

# Curs d'Electrocardiografia: Fonaments i Interpretació Clínica

## 1. Introducció: El Llenguatge Elèctric del Cor

L'electrocardiograma (ECG) és una de les eines diagnòstiques més fonamentals i potents de la cardiologia moderna. Actua com un traductor que converteix l'activitat elèctrica invisible del cor en un gràfic visual, oferint-nos una finestra no invasiva al seu funcionament intern. Aquesta capacitat de registrar i analitzar els impulsos que governen cada batec ens permet diagnosticar una àmplia gamma de condicions, des d'arítmies fins a infarts aguts de miocardi.

En essència, l'electrocardiograma és el **resultat gràfic de les variacions de potencial elèctric generades per l'activitat de les fibres miocardiàques** en un període de temps determinat. Aquest procés de captura és elegantment senzill: uns elèctrodes col·locats a la superfície de la pell del pacient capten aquestes minúscules variacions elèctriques. Aquests senyals es transmeten a un aparell d'ECG, que els amplifica, els mesura i els registra en el paper mil·limetrat que tots coneixem.

Per poder desxifrar la valuosa informació que conté un ECG, és imprescindible començar pel principi: entendre l'anatomia del cor i el sistema elèctric que el fa bategar.

## 2. Fonaments de l'Anatomia i Fisiologia Elèctrica del Cor

L'arquitectura cardíaca està dissenyada per a l'eficiència absoluta. El viatge de la sang comença quan la sang desoxigenada retorna dels teixits a través de les **venes caves (superior i inferior)** cap a l'**aurícula dreta**. Des d'aquí, creua la **vàlvula tricúspide** fins al **ventricle dret**, per ser impulsada a través de la **vàlvula pulmonar** cap a l'artèria pulmonar. Fixeu-vos en un detall vital: l'artèria pulmonar porta sang pobra en oxigen, mentre que les venes pulmonars la retornen ja oxigenada a l'**aurícula esquerra**. Finalment, la sang passa per la **vàlvula mitral** al **ventricle esquerre** —la cambra amb més potència— i és ejectada a través de la **vàlvula aòrtica** cap a la circulació sistèmica. Aquesta estructura garanteix que la pressió i l'oxigenació siguin les òptimes per a la vida.

Perquè aquesta mecànica sigui harmònica, necessitem un "director d'orquestra" elèctric. L'impuls segueix una seqüència cronològica estricta:

1. **Nòdul Sinusal:** El nostre marcapassos natural, situat a l'aurícula dreta, on s'origina la vida elèctrica del cor.
2. **Nòdul AV (Auriculoventricular):** Aquí es produeix el **retard fisiològic**. És una pausa providencial que permet que les aurícules acabin de buidar-se abans que els ventricles es contrauguin.
3. **Feix de His i Branques (Dreta i Esquerra):** L'autopista elèctrica que distribueix l'estímul de forma sincrònica per tot el miocardi ventricular.

Aquesta activitat interna genera corrents elèctrics que viatgen fins a la superfície de la pell, on nosaltres, mitjançant els elèctrodes, serem capaços de captar-los.

### 3. L'Electrocardiograma (ECG): La Mirada Elèctrica

L'ECG és el resultat gràfic de les variacions de potencial elèctric de les fibres miocàrdiques en un temps determinat. No us limiteu a veure ratlles en un paper; esteu observant els potencials d'acció del cor en viu.

Per obtenir una visió tridimensional, utilitzem 12 derivacions consensuades universalment, que funcionen com a diferents punts d'observació del mateix fenomen:

- **Derivacions Bipolars de Membres (Einthoven):** Mesuren la diferència de potencial entre dues extremitats.
  - **DI:** Entre braç esquerre (+) i braç dret (-).
  - **DII:** Entre cama esquerra (+) i braç dret (-). **Atenció a aquesta perla clínica:** La DII és la derivació perfecta per analitzar l'ona P.
  - **DIII:** Entre cama esquerra (+) i braç esquerre (-).
- **Derivacions Monopolars d'Extremitats (Goldberger):** Exploren el plànol frontal des de cada extremitat (aVR, aVL, aVF).
- **Derivacions Precordials (Unipolars Toràciques):** Situades de V1 a V6, exploren l'activitat elèctrica en el plànol horitzontal.

Aquesta multidimensionalitat és el que ens permet saber "on" és el problema. Mentre el plànol frontal ens dóna una perspectiva vertical, el plànol horitzontal ens ofereix un tall transversal del cor. Un cop dominem la col·locació, hem de saber què és un traçat normal.

### 4. La Realització de l'ECG: Les 12 Vistes del Cor

Per obtenir una imatge completa i tridimensional de l'activitat elèctrica del cor, no n'hi ha prou amb un sol punt de vista. L'ECG estàndard utilitza 12 "vistes" o

derivacions, cadascuna de les quals observa el mateix fenomen elèctric des d'un angle diferent, proporcionant una anàlisi exhaustiva del pla frontal i horitzontal del cor.

#### 4.1 Derivacions del Pla Frontal

Aquestes sis derivacions observen l'activitat elèctrica del cor des de dalt, baix, esquerra i dreta.

##### Derivacions bipolars de membres d'Einthoven

Aquestes tres derivacions clàssiques mesuren la diferència de potencial elèctric entre dos punts.

- **Derivació I:** Mesura la diferència entre el braç esquerre (+) i el braç dret (-).
- **Derivació II:** Mesura la diferència entre la cama esquerra (+) i el braç dret (-). És considerada la derivació perfecta per observar l'ona P.
- **Derivació III:** Mesura la diferència entre la cama esquerra (+) i el braç esquerre (-).

##### Derivacions monopolars d'extremitats (Goldberger)

Aquestes tres derivacions exploren l'impuls elèctric des de la perspectiva de cada extremitat per separat.

- **AVR:** Registra el potencial absolut del braç dret (Right).
- **AVL:** Registra el potencial absolut del braç esquerre (Left).
- **AVF:** Registra el potencial absolut de la cama esquerra (Foot).

#### 4.2 Derivacions del Pla Horitzontal

Aquestes sis derivacions, also anomenades precordials, exploren l'activitat elèctrica del cor en el pla horitzontal, com si féssim un tall transversal del tòrax. La seva correcta col·locació és crucial per a la precisió del diagnòstic.

Posició	Localització Anatòmica
V1	4t espai intercostal, vora esternal dreta.
V2	4t espai intercostal, vora esternal esquerra.
V3	Punt equidistant entre V2 i V4.
V4	5è espai intercostal esquerre, línia medioclavicular.
V5	Línia axil·lar anterior, al mateix nivell horitzontal que V4.
V6	Línia medioaxil·lar, al mateix nivell horitzontal que V4.

Un cop s'ha realitzat l'ECG i tenim les 12 derivacions registrades, el següent pas és iniciar l'anàlisi del traçat, començant per la identificació del ritme cardíac fonamental: el ritme sinusal.

## 5. El Ritme Sinusal i el Càlcul de la Freqüència Cardíaca (FC)

Abans de buscar la patologia, hem de conèixer la perfecció del **Ritme Sinusal**. Fixeu-vos bé en aquests criteris, ja que són la base de la vostra seguretat diagnòstica.

### Checklist del Ritme Sinusal

Un ECG és sinusal quan compleix estrictament:

- **Ona P present** precedint cada complex QRS.
- Ritme **rítmic** (intervalls R-R constants).
- **FC entre 60 i 100 batecs per minut (x')**.
- Seqüència invariable: **Ona P -> Complex QRS**.
- **Ona T negativa a aVR**: Aquest és un criteri de validació fonamental que sovint s'oblida.

### Metodologia del Càlcul de la FC

Depenent de la regularitat del cor, triarem un mètode o un altre:

1. **Mètode de la seqüència (300, 150, 100...)**: Busquem una ona R que coincideixi amb una **línia negra gruixuda** del paper. Les següents línies gruixudes representen 300, 150, 100, 75, 60 i 50. Aquest mètode és excel·lent i ràpid, però **només és vàlid per a ritmes regulars**.
2. **Mètode dels 6 segons (x10)**: Comptem 30 quadres grans (6 segons), comptem els complexos que hi ha dins i multipliquem per 10. Aquest mètode és la nostra eina de trielecció per a **freqüències baixes o ritmes irregulars**, com la fibril·lació auricular.

## 6. Arítmies Cardíaques: Identificació i Maneig

Les arítmies són qualsevol trastorn del ritme o la freqüència cardíaca. Aquestes alteracions es produeixen quan el cor batega massa ràpid (taquicàrdia), massa lent (bradicàrdia) o amb un patró irregular. L'ECG és l'eina principal per a la seva identificació i classificació.

## 6.1 Taquicàrdia Sinusal

- **Característiques a l'ECG:** La FC és superior a 100 batecs per minut. L'inici i el final són graduals, l'interval P-P és regular i la morfologia de l'ona P és normal, encara que a vegades pot ser picuda.
- **Causes i Context Clínic:** Pot tenir causes fisiològiques (exercici, infància) o ser una resposta a condicions patològiques (ansietat, febre, hipoxèmia, anèmia, hipotensió) o al consum de tòxics (cocaïna, alcohol, cafeïna, nicotina).
- **Actuació i Tractament:** Cal registrar el ritme, prendre les constants vitals, valorar els símptomes i avisar el metge. El tractament no se centra a frenar la FC amb fàrmacs (com betabloquejants o Verapamilo), sinó a identificar i tractar la causa subjacent.

## 6.2 Bradicàrdia Sinusal

- **Característiques a l'ECG:** La FC és inferior a 60 batecs per minut. La morfologia de l'ona P és normal i cada P va seguida del seu corresponent complex QRS.
- **Causes i Context Clínic:** És una troballa comuna i normal en persones joves i esportistes. També pot ser causada per patologies o per l'ús de fàrmacs com els betabloquejants. És important vigilar si el pacient presenta símptomes.
- **Actuació i Tractament:** Es recomana monitoritzar, prendre constants i avisar el metge. Només es tracta si el pacient presenta inestabilitat hemodinàmica. En aquests casos, cal tenir preparada atropina endovenosa (EV) per si és necessari augmentar la FC.

## 6.3 Extrasístoles

- **Característiques a l'ECG:** Es defineixen com un batec que es produeix abans d'hora, ja sigui per un mecanisme de reentrada o per un augment de l'automatisme d'un focus ectòpic (localitzat a les aurícules, els ventricles, etc.).
- **Causes i Context Clínic:** No sempre indiquen una malaltia cardíaca. En pacients sans, poden ser provocades per estrès, cafè o tabac. No obstant això, en pacients amb cardiopatia prèvia, poden ser el desencadenant d'arítmies més greus.
- **Actuació i Tractament:** Cal monitoritzar si es considera necessari i controlar les constants vitals. El tractament consisteix a abordar la causa. Si les extrasístoles provoquen símptomes o són molt freqüents (>10 per minut), es pot administrar propanolol.

## 6.4 Fibril·lació Auricular (AcxFa)

- **Característiques a l'ECG:** És un ritme caòtic i completament arrítmic. Es deu a múltiples focus ectòpics a les aurícules que descarreguen impulsos de forma

desorganitzada. La principal característica a l'ECG és l'absència d'ones P clares, que són substituïdes per unes ones irregulars i petites anomenades ones F (de fibril·lació), que de vegades poden ser difícils de visualitzar.

- **Actuació i Tractament:** S'han de prendre les constants, monitoritzar el pacient, realitzar un ECG complet i avisar el metge. El tractament pot incloure fàrmacs antiarítmics com l'Amiodarona o la Digoxina, i és fonamental iniciar l'anticoagulació (amb HBPM o Simtrom) per prevenir la formació de trombes.

## 6.5 Taquicàrdia Paroxística Supraventricular (TPSV)

- **Característiques a l'ECG:** La FC és molt elevada, típicament entre 150 i 250 batecs per minut. El ritme és **absolutament regular**. El complex QRS sol ser estret (d'aparença normal) i l'ona P és anormal o està amagada dins de l'ona T anterior, fent-la difícil d'identificar.
- **Actuació i Tractament:** S'han de prendre les constants, monitoritzar i fer un ECG. Cal preparar atropina per si el metge decideix realitzar un massatge del si carotí. El tractament farmacològic d'elecció inclou l'Adenosina o el Verapamil.

## 6.6 Taquicàrdia Ventricular (TV)

- **Característiques a l'ECG:** La Taquicàrdia Ventricular (TV) es defineix com una successió de sis o més batecs ectòpics ventriculars, tot i que clínicament es considera TV a partir de tres extrasístoles consecutives. La FC és superior a 100 batecs per minut i el ritme és regular. Els complexos QRS són amples i de morfologia aberrant, i no s'observen ones P associades.
- **Actuació i Tractament:** És una emergència mèdica. Cal monitoritzar, controlar les constants vitals i avisar el metge de manera urgent. El tractament depèn de l'estat del pacient: **si no té pols**, el tractament és la **DEFIBRIL·LACIÓ** immediata. Si el pacient té pols però presenta hemodinàmia compromesa, s'administra Amiodarona.

## 6.7 Fibril·lació Ventricular (FV)

- **Característiques a l'ECG:** El traçat és caòtic. No s'observen complexos QRS diferenciats; en el seu lloc, hi ha ones de fibril·lació irregulars, de morfologia i amplitud variables.
- **Causes i Context Clínic:** És una arítmia mortal en qüestió de segons i és el mecanisme principal de l'aturada cardíoc-respiratòria. El pacient estarà inconscient, sense pols ni pressió arterial, i mostrarà signes d'hipòxia cerebral (convulsions, cianosi).
- **Actuació i Tractament:** L'actuació ha de ser immediata i crítica. S'ha d'iniciar la **Reanimació Cardiopulmonar (RCP)**, avisar el metge urgentment i procedir a la **DEFIBRIL·LACIÓ** (360 joules). A més, cal permeabilitzar la via aèria, continuar amb el massatge cardíac i administrar fàrmacs com l'Adrenalina. La

correcció de l'acidosi amb **Bicarbonat** es valorarà als 15-20 minuts de l'inici de la RCP, seguint el protocol mèdic.

Resum esquemàtic:

Arítmia	Característiques ECG	Què fer?	Tractament destacat
<b>Taquicàrdia Sinusal</b>	FC > 100x', ona P normal.	Prendre constants, registrar ritme, avisar metge.	Tractar la causa base (febre, shock, tòxics com cocaïna).
<b>Bradicàrdia Sinusal</b>	FC < 60x'. Comú en esportistes.	Monitoritzar, vigilar bloquejos i estabilitat.	<b>Atropina EV</b> si hi ha inestabilitat.
<b>Fibril·lació Auricular</b>	Ritme caòtic, sense ona P.	ECG complet, FC central (monitor).	Amiodarona (revertir) o Digoxina (frenar).
<b>Taq. Paroxística Supraventricular</b>	FC 150-250x', ona P amagada o anormal.	Preparar <b>Atropina</b> si s'inicia massatge carotidi.	<b>Adenosina</b> (para el nòdul AV uns segons).
<b>Extrasístoles</b>	Batecs anticipats (ectòpics).	Avaluar estrès, cafè o tòxics.	<b>Propranolol</b> si superen les <b>10 per minut</b> .

Un cop analitzades les arítmies, és vital conèixer un altre escenari crític que l'ECG ens ajuda a diagnosticar amb rapidesa: l'infart de miocardi.

## 7. L'Infart Agut de Miocardi (IAM) a l'ECG

L'Infart Agut de Miocardi (IAM) es produeix per l'obstrucció d'una o diverses artèries coronàries, la qual cosa interromp el flux sanguini a una part del múscul cardíac. Aquest esdeveniment isquèmic deixa una empremta molt característica a l'electrocardiograma, que evoluciona amb el temps.

### 7.1 Causes i Clínica de l'IAM

Les causes principals de l'IAM estan relacionades amb l'aterosclerosi i inclouen:

- Colesterol elevat
- Obesitat
- Sedentarisme
- Tabaquisme
- Factors hereditaris

La presentació clínica clàssica és un dolor toràcic amb les següents característiques:

- **Localització:** Retroesternal, sovint irradiat a l'esquena, coll i extremitat superior esquerra.
- **Durada:** Superior a 30 minuts.
- **Intensitat:** Profunda, opressiva.
- **Síntomes acompanyants:** Vegetatisme (mareig, suor freda, vòmits).
- **Context:** No millora amb el repòs i pot aparèixer estant en repòs.

### 7.2 Diagnòstic Diferencial del Dolor Toràcic

És crucial diferenciar el dolor de l'IAM d'altres tipus de dolor toràcic:

- **Dolor anginos:** Similar a l'IAM però de durada inferior a 30 minuts. Típicament apareix amb l'esforç i desapareix amb el repòs. Indica un estretament de l'artèria, no una obstrucció completa.
- **Dolor toràcic no anginos:** Pot ser d'origen mecànic (augmenta amb el moviment o la pressió), ansiós (relacionat amb disgustos o situacions emocionals intenses) o per estrès.

### 7.3 L'Evolució de l'IAM a l'ECG

Perquè es pugui diagnosticar un IAM, l'ECG ha de mostrar una sèrie de canvis evolutius. Si aquests passos no es completen, es parla d'angor o de síndrome coronària. L'alteració del teixit cardíac es considera reversible fins als primers 20 minuts d'isquèmia. Després d'aquest temps, el dany sol ser irreversible.

L'evolució típica d'un IAM a l'ECG segueix tres fases:

1. **Isquèmia:** És la primera fase, causada per una disminució de l'aportació d'oxigen (O<sub>2</sub>) al teixit.
  - o **Signes a l'ECG:** Aparició d'una **ona T negativa** o una **ona T picuda** i simètrica.
2. **Lesió:** Indica una disminució severa d'O<sub>2</sub>. La zona afectada no és funcional, però encara podria ser recuperable.
  - o **Signes a l'ECG:** Alteració del segment ST. Pot manifestar-se com una **elevació de l'ST (ST positiu)** o una **depressió de l'ST (ST negatiu)**.
3. **Necrosi:** És la fase final i irreversible. La zona del miocardi ha mort, no té reg sanguini ni activitat elèctrica.
  - o **Signe a l'ECG:** Aparició d'una **ona Q patològica**, que típicament es fa evident al 3r-4t dia després de l'infart.

A més dels esdeveniments aguts com l'IAM, l'ECG també és fonamental per detectar alteracions cròniques del sistema elèctric, com els bloquejos de la conducció.

## 8. Alteracions de la Conducció: Bloquejos i Marcapassos

Els bloquejos cardíacs són interrupcions o retards en la conducció normal de l'impuls elèctric a través del cor. Poden ocórrer en qualsevol punt del sistema de conducció. Quan aquest sistema natural falla de manera significativa i provoca símptomes, els marcapassos artificials són dispositius dissenyats per corregir aquests problemes i restaurar un ritme cardíac adequat.

### 8.1 Bloquejos Cardíacs

Les causes dels bloquejos són variades i inclouen isquèmia, efectes de fàrmacs (com la digoxina), alteracions electrolítiques (com la hiperpotassèmia), processos degeneratius del sistema de conducció, infeccions o complicacions de cirurgia cardíaca.

La simptomatologia depèn del grau del bloqueig. Mentre que alguns, com el de primer grau, són asimptomàtics, els bloquejos més avançats provoquen símptomes derivats del baix gast cardíac, ja que la freqüència cardíaca insuficient no garanteix un reg sanguini adequat als diferents òrgans:

- **Al cervell:** pot causar vertigen, mareig o síncope.
- **Al cor:** pot provocar àngor (dolor toràcic) o dispnea (sensació de falta d'aire) i, en casos extrems, una aturada cardiorespiratòria (PCR).

- **En altres òrgans:** es pot manifestar com oligúria (disminució de la producció d'orina per baix reg renal) o astènia (cansament generalitzat).

### **Bloqueig de Branca**

Es produeix quan una de les branques del Feix de His (la dreta o l'esquerra) no condueix l'impuls elèctric correctament. Tot i que normalment no afecta de manera significativa la contractilitat del cor, pot ser un signe de patologia subjacent. Es classifiquen en Bloqueig de Branca Dreta (BBDHH) i Bloqueig de Branca Esquerra (BBIHH).

### **Bloqueig AV de 1r Grau**

Es caracteritza per un alentiment de la conducció a través del node AV. Tots els estímuls auriculars arriben als ventricles, però amb retard.

- **Característica a l'ECG:** Un interval **PR constant i allargat, superior a 0.2 segons** (més de 5 quadrets petits). Cada ona P va seguida d'un complex QRS.

### **Bloqueig AV de 2n Grau - Mobitz I (Wenckebach)**

En aquest tipus de bloqueig, la conducció es va alentint progressivament fins que un impuls es bloqueja completament.

- **Característica a l'ECG:** L'interval **PR es va allargant de manera progressiva** en cada batec, fins que una ona P no va seguida d'un complex QRS. Després, el cicle es reinicia.

### **Bloqueig AV de 2n Grau - Mobitz II**

Aquest bloqueig és més impredecible. De forma intermitent, un estímulo auricular no es condueix als ventricles, sense l'allargament previ del PR.

- **Característica a l'ECG:** L'interval **PR és constant**, però de forma sobtada, apareix una ona P que no és seguida per un complex QRS. Una variant comuna és el **bloqueig 2:1**, on de cada dues ones P, només una condueix.

### **Bloqueig AV de 3r Grau (Complet)**

És la forma més greu de bloqueig AV. Hi ha una dissociació auriculoventricular completa; cap estímulo de les aurícules arriba als ventricles.

- **Característica a l'ECG:** Les ones **P i els complexos QRS són completament independents** i cadascun segueix el seu propi ritme. La freqüència auricular

(ones P) és més ràpida que la freqüència ventricular (complexos QRS), que sol ser molt lenta.

El tractament general dels bloquejos inclou la monitorització, l'ús de fàrmacs com l'Atropina o l'Isoproterenol per augmentar la freqüència cardíaca, la implantació de marcapassos (extern o intern) i el tractament de la causa subjacent.

## 8.2 Marcapassos (MCP)

Un marcapassos artificial és un dispositiu que s'implanta quan el sistema de conducció natural del cor, especialment el node sinusal, falla. La seva funció és generar impulsos elèctrics per controlar el ritme del cor, sent especialment útil en pacients amb ritmes lents (bradicàrdies) o bloquejos greus.

A l'ECG, l'activitat d'un marcapassos es visualitza com unes **espícules verticals**, que són petits pics aguts que precedeixen l'ona P (si estimula l'aurícula) o el complex QRS (si estimula el ventricle).

## 9. Guia Pràctica: Anàlisi Sistemàtica d'un ECG

Per concloure, presentem un resum pràctic, un "checklist" mental dissenyat per analitzar qualsevol ECG de manera ordenada i eficient. Seguir una rutina sistemàtica assegura que no es passi per alt cap detall important i ajuda a construir un diagnòstic diferencial lògic. Davant d'un ECG, feu-vos sempre les següents preguntes clau:

1. **Hi ha ones P a tots els complexos?**
  - o Aquesta pregunta avalua si l'origen de l'impuls és sinusal. La presència d'una ona P consistent abans de cada QRS és el primer pilar del ritme sinusal.
2. **Quina freqüència cardíaca té?**
  - o Utilitzant un dels mètodes de càlcul, determineu si la freqüència es troba en el rang normal (60-100 x') o si hi ha taquicàrdia (>100 x') o bradicàrdia (<60 x').
3. **És rítmic o arrítmic?**
  - o Observeu la distància entre els complexos QRS consecutius. Si és constant, el ritme és rítmic. Si varia, és arrítmic. Això ajuda a diferenciar ritmes regulars (com una TPSV) d'irregulars (com una Fibril·lació Auricular).
4. **Després d'una P hi ha un complex QRS?**
  - o Aquesta pregunta verifica la integritat de la conducció auriculoventricular. Si algunes ones P no van seguides de QRS, indica la presència d'un bloqueig AV.

### 5. **Hi ha T negativa a aVR?**

- o Aquest és un dels criteris finals per confirmar un ritme sinusal veritablement normal i una correcta col·locació dels elèctrodes de les extremitats.

Seguir aquests cinc passos de manera consistent és la clau per guanyar confiança i precisió en la interpretació d'electrocardiogrames.

## 10. **Conclusions i Consideracions del professional**

Per finalitzar aquesta lliçó, recordeu que l'electrocardiograma és una eina que cobra sentit quan es combina amb el judici clínic. Mai us oblideu de la monitorització constant i de la presa de constants vitals: la pressió arterial i la freqüència central són els vostres millors aliats.

Davant signes de gravetat com el vegetatisme, la cianosi o la pèrdua de pols arterial, actueu amb la celeritat que la disciplina ens exigeix. En cardiologia, estimats alumnes, el temps no és or; el temps és miocardi i la vostra rapidesa és la vida del pacient.