

Esquemas para el monitoreo hemodinámico

MONITOREO ELECTROCARDIOGRÁFICO

Utilidad

- Detección de arritmias.
- Identificación de signos de isquemia miocárdica.
- Detección de alteraciones electrolíticas.
- Evaluación continua de la actividad eléctrica.
- Control del funcionamiento de marcapasos.

Sistemas de derivaciones

Se pueden utilizar **tres o cinco** electrodos.
Con tres electrodos es posible detectar fácilmente D_{II} o V_5 .
Con cinco electrodos se pueden monitorear diferentes derivaciones en forma simultánea o bien seleccionar la que se prefiera.

Importancia de la derivación V_5 :

Cuarto espacio intercostal, línea axilar anterior izquierda. Permite detectar el 89% de todas las isquemias miocárdicas. Para detectar isquemias del territorio de la coronaria derecha es más sensible la derivación V_4 .

Situaciones que pueden generar artefactos en el osciloscopio y simular arritmias

- Temblores
- Hipo
- Movimientos del diafragma

- Conexiones de mala calidad
- Interferencias eléctricas
- Interferencias sobre la máquina de circulación extracorpórea
- Hipotermia
- Variaciones respiratorias
- Cables rotos

Características del ECG normal

Onda P (*despolarización de las aurículas*):

Duración máxima, 0,10 seg – amplitud 0,1-0,3 mV–.

Intervalo PR (*tiempo de conducción A-V*):

Duración entre 0,12 y 0,20 seg.

Complejo QRS (*despolarización ventricular*):

Duración media, 0,08 seg (+ de 0,10 seg es patológico).

Segmento ST (*despolarización completa ventricular*):

En general es isoelectrico; no debe superar los 0,25 mV.

Onda T (*repolarización ventricular*):

Positiva, salvo en aVR, en donde jamás es positiva.

Intervalo QT (*sístole eléctrica ventricular*):

Su duración depende de la FC.

Onda U (*sucede a la onda T*):

Se presenta con mayor claridad en V_{3-4} , II y aVL.

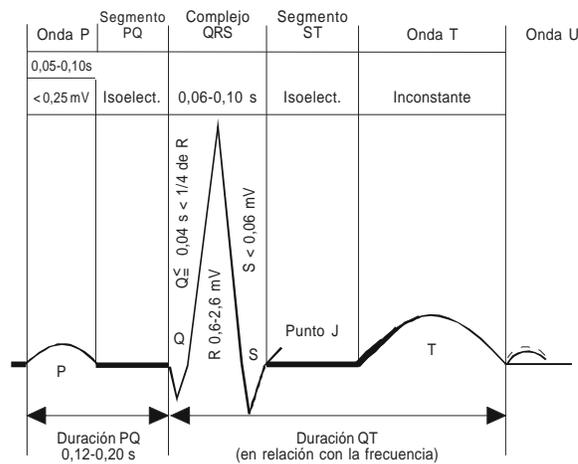


Figura 9-1. Características del ECG normal.

ojo, esta es una página doble



Características de las arritmias más frecuentes

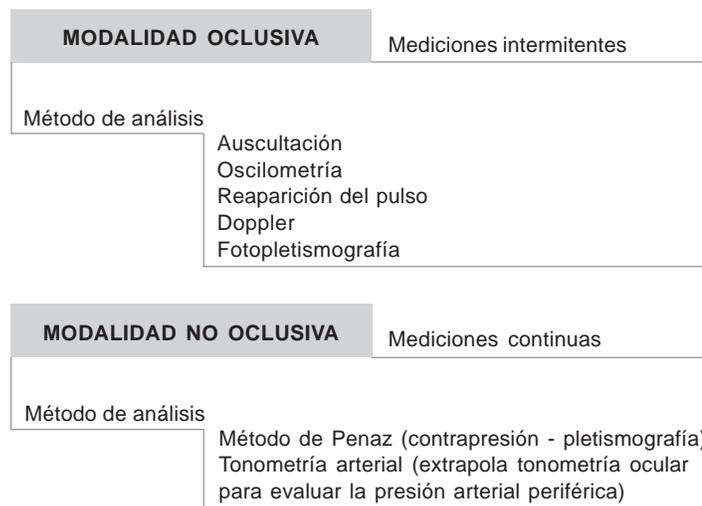
Arritmia	Frec. card.	Ritmo	Rel. P/QRS	QRS	Significado	Tratamiento
Ritmo de la unión	Variable, entre 40 y 180/min	Regular	1:1	Normal	↓ GC entre 15 y 30%	En general no lo requiere
Extrasístoles auriculares	Variable	Irregular	1:1	En general normal	No entrañan peligro	Habitualmente no lo requiere
Bradicardia sinusal	Entre 40 y 60/min	Regular	1:1	Normal	Vinculada con fármacos	Atropina Isoproterenol
Taquicardia sinusal	Superior a 100/min (150/170)	Regular	1:1	Normal	↑ Consumo de O ₂	Propranolol, trastorno de base
Taquicardia auricular paroxística	Entre 150 y 250/min	En general regular	1:1	Normal con depresión del ST-T	Vinculada con los fármacos o cambios de vol.	Maniobras vagales, verapamilo, propranolol, cardioversión
Aleteo auricular	Entre 250 y 300/min	Regular	2:1, puede oscilar entre 2:1 y 8:1	Normal, las ondas T se pierden en las ondas F	Se asocia con cardiopatía grave	Cardioversión, verapamilo, digital, propranolol
Fibrilación auricular	Auricular entre 300 y 500/min, ventricular entre 60 y 170/min	Irregular	No hay onda P	Normal	Se asocia con cardiopatía grave	Agudo: cardioversión Crónico: verapamilo, propranolol, digital
Extrasístoles ventriculares (ESV)	Depende de la frecuencia de las extrasístoles	Irregular	La onda P no precede a la ESV	Ancho, aberrante, > 0,12"	Arritmia muy peligrosa	Trastorno de base, lidocaína, propranolol, bretilio, etc.
Taquicardia ventricular	Entre 100 y 200/min	En general regular	Sin relación fija	Ancho, > 0,12"	Pone en peligro la vida	Lidocaína y cardioversión inmediata
Fibrilación ventricular	Rápida y desorganizada	Totalmente irregular	No se observa	Inexistente	Situación de paro cardíaco	RCP, desfibrilación inmediata
Asistolia	Ausente	Línea recta	Ausente	Ausente	Situación de paro cardíaco	RCP, intentar conversión a FV

REFERENCIAS: GC= gasto cardíaco; RCP= reanimación cardiopulmonar; FV= fibrilación ventricular.

MONITOREO VASCULAR PERIFÉRICO

Monitoreo de la presión arterial (PA)

Medición indirecta no invasiva. Estándar de atención



Diag. 9-1. Modalidades de medición de la TA.

El ancho del manguito recomendado para un adulto (1,70 m/70 kg) es de 13 cm o un 20% más que el diámetro del brazo.

La presión debe liberarse a razón de 2 a 3 mm Hg por latido cardíaco.

Desventajas

Resulta imposible evaluar por palpación las presiones diastólica y media.

En los pacientes hipertensos puede producirse un falso incremento de hasta el 10%.

Con un manguito no adecuado al diámetro de brazo puede haber errores de medición en más o en menos.

La medición es errónea en presencia de arritmias.

La medición es errónea en estados de bajo flujo (shock, insuficiencia cardíaca).

Lesiones neurológicas.
 Avulsión de la piel.
 Éstasis venosa.
 Isquemia tisular.

Medición invasiva de la presión arterial

Ventajas

Mayor exactitud.
 Medición continua (latido a latido).
 Detección precoz de cambios hemodinámicos.

Información secundaria derivada de la onda de presión

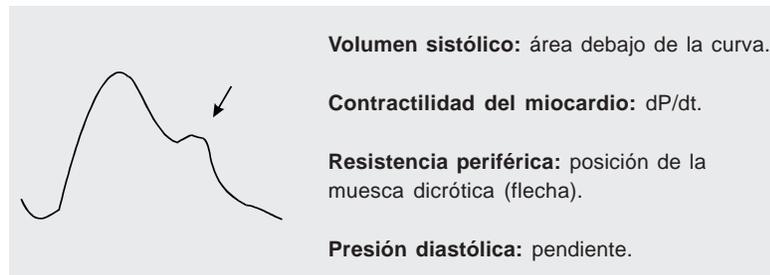


Fig. 9-2. Onda del pulso.

Indicaciones

Cirugías de alta complejidad.
 Pacientes politraumatizados.
 Estado de shock hipovolémico.
 Shock cardiogénico.
 Falla multiorgánica.
 Cirugías de grandes vasos.
 Circulación extracorpórea.
 Hipotermia e hipotensión inducidas.
 Imposibilidad de obtener registros por métodos no invasivos.
 Uso de drogas inotrópicas o balón de contrapulsación.
 Patología cardíaca y/o pulmonar grave aguda o crónica.
 Controles frecuentes de la PaO_2 y del estado ácido-base.

Sitios de punción arterial

Test de Allen: mide la suficiencia de la circulación por la arteria cubital (> 5 seg: prueba anormal).

Arteria radial

Sitio más frecuente de canulación
Superficial
Fácil acceso
Localización sencilla
Colaterales en paralelo

Arteria cubital

No se recomienda porque su lesión o trombosis implica problemas importantes en cuanto a la integridad de la circulación de la extremidad.

Arteria humeral

Vaso grande y de fácil acceso, mínima circulación colateral.

Arteria axilar

Se ha utilizado con buenos resultados.

Arteria femoral

No debe canularse como primera opción debido al alto porcentaje de complicaciones (en especial infecciones) y a la formación de pseudoaneurismas.

Otras arterias

Arteria dorsal del pie, con buena circulación colateral.
Arteria tibial posterior.

Elementos para la medición

Catéter endoarterial

El calibre guarda relación directa con la formación de trombos; deberían usarse los N° 20 o 22, de teflón o poliuretano.

Tubos conectores

Deben ser cortos y rígidos; la "norma fundamental" es que provoquen cambios mínimos en la señal.

Transductor

Electrónico, el más preciso y confiable
Columna de mercurio
Aneroide



Complicaciones

Dolor
Infección
Hemorragia
Trombosis
Embolismo distal
Isquemia tisular
Hematoma
Lesión neurológica

Medidas generales para evitar complicaciones

La técnica de punción debe ser aséptica.
Deben utilizarse catéteres de calibre no mayor de 20 G.
Los catéteres deben mantenerse bien sujetos.
Hay que presionar el vaso por más de cinco minutos luego de extraer el catéter.
Es preciso conocer la anatomía de la zona de punción.
Debe efectuarse un lavado continuo en la arteria con una solución heparinizada.

MONITOREO DE LA PRESIÓN VENOSA CENTRAL (PVC)

Proporciona información sobre el comportamiento del volumen intravascular, excepto si existe:

1. Fallo ventricular derecho y/o izquierdo.
2. Valvulopatía tricuspídea.

Indicaciones para colocar una vía venosa central

Monitoreo de las presiones de llenado.
Administración de fármacos.
Perfusión rápida de líquidos.
Aspiración de émbolos gaseosos.
Malos accesos periféricos.
Plasmaféresis.
Cánulas temporarias para diálisis.

Sitio de elección para el cateterismo de venas centrales

Vena yugular interna

Múltiples puntos de abordaje.
Alto nivel de éxito.
Baja incidencia de complicaciones.
Claros reparos anatómicos.
Trayecto corto hasta la aurícula derecha.
Lado derecho más utilizado.
Reparo anatómico: músculo esternocleidomastoideo.
Palpar el latido carotídeo.

Otros sitios que se pueden cateterizar

Vena yugular externa

Es fácilmente observable.
Requiere posición de Trendelenburg.
Hay que presionar sobre su nacimiento para evitar el drenaje venoso.
El trayecto es tortuoso.
Es difícil hacer avanzar el catéter.

Vena subclavia

Puede ser abordada en forma supraclavicular o infraclavicular.
Requiere posición de Trendelenburg.
Hay que colocar una almohadilla debajo de los hombros.
Existe un mayor número de punciones fallidas.
Se producen más complicaciones.

Vena cefálica

Es un vaso más adecuado para cateterismos por disección.
Actualmente se cateteriza ante la imposibilidad de contar con otra vía.
El porcentaje de éxito es de alrededor del 60-75% con radioscopia.

Vena femoral

Raras veces se la utiliza para medir la PVC.
El porcentaje de éxito es alto.
Requiere un catéter demasiado largo.



Complicaciones del cateterismo venoso

1. Punción arterial.
2. Neumotórax.
3. Hidrotórax.
4. Taponamiento cardíaco.
5. Embolismo aéreo.
6. Arritmias.
7. Lesión nerviosa.
8. Infección local o sistémica.
9. Endocarditis.
10. Tromboflebitis.
11. Embolismo pulmonar.
12. Dolor local.
13. Embolia del catéter por sección.
14. Punción pleural.
15. Quilotórax.
16. Síndrome de Horner.

Medidas para evitar la contaminación de los catéteres

- Lavado de las manos.
- Uso de guantes estériles.
- Antisepsia con soluciones yodadas.
- Empleo de técnicas de inserción percutánea.
- Inmovilización de la cánula.
- Ungüento yodado para sellar el orificio.
- Cambio de los apósitos cada 24 horas en venoclisis periféricas.
- Cambio de los apósitos oclusivos cada 48 horas en vías centrales.
- Sellado de las conexiones de las llaves de tres vías.

Relación entre PVC y PA, diagnósticos posibles

PVC	PA	Diagnóstico posible
↓	↓	Hemorragia, vasodilatación
↑	↑	Respuesta adecuada a la transfusión o infusión de líquidos
↑↑↑	↑	Sobrehidratación
↑	↓	Falla ventricular, taponamiento cardíaco, arritmia severa
↑↑	=	Falla ventricular severa; respuesta leve o nula a la expansión; taponamiento
↓	↑	Mejoramiento de la función cardíaca, espontáneo o inducido por drogas
N	↑↑	Mejoramiento de la función cardíaca, inducido por drogas o respuesta presora
N	↑↑↑	Mejoramiento de la función cardíaca, espontáneo o inducido por drogas

REFERENCIAS: N= normal

MONITOREO DE LA PRESIÓN EN LA ARTERIA PULMONAR

Indicaciones

- Enfermedad cardíaca grave: insuficiencia cardíaca, coronariopatía inestable, enfermedades congénitas.
- Enfermedad pulmonar grave: fibrosis, tromboembolismo o pacientes sometidos a neumonectomías.
- Trasplante hepático o pulmonar.
- Trasplante cardíaco después de terminado el implante.
- Pacientes hemodinámicamente inestables o que requieran drogas



inotrópicas o balón de contrapulsación.

- Pacientes que requieren reposición masiva de sangre o grandes volúmenes de cristaloides y son portadores de enfermedad coronaria.
- Pacientes críticos con shock hipovolémico, shock séptico, falla multiorgánica, trauma masivo o cualquier otra afección que requiera un amplio monitoreo de todo el sistema cardiovascular.

La medición de la presión de la arteria pulmonar se lleva a cabo mediante un catéter de flotación con balón que además permite determinar el volumen minuto cardíaco. Este sofisticado elemento también se conoce como catéter de Swan-Ganz (que son los nombres de sus creadores).

Técnica para su colocación

Para colocar el catéter hay que canalizar una vena central, mediante la técnica de Seldinger, con una cánula o introductor (llamado así porque permite el paso del catéter por su interior) de 8,5 French.

Una vez ubicado el introductor se procede de la siguiente forma:

- Se pasa el catéter por su interior, a través de una válvula que impide el reflujó de sangre.
- Se hace avanzar el catéter unos 15 cm (la distancia dependerá de la vena central seleccionada para su introducción) y luego se insufla el balón de su extremo distal (véase fig.5-2). Este balón ayudará a que el extremo distal flote en el flujo sanguíneo y facilitará su recorrido cuando progrese por las cavidades cardíacas hasta ubicarse en la arteria pulmonar.
- La ubicación del catéter durante su recorrido se controla mediante el trazado de las distintas curvas de presión que se van registrando en los diferentes compartimentos cardíacos y vasculares.
- La colocación finaliza cuando el catéter queda situado en una rama de la arteria pulmonar de pequeño diámetro que permite medir las presiones de esta arteria pero que, si se insufla el manguito, captura la presión que se registra a través de los capilares pulmonares y se denomina presión en cuña o presión wedge. Esta ubicación sólo registra las presiones de los capilares y, a través de ellos, la presión en la aurícula izquierda, con lo que se obtiene información de todo el sistema hemodinámico. El balón sólo debe permanecer insuflado durante el tiempo necesario para la medición ya que, de lo contrario, podría provocar infarto pulmonar.

El catéter de termodilución o catéter de Swan-Ganz contiene dos luces, a saber, una cuyo orificio proximal se ubicará en la aurícula derecha y otra cuyo orificio proximal se ubicará en la arteria pulmonar. Además, es posi-

ble observar otros dos extremos que sobresalen de la parte distal. Uno de ellos corresponde a la conexión con la computadora que permite obtener el volumen minuto y el otro permite insuflar y desinsuflar el balón.

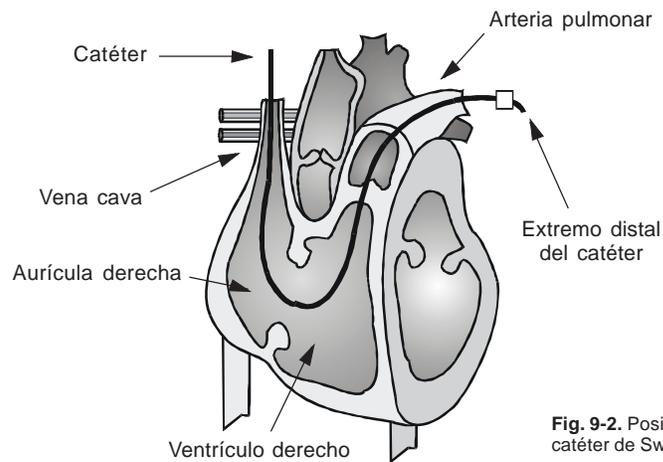


Fig. 9-2. Posición del catéter de Swan-Ganz.

Al catéter de Swan-Ganz se le pueden agregar otros sistemas que permitan ampliar el espectro de utilidad que ya posee. Algunos catéteres vienen con marcapasos, sistemas para la medición continua de la saturación venosa mixta, elementos para determinar la fracción de eyección del ventrículo derecho, etcétera.

Ya sea por medio de la medición directa o a través de cálculos, con el uso de un catéter para arteria pulmonar es posible obtener, entre otros, los siguientes parámetros:

- Volumen minuto cardíaco.
- Presión venosa central.
- Presiones de la arteria pulmonar (sistólica, diastólica y media).
- Presión de enclavamiento o presión en cuña o presión wedge.
- Consumo, transporte y entrega de oxígeno.
- Resistencia vascular pulmonar.
- Resistencia vascular sistémica.
- Índices del trabajo sistólico del ventrículo derecho.
- Temperatura central.
- Frecuencia cardíaca.

Complicaciones

Infecciones.
 Taquiarritmias y bradiarritmias.
 Ruptura de la arteria pulmonar.
 Daño de las válvulas tricuspídea y pulmonar.
 Infarto pulmonar.

Parámetros obtenidos de modo directo
 utilizando el catéter de Swan-Ganz (valores normales)

Parámetro	Abreviatura	Valor normal
Presión venosa central	PVC	4-12 torr
Presión sistólica art. pulmonar	PSAP	25-28 torr
Presión media art. pulmonar	PMAP	11-12 torr
Presión diastólica art. pulmonar	PDAP	7-8 torr
Presión capilar pulmonar en cuña	PCPC	10 torr
Gasto cardíaco	GC	4,8-6,0 l/min
Temperatura	T°	37° C

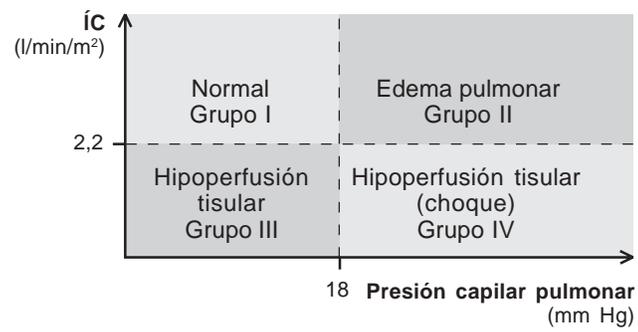
Parámetros obtenidos de modo indirecto
 utilizando el catéter de Swan-Ganz (valores normales)

Volumen latido	60 - 100 ml
Índice cardíaco	3,1 l/min/m ²
Resistencia vascular periférica	1200 - 1800 dinas/seg/cm ⁵
Contenido venoso de O ₂	14,5 vol%
Presión parcial de O ₂ en sangre venosa	40 - 60 torr
Diferencia arterio-venosa de O ₂	4,6 - 6,5 vol%
Transporte de O ₂	1000 ml/min
Consumo de O ₂	150 - 200 ml/min
Shunt intrapulmonar	18,4%

DIAGRAMA DE FORRESTER

Este diagrama permite evaluar la funcionalidad cardiovascular y finalmente, adoptar una terapéutica adecuada teniendo en cuenta los parámetros obtenidos a partir de las mediciones efectuadas con un catéter de Swan-Ganz:

1. Estado contráctil.
2. Precarga.
3. Poscarga.
4. Frecuencia cardíaca.



Lecturas sugeridas

Bland R, Shoemaker W, Shabot M. Physiologic monitoring goals for the critically ill patient. *Surg. Gynecol. Obstet.* 1978. 147: 833 – 841.

Cahalan M, Foster E. Training in transesophageal Echocardiography. In the lab on the job. *Anesth. Analg.* 1995. 81: 2; 217 – 218.

Chambers C, Skeehan T, Hensley F. The cardiac catheterization laboratory. En: Kaplan J. *Cardiac Anesthesia* 3th edition. Filadelfia, Pennsylvania, 1993, 42 – 87.

Czer L, Siegel R, Maurer G et al. Transesophageal and epicardial color – flow Doppler echocardiography: Surgical repair of valvular, ischemic and congenital heart disease. En: Kaplan J. *Cardiac Anesthesia*. 3th edition. Filadelfia, Pennsylvania, 1993, 386 – 395.

Eichhorn J. Prevention of intraoperative anesthesia accidents and related severe injury through safety monitoring. *Anesthesiology.* 1989. 70: 572 – 577.

Higgins D, Hayes M, Denman W et al. Effectiveness of using end – tidal carbon dioxide concentration to monitor cardiopulmonary resuscitation. *Br. Med J.* 1990. 300: 581 – 589.

Martínez Aguirre E. La presión venosa central. En: Aldrete JA. *Texto de anestesiología teórico práctica.* 1991, 1471 – 1490.

Shoemaker E. Fisiopatología, monitoreo, predicción de la evolución y tratamiento de los estados de shock. En: Waxman K. *Clínicas de Terapia Intensiva.* Buenos Aires, Interamericana, 1998, 86 – 150.

Waterson C, Calkins J. Development directions for monitoring in anesthesia. *Seminars in Anesthesia.* 1986. 3: 225 – 236.