كلية الطب البشري

السنة الثانية

التخطيط الكهربائي للقلب

2 د. صالح طقم

19/4/2018

مدققة

RBC Medicine

فيزيولوجيا 1 | 1 Physiology

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

نقدم لكم اليوم محاضرة تشرح التخطيط الكهربائي للقلب، مبدؤه، وآليته، وشكله في الحالات الطبيعية والمرضية...

الفهرس

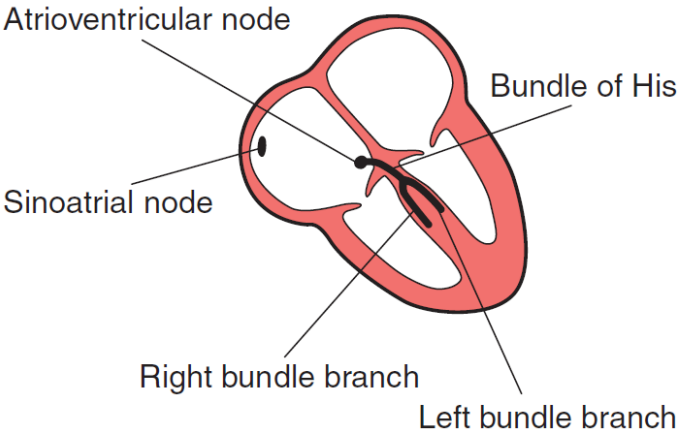
الفقرة	الصفحة
تخطيط القلب الكهربائي Electrocardiogram (ECG) + الساحة الكهربائية للقلب	2
مخطاط كهربائية القلب والاتجاهات القلبية	4
ورق التسجيل ECG Paper + خصائص مخطط القلب الكهربائي (موجات زوال الاستقطاب مقابل موجات عود الاستقطاب)	7
مكونات مخطط القلب الكهربائي الطبيعية	10
مفهوم المتجهات ومبادئ تحليلها في مخطط القلب الكهربائي السوي	19
المحور الكهربائي الوسطي لمركب QRS البطيني	20
كيفية دراسة مخطط القلب الكهربائي	23
اللانظميات القلبية	24

تخطيط القلب الكهربائي Electrocardiogram (ECG)

- يعبر مخطط القلب الكهربائي ECG عن تسجيل **خارجي**، **خطي**، **متواصل** لمحصلة الفعالية القلبية كما تبدو عبر مسار موضعه على **نقاط محددة** من سطح الجسم.

- يشترك في تكوينه:

The wiring diagram of the heart



1. **نشوء الدفعة** Impulse الكهربائية (التنبيه الكهربائي) في ناظمة القلب البدئية.
2. **انتشار الدفعة** الكهربائية عبر الجهاز الناقل القلبي.
3. **زوال استقطاب** الخلايا الأذينية ثم البطينية.
4. **عود استقطاب** Repolarization الخلايا السابقة حسب تسلسل معين.

- يشكل مخطط القلب الكهربائي، مع الفحص السريري والصورة الشعاعية، الركائز الأولية لتقييم حالة القلب، فهو:

أقدم الاستقصاءات القلبية تاريخياً لكنه لا يزال يحتفظ بدور هام في التشخيص .

على الرغم من المعلومات الغنية التي يمكن استخلاصها من مخطط القلب الكهربائي فإنه يعد وسيلة تشخيصية مساعدة فقط.

الساحة الكهربائية للقلب

تنتقل القوى الكهربائية والتي مصدرها الأساسي العضلة القلبية، المتوضعة عميقا في جوف الصدر، إلى السطح الخارجي للجسم عن طريق وسط ناقل يتكون من **مجموعة الأنسجة المختلفة** من حيث البنية المحيطة بالقلب.

وقد اقترح العالم اينتهوفن Einthoven عدة **افتراضات** لتسهيل فهم مخطط القلب الكهربائي ودراسته هي:

1. وجود **منبع كهربائي** وحيد، مزدوج القطب، متعادل القوى هو القلب، وبذلك تم إهمال البنى الأخرى التي يمكن أن تكون مصدرا لأي تيار كهربائي في المنطقة المحيطة بالقلب.
2. **تجانس الجسم** كناقل حجمي، أي عد الأنسجة كافة الناقلة للقوى الكهربائية والمختلفة البنية وكأنها من طبيعة واحدة فيما يتعلق بعملية الإيصال.

3. توضع المنبع الكهربائي الوحيد، وهو القلب في هذه الحالة، في **مركز الناقل** الحجمي المتجانس.

4. **تناظر** المناحي.

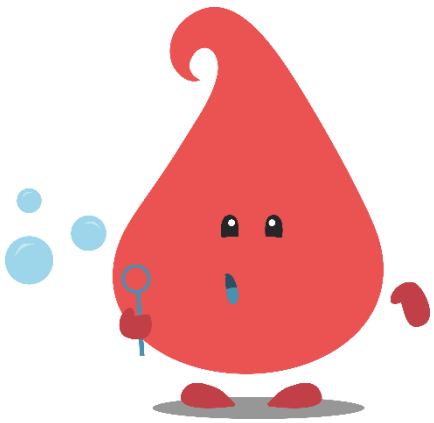
مثال توضيحي

يمكن مقارنة العضلة القلبية كمصدر أساسي لكل القوى الكهربائية في الجسم بمدخرة، طاقتها -على سبيل المثال- 6 فولط (أي لها قطب موجب يعادل 3+ فولط وآخر سلبي 3- فولط)، ومغموسة في محلول ملحي (ناقل حجمي متجانس)، لأنه:

- ينقل السيالة الكهربائية بالتساوي وفي جميع الاتجاهات من جهة،
- ولأن السيالة الكهربائية الجارية في النقاط البعيدة منه تكاد تكون معدومة من جهة أخرى.

يمر التيار في الوسط الحجمي الناقل (المحلول الملحي) من القطب الموجب إلى القطب السالب بممرات لا يحصى عددها في جميع الاتجاهات، ولكن **معظمها** يمر بـ**أقصر** طريق بين القطبين، و**النادر منها** والضعيف يسلك انحناءات **بعيدة**، وهذا **الانتشار** للقوى الكهربائية يسمى الساحة الكهربائية للمدخرة والتي **تماثل** **الساحة الكهربائية للقلب**، ومنها نستنتج مايلي:

- يهبط (ينقص) الكامن الكهربائي بين نقطتي البدء والنهاية في كل من خطوط الساحة الكهربائية، أي من 3+ فولط إلى 3- فولط.
- وبما أن الوسط متجانس، فلابد من وجود **حد فاصل** يكون فيه فرق الكامن الكهربائي **معدوماً** (صفر) بالنسبة لقطبي المدخرة، أو لأي نقطة موجودة داخل الساحة، لذلك فإن كل نقطة تقع **خارج الساحة** أو **على السطح الذي يقسمها إلى قسمين متساويين**[1]، يكون كامنها معدوما.
- يكون فرق الكامن **أكبر ما يمكن** على السطح الأفقي الواصل بين قطبي المدخرة.



[1] وهو السطح العامودي على منتصف المسافة بين القطبين.

مخطاط كهربائية القلب والاتجاهات القلبية

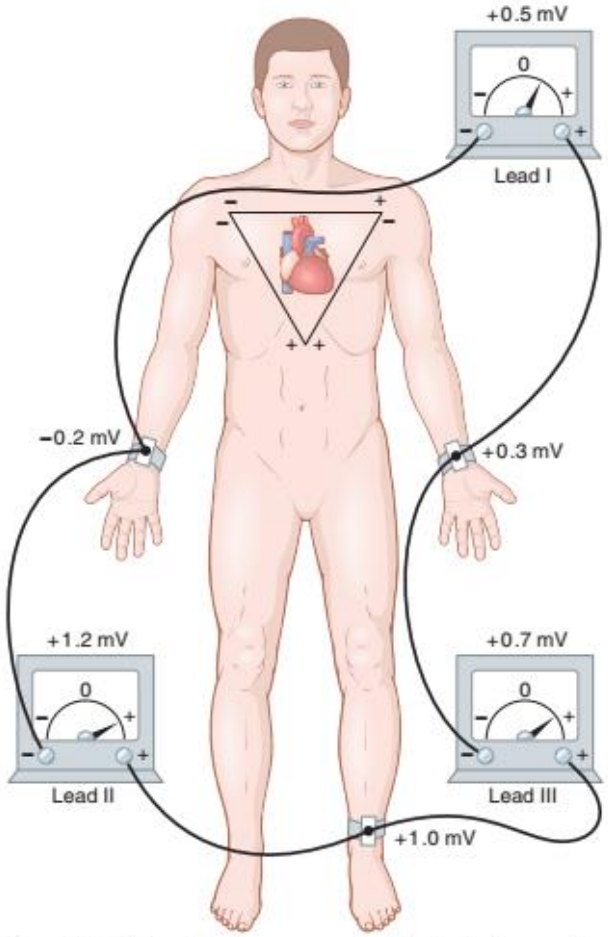


Figure 11-6. Conventional arrangement of electrodes for recording the standard electrocardiographic leads. Einthoven's triangle is superimposed on the chest.

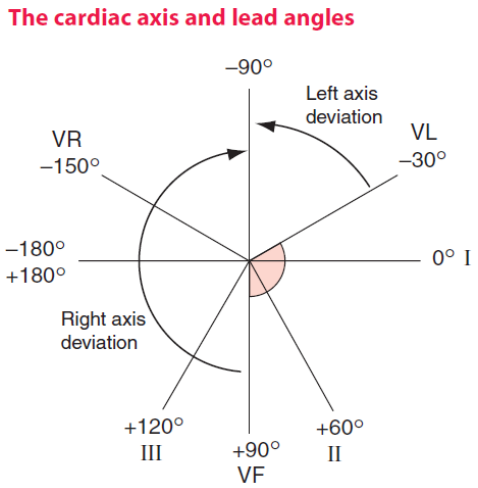
- هو مقياس غلفاني غاية في الدقة يستطيع التقاط تغيرات محصلة الكوامن الكهربائية وتسجيلها على ورق خاص بوساطة مساري (أقطاب) **Electrodes** معينة توضع على نقاط محددة من سطح الجسم.
- يستعمل نظام المساري الذي يعتمد على افتراضات اينتهوفن المنوه عنها أعلاه، **خمسة** مساري:
- يثبت **أربعة** منها على الأطراف، في حين ينقل **الخامس** على أماكن مختلفة من سطح جدار الصدر.

يمثل كل اتجاه: تسجيل متواصل لتبدل الكامن الكهربائي بين اثنين من المساري، بينما يؤمن **مسرى الطرف السفلي الأيمن** الاتصال غير الفعال (الهمل) للاتجاهات جميعها[2].

واستناداً إلى ماتقدم هناك **نوعان** من الاتجاهات:

الاتجاهات ثنائية القطب (الاتجاهات المعيارية) Bipolar Leads:

وتسمى أيضا الاتجاهات القياسية **Standard Leads**، وهي الاتجاهات المدرسية التي استعملها اينتهوفن، وتقيس فرق الكمون بين نقطتين متوضعتين على **طرفين من الأطراف** وعددها **ثلاثة**: (تتبع الرسم أعلاه لفهم أفضل)



الاتجاه الأول:

ويسجل فرق الكامن بين الذراعين **اليسرى واليمنى**، بحيث يوضع المسرى الموجب على الذراع اليسرى بينما يوضع المسرى السالب على الذراع اليمنى.

[2] عبارة عن مسرى لإغلاق الدارة لا أكثر.

الاتجاه الثاني:

ويسجل فرق الكامن الكهربائي بين **الذراع اليمنى** و**الساق اليسرى**، بحيث يوضع المسرى الموجب على الساق اليسرى والمسرى السالب على الذراع اليمنى.

الاتجاه الثالث:

ويسجل فرق الكامن الكهربائي بين **الساق اليسرى** و**الذراع اليسرى**، بحيث المسرى الموجب على الساق اليسرى والمسرى السالب على الذراع اليسرى.

الاتجاهات وحيدة القطب Unipolar Leads

يستعمل في هذه الاتجاهات:

- **مسرى مستقص (فعال) Active:** يوضع على الأطراف أو على نقط محددة من جدار الصدر،
- وآخر **غير فعال(همل) Indifferent:** ينتج عن وصل النهايات المركزية لمساري الذراعين والساق اليسرى بقصد إلغاء كوامنها.

الاتجاهات وحيدة القطب للأطراف *Unipolar Limb Leads*:

الاتجاه *a VR*

يوضع المسرى الفعال (المستقصي) على **الذراع اليمنى**، وهو يسجل تغيرات الكامن الكهربائي في ذلك الجزء من القلب المواجه **للكتف** الأيمن.

الاتجاه *a VL*

يوضع المسرى الفعال (المستقصي) على **الذراع اليسرى**، وهو يسجل تغيرات الكامن الكهربائي في ذلك الجزء من القلب المواجه **للكتف** الأيسر.

الاتجاه *a VF*

يوضع المسرى الفعال على **الساق اليسرى**، وهو يسجل تغيرات الكامن الكهربائي في ذلك الجزء من القلب المواجه **لمفصل الفخذ** الأيسر.

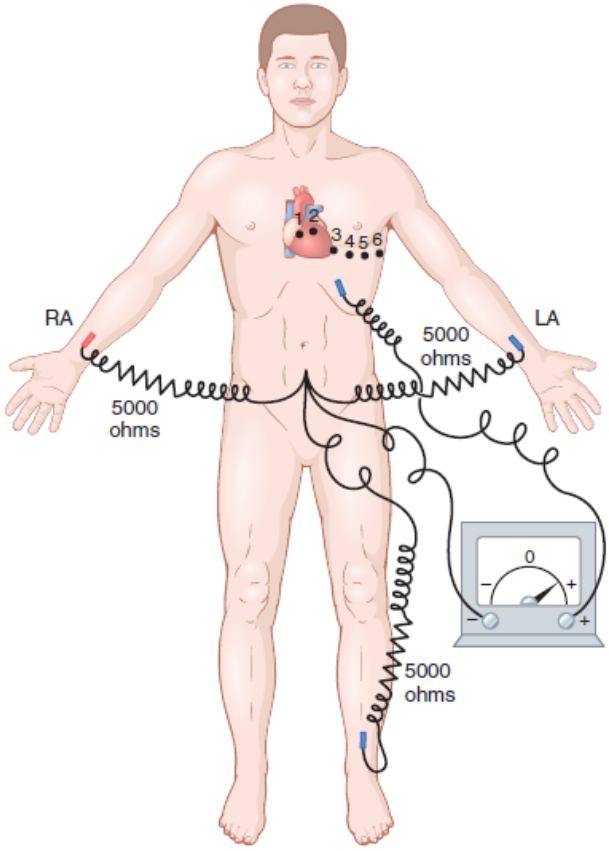


Figure 11-8. Connections of the body with the electrocardiograph for recording chest leads. LA, left arm; RA, right arm.

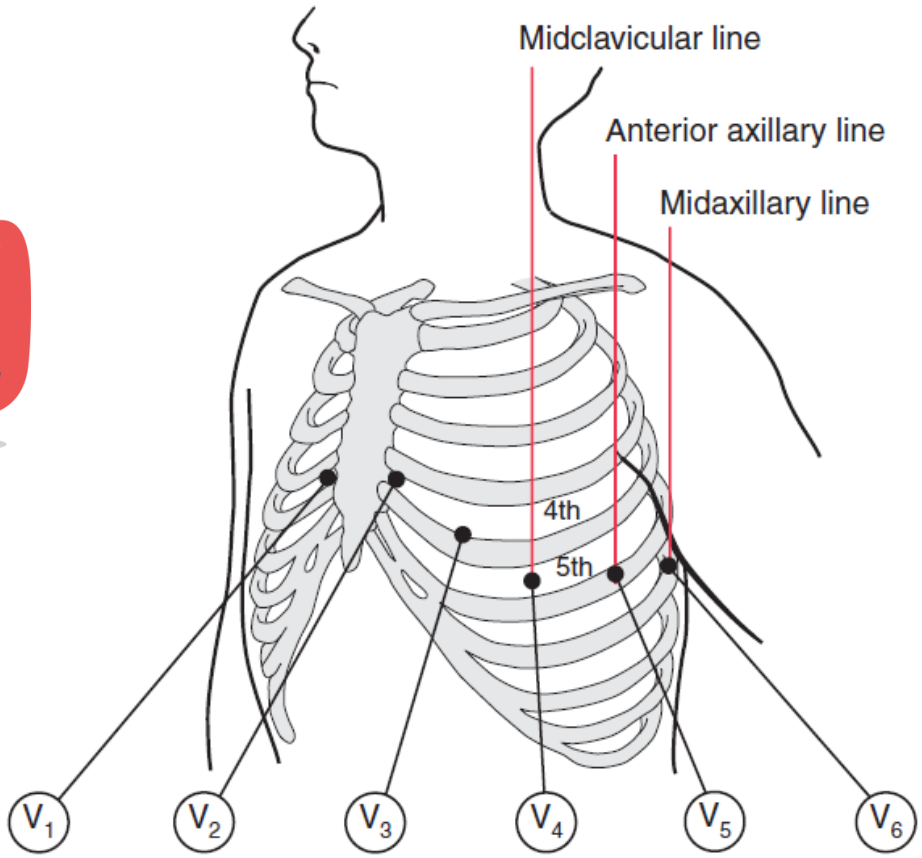
وتستعمل طريقة غولدبيرغر *Goldberger* في أثناء استعمال الاتجاهات وحيدة القطب لزيادة سعة انحرافات جهاز التخطيط، لأن فرق الكامن في هذه الاتجاهات يكون **ضعيفا** بحيث يصعب تسجيله بدقة، لذلك سميت هذه الاتجاهات وحيدة القطب المزادة.

الاتجاهات وحيدة القطب الصدرية أو قرب القلبية *Superficial Chest Leads*:

بني انتقاء هذه الاتجاهات على مفهوم يتلخص بأنها تعمل كمناحٍ مباشرة –تقريبا- على القلب بسبب مجاورتها له، ويرمز لها بالحرف V، وهي:

- الاتجاه *V1*: ويوضع المسرى الفعال على المسافة الوربية الرابعة أيمن القص.
- الاتجاه *V2*: ويوضع المسرى الفعال على المسافة الوربية الرابعة أيسر عظم القص.
- الاتجاه *V3*: ويوضع المسرى الفعال في وسط المسافة الواقعة بين الاتجاهين V4 و V2.
- الاتجاه *V4*: ويوضع المسرى الفعال على الخط المنصف لعظم الترقوة في الورب الخامس.
- الاتجاه *V5*: ويوضع المسرى الفعال على الخط الإبطي الأيسر الأمامي في الورب الخامس.
- الاتجاه *V6*: ويوضع المسرى الفعال على الخط الإبطي الأيسر المتوسط في الورب الخامس.

The positions of the chest leads: note the fourth and fifth rib spaces



ورق التسجيل ECG Paper

يستعمل لتسجيل مخططات القلب الكهربائية ورق خاص **شديد التأثر بالحرارة**، ويسمح بقياس سريع للفواصل الزمنية ولفرق الكامن الكهربائي لجميع مكونات مخطط القلب.

مؤلف من مربعات صغيرة متساوية، ضلع كل واحد منها (1) مليمترا، وتمكننا هذه المربعات:

- **عمودياً** من **قياس الكامن الكهربائي** لكل مكون من مركبات المخطط الكهربائي المسجلة، فإن تنبيها شدته (1) ميلي فولطا يسجل انحرافا مقداره (10) ميليمترات، إذا ما تمت معايرة الجهاز بدقة.
- وباستعمالها **أفقياً** نستطيع تحديد **أمد مكونات مخطط القلب**، إذ أن كل مربع يمثل وحدة زمنية تعادل 0,04ثانية.

تكون السرعة المعيارية لأجهزة التخطيط التقليدية (25) ميليمترا في الثانية.

خصائص مخطط القلب الكهربائي (موجات زوال الاستقطاب مقابل موجات عود الاستقطاب)

يتكون مخطط القلب الكهربائي من موجات تمثل زوال الاستقطاب وأخرى تعكس عودته وفواصل زمنية.

إن التمييز بين مكونات مخطط القلب أمر في منتهى الأهمية وبدونه لا يمكن فهمه ودراسته وبالتالي استعماله كوسيلة تشخيصية مساعدة هامة.

من أجل تسهيل فهم ذلك نسوق **تجربة تحريض (تنبيه) ليف عضلي معزول** يمر بأربع مراحل مختلفة من زوال الاستقطاب وعودته .

A

مرحلة زوال الاستقطاب التي تتمثل بالشحنة السلبية خارج الغشاء الخلوي والشحنة الإيجابية على سطح الوجه الداخلي للغشاء الخلوي، وهي تتقدم من اليسار إلى اليمين وهكذا يصبح النصف الأيسر بحالة زوال استقطاب، بينما يبقى النصف الأيمن بحالة استقطاب مما يجعل مؤشر جهاز القياس يسجل انحرافا إيجابياً، أي باتجاه الأعلى، والرسم البياني المرافق للشكل يمثل فرق الكامن بين المسريين في هذه اللحظة.

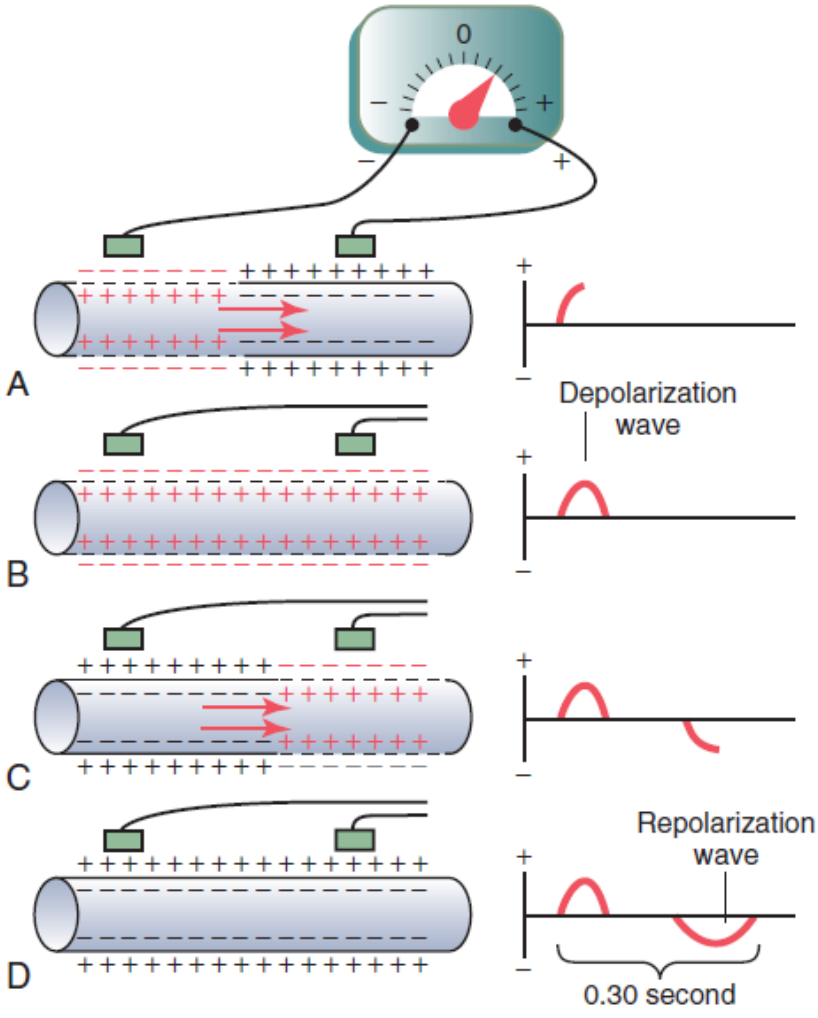


Figure 11-2. Recording the depolarization wave (**A** and **B**) and the repolarization wave (**C** and **D**) from a cardiac muscle fiber.

B

امتداد مرحلة زوال الاستقطاب بحيث يشمل الليف العضلي كله، وهذا يعني أن المسريين يشغلان حيزا متساويا من حيث الكهربائية السلبية لذلك يعود مؤشر مقياس التسجيل إلى وضعه البدئي، ويتم ارتسام موجة إيجابية كما هو موضح في الرسم البياني الموافق.

C

مرحلة عود الاستقطاب في الجزء الايسر من الليف العضلي حيث تعود الشحنة الإيجابية إلى السطح الخارجي للغشاء الخلوي بينما تعود الشحنة السلبية إلى الوجه الداخلي للغشاء الخلوي، وتتوافق هذه المرحلة مع ارتسام سلبي في جهاز التسجيل كما يوضحه الرسم البياني المرافق.

D

الليف العضلي وقد استعاد كامل استقطابه وهذا ما يستدعي عودة مؤشر جهاز القياس إلى وضعه البدئي، وبذلك يتم تكوين الموجة السلبية .

علاقة مؤشر التنبيه بانحراف مؤشر جهاز التسجيل:

- يتجه مؤشر جهاز التسجيل نحو الأعلى مسجلا انحرافا **إيجابياً Positive Deflection** عندما يتجه **التنبيه نحو المسرى**.
- بينما يتجه المؤشر للأسفل راسما انحرافا **سلبياً Negative Deflection** عندما يتجه **التنبيه مبتعدا عن المسرى**.

إذا وضعنا مسرى كهربائيا على **سطح البطين الأيسر** ووصلناه بمقياس غلفاني فإنه:

1) يسجل **في البدء** انحرافا صغيرا سلبيا (نحو الأسفل)، لأن التنبيه يتجه مبتعدا عن المسرى عبر الحجاب البطيني.

2) ثم ينتشر التنبيه عبر البطين الأيسر والأيمن، وبما أن الكتلة العضلية للبطين الأيسر أكبر، فإن الكامن الكهربائي المتجه نحو المسرى هو الأقوى، لذلك فإننا نشاهد انحرافا إيجابيا (نحو الأعلى) في مؤشر مقياس التسجيل.

3) بعد انتهاء تسجيل الانحرافات الناجمة عن اقتراب التنبيه أو ابتعاده عن المسرى فإن مؤشر جهاز التسجيل يعود بعد ذلك إلى وضع الراحة الأولى أو ما يسمى نقطة السواء الكهربائي **Isoelectric point** .

Fig. 1.18

Shape of the QRS complex: first stage

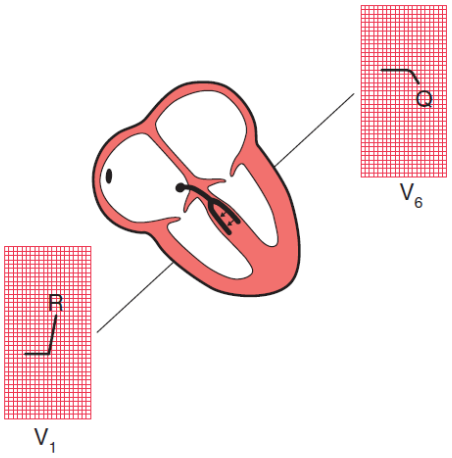
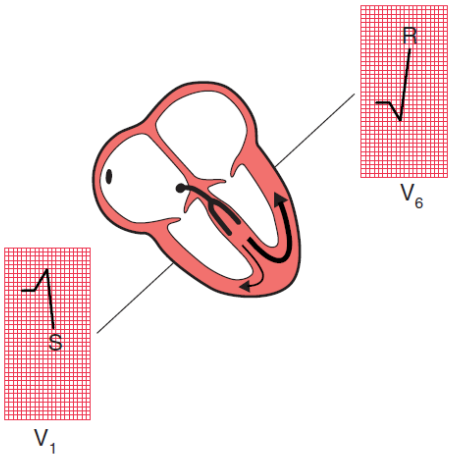


Fig. 1.19

Shape of the QRS complex: second stage



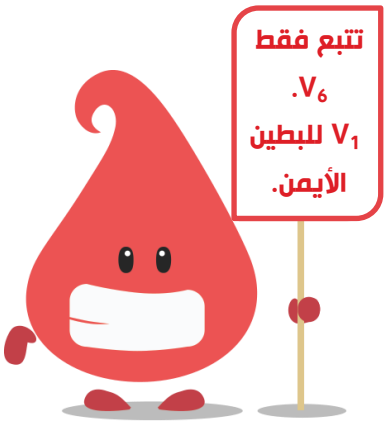
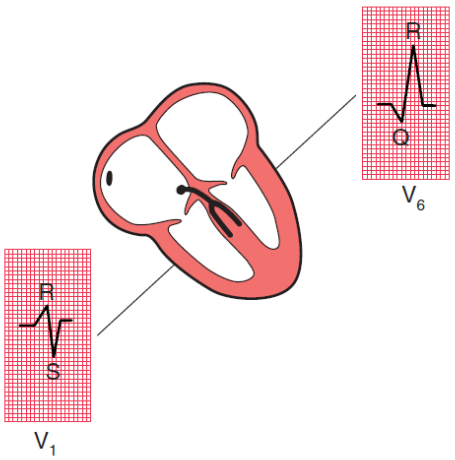


Fig. 1.20

Shape of the QRS complex: third stage



مكونات مخطط القلب الكهربائي الطبيعية

يتألف مخطط القلب الكهربائي من المكونات التالية:

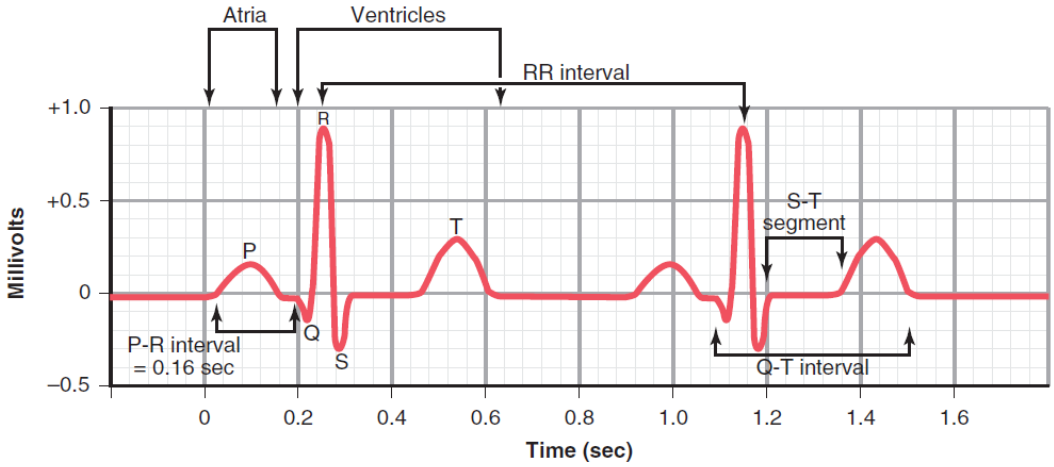
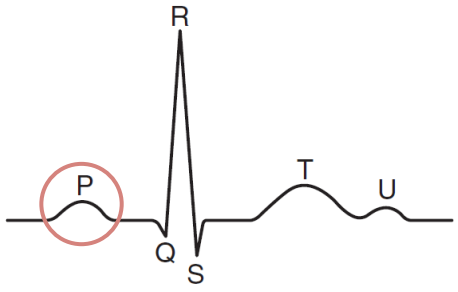


Figure 11-1. Normal electrocardiogram.

Fig. 1.2

Shape of the normal ECG, including a U wave



- تمثل الموجة **P** الانحراف الناجم عن زوال الاستقطاب الأذيني.
- يتراوح أمدها من *0,08* s إلى *0,12* ثانية.
- لا تتجاوز سعتها 2,5 ميلمتراً.

شكلها في الحالات الطبيعية:

- تكون ذات شكل مدور، وقد تكون ذات طورين، يعكس الأول فيهما زوال الاستقطاب في الأذينة اليمنى في حين يعكس الطور الثاني زوال الاستقطاب في الأذينة اليسرى.
- **إيجابية دائما** في الاتجاهين القياسيين **I , II** وفي الاتجاهات الصدرية V_6 , V_5, V_4, V_3.
- **سلبية دائما** في لاتجاه aVR.
- **إيجابية أو سلبية أو ذات طورين أو على الخط السواء الكهربائي** في الاتجاهات **III** و V_1 و V_2.
- غالبا ما تكون **إيجابية** في الاتجاهين **Avl , Avf**.

شكلها في الحالات المرضية:

- قد تصبح الموجة P عريضة ومثلمة في الاتجاهين القياسين II,I وتسمى P التاجية (P-mitral) لأنها تشاهد في التضيق التاجي (توسع الأذينة اليسرى الشديد).
- كما أن وجود موجة P مؤنفة ومتطاولة في الاتجاهات القياسية I ،II، III والاتجاه aVR يدل على توسع الأذينة اليمنى ويحدث ذلك في الأمراض الرئوية المزمنة (P-pulmonary) .
- وتشير موجة P العريضة وثنائية الطور في الاتجاه الصدري V_1 على ضخامة الأذينة اليسرى .

الموجة Ta (The Ta Wave)

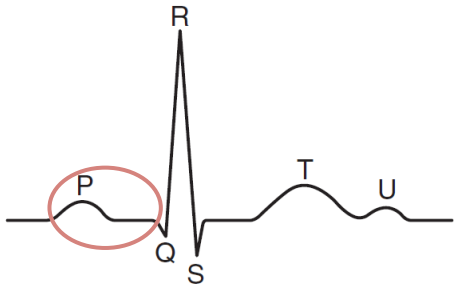
تمثل الموجة Ta الانحراف الناجم عن عود الاستقطاب الأذيني، وتكون غالبا سلبية.

وهي تلي الموجة P ، و لا تظهر عادة في مخطط القلب الكهربائي في الاتجاهات المعروفة والمستعملة بالطرائق التقليدية، وذلك لصغر مداها ولتراكبها فوق المركب QRs.

الفاصلة P-Q أو P-R (The P-Q or P-R Interval)

Fig. 1.2

Shape of the normal ECG, including a U wave



- تمتد هذه الفاصلة من بداية الموجة P وحتى بداية الموجة Q -إن وجدت- أو الموجة R -في حال غياب Q-.
- وهي تمثل الفترة الواقعة بين بداية التفعيل الأذيني وبداية التفعيل البطيني.
- تشتمل أيضا على زمن انتقال الدفعة الكهربائية في العقدة الأذينية البطينية وحزمة هيس وفروعها.
- تنتهي في اللحظة التي تصل فيها الدفعة الكهربائية إلى الألياف العضلية القلوصة في البطين.
- يتراوح أمدها من 0,12 ثانية إلى 0,20 ثانية وتقع على خط السواء الكهربائي.
- يجب أن تكون ثابتة في كل مركب.
- أما الاضطرابات التي يجب ملاحظتها هي:

تطاول الفاصلة (P - R) Q - P:

ويحدث ذلك في حالات مرضية متعددة كالإحصار الأذيني البطيني من ا الدرجة الأولى، والتهاب القلب الفعال ولاسيما الرثوي.

قصر الفاصلة (P - R) Q - P:

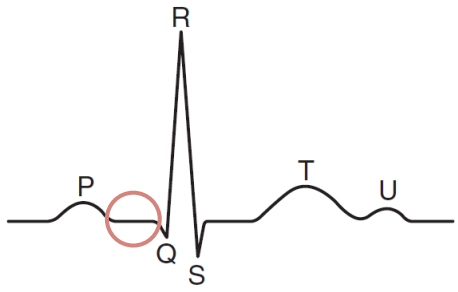
ويحدث ذلك في متلازمة وولف- باركنسون-وايت، ومتلازمة لون- غانونغ– ليفين، حيث يوجد حزم توصيل شاذة تتجاوز العقدة A-V.

الشدفة P-Q أو P-R (The P-R or P-Q Segment)

- يقصد بالشدفة P -Q أو P -R في حال غياب الموجة Q، الموجة الواقعة على خط السواء الكهربائي والممتدة من **نهاية** الموجة P وحتى **بداية** المركب البطيني QRS.
- أمدها هو الفاصلة P -Q (P -R) منقوصا منها زمن الموجة P.

Fig. 1.2

Shape of the normal ECG, including a U wave



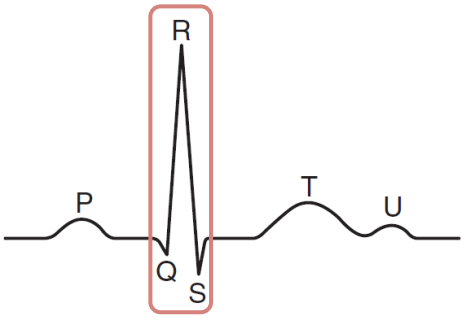
المركب البطيني QRS (The QRS Complex)

- يمثل المركب QRS زوال الاستقطاب البطيني.
- يتراوح أمده السوي عند البالغين - 0.10 – 0.06 ثا، وقد يصل بالاتجاهات الصدرية إلى 0.11 ثا.
- وهو يتأثر باختلاف سرعة النظم القلبي، ويكون عادة عند الأطفال أقل استمرارية.
- تمثل القطعة البدئية للمركب QRS تسجيلا لـ**تنبيه الحجاب البطيني** الذي يكون عند جانبه الأيسر **أشد وأسرع** استثارة من جانبه الأيمن.
- ثم تنتشر موجة التنبيه (الدفعة الكهربائية) إلى **ذروة القلب وجدران البطين**.
- تصل **أخيراً** إلى القاعدة الخلفية للبطين الأيسر والمخروط الرئوي والجزء الأعلى من الحجاب البطيني.

- ويحدث انتشار موجة التنبيه من السطح الشغافي إلى السطح التاموري عبر العضلة القلبية، ويتكون هذا المركب من المكونات التالية:

Fig. 1.2

Shape of the normal ECG, including a U wave



الموجة Q (The Q Wave)

تمثل الموجة Q **زوال الاستقطاب في الحاجز البطيني** الذي يكون جانبه الأيسر أشد و أسرع إثارة من جانبه الأيمن، يتراوح أمدها بين 0.04 - 0.03 ثانية.

تكون عادة **أقل** من 1ملم في باقي الاتجاهات، وربما يتجاوز عمقها 2 ملم في الاتجاه القياسي III عند بعض الأشخاص الأسوياء .

قد **لا** تظهر موجة Q على مخطط القلب الكهربائي، ولكن في حال وجودها تحدد بكونها **أول انحراف سلبي** في المركب QRS يسبق موجة R .

> عندما يتكون المركب بأكمله من انحراف سلبي وحيد فإنه يدعى موجة QS.

تحدث عادة موجات Q في الاتجاهات القريبة من البطين الأيسر كالاتجاهات I و aVL و V_4 و V_5 و V_6 .

في حال وجود موجات Q غير طبيعية (عميقة وعريضة) من حيث المدة الزمنية والعمق، يجب التفكير في الحالات المرضية التالية:

- احتشاء عضلة القلب،
- اعتلالات القلب الضخامية والتوسعية.

الموجة R (The R Wave)

- تمثل الموجة R **زوال استقطاب البطينين** وفي جزء من قاعدة البطين الأيسر.
- تعد الموجة R **أول موجة إيجابية** في المركب QRS تلي Q.
- أمدها الزمني يتراوح بين 0.05 -0.08 ثا، وارتفاعها الوسطي في الاتجاهات القياسية 10ملم .
- يجب **ألا** تتجاوز في الحالات الطبيعية 20 ملم ارتفاعاً في الاتجاه القياسي الذي يحمل أكبر فرق في الكامن الكهربائي، و**لا تقل** عن 5 ملم.
- تكون الموجة R صغيرة في الاتجاه الصدري V_1 وتزداد تدريجيا حتى V_6، وقد يكون الازدياد التدريجي حتى V_4 فقط ثم يصبح أقل ارتفاعا في V_5 و V_6.
- **لا** تتجاوز السعة القصوى لهذه الموجة في الاتجاهات الصدرية 25 ملم.
- إن التزايد التدريجي لهذه الموجة من V_1 وحتى V_6 أو V_4 يعد من **الدلائل الهامة** التي تشير إلى أن مخطط القلب الكهربائي في الحدود السوية.

الموجة S (The S Wave)

- تمثل الموجة S **زوال الاستقطاب في الجزء المتبقي** من قاعدة البطين الأيسر وقاعدة البطين الأيمن والقسم العلوي من الحاجز البطيني، وهي **سلبية دائماً**.
- تلي الموجة R ويتراوح أمدها الزمني 0.04 -0.08 ثا، وقد تكون الموجة S صغيرة من حيث العمق (السعة) وقد تصل سعتها في الاتجاه الذي يحمل فارق الجهد الأكبر 15ملم.
- وبشكل عام، تكون الموجة S عميقة وواضحة في الاتجاهين V_1 و V_2 وهي تتناقص تدريجيا، وذلك بعكس الموجة R إلى الاتجاه V_6، وتتساوى مع R في الاتجاه V_3.
- كما تكون عميقة وواضحة في الاتجاه a VR حيث تتمثل الانحراف الرئيس، أما بقية الاتجاهات القلبية تكون صغيرة وقد لا تظهر.

ولابد من الإشارة إلى أن المركب QRS برمته والذي يعكس زوال الاستقطاب البطيني يمكن أن يخضع للتغيرات المرضية التالية:

أولا: اتساع المركب QRS

يصبح أمده الزمني أكثر من 0.11 ثا ويلاحظ ذلك في إحصار الغصن الأيسر، إحصار الغصن الأيمن، الضخامة البطينية، متلازمة وولف- باركنسون – وايت، الضربات البطينية الباكرة، ارتفاع نسبة بوتاسيوم المصل.... إلخ.

ثانيا: انخفاض كامن المركبات QRS

ويلاحظ ذلك في قصور الدرقية، التهاب التامور العاصر والمزمن، ثخانة جدار الصدر (البدانة) ، النفاخ الرئوي وقصور القلب الشديد...

ثالثا: ارتفاع كامن المركبات QRS

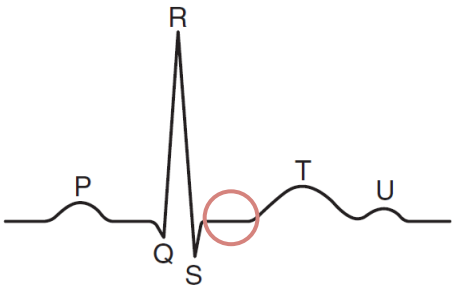
ويلاحظ ذلك بشكل رئيس بالضخامة البطينية.

الشدفة S -T (The S -T Segment)

- تمتد الشدفة S -T من **نهاية** المركب البطيني QRS وحتى **بداية** الموجة T ، وهي تمثل بدء عودة الاستقطاب البطيني.
- تكون غالباً على خط السواء الكهربائي، إذ قد تعلوه بعض الحالات الطبيعية بمقدار 1ملم في الاتجاهات الصدرية.
- يتعلق الأمد الزمني لهذه الشدفة بسرعة النظم القلبي.
- لهذه الشدفة أهمية تشخيصية كبيرة:

Fig. 1.2

Shape of the normal ECG, including a U wave



أولا: تزحل الشدفة S -T للأعلى

ويلاحظ ذلك في حالات مرضية متعددة منها، الاحتشاء الحديث في عضلة القلب، التهاب التامور، فرط بوتاسيوم الدم...

ثانيا: تزحل الشدفة S - T للأسفل

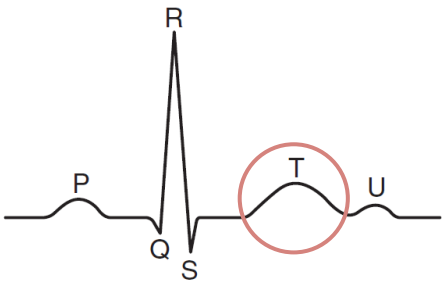
يشاهد انخفاض الشدفة S -T في حالات مرضية متعددة منها، إقفار العضلة القلبية، انخفاض بوتاسيوم الدم، المعالجة بالديجتال، الضخامة البطينية، إحصار الغصين واعتلالات القلب...

الموجة T (The T Wave)

- تمثل الموجة T **نهاية عودة الاستقطاب البطيني**.
- وهي تأخذ أشكالا متباينة، فقد تكون إيجابية أو سلبية أو متطاولة أو مسطحة، كما تتباين أبعادها كثيرا ولكنها نادراً ما تتجاوز 6ملم في الحالات السوية، وتكون مدتها 0.20ثا.
- ولما كان الحاجز البطيني والمناطق الشغافية الأخرى لجدران البطين هي التي يزال استقطابها أولا، فمن البديهي أن تستعيد هذه المناطق استقطابها أولا أيضا.
- ولكن هذا **لا يحدث عادة**، إذ إن عود استقطابها (الحاجز البطيني والمناطق الشغافية الأخرى لجدران البطين) أبطأ من عود استقطاب السطوح الخارجية للبطين، ويرجع ذلك إلى أن **الضغط العالي** في الجوفين البطينيين أثناء التقلص ينقص الجريان الدموي الإكليلي إلى الشغاف بشدة.
- لذلك فإن الجزء الأكبر من العضلة القلبية الذي يستعيد استقطابه أولاً هو ذلك المتوضع على كامل **السطح الخارجي** للبطينين لا سيما قرب القمة، وهذا ما يقود إلى أن النهاية الموجبة لمتجه القلب في أثناء عود الاستقطاب تتجه نحو قمة القلب أيضا كما في زوال الاستقطاب .
- وتكون الموجة T :
  - ✓ **موجبة دائماً** في الاتجاهين القياسيين I و II .
  - ✓ **إيجابية أو سلبية** في الاتجاهات V1 و V2 .
  - ✓ و**غالباً** ما تكون **إيجابية** في الاتجاهين a VL و a VF .
  - ✓ في حين تكون **سلبية دائماً** في الاتجاه القلبي a VR .

Fig. 1.2

Shape of the normal ECG, including a U wave



- وتخضع الموجة T لتبدلات مختلفة في حالات مرضية متعددة:

أولا: انقلاب الموجة T

يلاحظ انقلاب الموجة T في كثير من الحالات المرضية منها :إقفار العضلة القلبية، الاحتشاء تحت الشغافي، التهاب التامور، انخفاض بوتاسيوم المصل، الضخامة البطينية، اعتلالات العضلة القلبية...

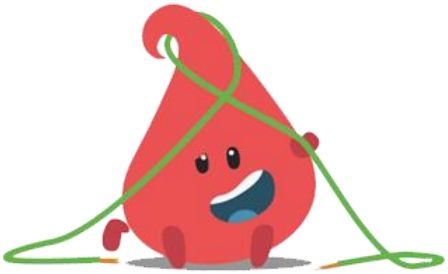
ثانيا: قد تصبح الموجات T متطاولة ومدببة

ويلاحظ ذلك في فرط بوتاسيوم المصل.

الموجة U (The U Wave)

تأتي الموجة U في أعقاب الموجة T بعد فاصلة زمنية محددة، وهي **مجهولة المنشأ** :/ ، و**يعتقد** أنها تعكس **عودة الاستقطاب في الجهاز الناقل البطيني**.

يصعب تمييز هذه الموجة باستعمال الطرائق التقليدية وهي تتبع في تغيراتها الموجة T وإن كانت أصغر منها .

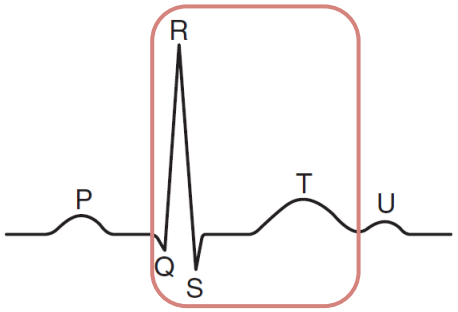


الفاصلة (الفترة) Q-T (The Q-T Interval)

- تمثل الفترة Q -T الزمن الإجمالي الذي يستغرقه زوال استقطاب الكتلة العضلية البطينية إضافة إلى زمن استعادة استقطابها.
- هي تمتد من **بدء** الموجة Q وحتى **نهاية** الموجة T.
- تختلف هذه الفترة باختلاف العمر والجنس وسرعة النظم القلبي ولا تتجاوز مدتها 0.40 ثانية عندما تكون سرعة النظم القلبي 72 مرة/د.

Fig. 1.2

Shape of the normal ECG, including a U wave



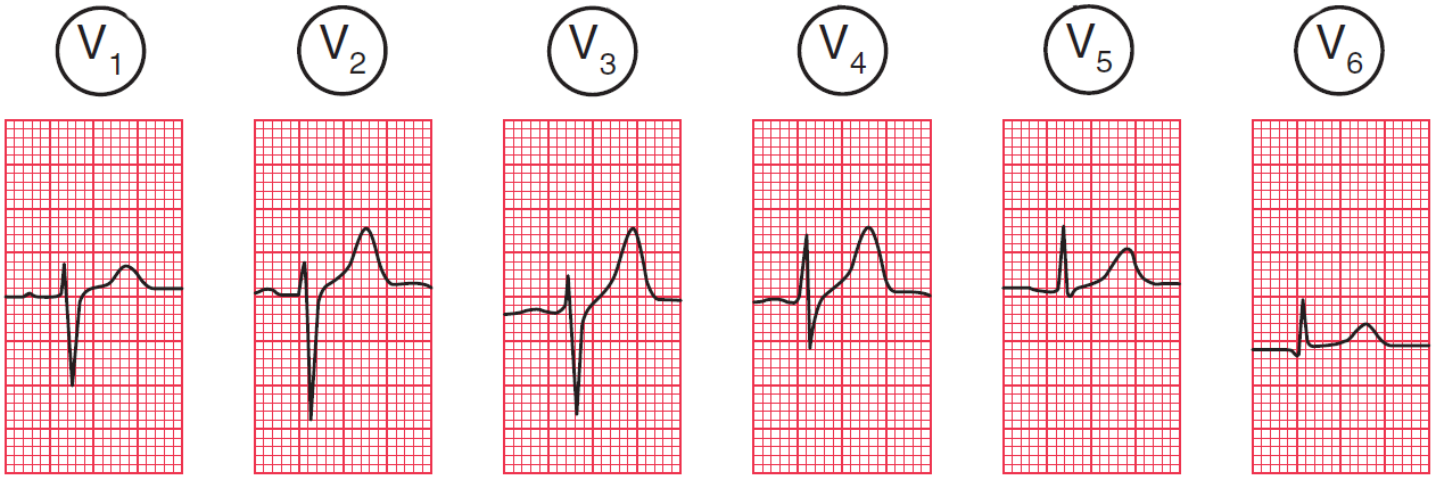
- إن تطاول Q-T لأسباب دوائية أو وراثية أو شاردية (نقص K^+ ، Ca^{+2} ، Mg^{+2}) قد يسبب لانظميات بطينية خطيرة.

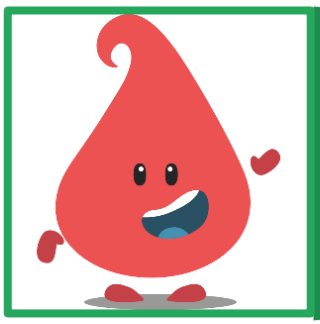
- ويمكن حساب الفاصلة Q – T (حسب سرعة النظم) بتقسيم الفترة Q – T المشاهدة مقدرة بالثواني على الجذر التربيعي لطول الدورة القلبية بالثواني أي:

الفاصلة Q – T المعدلة = قياس Q – T (ثواني) / (جذر المسافة) R – R (ثواني)

وتسمى هذه المعادلة معادلة بازيت.

تتساوى الموجة S مع الموجة R عادة في الاتجاه V_3 واحيانا V_4 .





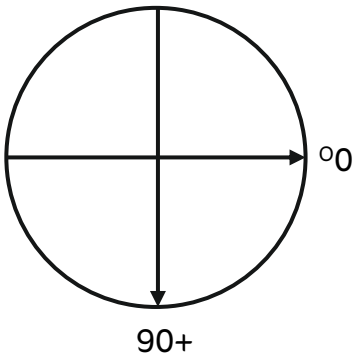
✓ إن الموجة R في الاتجاه V_6 مع الموجة S في الاتجاه V_1 تمثلان الفعالية الكهربائية للبطين الايسر.

✓ في حين أن الموجة R في الاتجاه V_1 والموجة S في الاتجاه V_6 تمثلان الفعالية الكهربائية للبطين الايمن.

مفهوم المتجهات ومبادئ تحليلها في مخطط القلب الكهربائي السوي

تعريف المتجه:

اصطلح تمثيل الكوامن الكهربائية المتولدة في القلب نتيجة لجريان الدفعة القلبية فيه بوساطة متجهات، والمتجه سهم vector يتميز بما يلي:



- يشير الى **اتجاه الكامن**.
- يتقدم برأسه في الاتجاه **الموجب**.
- يعكس **طوله** فولطاج الكامن الكهربائي.
- له منحنى معين، أي يمكن تحديد اتجاه المتجه بالدرجات، حيث:

a) يمتد باتجاه درجة الصفر عندما يكون أفقياً متجهاً نحو الجانب الأيسر للشخص.

b) بينما يأخذ اتجاهاً مقداره +90 درجة عندما يمتد المتجه من الاعلى إلى الأسفل.

c) ±180 درجة عندما يكون أفقيا ممتدا من يسار الشخص إلى يمينه.

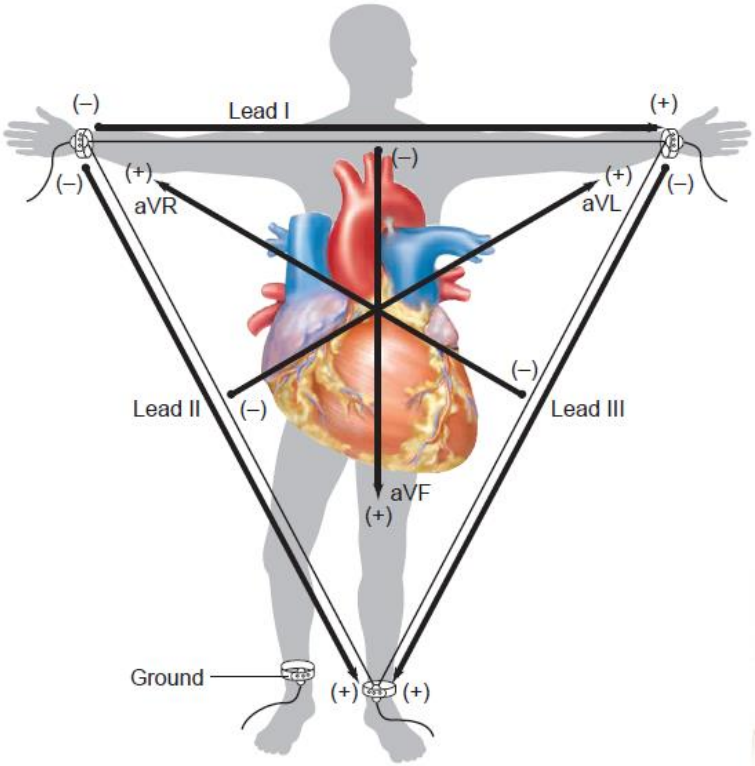
d) و -90 درجة عندما يمتد من الأسفل الى الأعلى.

محاور الاتجاهات القلبية:

- يمثل **المحور القلبي** الاتجاه من المسرى السالب الى المسرى الموجب،
- تشكل **محاور الاتجاهات المعيارية الثلاثة** مثلثا متساوي الأضلاع يسمى مثلث اينتهوفن، الذي يعد مركزه القلب، ويمكن رسمه بحيث:

a) تتقاطع أضلاعه مع بعضها بزوايا مقدار كل منها 60 درجة لنحصل على **نظام المحاور الثلاثة**،

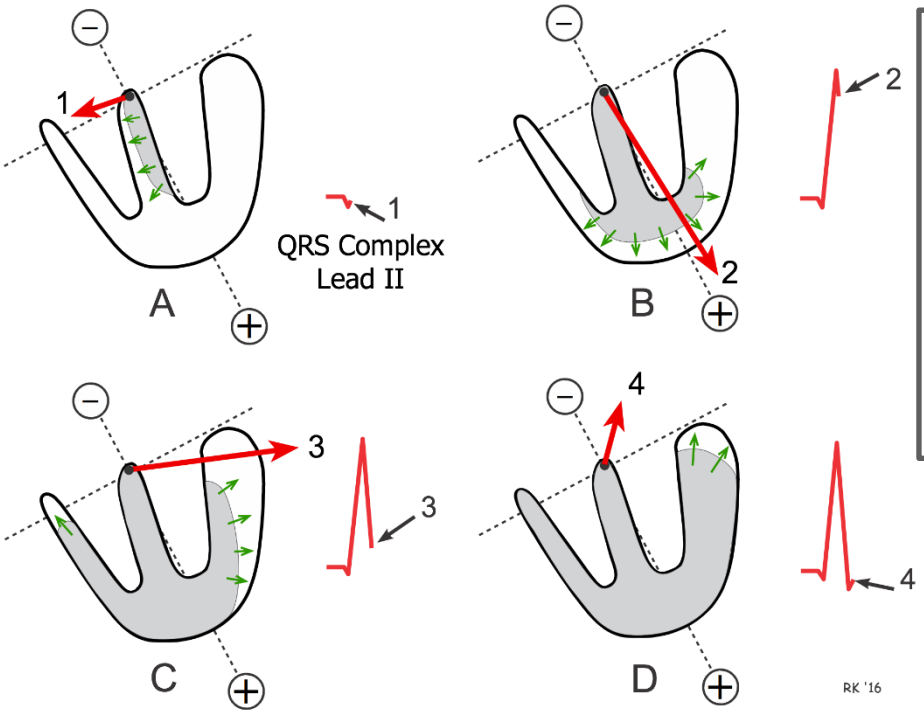
b) والذي بإضافة الأطراف وحيدة القطب المزادة يصبح **نظاما سداسي المحاور**، ويفصل بين كل محورين فيه زاوية مقدارها 30 درجة.



تحليل اتجاهات الكوامن المسجلة في الاتجاهات المختلفة

نستطيع الآن باستعمال مفهومي المتجهات ومحاور الاتجاهات تحديد الكامن الذي سيتم تسجيله لمتجه قلبي معين بكل لحظة في اتجاه ما (**الكامن اللحظي**)، وذلك بإسقاط خط عمودي من نهاية المتجه الإيجابية على محور الاتجاه فيرتسم ما يسمى **المتجه المسقط Projected vector**.

يوضح الشكل أن المتجه الذي يمثل الكامن اللحظي لبطين أزيل استقطابه جزئيا يمكن إسقاطه على محاور الاتجاهات المعيارية الثلاثة حتى تحدد الكامن المسجل عند تلك اللحظة في مخطط كهربائية القلب لكل من الاتجاهات المعيارية.



امسح الـ QR أو انقر عليه

تحليل المتجهات الخاصة في أثناء زوال استقطاب البطين

- تصل الدفعة القلبية إلى البطين بوساطة حزمة هيس وتفرعاتها.
- مما يؤدي إلى زوال استقطاب السطح الشغافي **الأيسر** للحاجز البطيني.
- ثم ينتشر على طول السطوح الشغافية لما تبقى من جدران البطينين ومنها إلى السطح الخارجي للقلب.

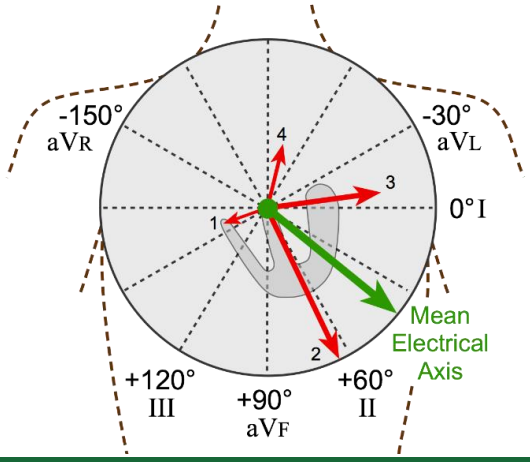
(عد إلى الشكل السابق) ونلاحظ بأن طول المتجه اللحظي البطيني واتجاهه يتغيران بتغير مرحلة زوال الاستقطاب إلى أن تصبح كامل الكتلة العضلية البطينية مزالة الاستقطاب، عندئذ لا يجري أي تيار حول القلب، ولا تتولد أي كوامن كهربائية ويصبح الكامن اللحظي معدوما وكذلك الفولطاجات.

المحور الكهربائي الوسطي لمركب QRS البطيني

يعبر مصطلح المحور الكهربائي الوسطي للبطينين على:

الاتجاه الراجح للكوامن في أثناء موجة **زوال** الاستقطاب عبر البطينين، ويسمى أيضا متجه **Mean QRS Vector** الذي يعادل في الحالة السوية *59* درجة تقريبا (من 0 حتى 90 درجة).

ولتعيينه **قيمة تشخيصية كبيرة** حيث يمكن أن ينحرف إلى اليسار أو اليمين مشيرا إلى **حالات مرضية** مختلفة.



تعيين المحور الكهربائي الوسطي لمركب QRS البطيني

توجد طرائق متعددة لتعيين المحور الكهربائي الوسطي لمركب **QRS** البطيني، ويبقى استعمال نظام المحاور الثلاثة الذي يمثل محاور الاتجاهات المعيارية من أكثرها سهولة وبساطة، ويتم ذلك كما يلي:

1) نحدد المجموع الجبري للمركب **QRS** في اتجاهين معياريين أو أكثر.
2) نسقط المقدارين السابقين على محاور الاتجاهات الموافقة وعلى حسب إشاراتها سلبية أم إيجابية.
3) نسقط عامودين على النقطتين المحددتين بالمرحلة السابقة لنحدد نقطة التقائهما.

4) نصل نقطة التقاء العامودين مع نقطة التقاء محاور الاتجاهات المعيارية لنحصل على سهم موجه وهو المحور الكهربائي الوسطي للمركب QRS البطيني.

5) نحدد اتجاهات المحور بالدرجات.

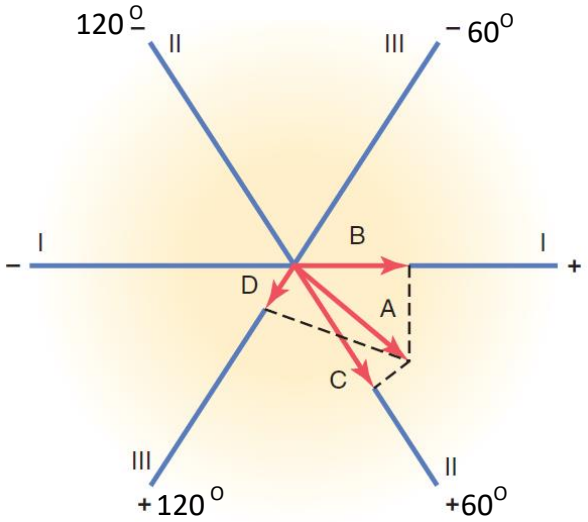
تطبيق عملي

بدراسة مخطط القلب الكهربائي في الاتجاهين المعياريين I ، III ، نجد المجموع الجبري للمركب QRS:

a. في الاتجاه I يعادل 6+ ملم، إذ إن الموجة R = +8 والموجة Q = -1, والموجة S = -1.

b. في الاتجاه III يعادل 3+ ملم، لأن الموجة R = +5 ملم، والموجة Q = -1 ملم، والموجة S = -1 ملم.

نسقط المقدارين السابقين على محوري الاتجاهين الموافقين، ثم نحدد نقطة التقاء العمودين المسقطين على النقطتين المحددتين سابقا، ونصلها أخيرا إلى نقطة التقاء محاور الاتجاهات المعيارية، فنحصل على سهم موجه يمثل المحور الكهربائي الوسطي لمركب QRS البطيني.



بشكل عام محصلة QRS:

- إيجابية على I ، II ⟵ محور سوي.
- إيجابية على I ، سلبية II ⟵ محور أيسر.
- سلبية على I ، إيجابية على II ⟵ محور أيمن.
- سلبية على I ، II ⟵ محور غير محدد.

الحالات المرضية

- يقع بين الزاويتين (+90 و +180) درجة إذا ما انحرف لسبب ما نحو الأيمن.
- وبين الزاويتين (0 و -90) نحو الأيسر، ويكون المحور غير محدداً إذا كان بين -90 و -180 .
- وينحرف المحور الكهربائي الوسطي لمركب QRS البطيني بـ**اتجاه البطين المتضخم** بسبب زيادة الكتلة العضلية بالنسبة إلى الجانب الآخر، إضافة إلى أن الزمن الذي يستغرقه انتقال موجة زوال الاستقطاب عبر البطين المتضخم أكبر من اللازم لانتقاله عبر البطين السوي.

كما ينحرف المحور **نحو اليسار** كما في **إحصار الغصين الأيسر** لحزمة هيس **بسبب** تأخر زوال استقطاب البطين الأيسر الذي يبقى كهرجابيا خلال معظم دورة زوال الاستقطاب.

كيفية دراسة مخطط القلب الكهربائي

1. لا بد في البدء من **تحديد سرعة النظم القلبي**: ويتم ذلك بـ:

a) حساب عدد المربعات الكبيرة (قطر كل منها 5 ملم) المحصورة بين موجتين متماثلتين متتابعتين من موجات المركب **QRS**،

b) ثم نقسم الرقم 300 على ذلك العدد، ويمكن قياس عدد المربعات الكبيرة بين قمتي موجتي **R** متتابعتين أو **S**...

هذه الطريقة السريعة مبسطة مستنتجة من كون:

- سرعة حركة ورق التخطيط 25 ملم/ثا،
- وإن كل ملمتر واحد أفقيا يمثل فترة زمنية تعادل 0.04 ثانية.

وبقياس سرعة النظم القلبي علينا أن نتأكد من أنه يتراوح بين 60 و 100 في الدقيقة الواحدة وهذا هو المجال الطبيعي، إذ إن تخطيه زيادة (تسرعه) أو نقصا (بطء) يجعلنا نفتش عن سبب ذلك لكي ننتقل إلى المرحلة الثانية.

2. بعد تحديد سرعة النظم القلبي، علينا أن نحدد بدقة **نمط هذا النظم** الذي يجب أن يكون بالحالات الطبيعية **جيبياً منتظماً**، وإن وجدنا عكس ذلك فلا بد من تحليل السبب.

3. في المرحلة الثالثة لا بد من **تحديد محور القلب الكهربائي الوسطي** الذي يجب أن يكون ضمن الحدود الطبيعية[3]، إن لم يكن كذلك علينا أن نتبين ما إذا كان منحرفا نحو الأيسر أو الأيمن ولماذا.

4. بعد الانتهاء من الأمور الهامة السابقة نقوم بدراسة كل مكون من مكونات مخطط القلب الكهربائي (أمواجه وفواصله الزمنية) بدقة متناهية من حيث الزمان والكامن (السعة) والشكل، ونقارن ما حصلنا عليه من نتائج في المقاييس الطبيعية، فإن وجدنا خلل في موجة ما أو فاصلة زمنية علينا أن نعلل السبب.

[3] منوه عنها سابقا.

اللانظميات القلبية

الحصار الأذيني البطيني Atrioventricular Block

إن الطريق الوحيد الذي يمكن للدفعة أن تسلكه من الأذينتين إلى البطينين هي مرورها عبر الحزمة الأذينية البطينية التي تعرف بحزمة هيس.

إن الحالات المختلفة التي تستطيع إنقاص سرعة توصيل الدفعة عبر هذه الحزمة أو حصارها بشكل كامل هي:

1. **نقص تروية** العقدة الأذينية البطينية أو ألياف الحزمة الأذينية البطينية، التي تؤدي إلى تأخير أو حصار التوصيل من الأذينتين إلى البطينين.
2. **أسباب تنكسية** تكلس وتنكس مع العمر.
3. **التهاب** العقدة الأذينية أو الحزمة الأذينية البطينية، وينتج غالباً عن الأنماط المختلفة لالتهاب العضلة القلبية.
4. **التنبيه الزائد للقلب** بواسطة الأعصاب المبهمية (متلازمة الجيب السباتي).

ويصنف الحصار الأذيني البطيني إلى درجات:

حصار الدرجة الأولى:

- عندما يضرب القلب بشكل سوي فإن الزمن المنقضي بين بدء موجة **P** وبدء المركب **QRS** يعادل *0.16* ثانية، وعادة ينقص طول فترة **P -R** هذه عندما تكون ضربات القلب أسرع من السوي، وتزاد عندما تكون ضربات القلب أبطأ.
- وبشكل عام عندما تزداد فترة **P -R** أكثر من *0.20* ثانية تقريباً في قلب يضرب بسرعة سوية، يقال عندها أن فترة **P -R** متطاولة، وأن لدى المريض حصار قلب درجة أولى، وتعادل في هذه الحالة **0.36**، وهكذا يعرف حصار الدرجة الأولى على أنه **تأخر التوصيل** من الأذينتان إلى البطينان وليس حصار حقيقي للتوصيل.

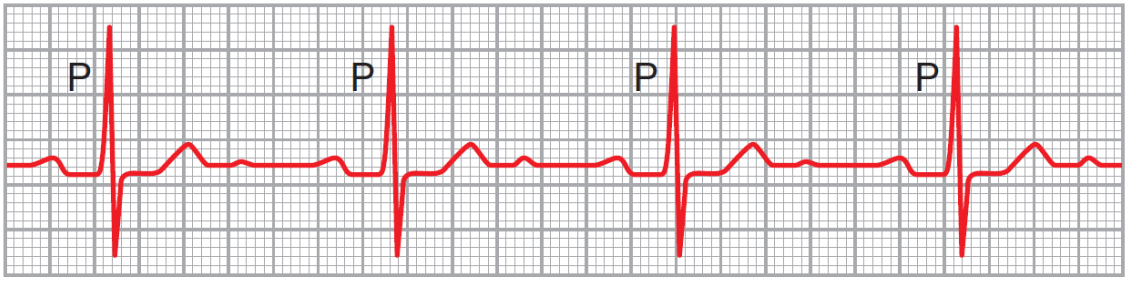


Figure 13-5. Prolonged P-R interval caused by first-degree atrioventricular heart block (lead II).

حصار الدرجة الثانية:

عندما يبطُؤ التوصيل عبر الموصل الأذيني البطيني حتى تصل فترة P-R إلى 0.45 - 0.25 ثانية، يحدث في بعض الأحيان فشل لبعض التنبيهات في الوصول إلى البطينات, وفي هذه الحالة تضرب الأذينتان بسرعة أكبر من البطينان، ويمكن القول أن هناك ضربات بطينية **ساقطة** وعندما تسقط ضربة بطينية بعد كل ضربة سليمة يظهر في القلب نظم 1:2 حيث **تضرب الأذينتان ضربتين مقابل كل ضربة مفردة للبطينات**، و أحياناً تظهر نظم أخرى مثل 2:3 و 1:3.

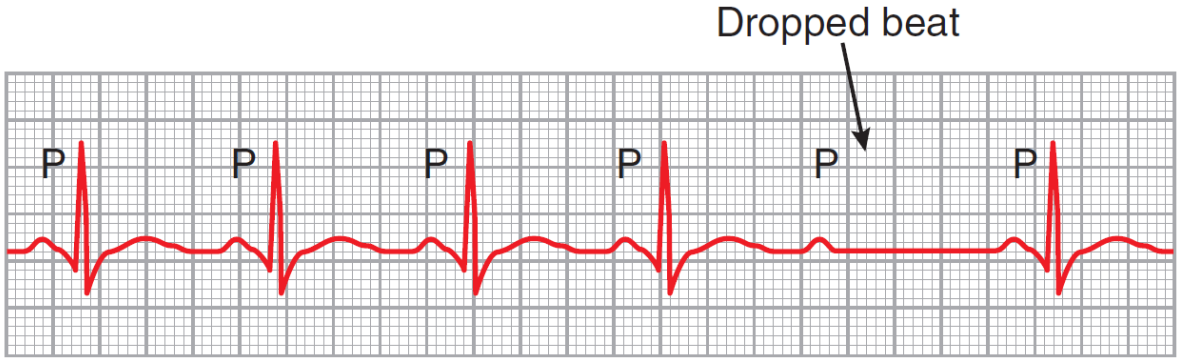


Figure 13-6. Second-degree atrioventricular block, showing occasional failure of the ventricles to receive the excitatory signals (lead V3).

حصار الدرجة الثالثة (الحصار الأذيني البطيني التام):

- يحدث في بعض الحالات **حصار تام** للدفعة من الأذينات إلى البطينات وتصبح الموجة P في هذه الحالة **منفصلة تماماً** عن المركبات QRS –T.
- يلاحظ أيضاً أن سرعة نظم الأذينتان تساوي 100 ضربة في الدقيقة بينما سرعة الضرب في البطينات أقل من 40 ضربة في الدقيقة.
- علاوة على ذلك لا يوجد أي علاقة مهما تكن بين نظم الأذينتان ونظم البطينان، لأن البطينان أفلتا من تحكم الأذينتان وأخذت تضرب بسرعتها الطبيعية الخاصة، وكمثال على هذه الحالة تعرف **متلازمة ستوكس آدامز**.

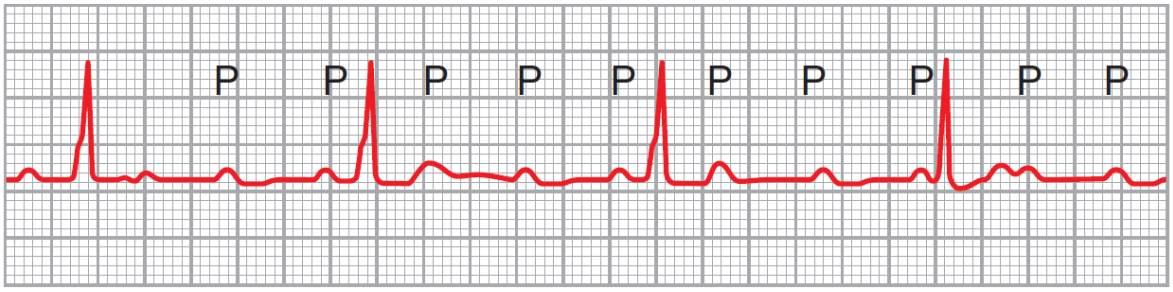


Figure 13-7. Complete atrioventricular block (lead II).

متلازمة ستوكس آدامز – الإفلات البطيني Ventricular Escape

- في بعض المرضى المصابين بالحصار الأذيني البطيني، يظهر ويغيب الحصار التام، أي يتم توصيل الدفعات من الأذينات إلى البطينات لمدة من الزمن وفجأة لا تنتقل بعد ذلك أي دفعات عادة على الإطلاق.
- قد تكون مدة الحصار الكامل بضع ثواني أو بضع دقائق أو بضع ساعات وقد تمتد لأسابيع أو حتى أكثر من ذلك قبل أن يعود التوصيل ويحدث هذا التوصيل بشكل خاص في القلوب المصابة بـإقفار حدي Borderline Ischemia.
- ويتوقف البطينان عن التقلص تماما مدة 30 – 5 ثانية حالاً بعد أن يحصل الحصار الأذيني البطيني للمرة الأولى بسبب الظاهرة المسماة إخماد التسرع Overdrive Suppression، والتي تعني أن الاستثارية البطينية كانت مخمدة لأن الأذينين كانا يحثان بسرعة أكبر من السرعة الطبيعية لنظم البطينين.
- بما أن الدماغ يصبح غير فعال عند انقطاع التروية الدموية لأكثر من 5- 2 ثواني، فإن المرضى يصابون عادة بالغشي بعد حصول الحصار التام بعدة ثواني، ويعود الوعي بعد إفلات البطينان. وتعرف نوبات الغشي المتقطع هذه باسم متلازمة ستوكس-آدامز.

أحياناً تكون مدة التوقف البطيني عند بدء الحصار التام مدة طويلة لدرجة أنها تؤذي المريض أو تسبب له الموت ونتيجة لذلك يتم تزويد معظم هؤلاء المرضى بناظمة صنعية Artificial Pacemaker، وهي عبارة عن بطارية صغيرة تشكل منبهاً كهربائياً تزرع تحت الجلد ويوصل مسراها عادة إلى البطين الأيمن، وتعطي هذه الناظمة دفعات نظمية تتحكم بالبطينات وتستبدل هذه البطارية كل 5 سنوات تقريباً.

التقلصات الخدائج أو الضربات المبكرة Premature Contraction

التقلص الخديج هو تقلص القلب قبل الزمن المتوقع حدوث التقلص السوي فيه.

تسمى هذه الحالة بخارجة الانقباض Extrasystole أو الضربة المتنبذة Ectopic Beat.

أسباب خوارج الانقباض

تنتج معظم خوارج الانقباض عن بؤر متنبذة في القلب تصدر دفعات شاذة في أوقات غير نظامية أثناء النظم القلبي، أهم الأسباب المحتملة للبؤر المتنبذة:

- مناطق موضعية من نقص التروية.
- لويحات متكلسة صغيرة في أماكن مختلفة من القلب تضغط على العضلة القلبية.

- التهيج السمي الناتج عن الأدوية أو النيكوتين أو الكافيين.
- ظاهرة عود الدخول[4] يمكن أن تكون سبباً لحدوث الضربات المبكرة خاصة في أمراض القلب الأقفارية.

وحسب مكان وجود البؤر المنتبذة تقسم خوارج الانقباض إلى:

خوارج الانقباض الأذينية (الضربات الباكرة الأذينية):

بما أن الضربة الباكرة تنشأ من إحدى البؤر المنتبذة المتوضعة في أي مكان من الأذينتين عدا العقدة الجيبية، فإن التنبيه في هذه الحالة ينتقل **عبر العضلة الأذينية** وليس عبر مسالك النقل الطبيعية، مما يؤدي إلى تشوه الموجة **P** أو انقلابها، بينما يبقى طريق نقل التنبيه طبيعيا بدءاً من العقدة الأذينية البطينية لذلك يلاحظ على **ECG** مركب **QRS** طبيعي ومسبوق بموجة **P** مشوهة أو مقلوبة، كما تكون المسافة بين الموجة **P** للضربة المبكرة والموجة **P** للضربة الجيبية التي تسبقها أقصر من المعتاد.

يلاحظ سريرياً نقص النبض ويعود السبب في ذلك إلى تقلص القلب قبل أوانه مما يؤدي إلى نقص نتاج القلب وبالتالي عدم انتقال هذه الضربة (الخارجة) إلى المحيط , بينما تكون الضربة التي تلي الخارجة قوية بسبب زيادة الامتلاء الانبساطي الدموي .

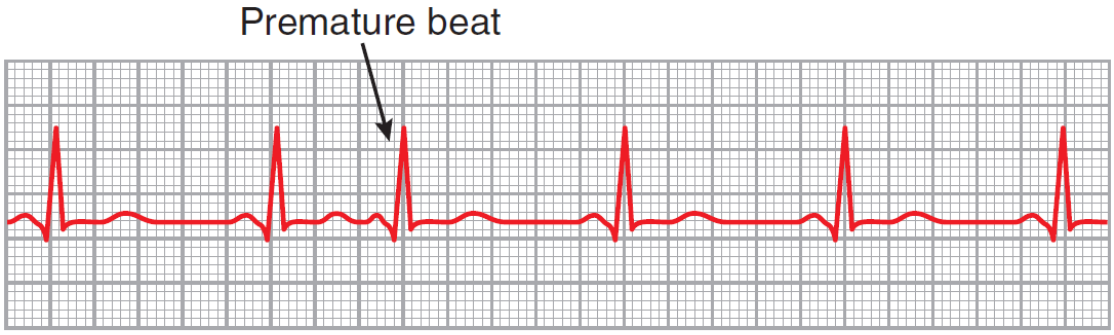
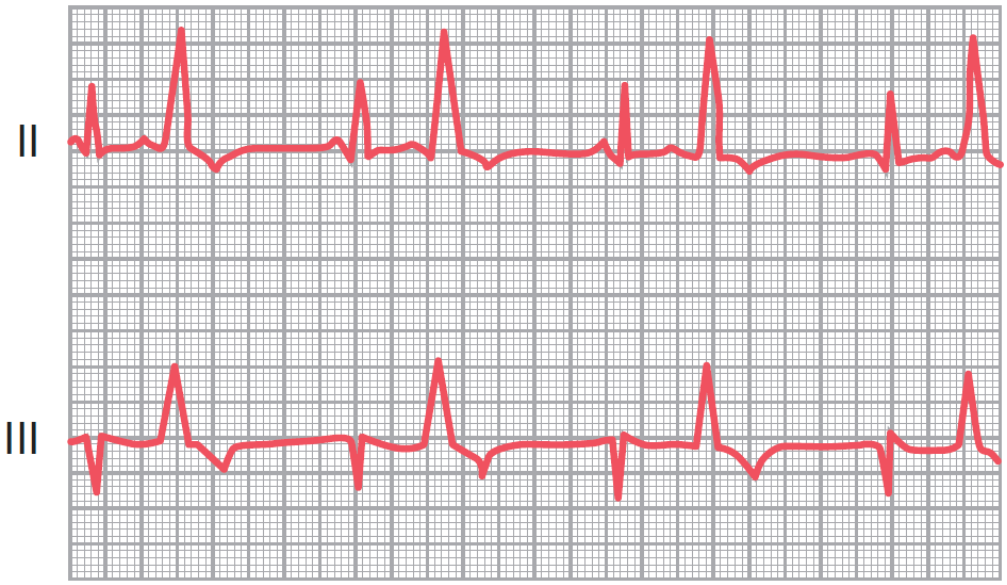


Figure 13-9. Atrial premature beat (lead I).

[4] ستشرح في هذه المحاضرة لاحقاً.

خوارج الانقباض البطينية (الضربات المبكرة البطينية):

1. **QRS** الخارجة تكون أقرب لـ **QR** السابقة، و تكون غير مسبوقة بموجة **P**.
2. **QRS** مشوه وعريض والسبب أن التنبيه يسير **عبر العضل القلبي** وليس عبر جهاز بوركنج.
3. زيادة كبيرة في فولطاج **QRS** والسبب في ذلك عندما تمر الدفعة السوية عبر القلب فإنها تمر عبر كلا البطينين في آن واحد تقريباً، ونتيجة لذلك يعدل جانبا القلب بعضهما البعض بشكل جزئي ولكن عندما تحدث تقلصات بطينية مبكرة تنتقل الدفعة باتجاه واحد فقط ولذلك لا يوجد مثل هذا التعبير المعدل.
4. تمتلك موجة **T** التالية لمعظم التقلصات البطينية الخدائج (المبكرة) كموناً معاكساً لمركب **QRS** لأن التوصيل البطيئ للدفعة عبر العضلة القلبية يجعل المنطقة التي زال استقطابها أولاً تستعيد استقطابها اولاً أيضاً.



سريرياً :
بالجس غياب نبضة ثم نبضة قوية .

الرجفان البطيني Ventricular fibrillation

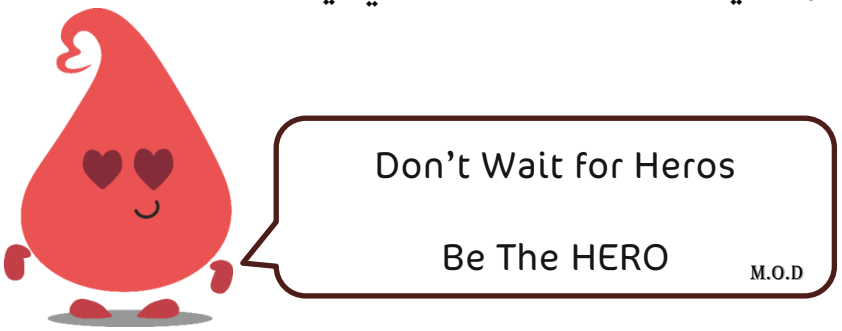
يعد الرجفان البطيني **أخطر** اللانظميات القلبية قاطبة، فهو إذا لم يعالج فوراً بالصدمة الكهربائية فإنه يؤدي إلى الوفاة دائماً تقريباً.

يحدث فقد الوعي بعد بدء الرجفان ب 5 ثوان نتيجة نقص جريان الدم الى الدماغ كما يحدث **موت للنسج غير قابل للعودة** في كل مكان من الجسم خلال بضع دقائق، ويرجع السبب في ذلك إلى عدم تقلص عضلة القلب بشكل متناسق (هذا التقلص ضروري لدورة الضخ في القلب) نتيجة ورود عدد كبير من التنبيهات إلى مناطق مختلفة من القلب مؤدية إلى تقلص أجزاء من عضلة البطين بينما أخرى تكون مسترخية مما يؤدي إلى فقدان وظيفة ضخ الدم.

يوجد العديد من العوامل التي تحث على بدء الرجفان البطيني، حيث تكون ضربات القلب سوية وبعد ثانية تصبح في حالة من الرجفان ومن أهم الأسباب:

1. نقص تروية العضلة القلبية أو نقص تروية جهاز التوصيل المتخصص فيها أو كليهما.
2. اضطرابات الشوارد، خاصة $K\downarrow$ و $Ca\downarrow$، حيث تسبب تطاول الفترة QT على التخطيط.

يمكن أن يتوطد نموذج فوري من عود دخول الإشارات في أي من الحالات السابقة وهو ما يدعى ظاهرة عود الدخول.



ظاهرة عود الدخول-الحركات الدائرية كأساس للرجفان البطيني وغيره من اللانظميات

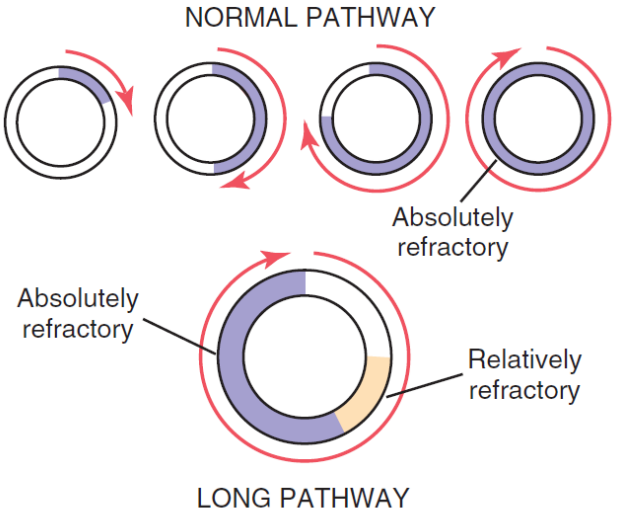


Figure 13-15. Circus movement, showing annihilation of the impulse in the short pathway and continued propagation of the impulse in the long pathway.

يوضح الشكل شرائح صغيرة من العضلة القلبية قطعت على شكل دوائر، إذا نبهت الشرائح في موقع الساعة 12 بحيث تنتقل الدفعة باتجاه واحد فقط تنتشر مثل هذه الدفعة بشكل تدريجي حول الدائرة حتى تعود إلى موقع الساعة 12، فإذا كانت الألياف العضلية المنبهة أصلاً لاتزال في حال عصيان تتلاشى الدفعة عندئذ لأن العضلة بحالة العصيان لا تنقل دفعة ثانية، لكن توجد **ثلاث حالات مختلفة** تؤدي إلى عود دخول الدفعة إلى العضلة المثارة سابقاً:

a. إذا كان طول الطريق حول الدائرة كبيراً، ففي الوقت الذي تعود فيه الدفعة إلى موقع موقع الساعة 12 تكون العضلة المنبهة بالأصل قد خرجت من حالة العصيان وتستمر الدفعة حول القلب لمرات متعددة، ويحدث الطريق الطويل في القلوب المتوسعة.

b. عند تناقص سرعة التوصيل على الرغم من بقاء طول الطريق ثابتاً كما في:

- نقص التروية.
- ارتفاع بوتاسيوم الدم.

c. عندما تصبح فترة عصيان العضلة القلبية قصيرة جداً كما في:

- استجابة للأدوية كالأدرينالين.

ECG: يكون مخطط القلب شاذاً جداً في الرجفان البطيني ولا يبدي أي نمط من النظم المنتظم.

تعادل فولطاجات الموجات في مخطط كهربائية القلب في الرجفان البطيني 0,5 ميلي فولط تقريباً عندما يكون الرجفان البطيني في بدايته الأولى لكنه يتضاءل بسرعة بحيث يصل بعد 20-30 ثانية 0,2-0,3 ميلي فولط تقريباً.

الرجفان الأذيني Atrial fibrillation

يحدث الرجفان الأذيني بشكل مستقل تماماً عن الرجفان البطيني كما أن العكس صحيح أيضاً، ويعود ذلك إلى أن الأذينات مفصولة تماماً عن البطينات بوساطة نسيج ليفي، وأن الطريق الوحيد الذي يصل بينهما هو الحزمة الأذينية البطينية.

إن آلية الرجفان الأذيني مشابهة لآلية الرجفان البطيني عدا أن هذه العملية تحدث في الكتلة العضلية الأذينية بدلاً من الكتلة البطينية , مما يسبب تعطل الوظيفة الأذينية كمضخة .

الأسباب: إن السبب الشائع للرجفان هو الضخامة الأذينية (غالباً من الأذينة اليسرى) و التي تنجم عن:

- آفات الصممات القلبية التي تمنع انفراغ الأذينات بشكل كاف إلى البطينات (تضيق التاجي، تضيق مثلث الشرف).
- قصور البطين والذي يؤدي إلى زيادة حجز الدم في الأذينات مما يجعل الجدران الأذينية المتوسعة أفضل ظرف لمسلك توصيلي طويل إضافة إلى بطء التوصيل وكلاهما يؤهب لرجفان الأذيني.
- فرط التوتر الشرياني يسبب سماكة البطين الأيسر و ارتفاع ضغوط امتلائه ← توسع الأذينة اليسرى .

ECG:

1. غياب موجة **P**.
2. مركبات **QRS-T** سوية تماماً ما لم يكن هناك مرض في البطينات.
3. عدم انتظام النظم البطيني (موجات **QRS-T** غير منتظمة عدم انتظام المسافة **R-R**)

السبب في عدم انتظام النظم البطيني أثناء الرجفان الأذيني يعود إلى أنه في حالة الرجفان تصل الدفعات إلى العقدة الأذينية البطينية بسرعة إنما بشكل غير منتظم أيضاً.

أخطر عواقب الرجفان الأذيني حدوث الصمات الدماغية والمحيطية , بسبب الركودة الدموية في الأذينة.

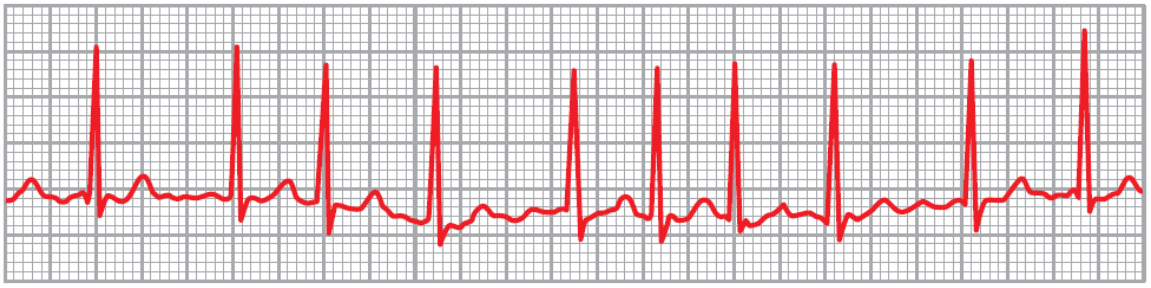


Figure 13-19. Atrial fibrillation (lead II). The waves that can be seen are ventricular QRS and T waves.

Atrial Flutter الرفرفة الأذينية

إنها حالة أخرى ناتجة عن **الحركة الدائرية في الأذينات**، لكنها تختلف عن الرجفان الأذيني بأن الإشارة الكهربائية تنتقل في **اتجاه واحد** دائماً, و غالباً يكون منشأها من الأذينة اليمنى .

تسبب الرفرفة الأذينية تقلص الأذينات بسرعة كبيرة جداً تتراوح عادةً بين 200-350 ضربة في الدقيقة، و لكن تبقى أقل من الرجفان الأذيني، وتكون كمية الدم التي تضخها الأذينات قليلة جداً لأن جانباً واحداً منها يتقلص بينما يكون الجانب الأخر مسترخياً.

تصل الإشارات إلى العقدة الأذينية البطينية بسرعة كبيرة لا يمكن معها أن تمر جميع هذه الإشارات إلى البطينات، لأن فترة عصيان العقدة الأذينية البطينية وكذلك الحزمة الأذينية البطينية طويلة نسبياً فلا يمر سوى جزء من الإشارات الأذينية ولذلك يوجد ضربتان إلى ثلاث ضربات للأذينات مقابل ضربة واحدة للبطينات (2:1 أو 3:1).

ECG:

1. نظم أذيني سريع، **P** منتظمة تأخذ مظهر أسنان المشط.
2. **QRS** سوية مع وجود درجة من الإحصار الأذيني البطيني.

يحمل هذا الاضطراب خطورة حدوث صمات دماغية ومحيطية بشكل مشابه للرجفان الأذيني, بسبب تعطل وظيفة الانقباض البطيني.

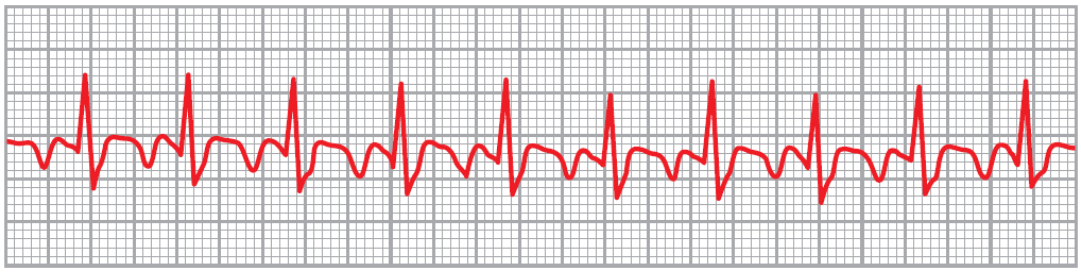


Figure 13-21. Atrial flutter—2 : 1 atrial to ventricle rhythm (lead II).