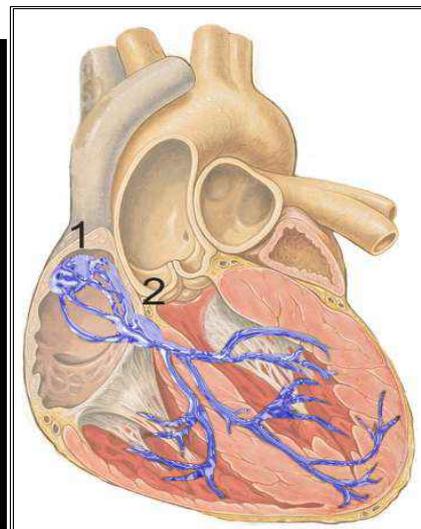
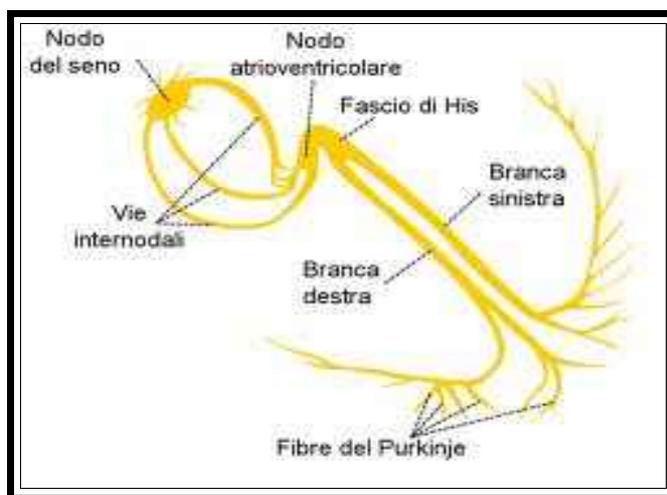


### 3. ANATOMIA DEL SISTEMA DI CONDUZIONE

**Il sistema di conduzione cardiaco** e' costituito da:

- Nodo seno-atriale (pacemaker fisiologico)
- Tratti internodali (conduzione atriale)
- Nodo atrio-ventricolare
- Sistema di conduzione intraventricolare (fascio di His, tronco comune e branche destra e sinistra)
- Fibre di Purkinje



#### 3.1 Nodo seno-atriale (*o di Keith e Flack*)

Descritto per la prima volta nel 1907 da **Martin Flack** (1882 - 1932) e **Arthur Keith** (1866 – 1955) di cui sono diventati gli eponimi, il nodo seno-atriale e' situato nell'atrio destro presso lo sbocco della vena cava superiore (a livello del solco terminale) immediatamente sotto l'endocardio.

Ha una lunghezza di circa 15 mm e uno spessore di 2 mm. Genera impulsi con una frequenza di 60-100 b/min. Oltre a possedere questo meccanismo intrinseco, subisce un controllo esterno: questo fa si che la frequenza cardiaca si adatti alle varie esigenze dell'organismo.

Il controllo esterno al cuore è essenzialmente sostenuto dal sistema nervoso autonomo con le sue branche **simpatica** (*adrenergica*) e **parasimpatica** (*vagale*). Lo stimolo simpatico produce un aumento del metabolismo cardiaco, aumenta la velocità di conduzione, la frequenza cardiaca, la forza di contrazione ed è predominante durante l'esercizio fisico.

Durante il sonno o riposo, prevale il tono parasimpatico che rallenta il battito cardiaco e agisce in direzione opposta.

### 3.2 Trattati internodali - Conduzione atriale

Dal nodo seno-atriale partono i tratti internodali che costituiscono le vie di conduzione tramite le quali si propaga l'impulso dal nodo seno-atriale al nodo atrio-ventricolare.

### 3.3 Nodo atrio-ventricolare (*o di Aschoff-Tawara*)

Descritto per la prima volta nel 1906 da **Karl Albert Ludwig Aschoff** (1866- 1942) e **Sunao Tawara** (1873 - 1952) il nodo atrio-ventricolare è situato posteriormente sul lato destro del setto interatriale, in prossimità del seno coronarico.

Ha una lunghezza di 22 mm e uno spessore di 3 mm.

Poiché il miocardio atriale e quello ventricolare non sono elettricamente collegati, l'attività elettrica si propaga ai ventricoli esclusivamente attraverso il nodo AV.

Questo è il centro secondario di formazione dell'impulso con una frequenza di scarica spontanea di 40-60 b/min. La funzione del nodo AV è quella di ritardare la propagazione dell'impulso dagli atri ai ventricoli, fungendo da filtro. Farmaci come la digitale e i betabloccanti determinano un ulteriore rallentamento nella propagazione, l'atropina al contrario la accelera.

### 3.4 Sistema di conduzione intraventricolare

È costituito dal *fascio di His* (che deve il proprio nome al medico svizzero **Wilhelm Junior His** anche se a descriverlo la prima volta fu Giovanni Paladino, un italiano) che decorre lungo il lato destro del setto interventricolare in sede subendocardica per circa 12 mm.

Il tronco comune del fascio di His con il nodo atrio-ventricolare formano la giunzione atrioventricolare.

Dal tronco comune hanno origine le branche destra e sinistra, dirette ai rispettivi ventricoli.

- La branca destra prosegue il decorso del fascio di His lungo il setto

- La branca sinistra, di spessore maggiore, perfora il setto interventricolare dividendosi in un fascio anteriore-superiore e uno posteriore-inferiore.

Queste suddivisioni sono fondamentali per comprendere i fenomeni elettrici alla base del blocco AV, dei blocchi di branca ed emblocchi.

### 3.5 Fibre di Purkinje

Scoperte nel 1839 dal neurofisiologo boemo **Jan Evangelista Purkyně** la cui funzione fu tuttavia scoperta solo nel 1906 dal giapponese Sunao Tawara.

Le fibre di Purkinje rappresentano la rete di conduzione che si ramifica nel subendocardio dei due ventricoli e rappresentano quindi la parte terminale del sistema di conduzione cardiaco.

Diffondono l'impulso a tutte le parti del miocardio ventricolare che quindi si contrae

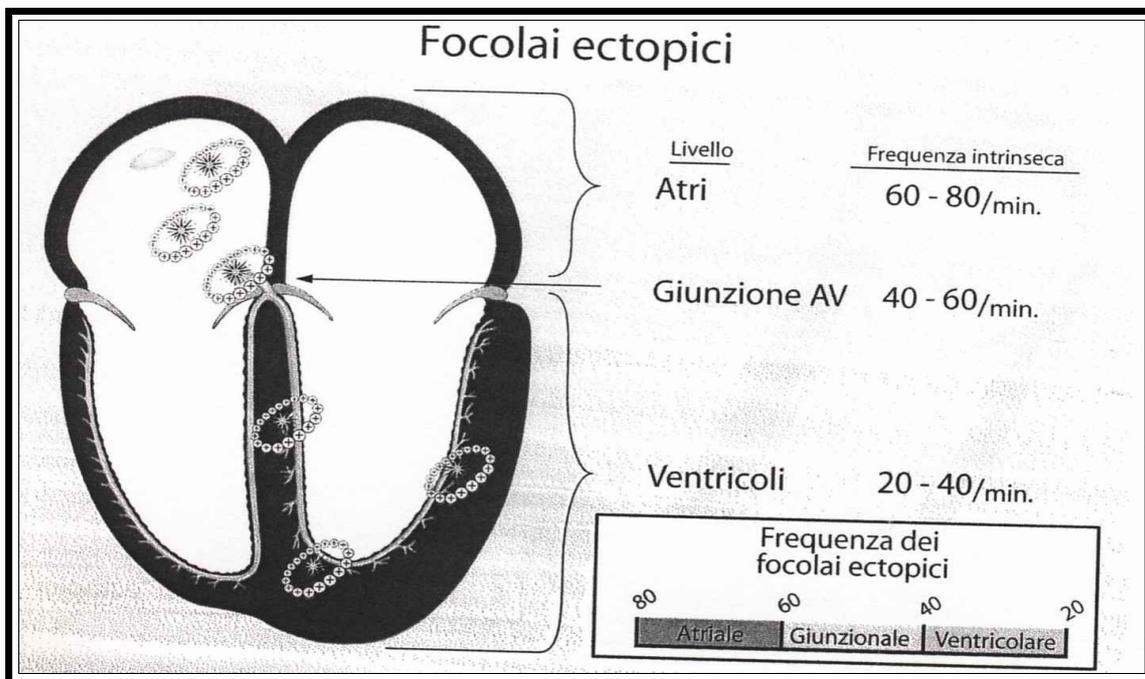
in maniera sincrona.

### 3.6 Pacemaker potenziali (*Focolai ectopici*)

Nel caso che venga a mancare la normale funzione di pacemaker del nodo seno-atriale, altri pacemaker potenziali, altrimenti conosciuti come “focolai automatici” o “focolai ectopici” hanno la capacità di prendere il comando del ritmo cardiaco alla loro frequenza intrinseca. Questi focolai si trovano negli atri, nei ventricoli e nella giunzione atrio-ventricolare.

Ciascun focolaio ectopico emette impulsi elettrici ad una specifica frequenza intrinseca:

- i **focolai ectopici atriali** hanno una frequenza compresa tra 60-80 bat/min;
- i **focolai ectopici giunzionali** emettono impulsi a frequenze comprese tra 40-60 bat/min;
- i **focolai ectopici ventricolari** emettono impulsi a frequenze comprese tra 20-40bat/min.

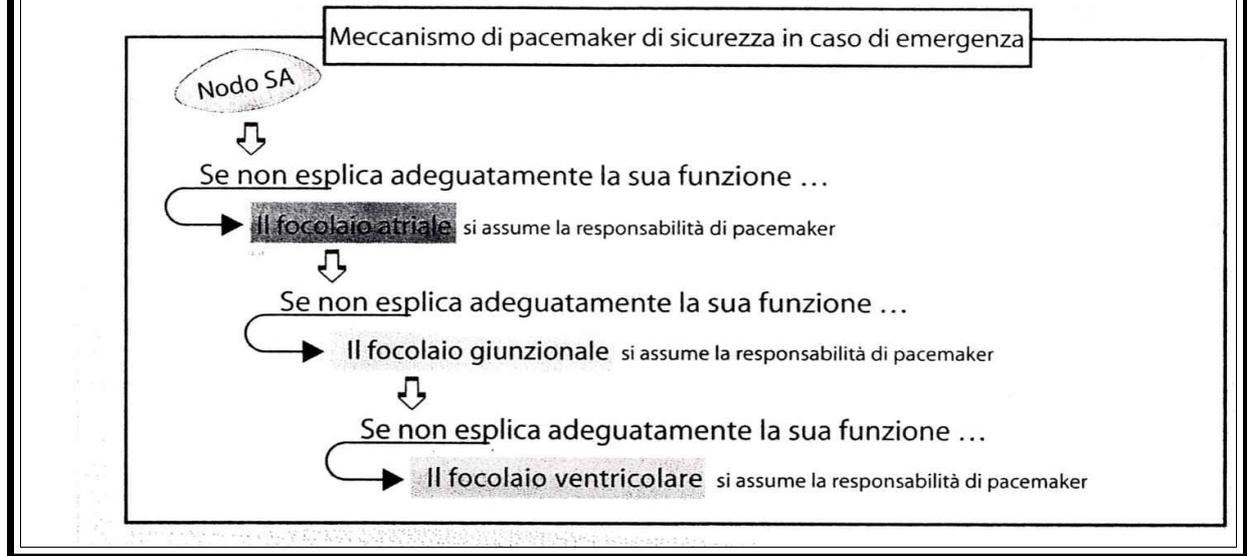


Una caratteristica fondamentale di tutti i centri di automatismo è la così detta *soppressione per dominanza*, cioè l'automatismo più rapido sopprime l'automatismo più lento.

In altre parole qualsiasi centro di automatismo domina e sopprime tutti gli altri centri che emettono impulsi elettrici ad una frequenza intrinseca più lenta.

Così il nodo seno-atriale domina e sopprime l'attività di pacemaker intrinseco di tutti i focolai ectopici sotto ad esso.

## Soppressione da parte del focolaio dominante fornisce l'attività di pacemaker di riserva a tre livelli separati, in caso di emergenza



La soppressione da parte del focolaio dominante è il meccanismo del cuore in caso di emergenza, che fornisce tre livelli separati di pacemaker di riserva, utilizzando focolai ectopici negli atri, nella giunzione AV, e nei ventricoli.

Allo stesso modo, nel caso la normale attività di pacemaker condotta dal nodo seno-atriale dovesse fermarsi, un pacemaker di riserva, non più dominato e soppresso, emergerà per emettere impulsi elettrici alla sua frequenza intrinseca, dominando e sopprimendo l'attività dei pacemaker potenziali che si trovano sotto ad esso. Sarà un focolaio ectopico atriale il primo ad emergere in caso di non adeguato funzionamento del nodo SA; mentre un focolaio ectopico a livello della giunzione AV si attiverà quando verrà a mancare lo stimolo fisiologico proveniente dagli atri, producendo un *ritmo idiogiunzionale* (il prefisso “*idio*” proviene dal greco e significa “*suo proprio*”).

Ricordiamo che anche nel blocco atrio-ventricolare (BAV) completo non giungono al focolaio ectopico giunzionale stimoli fisiologici provenienti dall' atrio (proprio per via del blocco a livello del nodo AV: unica via di conduzione tra gli atri ed il sistema di conduzione ventricolare sottostante), per cui non più dominato e soppresso, il focolaio giunzionale sfugge per diventare il pacemaker attivo dei ventricoli scaricando ad una frequenza compresa tra 40-60bat/min.

E' possibile che la giunzione AV subisca a sua volta un blocco completo. In questo caso, solo un focolaio ectopico presente nelle fibre di Purkinje dei ventricoli può venire in soccorso ed essere il pacemaker dei ventricoli.

## 4. CENNI DI FISIOLOGIA

Ogni attività meccanica, cioè ogni contrazione del cuore, è preceduta da un'attività elettrica: è tale attività che noi registriamo con l'ECG.

Le cellule miocardiche presentano a livello della loro membrana un potenziale elettrico, definito “a riposo”, di  $-90\text{mV}$  rispetto all'ambiente che le circonda, determinato dalle diverse concentrazioni di ioni presenti ai due lati della membrana plasmatica.. Queste diverse concentrazioni vengono mantenute contrastando la tendenza naturale all'equilibrio ed alla neutralità elettrica della cellula, con delle pompe che espellono determinati ioni in cambio di altri (con conseguente consumo di energia).

In questa condizione, la cellula miocardica è eccitabile, può cioè variare il suo **potenziale di riposo** e trasmettere questa rapida variazione lungo tutta la cellula e le cellule vicine: tale fenomeno è definito **potenziale d'azione**.

Quando il passaggio di cariche attraverso la membrana fa diminuire il potenziale di membrana si verifica la depolarizzazione: punto di partenza per la formazione e la propagazione dell'impulso elettrico: superato un certo “valore soglia” si ha una notevole variazione di potenziale (da  $-90$  a  $+50\text{mV}$ ) molto rapidamente. Altrettanto rapidamente ritorna al valore di partenza, fino a un iperpolarizzazione (cioè quando aumenta il potenziale di membrana), cosicché per un certo periodo di tempo la cellula non può essere nuovamente eccitata (periodo refrattario).

Il potenziale d'azione possiede caratteristiche diverse a seconda del tipo di tessuto miocardico nel quale si produce.

Le cellule miocardiche comuni (cellule costituenti gli atri e i ventricoli oltre alle fibre di Purkinje) presentano un potenziale d'azione a “**risposta rapida**” determinata dall'apertura dei canali per il sodio che entra nella cellula (fase 0); da una successiva ripolarizzazione dovuta al passaggio transitorio di ioni cloro (fase 1) e da una fase (2) in cui si ha un passaggio nella cellula di ioni calcio e sodio attraverso i canali lenti (plateau). Vi è poi la fase finale di ripolarizzazione (fase 3) in cui la cellula ritorna alle condizioni iniziali in seguito all'uscita del potassio dalla cellula stessa e il successivo ripristino delle concentrazioni ioniche ai valori di riposo (fase 4).

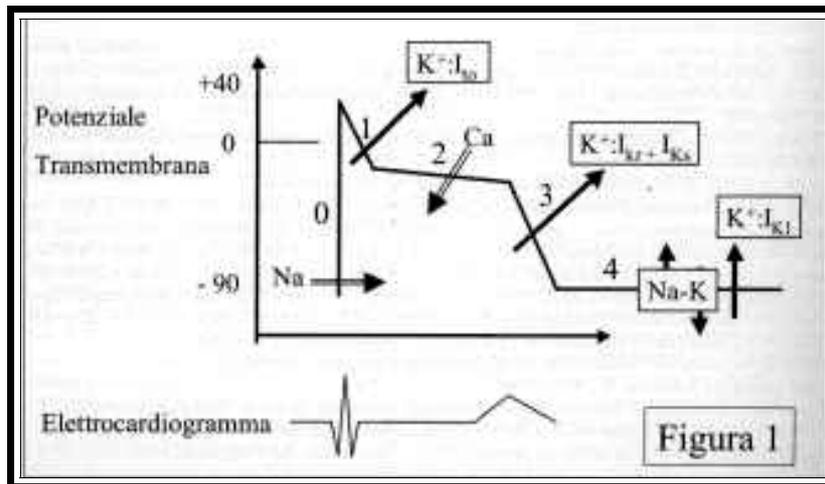


Figura 1

A livello del nodo senoatriale e atrioventricolare, il potenziale d'azione assume una “*risposta lenta*”: la fase 0 ha un inizio meno rapido, manca il plateau e la fase 3 è più graduale. Inoltre è presente una fase 4, rappresentata da una costante e graduale depolarizzazione (dovuta ad un debole flusso di sodio in entrata e ad una diminuzione dell'uscita del potassio), che raggiunto il valore soglia, determina la genesi del potenziale d'azione. Questo fenomeno è alla base dell'attività cardiaca e fa sì che ad intervalli ritmici ben precisi si generi in maniera del tutto autonoma e indipendente dal resto dell'organismo, un impulso elettrico che si diffonde e determina una contrazione cardiaca. Per questo motivo le cellule a risposta lenta sono dette *pacemaker*.

Dunque un sistema elettrico invia impulsi ritmici che determinano la contrazione cardiaca: questo è il sistema di conduzione.