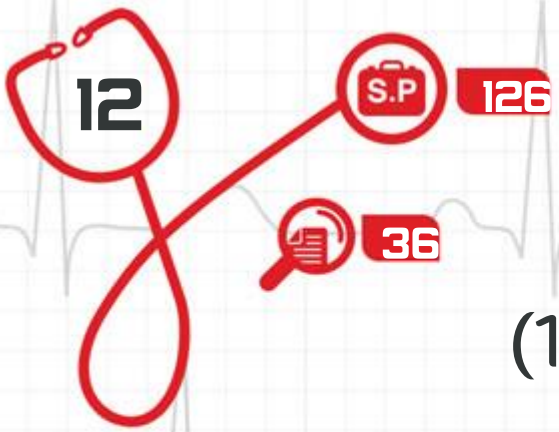


تخطيط القلب الكهربائي ECG (1)

01 د. عبد الوهاب شهلا

18/3/2019
فريق الكريات الحمراء التطوعي
RB Medicine
Medical Physiology 1 | 1 الفيزيولوجيا الطّبيّة

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

- نعود إليكم بالمحاضرة الأولى في قسم الدكتور عبد الوهاب شهلا، حيث سنتناول فيه تخطيط القلب الكهربائي بقسميه السّوي والمرضي، وسيغنينا هذا القسم بالمعلومات التي يحتاج كلّ طبيب لمعرفتها عن هذه الآلة العظيمة، ناهيكم عن الخبرة التي سنكتسبها في مجال قراءة تخطيطات القلب الكهربائية (ECG).
- من الواضح أن هذا القسم مهمّ جدّاً من الناحيتين النظرية والعملية، كيف لا والقلب هو ذلك العضو الذي ينبض ليبعث في أجسادنا الحياة!
- ختاماً، نأمل من الله أن نقدّم لكم المعلومة بشكلها الأمثل والأصحّ، فلنبدأ...

فهرس المحتويات

العنوان	رقم الصفحة
مخطط كهربائية القلب السوي	2
مكونات مخطط القلب الكهربائي	3
علاقة كامن الفعل أحادي الطور للعضلة البطينية بالمركب QRS والموجة T	6
موجات نزع الاستقطاب مقابل موجات عودة الاستقطاب	7
جريان التيارات الكهربائية حول القلب خلال الدورة القلبية	11
المتجه	14
الاتجاهات التخطيطية الكهربائية للقلب	15
Overview	30

alkamal
29120312

مخطط كهربائية القلب السوي
The Normal Electrocardiogram (ECG)

- تنشأ الدفعات الكهربائية في القلب من النسيج العقدي ثم تنتشر إلى جميع أنحائه، وإلى الأنسجة المجاورة للقلب، وإلى سطح الجسم في جميع الاتجاهات.
- يمكن التقاط الكوامن الكهربائية الناتجة عن هذه التيارات الكهربائية من خلال جهاز غلفاني وتسجيلها بشكل خطي، وذلك بوضع مسارات كهربائية على نقاط محددة من سطح الجسم.
- بالتالي يمثل مخطط كهربائية القلب تسجيلاً **خارجياً**، **خطياً**، **متواصلاً**، لجميع الكوامن الكهربائية المتولدة في القلب والمنتشرة إلى سطح الجسم.

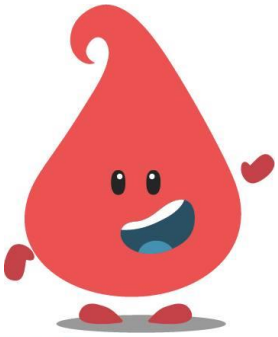
إذاً تعريف تخطيط القلب الكهربائي (ECG):

هو تسجيل خطي لمحصلة كل كوامن العمل التي تنشأ في القلب خلال فترة زمنية معينة، باستخدام مسارات كهربائية توضع على نقاط محددة من سطح الجسم.

- تساهم كوامن العمل في **الألياف العضلية البطينية** بنسبة 99٪ من المخطط، في حين تساهم كوامن العمل في **النسيج العقدي** بنسبة 1٪ أو أقل، وذلك **لأن المساهمة تكون على أساس كمي** (فالنسيج العقدي يمثل 1٪ من مجمل العضلة القلبية).
- إن تخطيط القلب الكهربائي ليس أحادي الطور، لأننا نضع **المسريين خارج الخلايا**.

تذكرة:

- نحتاج لتسجيل كامن فعل أحادي الطور (في حالة الليف العضلي القلبي) لمسريين: مسرى داخل الخلية ومسرى خارجها.
- لكن في حالة تخطيط القلب الكهربائي لا يمكن وضع مسرى داخل الخلية، لذلك نضع المسريين في الخارج.



مكوّنات مخطط القلب الكهربائي

يتكون مخطط القلب الكهربائي عموماً من:

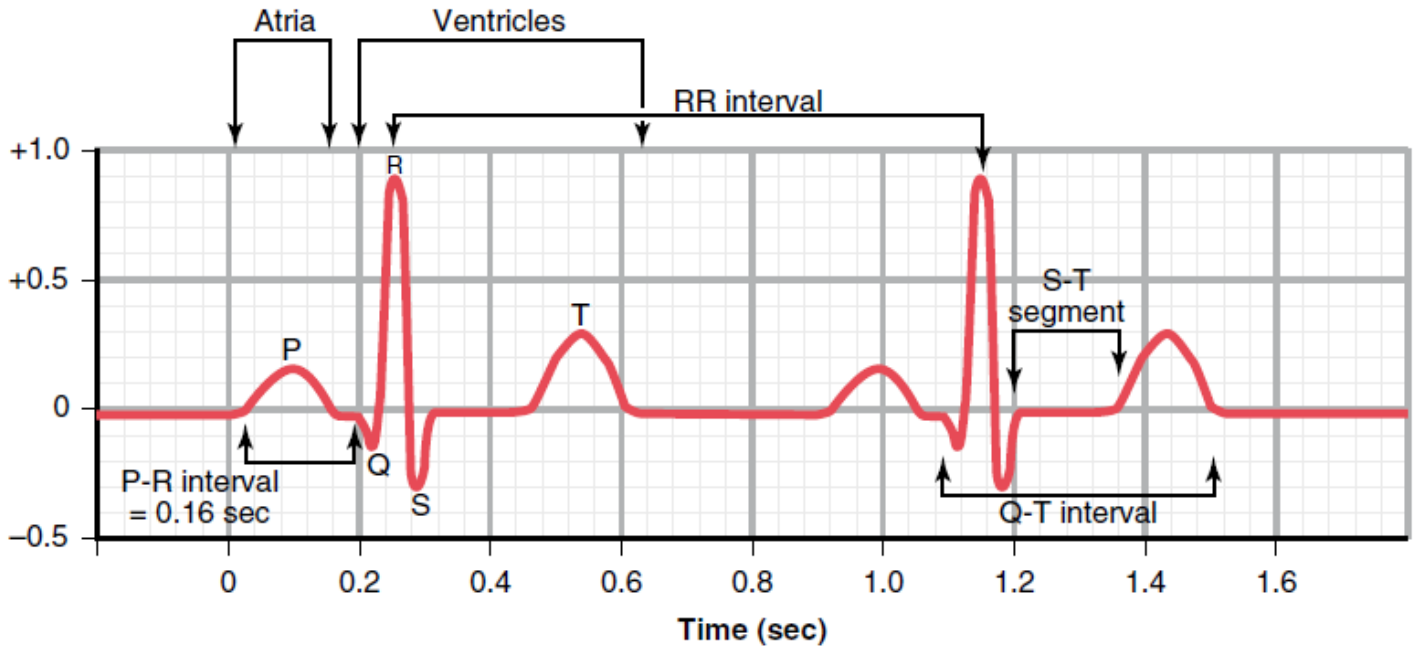
1. **طور زوال الاستقطاب** Depolarization.
2. **طور عودة الاستقطاب** Repolarization.
3. **خط السواء الكهربائي**[1] **(مستوى القرارة)** Isoelectric Line.

تعبّر كل موجة بشكلها وسعتها وزمنها عن معنى خاص بها وذلك على محورين:

I. **المحور الشاقولي: يعبر عن <u>شدة الموجة</u>، واحدتها** mV **(أي تقاس شدة الموجة بعدد المربعات التي تحتلها على المحور الشاقولي بعيداً عن خط السواء الكهربائي، حيث يعادل الميليمتر الواحد** 0.1mV**).**

II. **المحور الأفقي: يعبر عن <u>المدة الزمنية للموجة</u>، واحدتها** second **(أي تقاس مدة الموجة بعدد المربعات التي تحتلها على المحور الأفقي، حيث يعادل الميليمتر الواحد** 0.04 **ثانية).**

تذكرة بموجات وشدف وفترات الـ ECG (ستشرح لاحقاً بالتفصيل)



1 نراه بشكل أساسي بين الموجة T والموجة P ونراه أيضاً بين موجات أخرى، ويوافق القيمة (0mV).

وهي غير مذكورة بالمرجع بشكل صريح كأحد مكونات الـ ECG ولكن الدكتور ذكرها.

◎ **الموجة P (P-Wave)**:

تعبر عن كامن الفعل المتولد عن **زوال استقطاب الأذينتين** (استجابة لنشاط العقدة الجيبية الأذينية)، وذلك قبيل بدء التقلّص الأذيني.

◎ **الفترة PR (PR-Interval)**:

تمثل الفترة الزمنية الفاصلة **بين بدء إثارة الأذينتين كهربائياً وبدء إثارة البطينين كهربائياً**، حيث يمثل ذلك عملياً التأخير الذي يحصل في العقدة الأذينية البطينية (للسماح بامتلاء البطينين بالدم قبل تقلصهما).

◎ **المركب QRS (QRS-Complex)**:

يتألف من ثلاث موجات مستقلة هي: الموجة Q والموجة R والموجة S، وينتج هذا المركب عن كامن الفعل المتولّد عن **زوال استقطاب البطينين** قبيل بدء التقلص البطيني.

◎ **الشدفة ST[2] (ST-Segment)**:

تمثل **بداية عودة استقطاب البطينين** (الفترة بين زوال وعودة استقطاب البطينين).

الفرق بين الفترة والشّدفة هو أن الفترة تحوي ضمنها موجات، أمّا الشّدفة تتوضع بين الموجات.

◎ **الموجة T (T-wave)**:

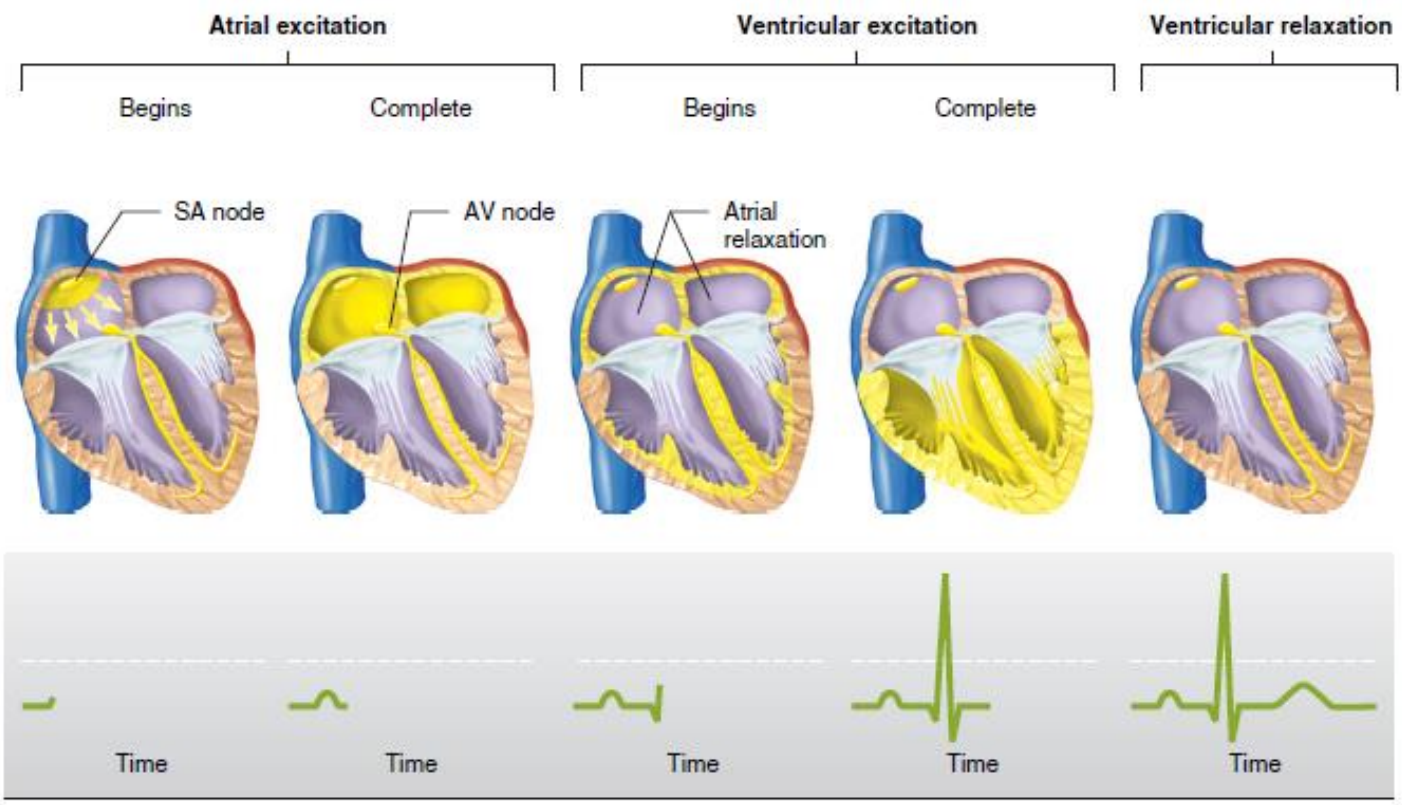
تمثل نهاية عودة استقطاب البطينين، وتحدث هذه العملية بشكل سوي في العضلة البطينية بعد إثارتها (نزع استقطابها) بـ 0.25-0.35 ثانية.

ملاحظة:

إن موجة عودة استقطاب الأذينتين (والتي تعرف باسم الموجة Ta أو موجة T الأذينية) لا تظهر في مخطط القلب الكهربائي، وذلك لسببين:

- تتزامن مع موجات المركب QRS.
- صغر سعتها بالمقارنة مع سعة المركب QRS، بالتالي يحجبها هذا المركب.

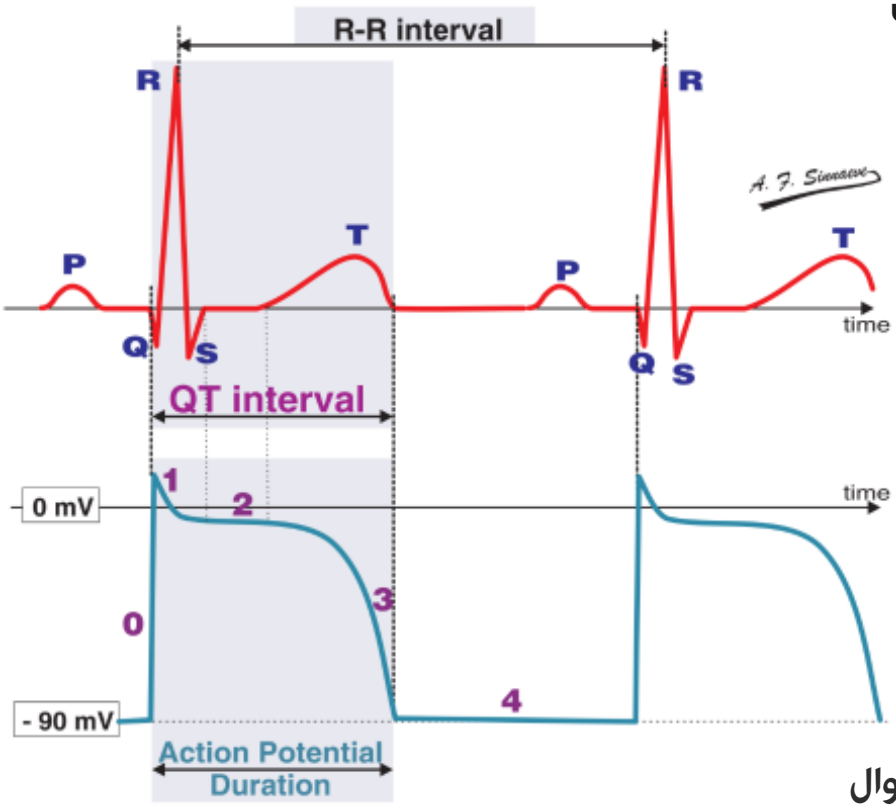
[2] فعلياً تمثّل طور الهضبة.



شكل يظهر التزامن بين الحركات القلبية وموجات تخطيط القلب الكهربائي.

علاقة كامن الفعل أحادي الطور للعضلة البطينية بالمركب QRS والموجة T

↙ في القسم السفلي من الشكل المجاور:



- ◎ ينتج لدينا كامن فعل أحادي الطور في ليف عضلي بطيني من وضع مسرى مجهري داخل الليف ومسرى آخر خارجه.
- ◎ تقدر المدة الزمنية لكامن الفعل أحادي الطور في الألياف العضلية البطينية القلوصة بـ 0.20-0.35 ثانية.
- ◎ ونلاحظ أن هذا الكامن يتألف من:
  - جزء صاعد نحو الأعلى: ينتج عن زوال الاستقطاب.
  - جزء نازل نحو خط السواء: ينتج عن عودة الاستقطاب.

↙ في القسم العلوي من الشكل المجاور:

- ◎ يوجد لدينا تسجيل لمخطط كهربائية القلب متواقت مع التسجيل في الأسفل لكن في البطين بأكمله (الذي ينتمي له الليف السابق).

نلاحظ أن:

- ➢ ظهور المركب QRS (نزع استقطاب البطينين) يتوافق مع بداية كامن الفعل أحادي الطور في الليف العضلي البطيني (نزع استقطاب الليف).
- ➢ ظهور الموجة T (عودة استقطاب البطينين) يترافق مع نهاية كامن الفعل أحادي الطور في الليف العضلي البطيني (عودة استقطاب الليف).

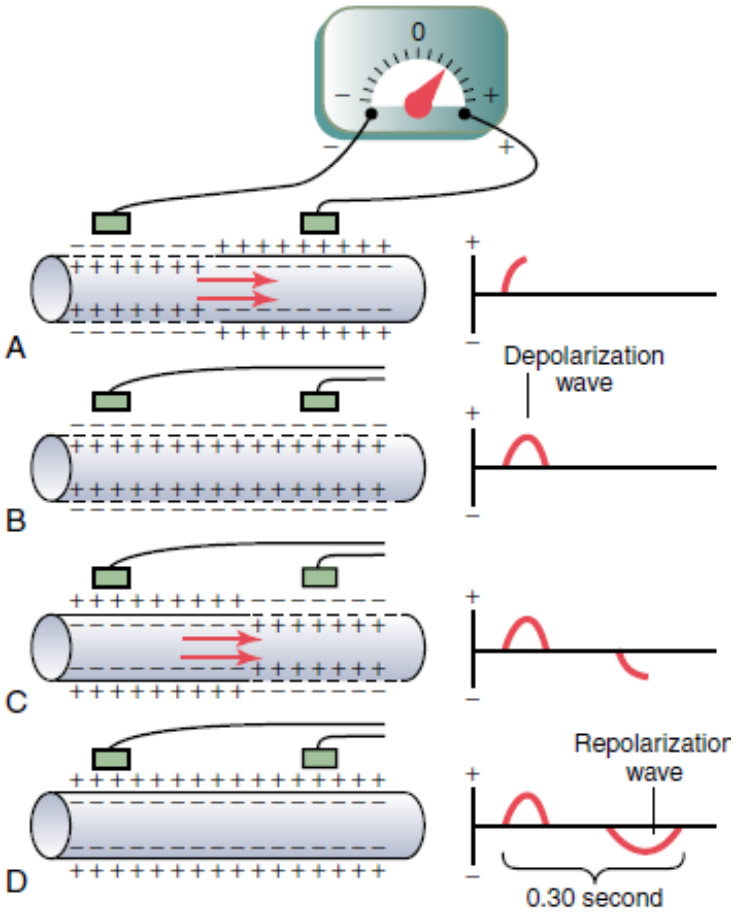
موجات نزع الاستقطاب مقابل موجات عودة الاستقطاب
Depolarization Waves Versus Repolarization Waves

◎ نجري تجربة إثارة ليف عضلي بطيني وحيد (موضح في الشكل المجاور)، وذلك بعد وضع مسريين على السطح الخارجي لهذا الليف (كما في تخطيط القلب الكهربائي):

- أحدهما يمثل القطب السالب لمقياس فولط.
- والآخر يمثل القطب الموجب لمقياس فولط.

ونقوم بوصل المسريين إلى المقياس[3].

◎ نلاحظ أن تنبيه ليف عضلي قلبي وحيد يمر بأربع مراحل مختلفة أثناء نزع الاستقطاب وعودته (**يرجى متابعة الشرح على الصورة**):



في المرحلة A:

♥ نلاحظ بدء عملية زوال الاستقطاب (في أيسر الليف) التي تتمثل بالشحنة السالبة على السطح الخارجي لغشاء الليف، والشحنة الموجبة على السطح الداخلي له.

♥ تتقدم موجة نزع الاستقطاب من اليسار إلى اليمين.

♥ بما أن المسرى السالب (الموضوع على القسم الأيسر من الليف العضلي) يكون في منطقة سالبة الشحنة، والمسرى الموجب (الموضوع في القسم الأيمن) يكون في منطقة موجبة الشحنة، فإن مؤشر جهاز التخطيط **يسجل انحرافاً إيجابياً**، ويقابله على المخطط صعود أعلى خط السواء الكهربائي.

[3] يعتبر مقياس فولط صورة مصغرة عن المقياس الغلفاني الدقيق المستعمل في الـ ECG.

♥ بعد فترة من الزمن نجد أن النصف الأيسر من الليف أصبح بحالة نزع استقطاب تماماً، بينما لا يزال النصف الأيمن منه بحالة استقطاب (كمون الراحة)، عندها تبلغ سعة موجة نزع الاستقطاب قيمتها العظمى.

المسرى السالب على منطقة سالبة الشحنة + المسرى الموجب على منطقة موجبة الشحنة ⇦انحراف إيجابي (نحو الأعلى).

في المرحلة B:

♥ انتشر نزع الاستقطاب وشمل الليف بأكمله، أي أن الشحنات المتوضعة على السطح الخارجي لليف أصبحت سالبة جميعها.

♥ هذا يعني أن المسريين كلاهما موضوع على منطقة سالبة الشحنة، لذلك يتم تسجيل خط سواء كهربائي على المخطط.

المسريين في منطقة سالبة الشحنة ⇦خط سواء كهربائي.

إذاً نستنتج التالي:

- عند بداية التنبيه تتقدم موجة نزع الاستقطاب من أيسر الليف إلى أيمنه (بحسب الصورة)، فتكون سعة الانحراف على المخطط (بحسب موضع المسريين) في تزايد مستمر إلى أن يُنزع استقطاب **نصف** الليف، فتصل السعة لقيمتها العظمى، ثم تتناقص تدريجياً مع زيادة انتشار نزع الاستقطاب حتى تصل إلى الصفر عند اكتماله (خط السواء الكهربائي في المخطط).
  - أي يمثّل تسجيل موجة إيجابية مكتملة فوق خط السواء الكهربائي، انتشار نزع الاستقطاب على كامل امتداد الليف.
  - بينما يدل تسجيل خط السواء الكهربائي على غياب فرق الكمون على سطح الغشاء والمسبب لنشوء تيار في مقياس الفولط.

في المرحلة C:

- ♥ يحدث عودة استقطاب في الجزء الأيسر من الليف، وتتقدم موجة **عودة** الاستقطاب نحو اليمين.
- ♥ وهنا يكون المسرى الأيسر السالب في منطقة موجبة الشحنة، بينما يكون المسرى الأيمن الموجب في منطقة سالبة الشحنة (على العكس تماماً من القطبية في المرحلة A).
- ♥ لذلك يسجل المؤشر انحرافاً سلبياً، ويقابله على المخطط نزول أسفل خط السواء الكهربائي.

المسرى السالب في منطقة موجبة الشحنة + المسرى الموجب في منطقة سالبة الشحنة ⇦انحراف سلبي (نحو الأسفل).

في المرحلة D:

- ♥ نلاحظ أن الليف العضلي قد أتمّ عود استقطابه، وأن المسريين أصبحا على منطقة موجبة الشحنة، مما يؤدي إلى عودة المؤشر إلى الصفر، أي عودة إلى خط السواء الكهربائي على المخطط.

المسريين في منطقة إيجابية الشحنة ⇦خط سواء كهربائي.

إذاً نستنتج التالي:

- يمثل تسجيل موجة سلبية مكتملة تحت خط السواء الكهربائي، انتشار عود الاستقطاب على كامل امتداد الليف.
- ثم يتم تسجيل خط سواء كهربائي نظراً لغياب فرق الكمون على سطح الغشاء.

هل زوال الاستقطاب وعودته متساويان شدّةً وزمناً؟

- **نتوقّع** أن تكون موجتا زوال الاستقطاب وعودته متساويتين في السعة ومتعاكستين في الاتجاه (فوق خط السواء الكهربائي وتحته)، **ولكن هذا غير صحيح**.
- حيث نلاحظ أن الموجتين متعاكستين في الاتجاه، لكنهما **غير متساويتين في السعة**، فسعة موجة زوال الاستقطاب أكبر من سعة موجة عودته.
- يتم تفسير ذلك بأن **زمن عودة الاستقطاب أطول**، بحيث تبقى المساحة بين أي من المنحنيين وخط السواء الكهربائي نفسها.

ملخّص ونتائج التجربة

i. إنّ المنطقة من الليف التي زال استقطابها أولاً، يعود إليها الاستقطاب أولاً.

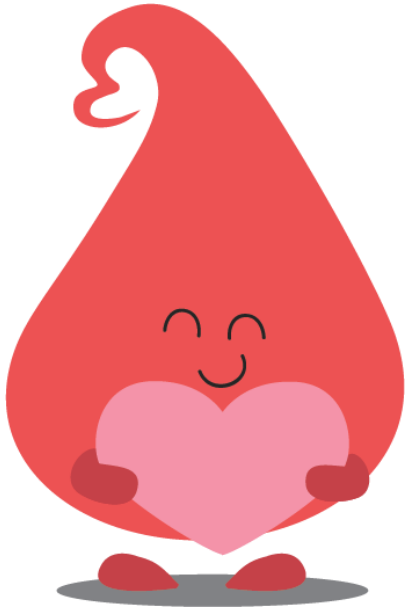
ii. تكون موجة زوال الاستقطاب فوق خط السواء (إيجابية)، وموجة عودة الاستقطاب تحت خط السواء (سلبية).

لكن لماذا الموجة T (موجة عودة استقطاب البطينين) تظهر فوق خط السواء؟

سنجيب على هذا السؤال لاحقاً.

iii. تكون شدة موجة زوال الاستقطاب **أكبر** من شدة موجة عودة الاستقطاب، لكنها **أقصر زمنياً**.

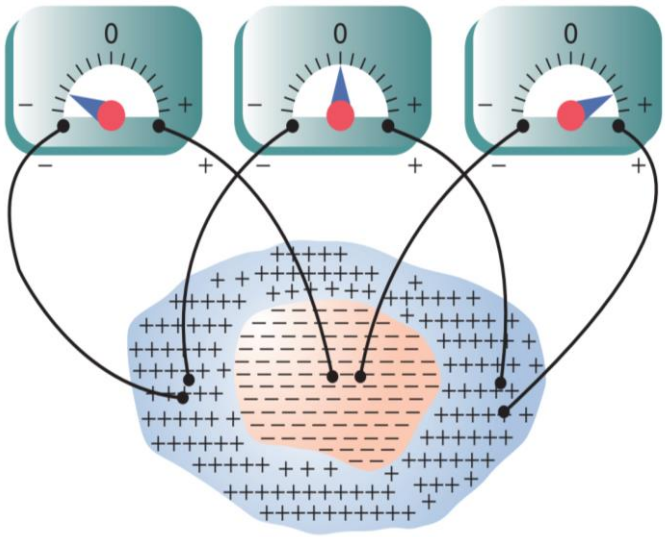
iv. تبلغ الموجة شدّتها العظمى أو الدنيا عندما يصبح **نصف الليف** مخالفاً بالشحنة لنصفه الآخر.



جريان التيارات الكهربائية حول القلب خلال الدورة القلبية
Flow of current around the heart during the cardiac cycle

لتبسيط هذا المفهوم نبدأ بالشرح على كتلة عضلية بطينية بدأ فيها انتشار نزع الاستقطاب من مركزها.

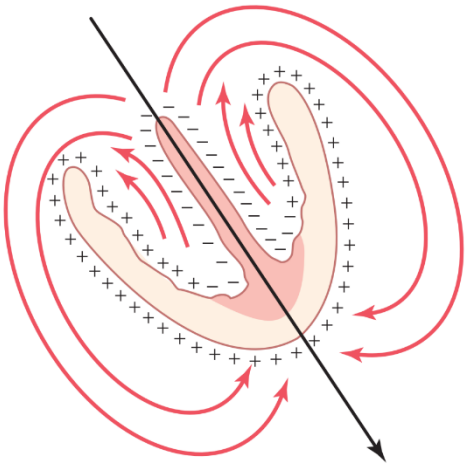
تسجيل كوامن العمل من كتلة عضلية بطينية منزوعة الاستقطاب جزئياً



- **قبل التنبيه** يكون السطح الخارجي لكل الألياف موجباً والسطح الداخلي لها سالباً، وبالتالي تكون الإشارة الكهربائية المسجلة في الأجهزة الثلاثة الموضحة في الصورة هي **خط سواء كهربائي**.
- عندما يبدأ التنبيه (نزع الاستقطاب) بالانتشار **انطلاقاً من مركز** هذه الكتلة العضلية، تقوم هذه الأجهزة بتسجيل إشارات كهربائية.
- تختلف هذه الإشارات من جهاز لآخر **بحسب موضع مسرَيَيها** في منطقة سالبة أو موجبة في كل لحظة من الزمن.
- يمكن **معرفة شكل الموجة من جهة انحراف مؤشر** الجهاز إيجابياً أو سلبياً.
- عندما ينتشر نزع الاستقطاب ليشمل **كامل الكتلة العضلية البطينية** تعود الأجهزة الثلاثة لتشير إلى **خط السواء الكهربائي**.
  - نستنتج أن **التسجيل يحدث** حصراً عندما يكون **جزء من القلب مستقطب** و **جزء آخر منزوع الاستقطاب**.
- يقابل هذا **المركز** (الذي بدأ نزع الاستقطاب منه) في القلب الطبيعي **الحاجز بين البطينين** الذي يتنبه أولاً من بين الألياف العضلية البطينية في الحالة السوية.
- حيث أنه بمجرد وصول الإشارة إلى **الحاجز بين البطينين** يكون **سالب الشحنة** بينما بقية أجزاء البطين إيجابية.

- ومنه **ينتشر تيار كهربائي** من المنطقة السالبة إلى المنطقة الموجبة، ويتوقف انتشاره عندما تكون كامل الكتلة العضلية **متماثلة الشحنة** ونحصل عندها على **خط سواء كهربائي**.
- تكون محصلة التيارات بشكل أسهم ونسميها **المتجهات Vector**.

جريان التيارات الكهربائية حول القلب



- تنشأ حول القلب **تيارات كهربائية** ناجمة عن الفرق في الشحنات بين مناطق مختلفة من القلب خلال فترات قصيرة جداً، حيث يحصل نزع الاستقطاب في القلب بشكل متدرج من **الحاجز (الحجاب) بين البطينين** إلى **السطح الشغافي** الداخلي للبطينين ومن ثم في النهاية إلى **السطح التاموري** الخارجي، أي أنّ المناطق **الداخلية** للبطينين يتم نزع استقطابها أولاً فيكتسب سطحها شحنة **سالبة**، أما المناطق **الخارجية** فتكون شحنتها **موجبة**.

تذكر أنه في أثناء نزع الاستقطاب يصبح السطح الخارجي لليف العضلي القلبي سالباً والسطح الداخلي له موجباً وذلك بعكس حالة الاستقطاب.

- تجري التيارات الكهربائية عبر السوائل المحيطة بالبطينين، في مسارات **إهليليجية الشكل** من الداخل إلى الخارج، أي من المناطق **منزوعة الاستقطاب** إلى المناطق التي لا تزال **بحالة استقطاب** (من السالب إلى الموجب).
- ولو حسبنا المعدل الجبري لخطوط جريان التيار الكهربائي[4] كلها في أثناء نزع استقطاب البطينين (كما في الشكل) فإننا نجد أن معدل التيار الجاري من الاتجاه السالب إلى الاتجاه الموجب يكون من قاعدة القلب إلى قمته[5] ويستمر التيار بالجريان بهذا الاتجاه خلال **معظم** ما تبقى من عملية نزع الاستقطاب، كما أن اتجاه نزع الاستقطاب **ضمن** الحاجز بين البطينين (في المراحل الأولى لنزع استقطاب البطينين) يكون من اليسار لليمين.

[4] سنتحدث دوماً في تخطيط القلب الكهربائي عن جهة التيار الحقيقية من السالب إلى الموجب (بعكس جهة التيار الاصطلاحية المتعارف عليها من الموجب إلى السالب).

[5] يمثله السهم المستقيم في الشكل السابق.

لماذا يستمر التيار بالجريان من قاعدة القلب إلى قمته خلال معظم ما تبقى من عملية نزع الاستقطاب؟

- لأن اتجاه جريان التيار ينعكس مباشرة قبيل اكتمال انتشار نزع الاستقطاب عبر البطينين لمدة قصيرة لا تتجاوز 0.01 ثانية، حيث يجري عندها من القمة إلى القاعدة، لأن آخر جزء من القلب ينزع استقطابه هو الجدار الخارجي من البطينات الواقع قرب قاعدة القلب.

فيديو هام
يوضح نشاط
القلب الكهربائي

افتراضات أينتهوفن

قدم العالم أينتهوفن مجموعة من الافتراضات (ليس بالضرورة أن تكون صحيحة) لتسهيل فهم مخططات القلب ودراستها وهي:

1. **وجود منبع كهربائي وحيد** يولد كوامن فعل، وهو القلب، أما بقية الأنسجة فلا تولد كهرباء.
2. **تجانس الجسم كناقل حجمي**، أي أن ناقلية الرئتين للكهرباء تعادل ناقلية العظم وكذلك العضلات والجلد، فجميع الأنسجة تنقل الكهرباء بنفس الدرجة.
3. **توضع المنبع الكهربائي** الوحيد، وهو القلب في هذه الحالة، **في مركز الناقل الحجمي المتجانس** (أي الجسم).
4. **تناظر المناحي**، فمثلاً اتجاه V1 مناظر لاتجاه V6.

❖ نحتاج لفهم مبدأ تخطيط القلب الكهربائي إلى مفهومين:

- مفهوم المتجه.
- مفهوم محاور الاتجاهات التخطيطية.

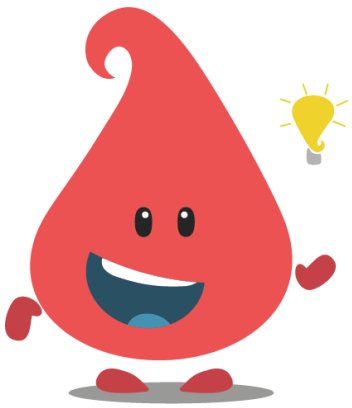
المتجه Vector

اعتُمِد في تمثيل محصلة الكوامن الكهربائية الآنية المتولدة في القلب (نتيجةً لجريان الدفعة القلبية فيه) بوساطة متجهات.

والمتجه عبارة عن سهم يتميز بما يأتي:

- تكون بدايته في الجهة السالبة ويتقدم برأسه في الاتجاه الموجب (أي يتجه من المنطقة السالبة للمنطقة الموجبة).
- يشير إلى اتجاه الكامن (محصلة التيارات الكهربائية حول القلب) الذي يعتمد على:
  - وجود المنطقتين السالبة والموجبة ووصلهما بالتيار.
  - المنطقة التي نشاهد منها في تصوير كهربائية القلب.
- يعكس طوله الفولطاج (شدة الكامن الكهربائي)، الذي يتأثر بعاملين:
  - **الكتلة العضلية**: تكون موجات الأذينة صغيرة أما موجات البطين فتكون كبيرة نسبياً، نظراً لاختلاف الكتلة بين الأذينة والبطين بشكل كبير، لذلك نلجأ لأجهزة تُلحق بمخطاط القلب الكهربائي تقوم بتضخيم التغيرات الحاصلة في الأذينة لإظهار الفروق بشكل واضح.
  - **حجم المنطقتين الموجبة والسالبة**: فيزداد الفولطاج (وبالتالي طول المتجه) كلما اقتربنا من الوضع الذي يكون فيه نصف القلب مستقطباً والنصف الآخر منزوع الاستقطاب (كما في الموجة R).

سنتطرق الآن إلى التعريف بالاتجاهات التخطيطية لاستكمال الفكرة حول كيفية الحصول على موجات ECG.



الاتجاهات التخطيطية الكهربائية للقلب
Electrocardiographic Leads

- تستعمل لالتقاط فروق الكوامن الكهربائية وتسجيلها وفق **نظام المساري**.
- حيث يُثبّت **أربعة**[6] من هذه المساري على **الأطراف** وتسجّل فرق الكامن من 6 اتجاهات بشكل عمودي، ويوضع **6** مساري على أماكن معينة من **سطح جدار الصدر** وتسجل أيضاً من 6 اتجاهات بشكل أفقي.
  - أي توجد 10 مساري موصولة إلى الجسم تسجل فرق الكامن من 12 اتجاه.
- لكل اتجاه مسرى موجب ومسرى سالب، ويمثل **الاتجاه lead** تسجيلاً متواصلاً لفرق الكامن الكهربائي:
  - ← **بين اثنين من المساري** (أي بين نقطتين من سطح القلب مباشرة أو من سطح الجسم).
  - ← أو **بين مسرى فعال وآخر همل** (محايد) Indifferent.
- إذا كانت فروق الكامن المسجلة للكتلة العضلية للقلب (سواء للبطينين أو الأذينتين):
  - من إشارة واحدة: يمثل التسجيل خط السواء الكهربائي دون وجود أي انحراف.
  - جزء موجب وآخر سالب: تنتج تيارات كهربائية تمثل محصلتها بسهم.

فيديو عرضه الدكتور يوضح اتجاهات تخطيط القلب ينصح بمشاهدته قبل وبعد دراسة الفقرة لترسيخ الأفكار.

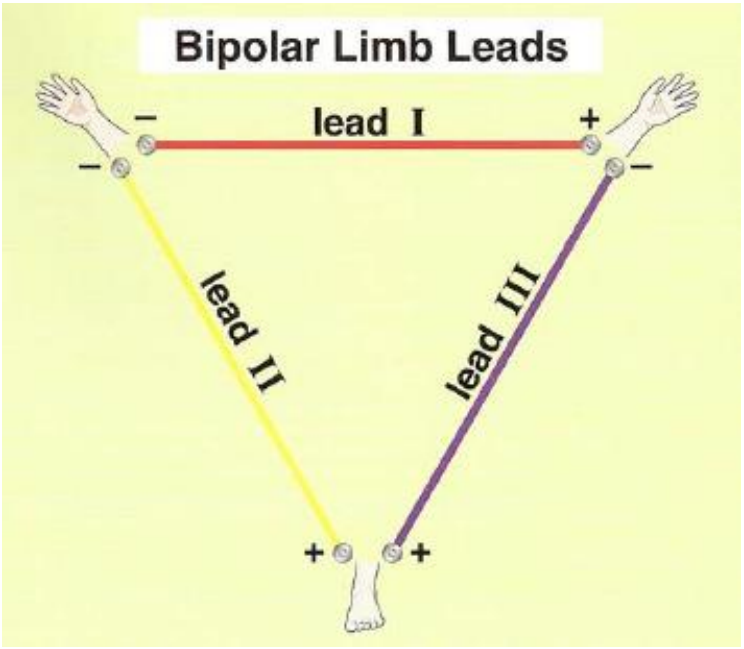
[6] ثلاثة منها تقوم بالتسجيل من سطح الجسم أما المسرى الرابع الموصول للقدم اليمنى تقتصر وظيفته على إمرار التيار الكهربائي فقط لذلك لم يستخدم في الاتجاهات القياسية.

أولاً: الاتجاهات ثنائية القطب Bipolar Leads

وتسمى أيضاً **الاتجاهات المعيارية أو القياسية**، وهي الاتجاهات التي استعملها اينتهوفن.

تقيس فرق الكامن الكهربائي بين نقطتين متوضعتين على طرفين من الأطراف، وعددها ثلاثة:

- الاتجاه المعياري الأول Lead I.
- الاتجاه المعياري الثاني Lead II.
- الاتجاه المعياري الثالث Lead III.



صورة توضح الاتجاهات ثنائية القطب.

1. الاتجاه المعياري الأول Lead I:

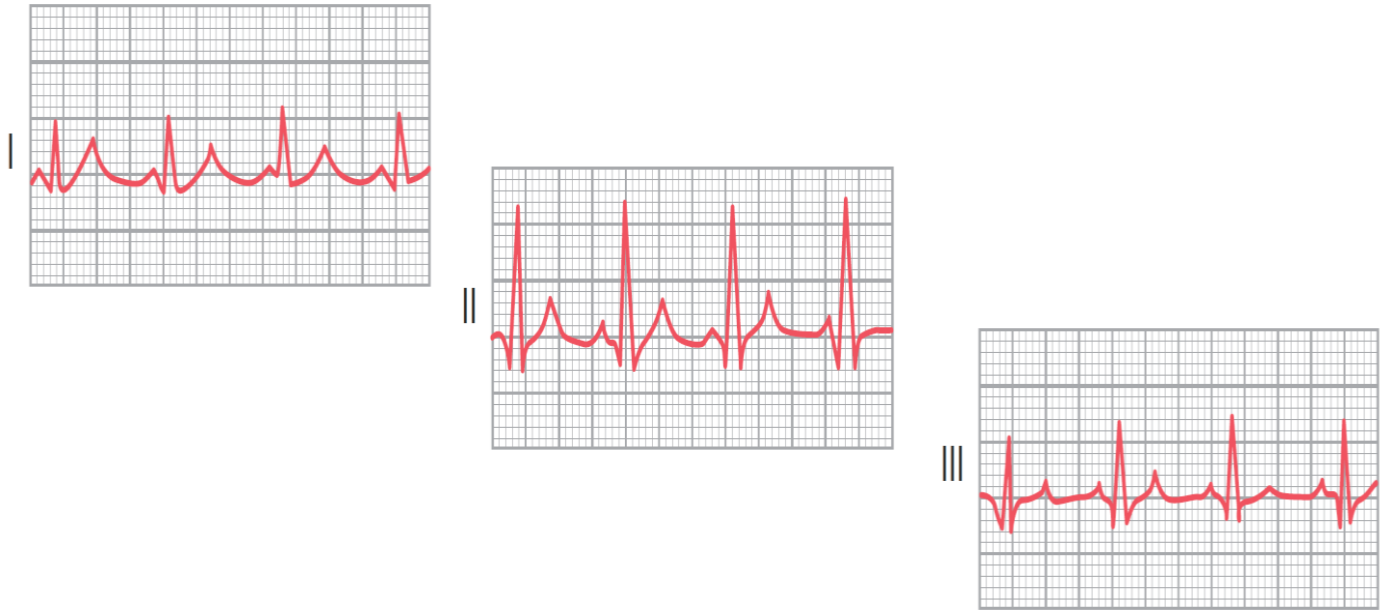
- يصل بين اليد اليمنى واليد اليسرى.
- يوصَل المسرى الموجب لمخطاط كهربائية القلب إلى اليد اليسرى، بينما يوصل المسرى السالب إلى اليد اليمنى.
- ومن ثم يسجل هذا الاتجاه فرق الكامن الكهربائي بين اليدين.

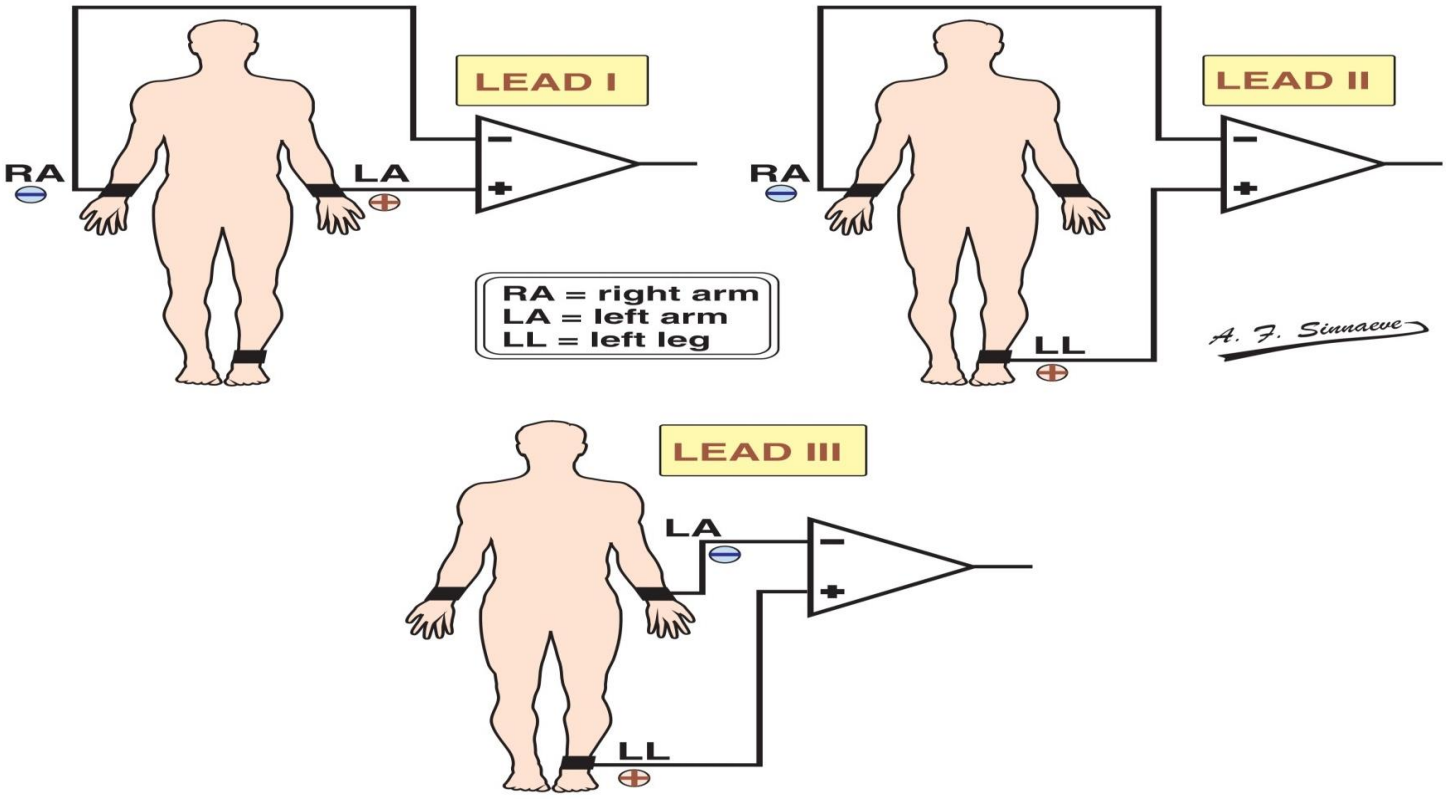
2. الاتجاه المعياري الثاني Lead II:

- يصل بين اليد اليمنى والقدم اليسرى.
- يوصل المسرى السالب إلى اليد اليمنى، والمسرى الموجب إلى القدم اليسرى.
- ومن ثم يسجل هذا الاتجاه فرق الكامن الكهربائي بين اليد اليمنى والقدم اليسرى.

3. الاتجاه المعياري الثالث Lead III:

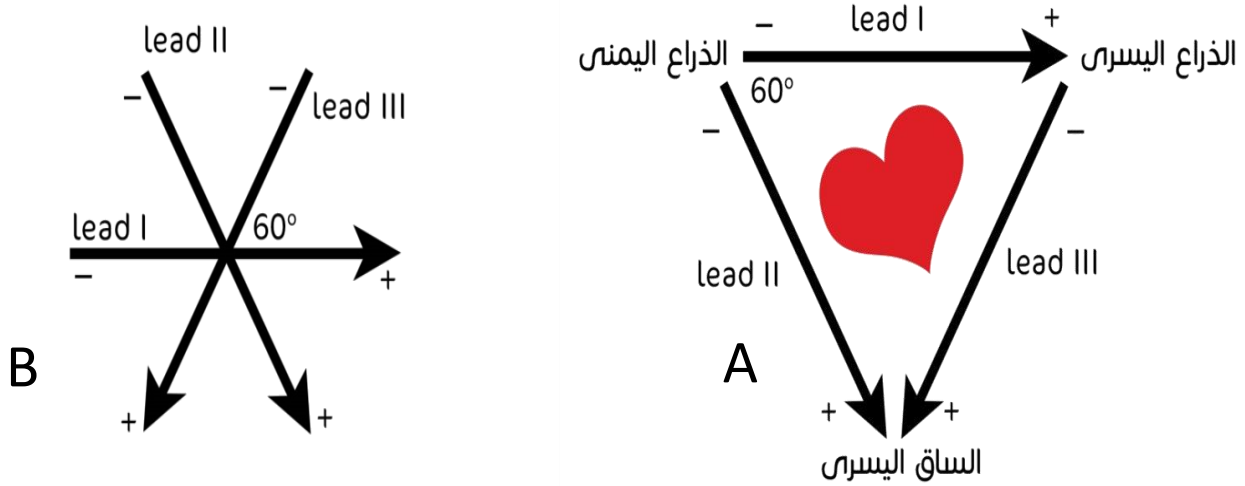
- يصل بين اليد اليسرى والقدم اليسرى.
- يوصل المسرى السالب إلى اليد اليسرى، والمسرى الموجب إلى القدم اليسرى.
- ومن ثم يسجل هذا الاتجاه الكامن الكهربائي بين اليد اليسرى والقدم اليسرى.





مفهوم محاور الاتجاهات التخطيطية

- يمثل محور الاتجاه القلبي الاتجاه من المسرى **السالب** إلى المسرى **الموجب**.
- وبالتالي تشكل محاور الاتجاهات المعيارية الثلاثة I, II, III مثلثاً متساوي الأضلاع يدعى **مثلث اينتهوفن** الذي يعد **مركزه القلب**.
- يمكن أيضاً الرسم بطريقة أخرى من خلال أخذ موازيات لخطوط مثلث أينتهوفن، بحيث نرسم مستقيمات موازية لمحاور الاتجاهات I, II, III تتقاطع بعضها مع بعض عند القلب بزوايا مقدار كل منها 60 درجة (أي تمر المستقيمات من مركز مثلث أينتهوفن) فنحصل على **نظام المحاور الثلاثة**.



A. مثلث أينتهوفن، B. نظام المحاور الثلاثة

- نستطيع الآن باستعمال **المتجهات**[7] (المتغيرة طويلةً وجهةً في كل لحظة من الدورة القلبية) **ومحاور الاتجاهات** (المتجهة من المسار السالب إلى المسار الموجب) تحديد الكامن الذي سيتم تسجيله لمتجه قلبي معين بكل اتجاه في لحظة ما (الكامن اللحظي)؛ وذلك عن طريق:
  a) إسقاط خط عمودي من نهاية المتجه الإيجابية على محور الاتجاه (في حالة النظام ثلاثي أو سداسي المحاور).
  b) أو إسقاط هذا المتجه على محور الاتجاه (في حالة مثلث أينتهوفن).

[7] يبدأ المتجه في الرسم من نقطة مركزية واقعة في منتصف المسافة بين المسريين.

فيرتسم ما يُسمى بـ: **المتجه المُسقَط Projected Vector**.

ويقوم مخطاط القلب الكهربائي برسم تخطيط القلب لكل اتجاه على حِدة، وذلك بحسب:

- **جهة** المتجه المسقط.
- **طويلة** المتجه المُسقط.

بحسب جهة المتجه المسقط:

- فإذا كان المتجه المسقط يتجه بالاتجاه **السالب** لمحور الاتجاه؛ رسم المخطاط انحرافاً سلبياً، أي **تحت خط السواء**.
- إذا كان المتجه المسقط يتجه بالاتجاه **الموجب** لمحور الاتجاه؛ رسم المخطاط انحرافاً موجباً، أي **فوق خط السواء**.
- أما إذا كان مسقط المتجه **عمودياً** على محور الاتجاه، رسم المخطاط **خط السواء الكهربائي**، وهذا ما يفسر غياب بعض الموجات في عدة اتجاهات دون أخرى.

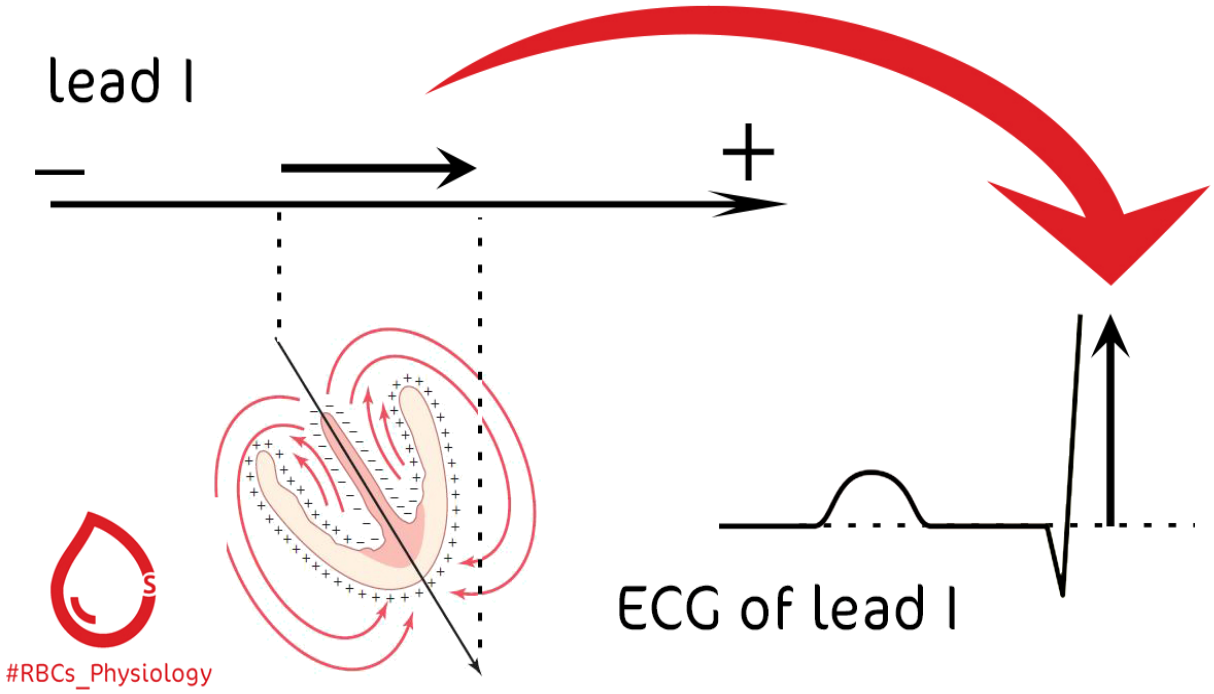
بحسب طويلة المتجه المسقط:

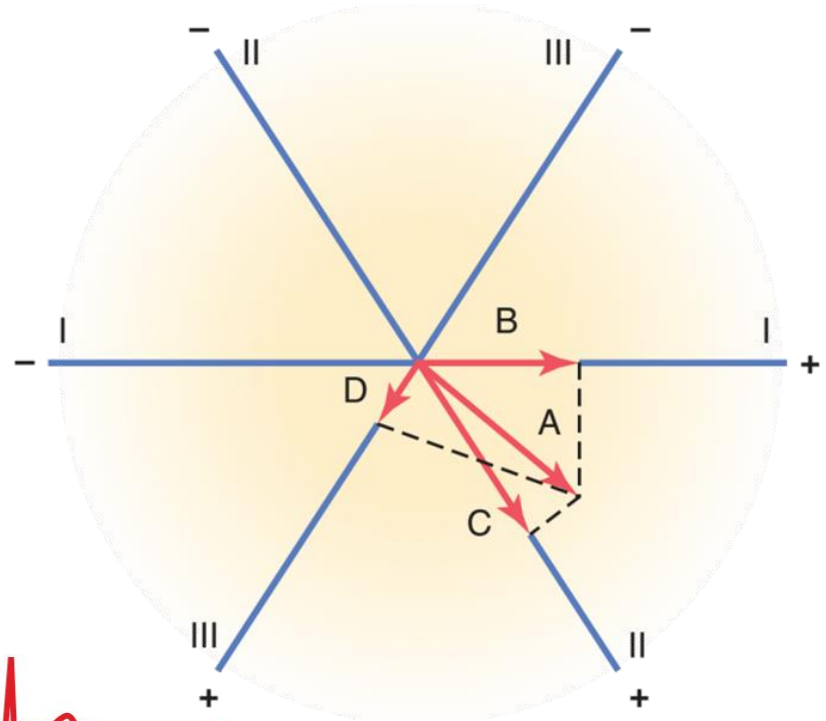
- **تمثل** سعة أو فولطاج (شدة) الموجة.
- تكون أعظم ما يمكن عندما يوازي المتجه محور الاتجاه.

مثال توضيحي

- لنأخذ القلب في مرحلة نزع الاستقطاب البطيني الموافقة للموجة R من تخطيط القلب الكهربائي، فيكون المتجه الممثل لمحصلة التيارات الكهربائية حول القلب متجهاً من قاعدة القلب نحو قمته كما في الصورة في الصفحة التالية.
- وبإسقاط هذا المتجه على محور الاتجاه المعياري الأول Lead I نحصل على المتجه المسقط الذي يتجه في هذه الحالة نحو الاتجاه الموجب للمحور.
- لذا فإن الموجة R هي موجة إيجابية (فوق خط السواء الكهربائي) على الاتجاه المعياري الأول Lead I.
- وبتكرار العملية السابقة بإسقاط المتجه الممثل لمحصلة التيارات الكهربائية حول القلب على 12 اتجاه، نحصل على 12 شكلاً مختلفاً لتخطيط القلب الكهربائي.

♥ فالمتجه المسقط تختلف طويلته وجهته من اتجاه إلى آخر ومن هنا ينبع الاختلاف في تخطيط القلب الكهربائي من اتجاه لآخر.





يوضّح الشكل المجاور أن المتجه A الذي يمثل الكامن اللحظي لبطين أزيل استقطابه جزئياً يمكن إسقاطه على محاور الاتجاهات المعيارية الثلاثة حتى نحدد الكامن المسجل عند تلك اللحظة لكل اتجاه في مخطط كهربائية القلب.

ثانياً: الاتجاهات وحيدة القطب Unipolar Leads

- يتم تضخيم فروق الكمون (الفولطاج) للاتجاهات أحادية القطب لتصبح متناسبة مع تلك الآتية من الاتجاهات ثنائية القطب.
- نستعمل فيها:
  - مسرى مستقصي (فعال) يوضع على الأطراف وعلى نقاط محددة من سطح جدار الصدر.
  - وآخر همل أو محايد (غير فعال).
- تُقسم الاتجاهات وحيدة القطب إلى:
  - الاتجاهات وحيدة القطب المزادة للأطراف.
  - الاتجاهات وحيدة القطب الصدرية.

أولاً: الاتجاهات أحادية القطب المزادة للأطراف

Augmented limb leads

الاتجاه aVR:

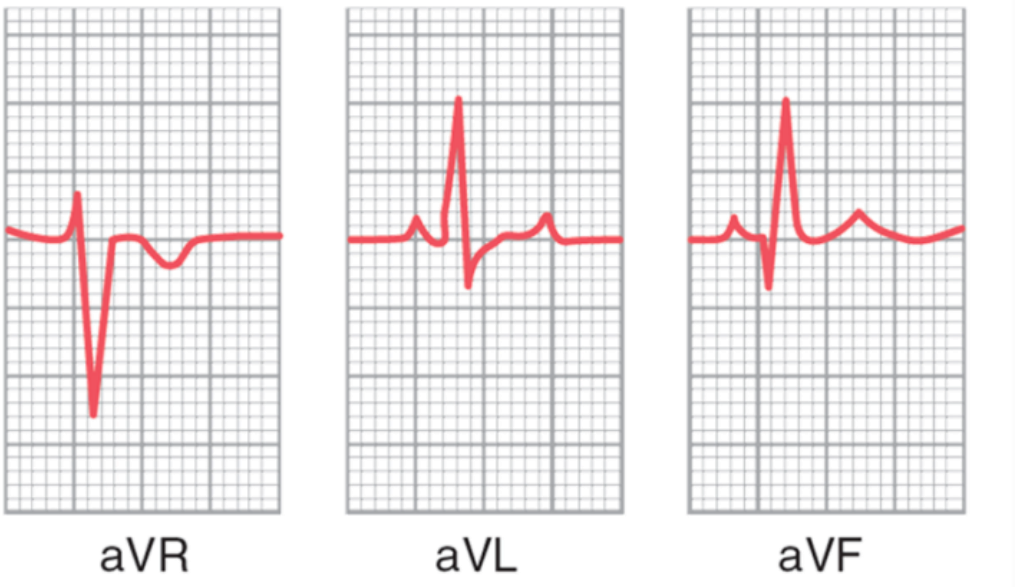
- يُوضع المسرى الموجب (الفعال) على اليد اليمنى، بينما يوضع المسرى السالب (غير الفعال) على الطرفين الآخرين، أي اليد اليسرى والقدم اليسرى سويةً بالإضافة إلى مقاومات كهربائية.
- يسجل فرق الكامن الكهربائي في ذلك الجزء من القلب المواجه للكتف الأيمن.

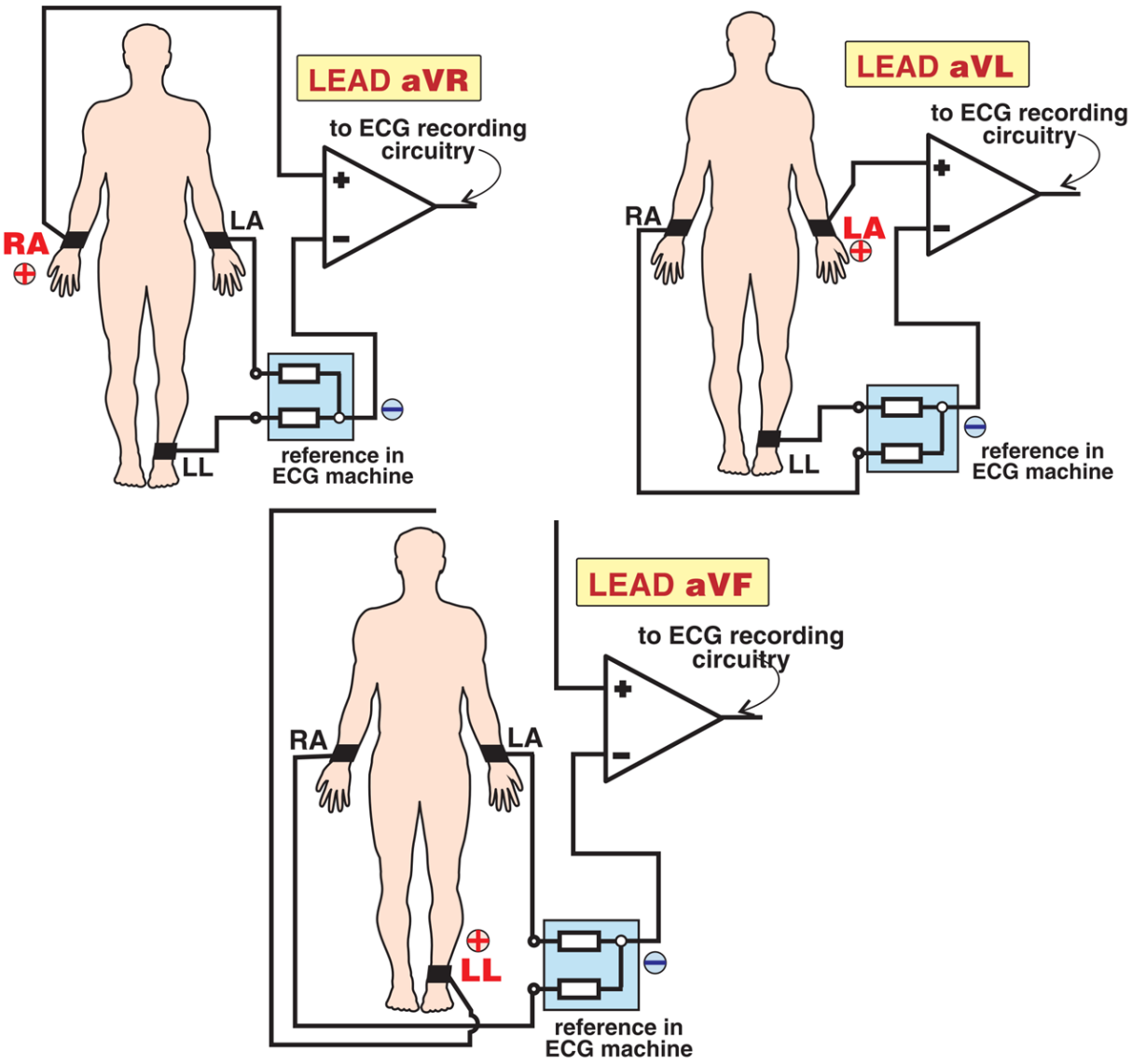
الاتجاه aVL:

- يُوضع المسرى الموجب (الفعال) على اليد اليسرى، والمسرى السالب (غير الفعال) على اليد اليمنى والقدم اليسرى سويةً.
- يسجل فرق الكامن الكهربائي في ذلك الجزء من القلب المواجه للكتف الأيسر.

الاتجاه aVF:

- يوضع المسرى الموجب (الفعال) على القدم اليسرى، والمسرى السالب (غير الفعال) على اليد اليمنى واليد اليسرى سويةً.
- يسجل فرق الكامن الكهربائي في ذلك الجزء من القلب المواجه لمفصل الفخذ الأيسر.


aVR
aVL
aVF


LEAD aVR
to ECG recording circuitry
RA
LA
LL
reference in ECG machine
LEAD aVL
to ECG recording circuitry
RA
LA
LL
reference in ECG machine
LEAD aVF
to ECG recording circuitry
RA
LA
LL
reference in ECG machine

ملاحظات:

- الاتجاهات I, II, aVL ترى السطح الأيسر للقلب.
- الاتجاهات III, aVF ترى السطح السفلي للقلب، ففي حال وجود احتشاء سفلي تظهر تبدلات في هذين الاتجاهين بشكل واضح.
- الاتجاه aVR يرى الأذينة اليمنى.

ثانياً: الاتجاهات وحيدة القطب الصدرية Chest leads

تُدعى **الاتجاهات قرب القلبية**.

الاتجاه V1: يوضع المسرى الموجب على المسافة الوربية **الرابعة**، **أيمن** عظم القص.

الاتجاه V2: يوضع المسرى الموجب على المسافة الوربية **الرابعة**، **أيسر** عظم القص.

⇦ الاتجاهان V1 وV2 يقابلان البطين الأيمن.

الاتجاه V3: يوضع المسرى الموجب في **منتصف المسافة الواقعة بين الاتجاهين V2 وV4**.

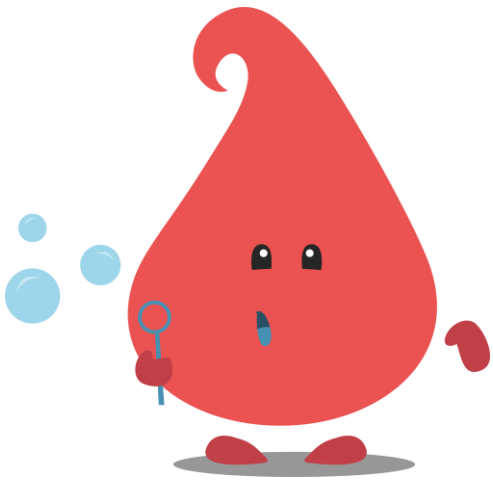
الاتجاه V4: يوضع المسرى الموجب على **الخط الناصف لعظم الترقوة الأيسر في الورب الخامس** (على الخط الحلمي[8]).

⇦ الاتجاهان V3 وV4 يقابلان الحاجز بين البطينات.

الاتجاه V5: يوضع المسرى الموجب على **الخط الإبطي الأيسر الأمامي** Anterior Axillary line **في الورب الخامس**.

الاتجاه V6: يوضع المسرى الموجب على **الخط الابطي الأيسر المتوسط** Midaxillary line **في الورب الخامس**، وهو يشابه الاتجاه القياسي الأول.

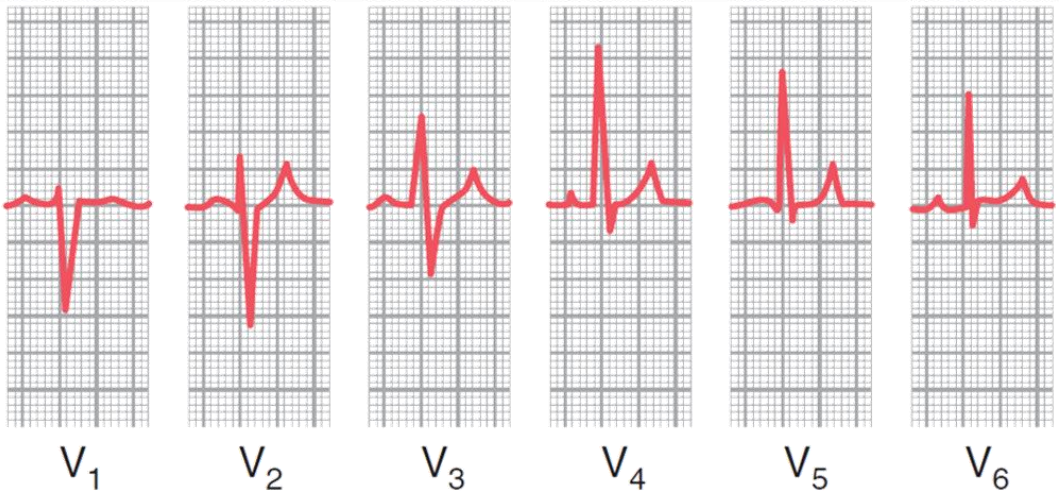
⇦ الاتجاهان V5 وV6 يقابلان البطين الأيسر.

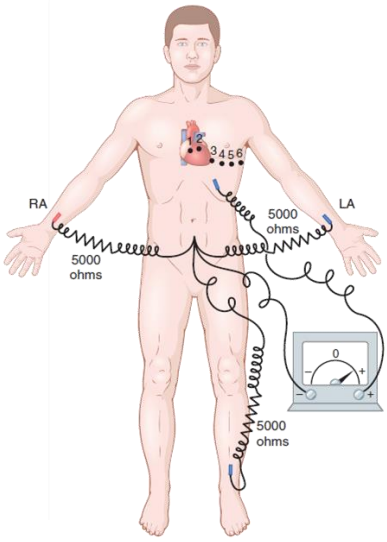


[8] الخط المار من حلمة الثدي.

أرشيف:

- الاتجاهات أحادية القطب هي اتجاهات ثنائية قطب فعلياً، ولكن سُميت بذلك لأن المسرى السالب كأنّه موصول إلى مركز الجسم من خلال مقاومة كهربائية كبيرة، وهو في الواقع موصول في حالة الاتجاهات الصدرية إلى كل من الذراعين اليمنى واليسرى والساق اليسرى سويةً مع مقاومات فيما بينها.



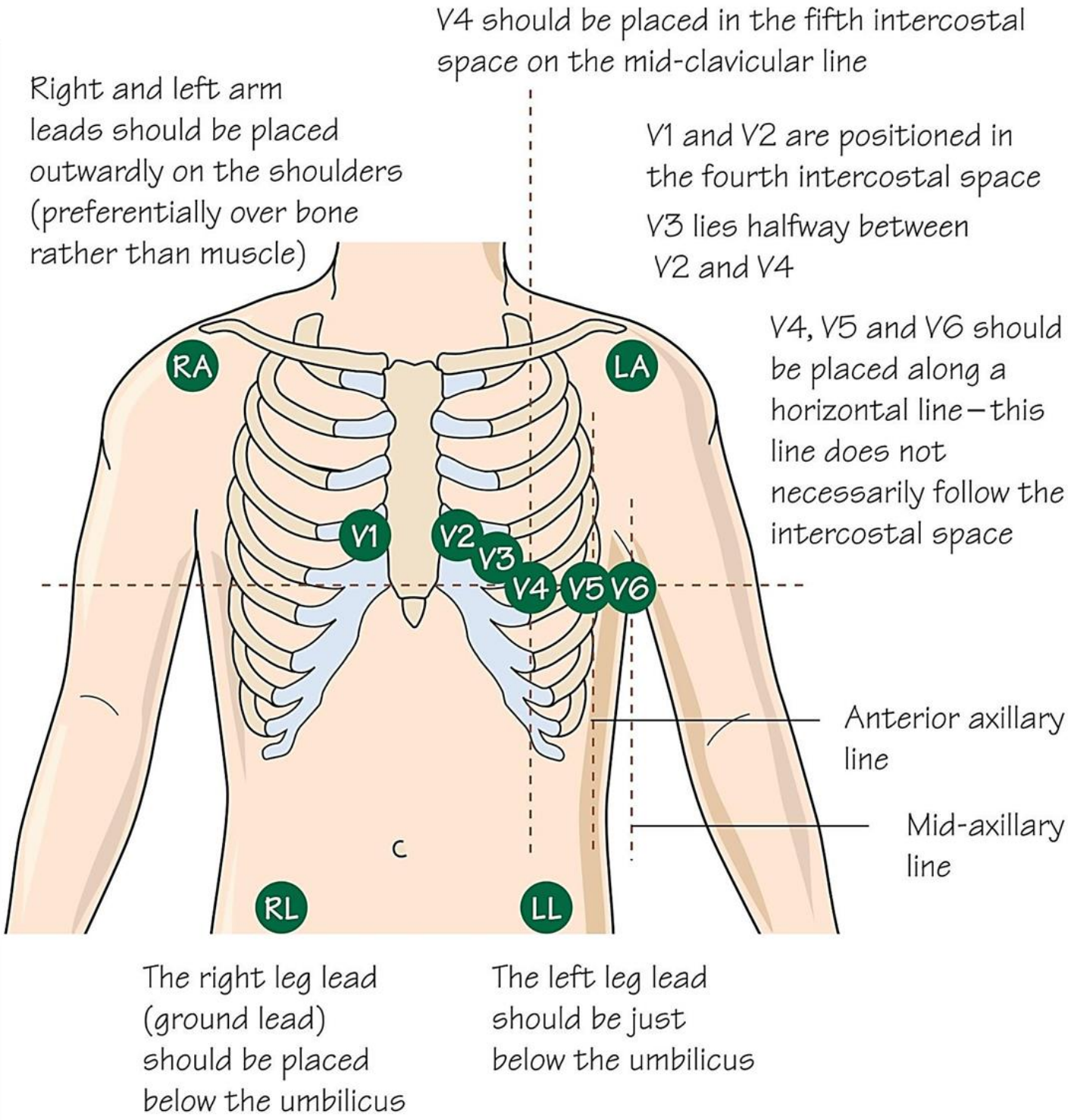


صورة تظهر التخطيط القلبي المسجل في الاتجاهات وحيدة القطب الصدرية الستة.

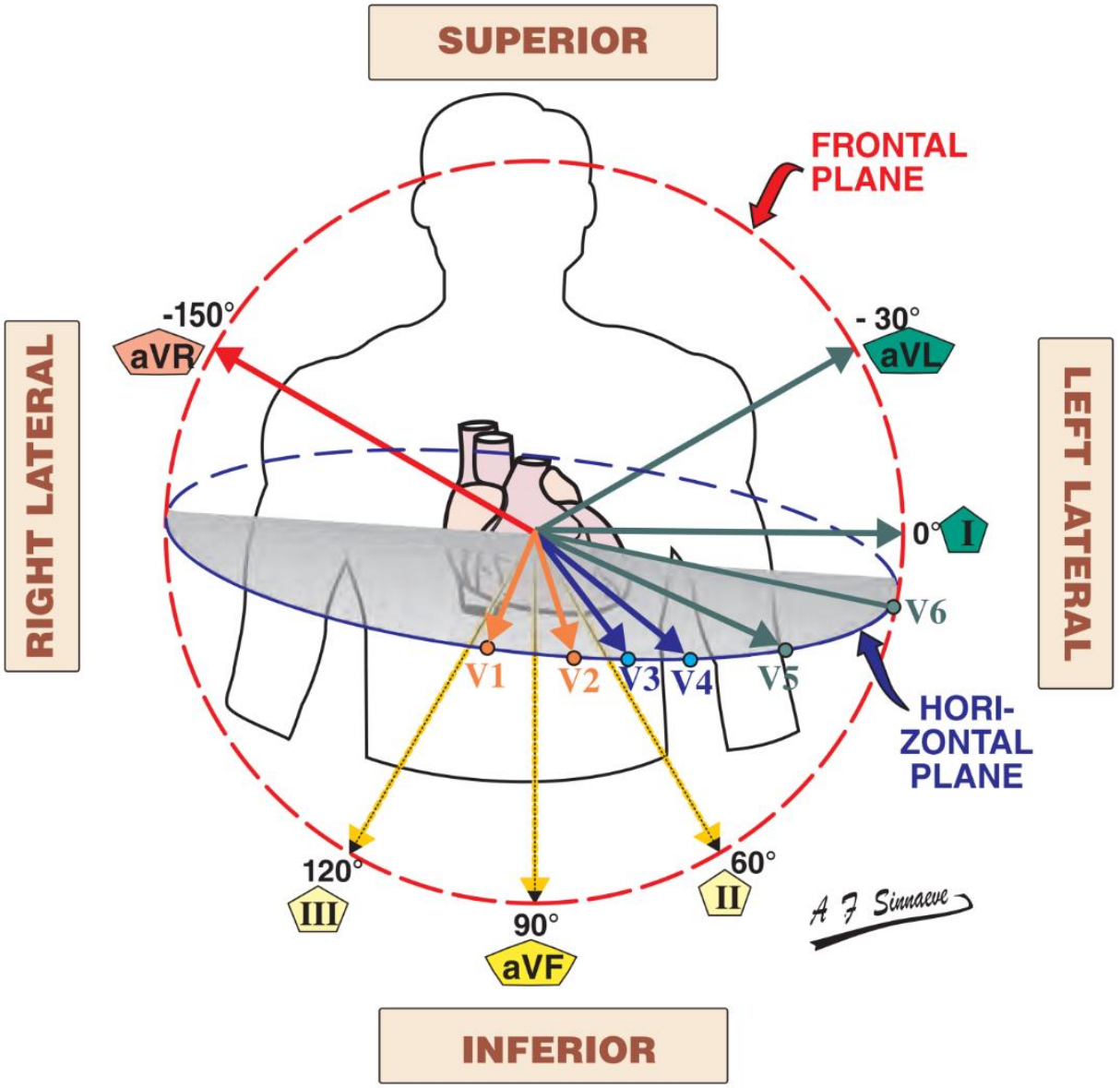
ملاحظة هامة جداً:

نلاحظ من الصورة السابقة أن الاتجاه الذي تتساوى فيه موجة R مع موجة S في الحالات السوية هو الاتجاه V3.

فيديوهات من اليوتيوب لتوضيح تخطيط القلب واتجاهاته



صورة توضّح الاتجاهات وحيدة القطب الصدرية Chest leads، ومكان وضع المسرى المستقصى في كل منها.

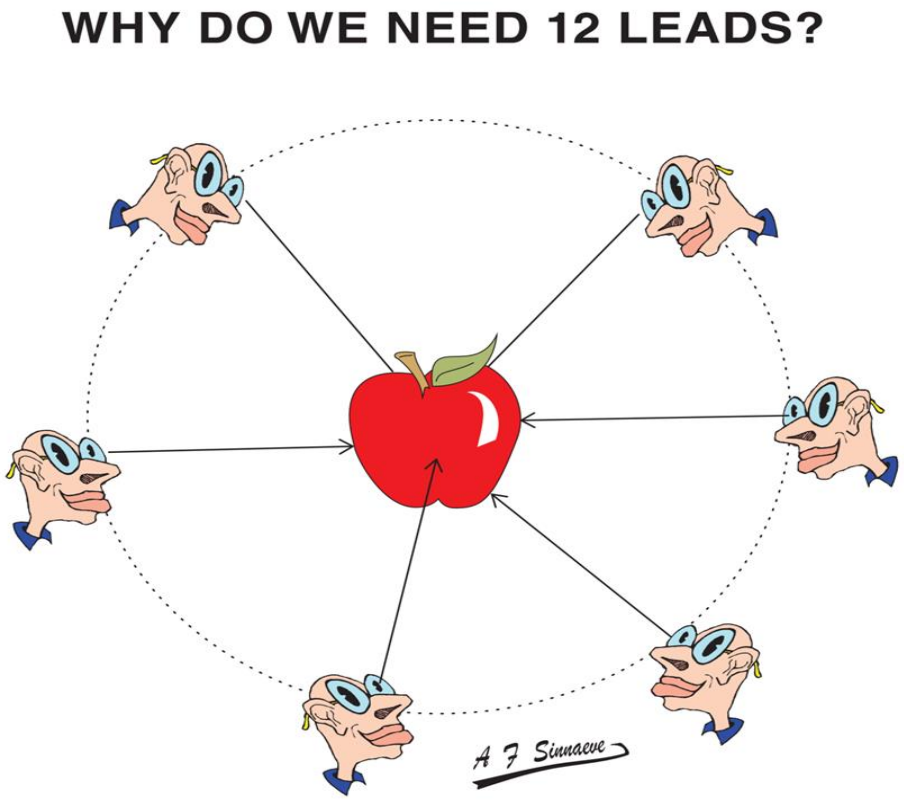


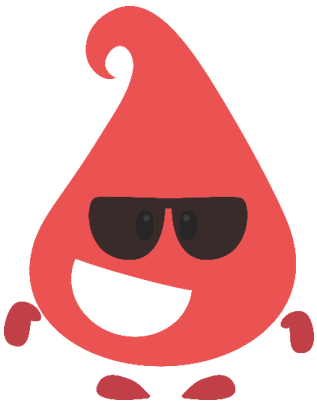
I High Lateral	aVR	V1 Anteroseptal	V4 Anterior
II Inferior	aVL High Lateral	V2 Anteroseptal	V5 Low Lateral
III Inferior	aVF Inferior	V3 Anterior	V6 Low Lateral

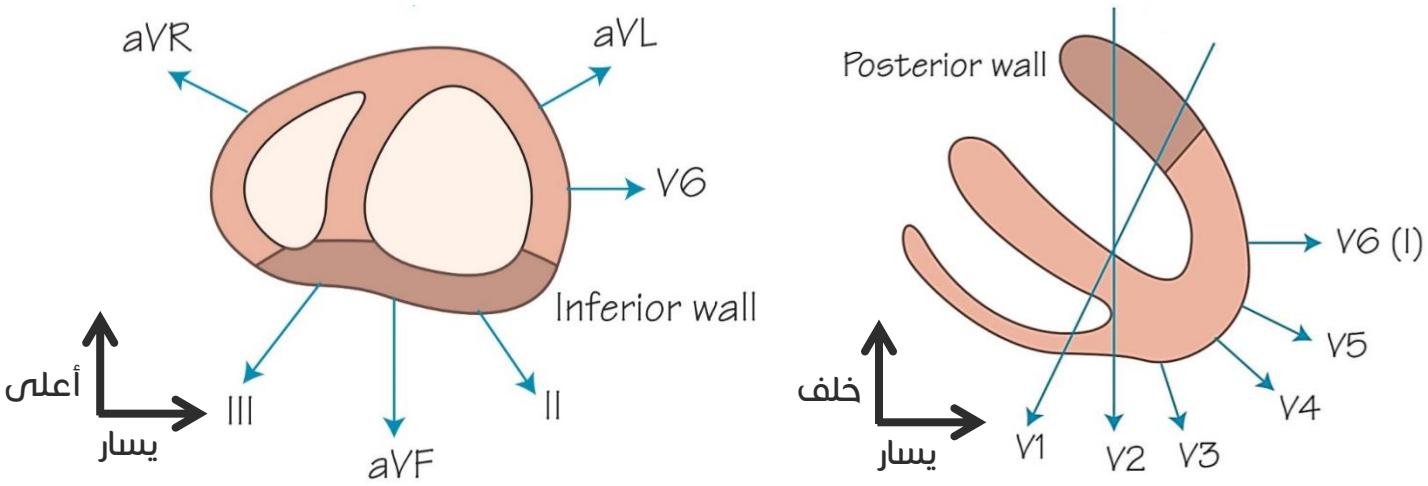
صورة ترسيمية توضح جميع الاتجاهات
التخطيطية الكهربائية للقلب ومكان توضعها.

ملاحظة:

- عند تخطيط القلب الكهربائي نلجأ للتسجيل عبر 12 اتجاه مختلف بوضع مسارٍ على مواقع مختلفة من سطح الجسم، وذلك للحصول على صورة متكاملة للدورة القلبية والكشف عن وجود أي خلل (كأن نقوم بتصوير مبنى من جميع الجهات لنحصل على الصورة الكاملة له)، ينتج عن ذلك 12 شكل من مخطط القلب الكهربائي قد تختلف في سعة موجة معينة أو شكلها أو مدّتها.
- يشير ظهور تبدلات في كافة الاتجاهات إلى وجود احتشاء واسع.

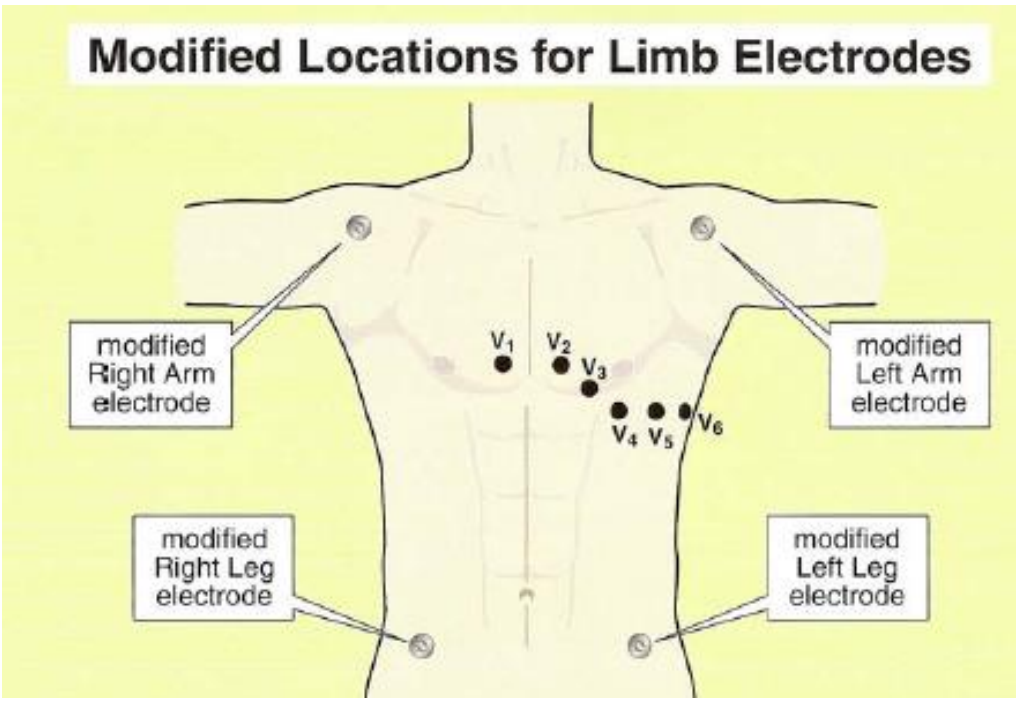




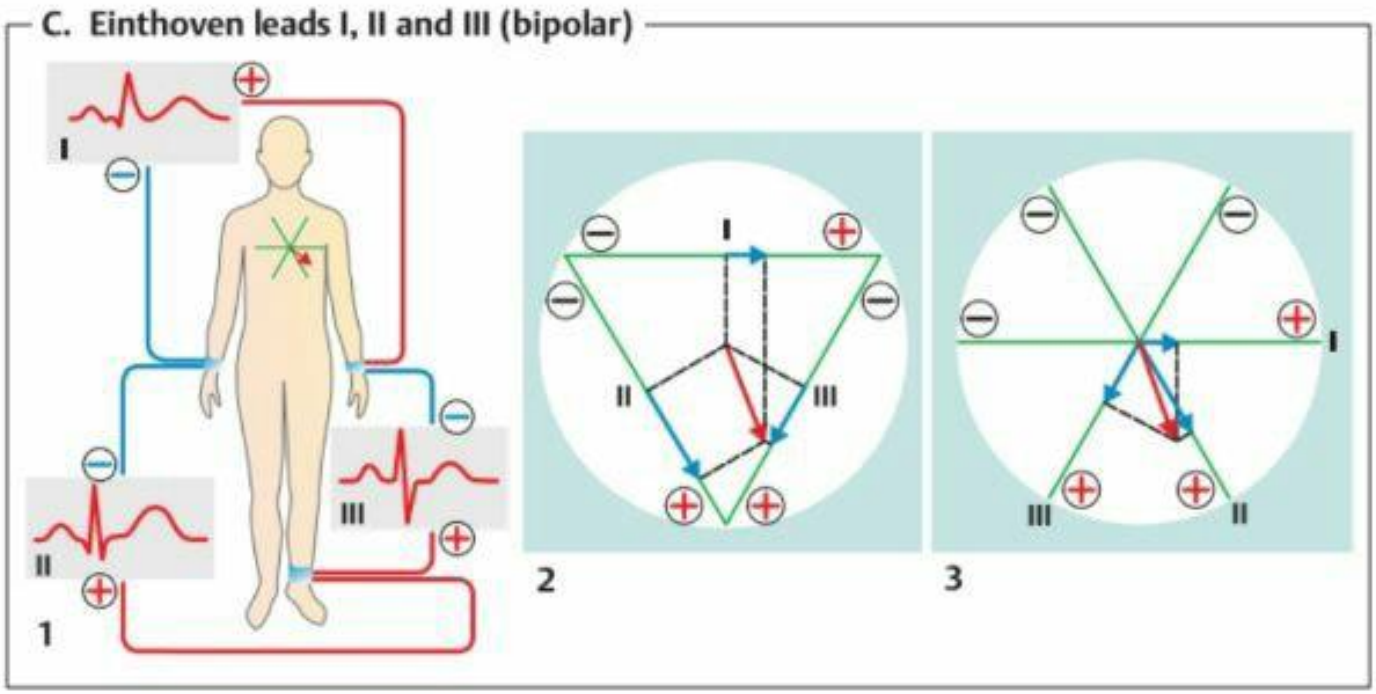


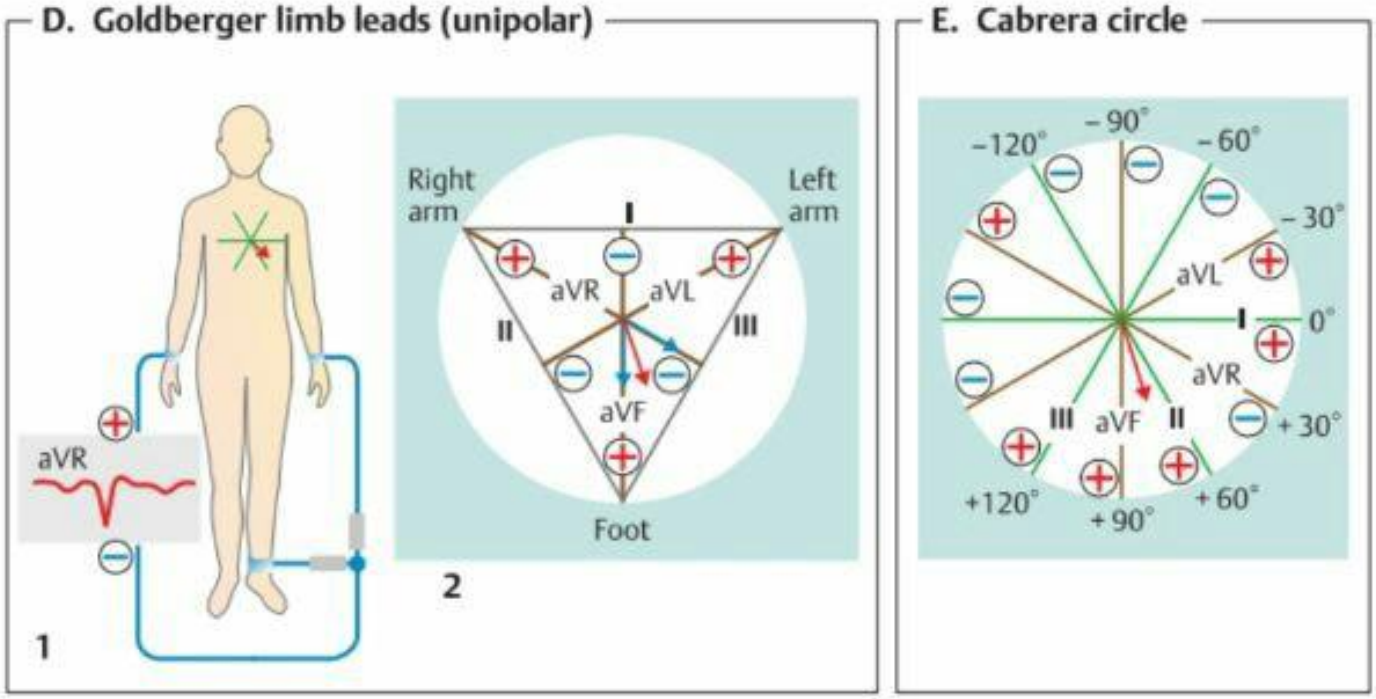
يوضح الشكل على اليمين الاتجاهات الصدرية في المقطع العرضي للجسم.

بينما يوضح الشكل على اليسار الاتجاهات القياسية ووحيدة القطب للأطراف المزادة في المقطع الإكليلي.



صورة توضح موقع المساري العشر على سطح الجسم.





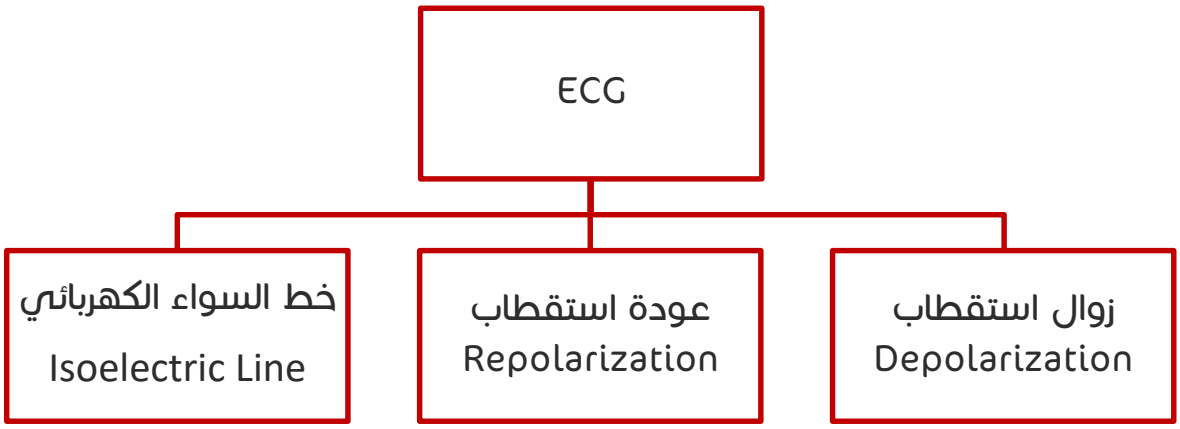
صورة توضح كيفية إسقاط متجه ما على محاور الاتجاهات التخطيطية في حال الاتجاهات ثنائية القطب والاتجاهات أحادية القطب المزادة للأطراف.

Overview

مفهوم تخطيط القلب الكهربائي ECG:

- تسجيل خارجي، خطي، متواصل، للكوامن الكهربائية المتولدة في القلب جميعها والمنتشرة إلى سطح الجسم.
- يتمّ تسجيله عبر جهاز غلفاني.
- ليس مخطط أحادي الطّور.
- تساهم كوامن العمل في الألياف العضلية البطينية بنسبة 99% من المخطط، في حين تساهم كوامن العمل في النسيج العقدي بنسبة 1% أو أقل.
- يتم تسجيله من 12 موقع مختلف من الجسم ليكون أكثر شمولاً.

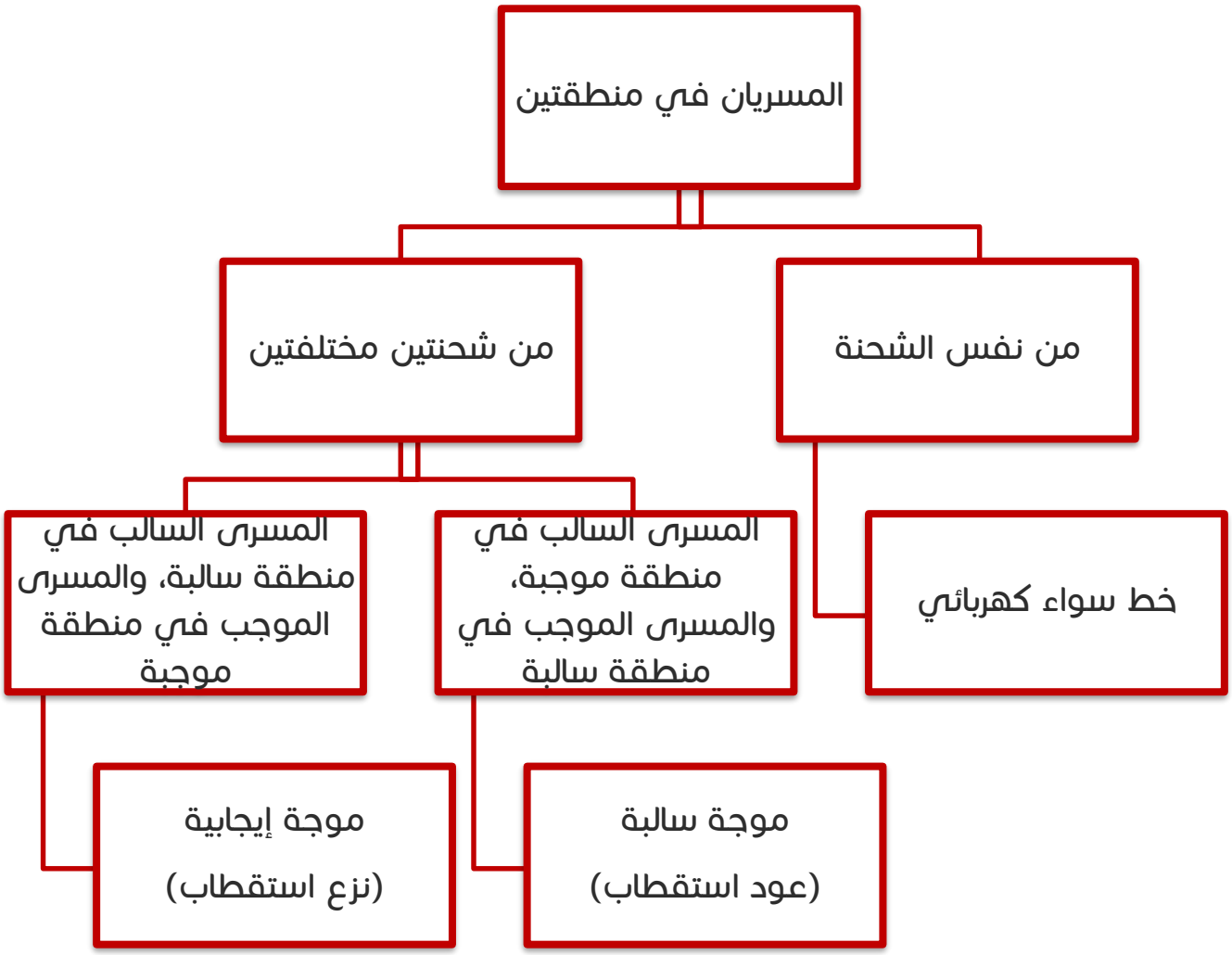
مكونات الـ ECG:



موجات وفترات وشدف الـ ECG:

P Wave	PR Interval	QRS Complex	ST Segment	T Wave
زوال استقطاب الأذينتين تظهر قبل بدء التقلّص الأذيني	الفترة الفاصلة بين بدء إثارة الأذينتين وبدء إثارة البطينين	زوال استقطاب البطينين تظهر قبل بدء التقلص البطيني	بداية عودة استقطاب البطينين (طور الهضبة)	نهاية عودة استقطاب البطينين

مخطط تبسيط لتجربة موجات زوال الاستقطاب وموجات عودة الاستقطاب:



أساسيات تخطيط القلب الكهربائي:

◎ تنجم التيارات الكهربائية في القلب عن الفرق في الشحنات الذي يحدثه نزع الاستقطاب بشكل متدرج من الحاجز بين البطينين إلى السطح الشغافي الداخلي للبطينين ومن ثم إلى السطح التاموري الخارجي للبطينين.

- يتعلق تخطيط القلب الكهربائي بـ:
  - المتجه الممثِل لمحصلة الكوامن الكهربائية حول القلب.
  - محاور الاتجاهات التخطيطية للقلب (وهي ثابتة وعددها 12).
- نقوم بإسقاط المتجه على محاور الاتجاهات لتشكيل المتجه المسقط فنحصل على 12 شكلاً من تخطيط القلب الكهربائي.

إذا كان المتجه المسقط بالاتجاه الموجب لمحور الاتجاه ← رسم مخطاط كهربائية القلب انحرافاً موجباً ← الانحراف فوق خط السواء الكهربائي

إذا كان المتجه المسقط بالاتجاه السالب لمحور الاتجاه ← رسم مخطاط كهربائية القلب انحرافاً سلبياً ← الانحراف تحت خط السواء الكهربائي.

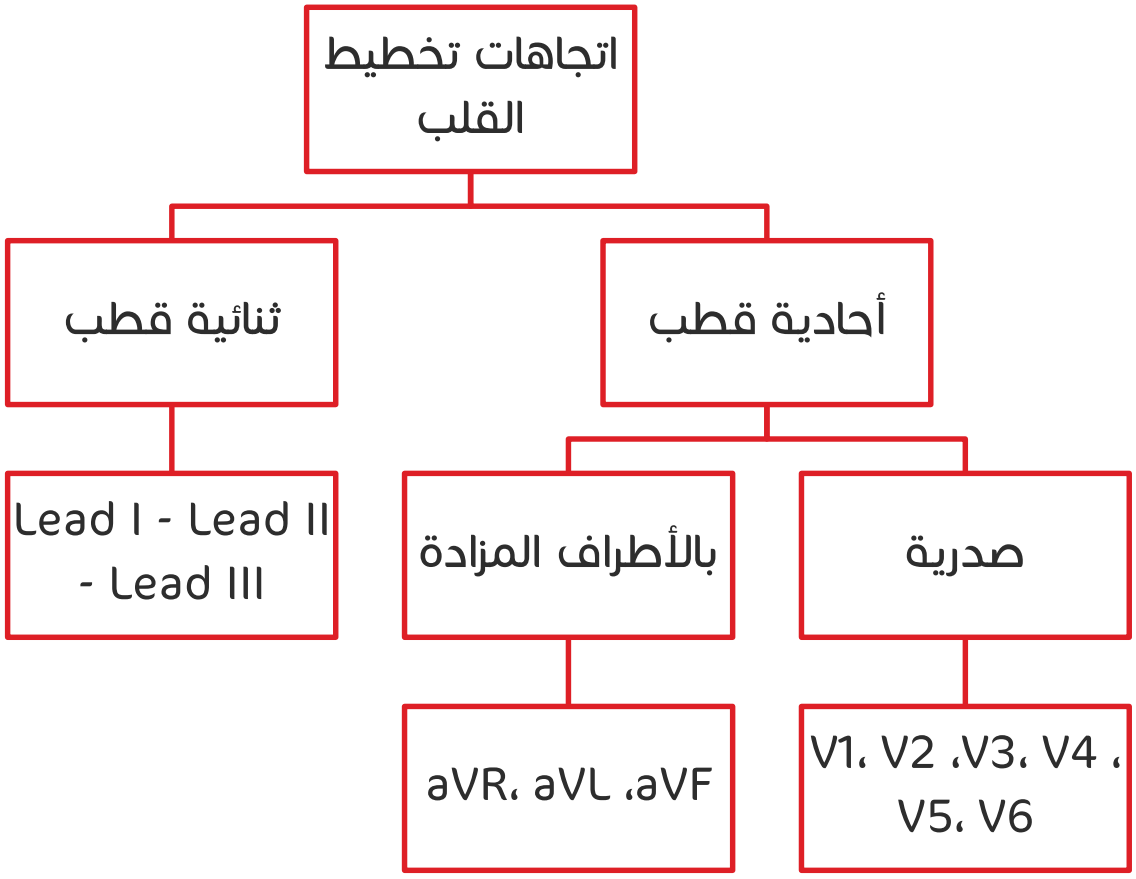
إذا كان المتجه المسقط عمودياً على محور الاتجاه ← رسم مخطاط كهربائية القلب خط السواء ← هذا ما يفسر غياب بعض الموجات في اتجاهات دون الأخرى.

- يكون المتجه أعظمياً عندما يكون نصف القلب منزوع الاستقطاب ونصفه الآخر مستقطباً.

الاتجاهات التخطيطية الكهربائية للقلب

- تعتمد نظام المساري المثبتة على:
  1. الأطراف.
  2. جدار الصدر.

الأطراف	جدار الصدر
4 مسارِ	6 مسارِ
تصور من 6 اتجاهات	تصور من 6 اتجاهات
تصور بشكل عمودي	تصور بشكل أفقي



دون ملاحظاتك *_*

وهنا تنتهي محاضرتنا *-*
لا تنسونا من صالح دعائكم...
بالتوفيق جميعاً *__*

RBCs