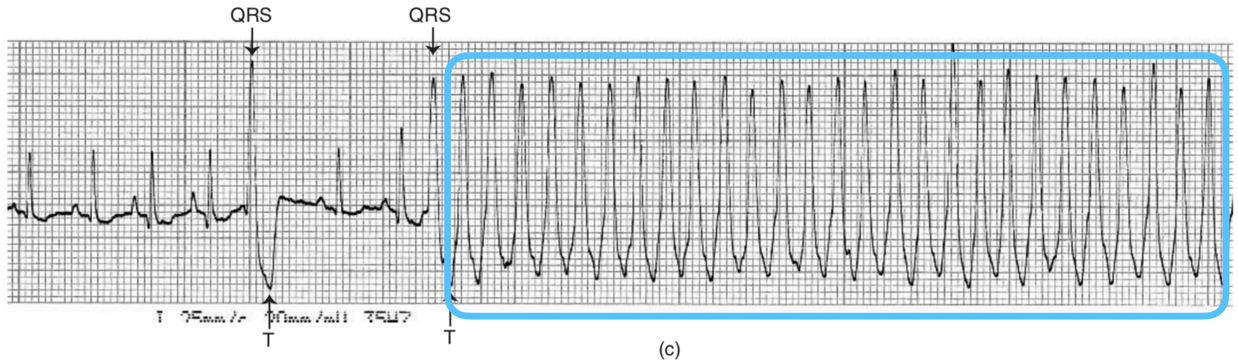
No se identifican ondas P, ondulaciones de la línea de base



Complejos ventriculares aislados

No tienen onda P, QRS bizarros

Alteración del Ritmo ventricular

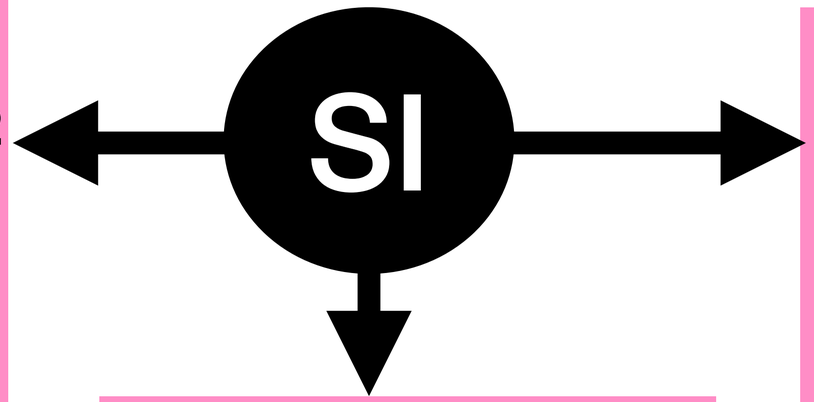


Identificación de la arritmia durante la anestesia

¿hay repercusión hemodinámica de la arritmia durante la anestesia?

PAM < 65 mmHg
Incremento del Tllc, mucosas pálidas
Identificar la morfología de la arritmia
¿esta alterada la contractilidad también?

NO



Anestesia:

Drogas: opioides, agonistas alfa2
Plano anestésico
Hipoxemia
Hipotermia
Hipovolemia relativa
Hipotensión

Paciente:

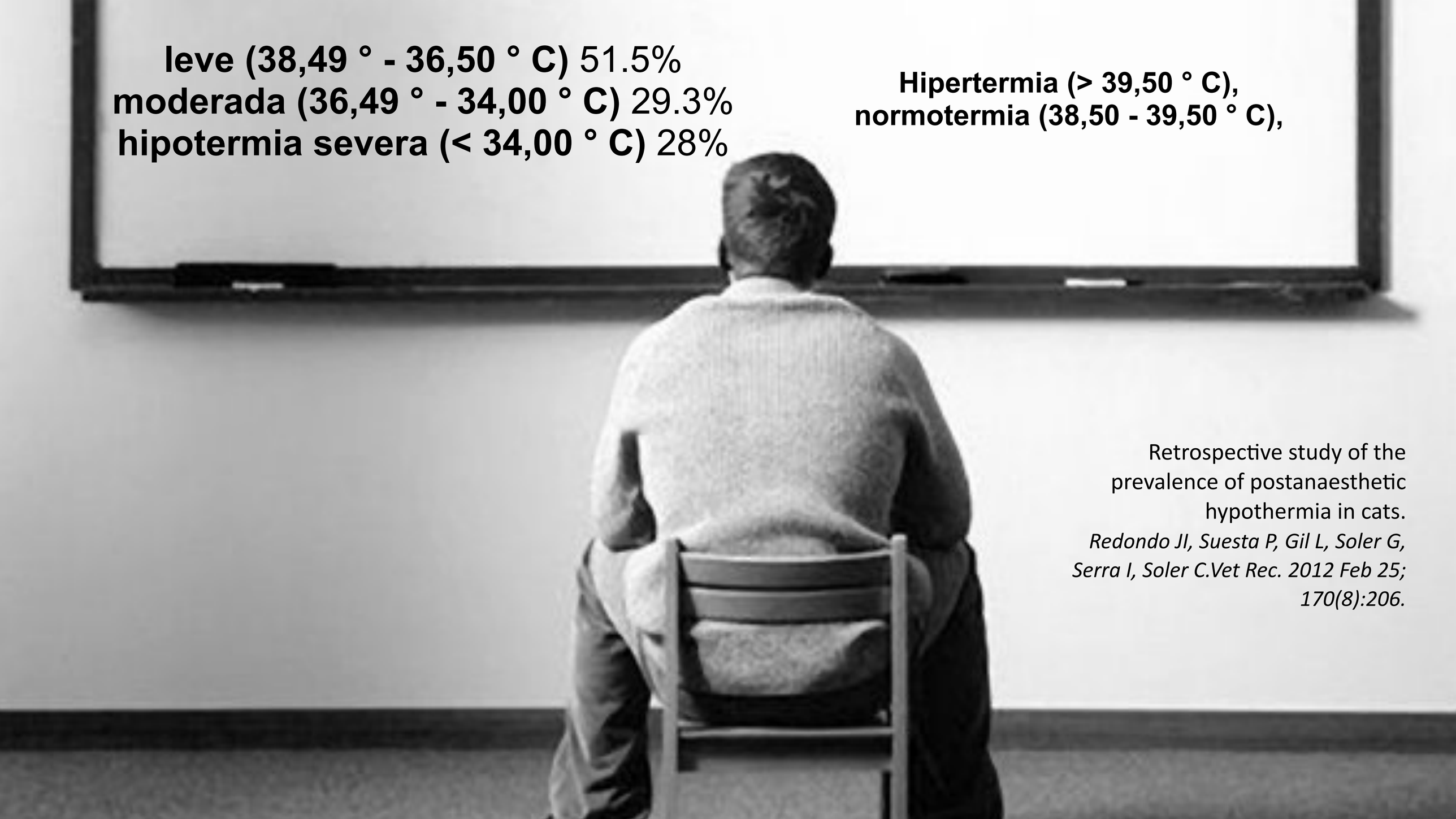
Enfermedad cardíaca previa
Disturbios acido base (hiperkalemia, hipoglucemia)
Hipovolemia y disminución de la percusión miocárdica

Procedimiento:

Estimulación quirúrgica
Hemorragias



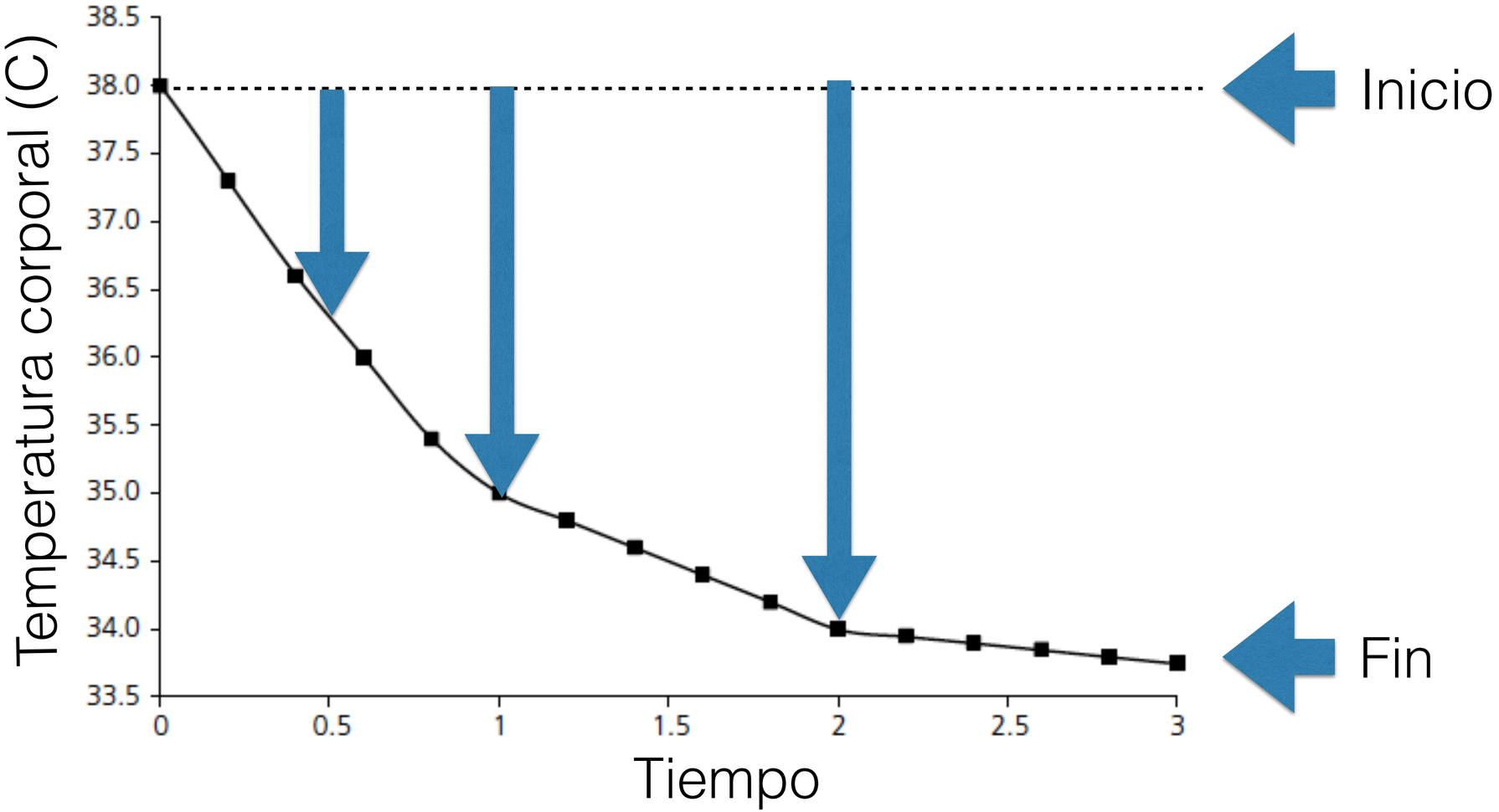
Brodbelt DC, et al. Risk factors for anaesthetic-related death in cats: results from the confidential enquiry into perioperative small animal fatalities (CEPSAF). Br J Anaes. 2007;99:617-623.



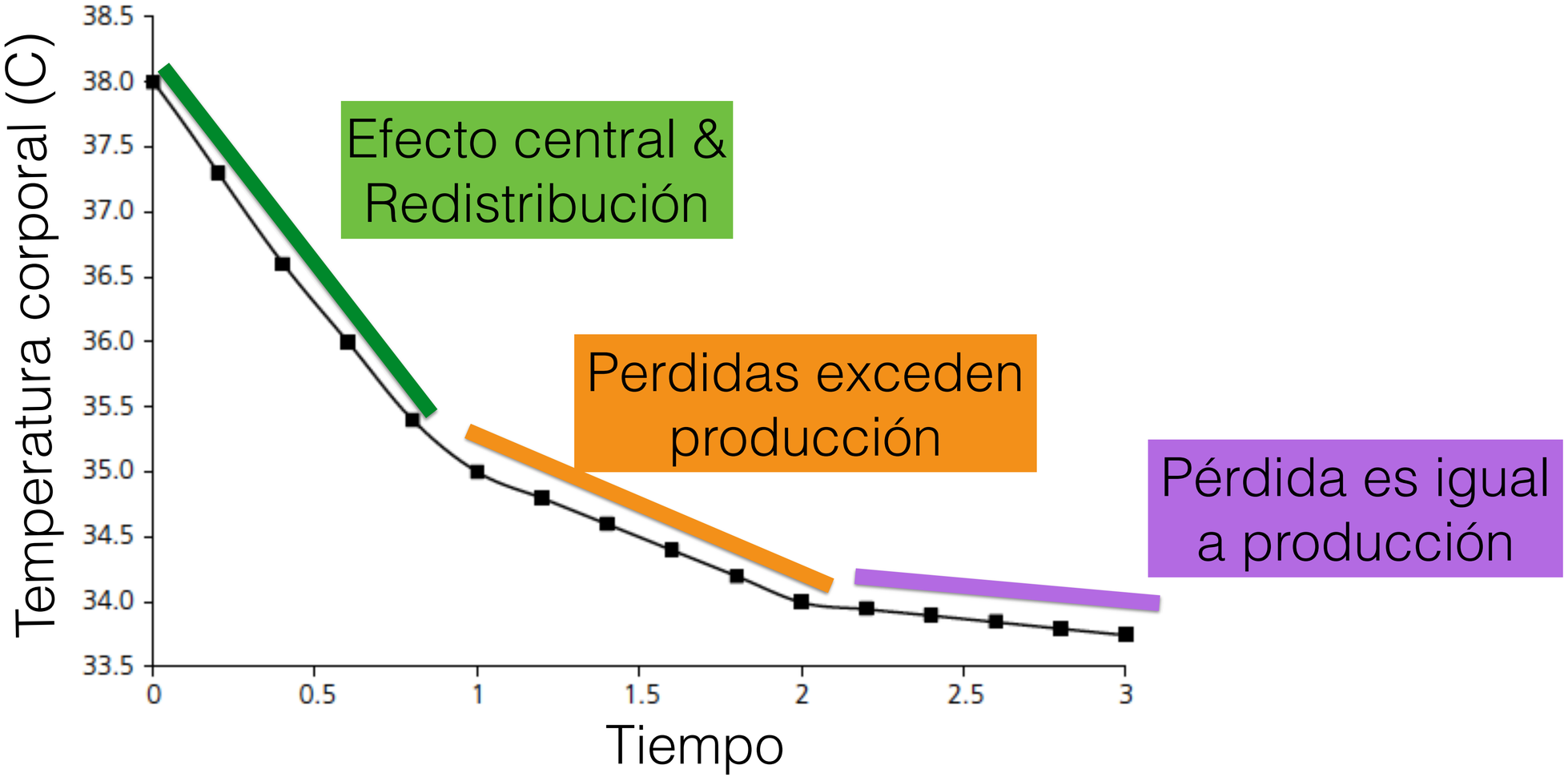
Retrospective study of the prevalence of postanaesthetic hypothermia in cats.

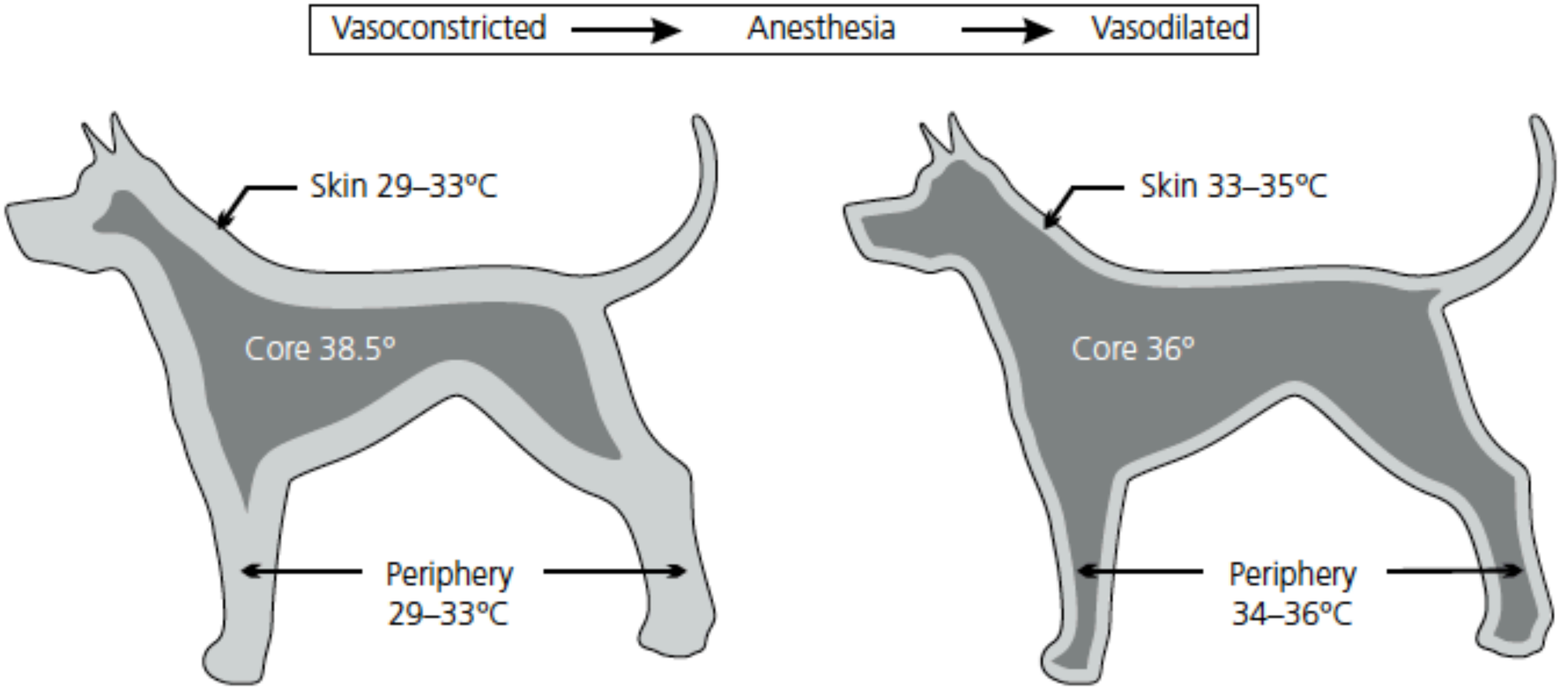
Redondo JI, Suesta P, Gil L, Soler G, Serra I, Soler C.Vet Rec. 2012 Feb 25; 170(8):206.

Todos los animales anestesiados experimental algún grado de hipotermia



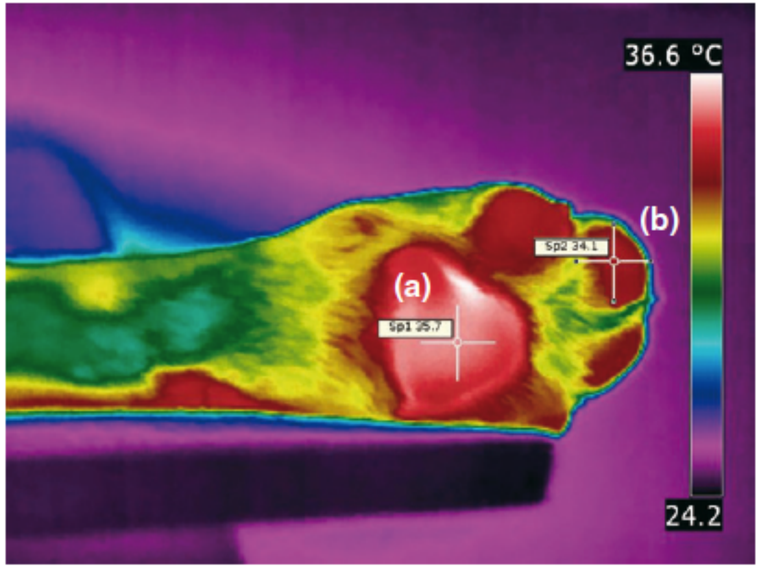
Tomado de Grim 2015


Temperatura corporal (C)
38.5
38.0
37.5
37.0
36.5
36.0
35.5
35.0
34.5
34.0
33.5
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
Tiempo
Efecto central &
Redistribución
Perdidas exceden
producción
Pérdida es igual
a producción



Tomado de Grim y col. (2015). Veterinary Anesthesia and Analgesia.

Todos los animales anestesiados experimentan algún grado de hipotermia.



Estos perros recibieron un anestésico (EV),

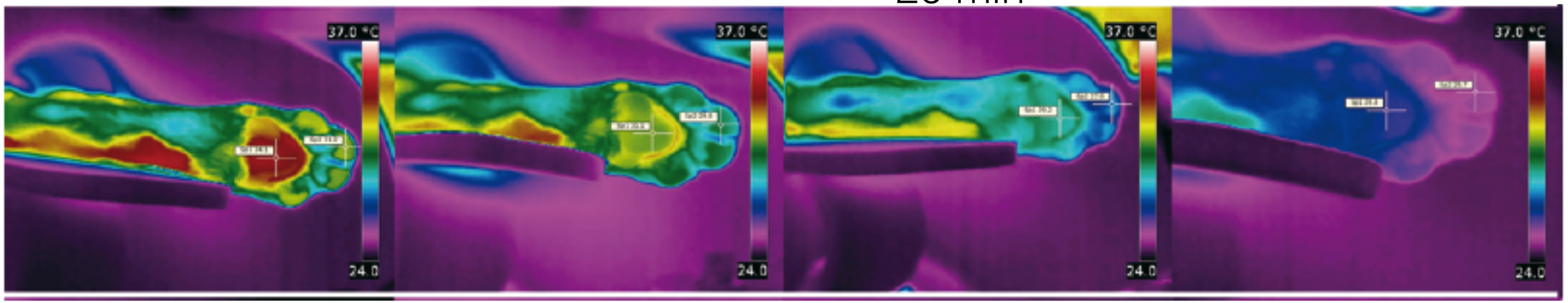
¿que grupo de drogas puede producir este efecto?

Basal

10 min

20 min

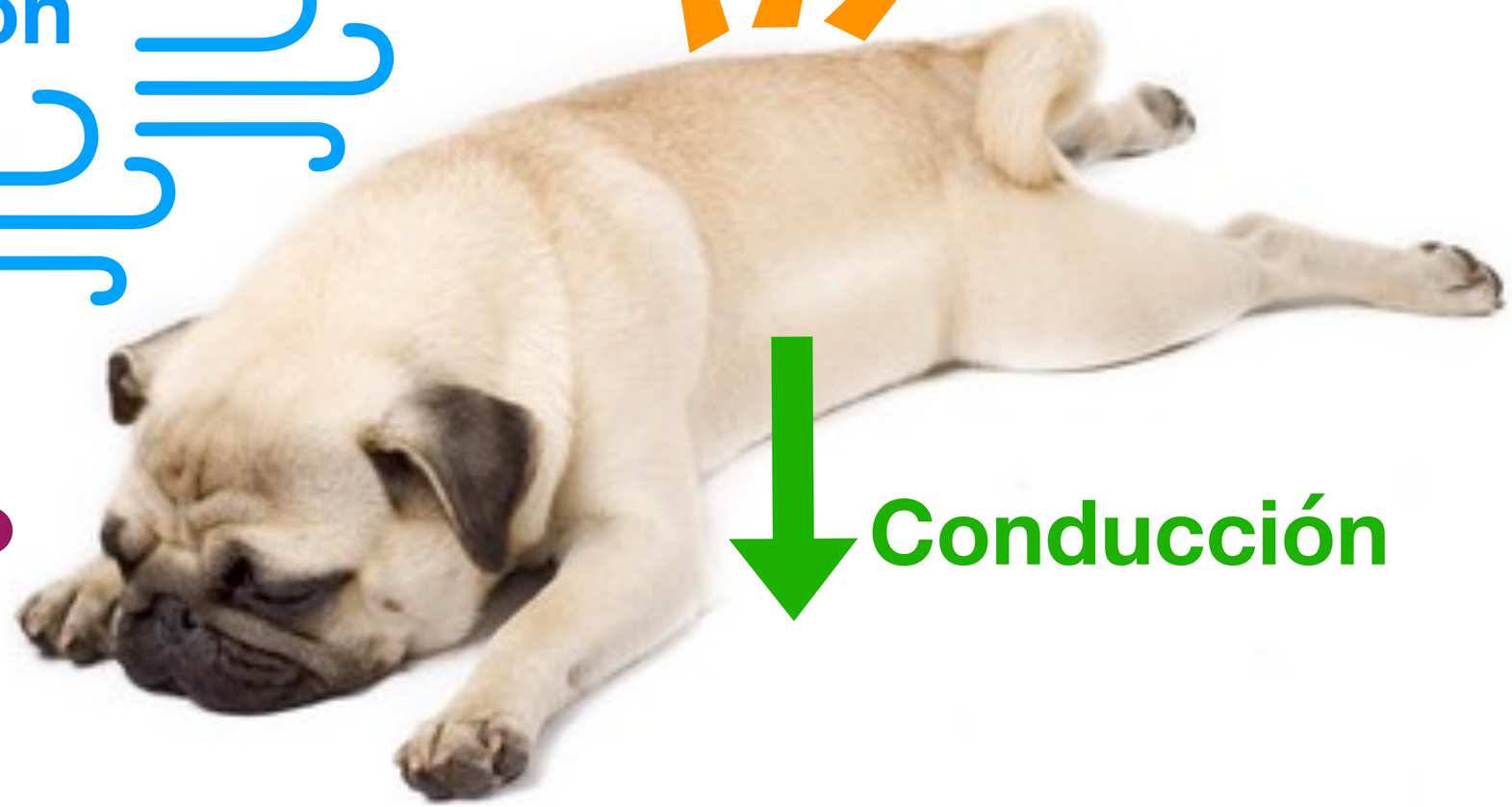
60 min



T

Radiación

Convección



Conducción

Evaporación

Disminuye la CAM

Efecto prolongado de Relajantes musculares (atracuerio, vecuronit, etc)

Aumento de las concentraciones de propofol y fentanilo.

Alteración en coagulación (plaquetas y factores de coagulación)

Reducción de la funcionalidad del sistema inmune (mayor predisposición a infecciones)

Temblor postanestésico aumenta 400% el consumo de O_2.



Consecuencias de la hipotermia

- Precalentamiento o “prewarming”
- Preparación del campo quirúrgico
- Temperatura quirófano
- Fluidos templados
- FGF bajos
- Métodos de calentamiento pasivo
- Métodos de calentamiento activo



Prevención de la hipotermia


convección
radiación
conducción
Evaporación



Soluciones antisépticas templadas

Cubrir al paciente

Aislar de la camilla

Circuitos anestésicos adecuados



Gracias

Dr. Martin R. Ceballos, Vet., PhD
Universidad de Buenos Aires,
Facultad de Ciencias Veterinarias.
JTP Cátedra de Anestesiología y Algiología
Miembro de AAAVRA

Facultad de Ciencias VETERINARIAS
Universidad de Buenos Aires

Universidad de Buenos Aires