جامعة الشام الخاصة
Al-Sham Private University

كلية: الصيدلة **Faculty of Pharmacy**	مقرر: فيزيولوجيا وفيزيواوجيا مرضية **Physiology and Pathophysiology**
الرمز: **PHR 319**	مدرس المقرر: **د. أمل ركاج**

المحاضرة :

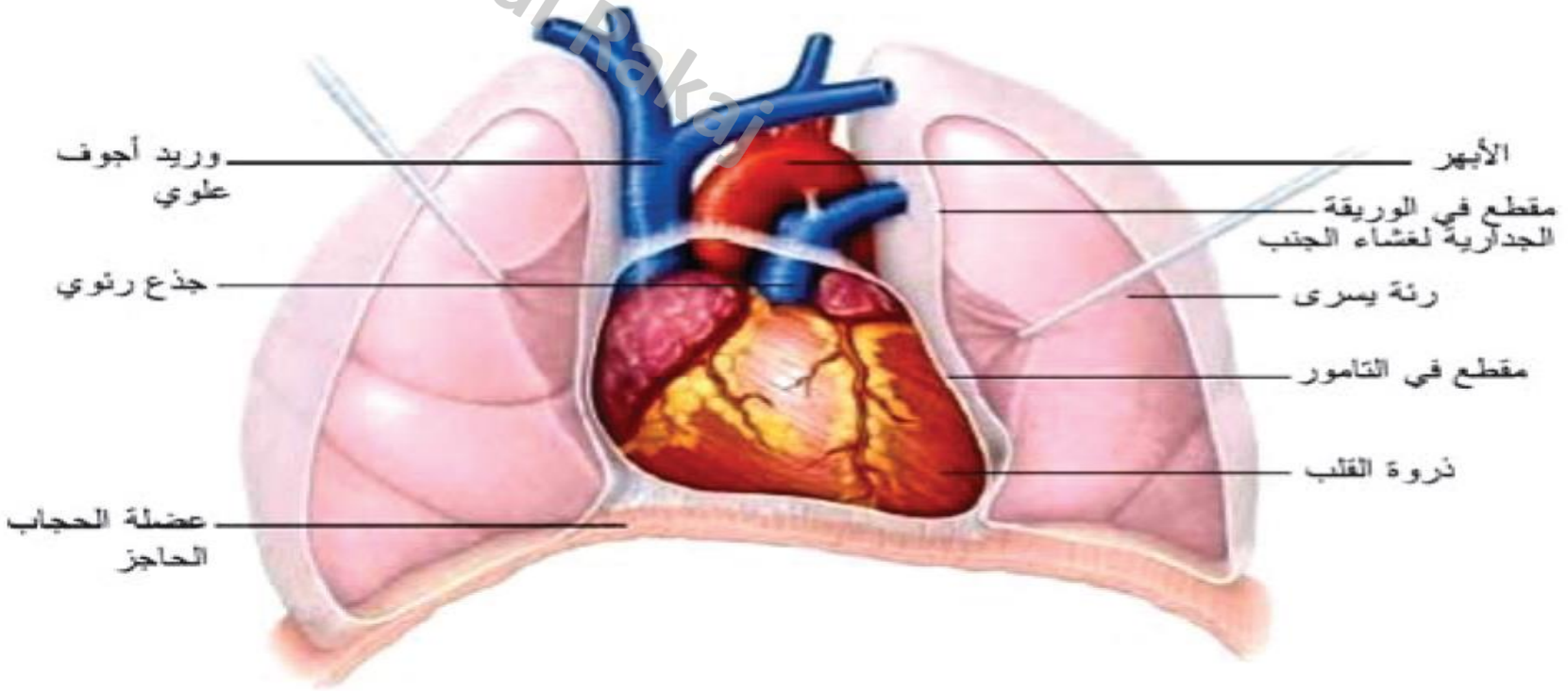
Cardio vascular system
الجهاز القلبي الوعائي

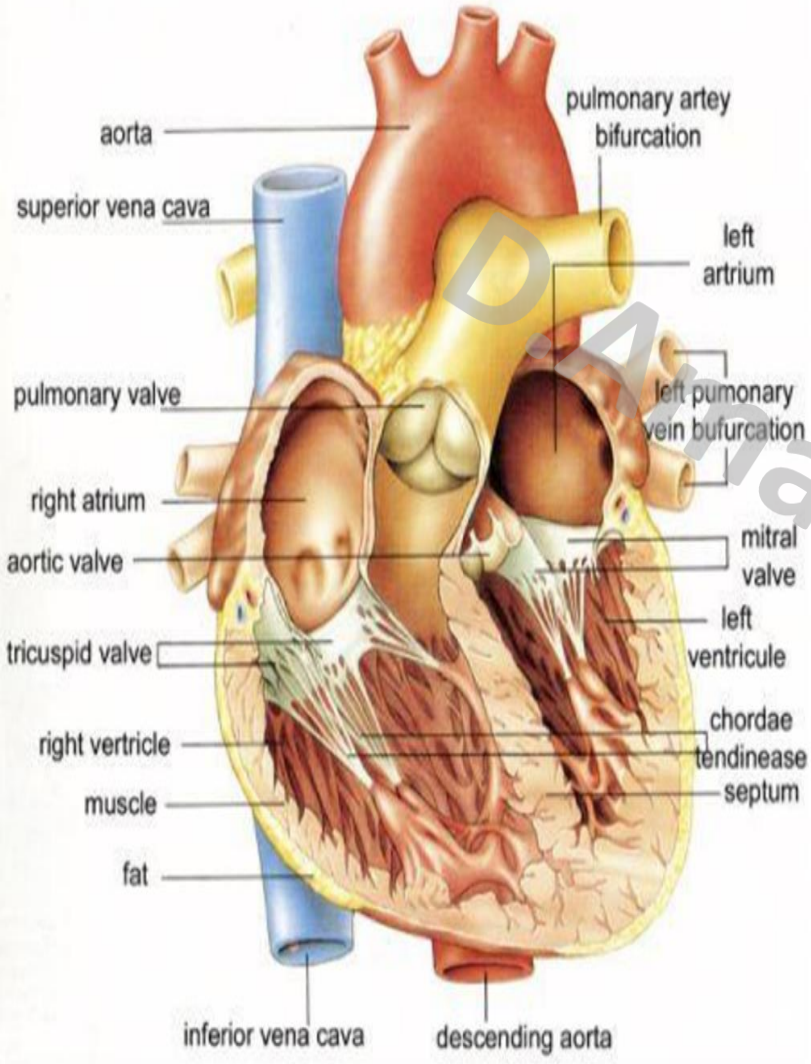
The heart : القلب

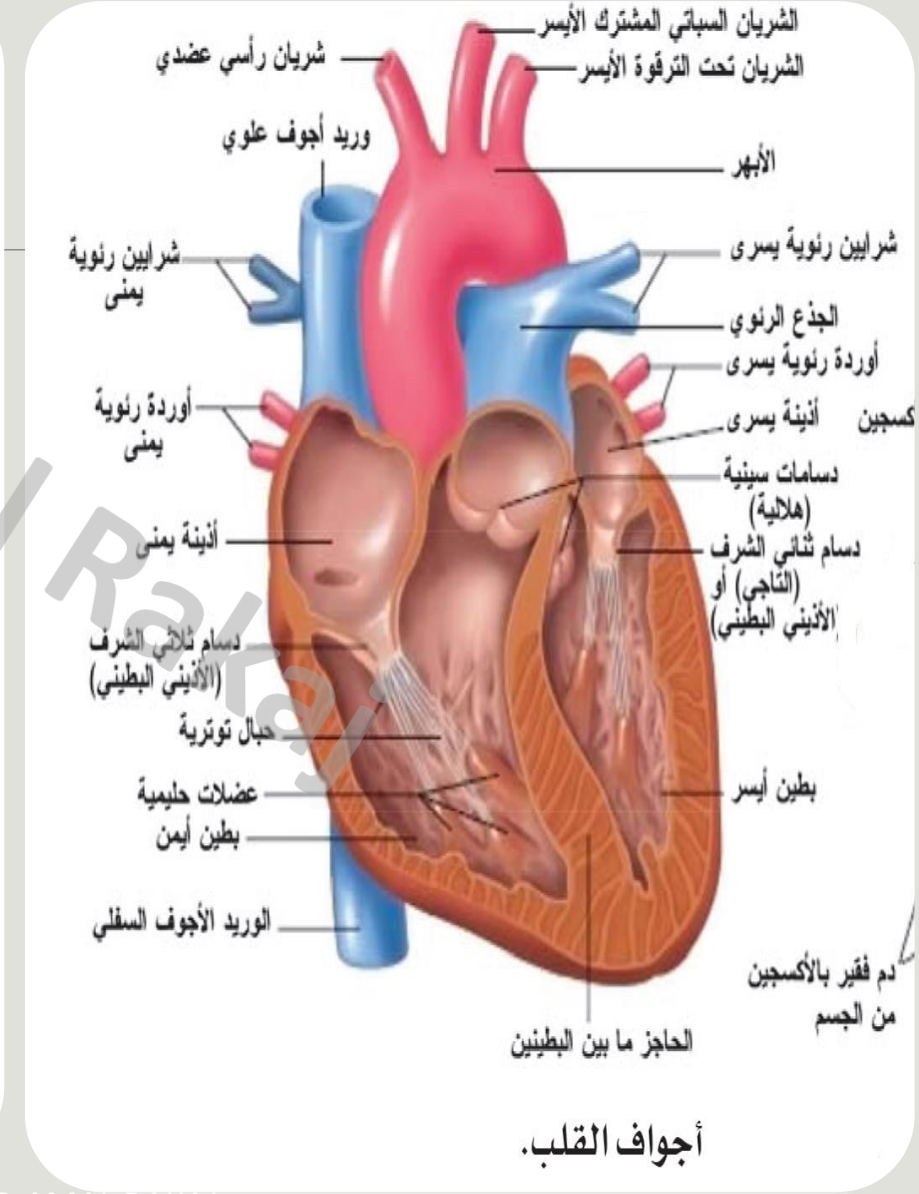
١ ـ معطيات عامة:

يقع القلب في جوف الصدر ما بين الرئتين، وهو عضو عضلي مجوف له شكل مخروط قاعدته في الأعلى وقمته في الأسفل. يبطنه الشغاف ويغلفه التامور،

D.Amal Rakaj

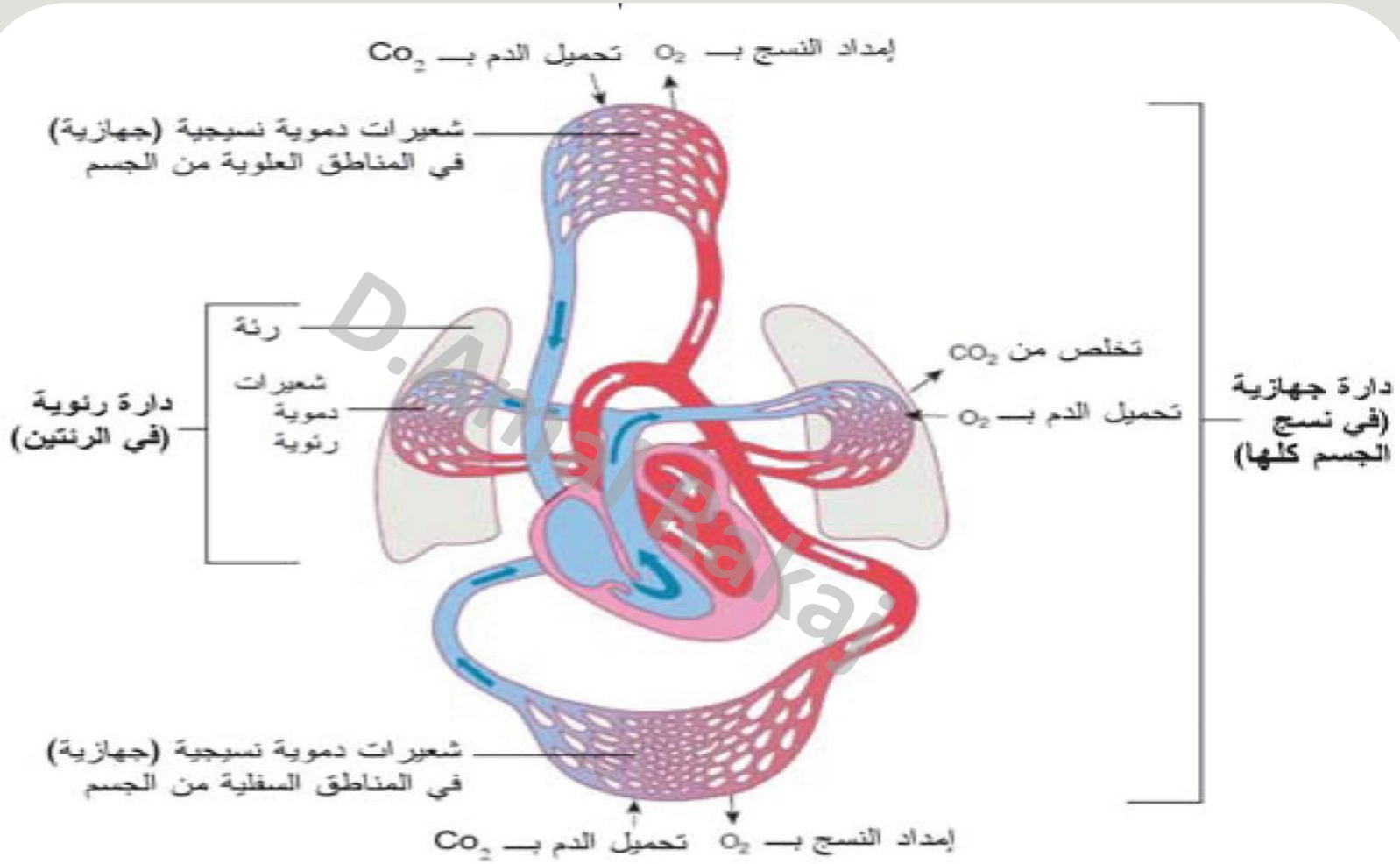






أجواف القلب.

D.Amal Rakaj



الجهاز القلبي الوعائي

(الدوران الجهازي والرئوي).

فيزيولوجيا القلب (Physiology of The Heart)

يتألف الجهاز القلبي الوعائي من سلسلة من الأنابيب (الأوعية الدموية) المملوءة بسائل هو الدم ،هذه الأوعية تعمل كأنابيب لنقل الدم من وإلى أنحاء الجسم المختلفة. ترتبط هذه الأنابيب بمضختين منفصلتين تماما، تتألف كل منهما من أذينة وبطين ، تتوضع هاتان المضختان جبنا إلى جنب يفصل بينهما حاجز .

تتلقى الأذينة اليمنى **Right Atrium** من الجانب الأيمن للقلب الدم العاتم الفقير بالأوكسجين من نسج الجسم المختلفة ،ثم يضخ هذا الدم إلى الرئتين اعتبارا من البطين الأيمن **Right Ventricule** عن طريق الشرايين الرئوية حيث يحمله بالأوكسجين ويخلصه من ثاني أكسيد الكربون ليعود مؤكسجا إلى الأذينة اليسرى .

تؤلف الأوعية التي تحمل الدم من وإلى الرئتين بالدوران الرئوي

تتلقى الأذينة اليسرى **left trium** من الجانب الأيسرللقلب الدم المؤكسج العائد من الرئتين عن طريق الأوردة الرئوية ، ثم يضخ إلى نسج الجسم المختلفة اعتبارا من البطين الأيسر **Left Ventricule** عن طريق الشريان الأبهري محملا بالأوكسجين والمغذيات ليعود محملا بثاني اوكسيد الكربون إلى الأذينة اليمنى.

تؤلف الأوعية التي تحمل الدم من وإلى أنسجة الجسم المختلفة بالدوران الجهازي

يوجد دسام بين البطين الأيمن والشرايين الرئوية يدعى الدسام الرئوي، ودسام بين الأذينة اليمنى والبطين الأيمن يدعى الدسام مثلث الشرف، كما يوجد دسام بين البطين الأيسر والأبهر يدعى الدسام الابهري ودسام بين البطين الأيسر والأذينة اليسرى يدعى الدسام التاجي ، تسمح الدسامات للدم بالمرور باتجاه واحد ولا تسمح له بالعودة

D.AMAL RAKAJ
D.Amal Rakaj

الأذينة اليمنى Right Atrium

تتلقى الأذينة اليمنى الفقير بالاوكسيجين من الوريد الأجوف العلوي والوريد الأجوف السفلي والجيب الإكليلي ، يمر الدم من الأذينة اليمنى إلى البطين الأيمن عبر الصمام الأذيني البطيني الذي يسمح للدم للمرور باتجاه واحد ، أي من الأذينة إلى البطين ولا يسمح له بالعودة .

يدعى هذا الصمام **بالصمام ثلاثي الشرف Tricuspid Valve**

البطين الأيمن Right Ventricule

يمر الدم من البطين الأيمن إلى الجذع الرئوي عبر الشرايين الرئوية .

يوجد صمام بين البطين الأيمن والجذع الرئوي يدعى **الصمام الرئوي Pulmonary Valve** والذي يسمح بمرور الدم من البطين الأيمن إلى الشرايين الرئوية ولا يسمح له بالعودة .

D.Amal Bakaj

الأذينة اليسرى Left Atrium

تتلقى الأذينة اليسرى الدم الغني بالاوكسيجين من الأوردة الرئوية الأربعة ، ثم يمر من الأذينة اليسرى إلى البطين الأيسر عبر الصمام الأذيني البطيني الذي يدعى **بالصمام التاجي أو الإكليلي Mitral Valve**

البطين الأيسر Left Ventricule

يمر الدم من البطين إلى الأبهر عبر صمام يدعى **بالصمام الأبهري Aortic Valve** ويتميز بأن شرفاته أعرض وأكثر ثخانة من تلك الخاصة بالصمام الرئوي

الدسامات (صمامات القلب) Valve of the Heart

وظيفة الدسامات تأمين نقل الدم باتجاه واحد فقط :

١- دسامات المدخل (الصمامات الأذينية البطينية) وهما الدسام التاجي والدسام مثلث الشرف

٢- دسامات المخرج (الدسامات البطينية الشريانية أو الصمامات الهلالية أو السينية) وهما الدسام الرئوي والدسام الابهري .

الدسام التاجي Mitral Valve

يفصل هذا الدسام بين الأذينة اليسرى والبطين الأيسر،وهو يسمح بمرور الدم من الأذينة اليسرى إلى البطين الأيسر ولا يسمح بعودته.

قد يحدث تضيق Stenosis بهذا الصمام يعيق مرور الدم أثناء الاسترخاء البطيني من الأذين الأيسر إلى البطين الأيسر، مما يؤدي إلى سماع نفخة انبساطية تشبه الدحرجة خشنة ذات لحن منخفض .

كما يمكن أن يحدث قلص Regurgitation هذا الدسام مما يؤدي إلى عودة الدم من البطين الأيسر إلى الأذين الأيسر أثناء الانقباض البطيني ، وينجم عن ذلك سماع نفخة انقباضية ذات تواتر عالي .

الدسام مثلث الشرف Tricuspid Valve

يفصل هذا الدسام بين الأذينة اليمنى والبطين الأيمن .وهو يسمح بمرور الدم من الأذينة اليمنى إلى البطين الأيمن ولا يسمح بعودته .

وقد يحدث تضيق Stenosis لهذا الدسام يعيق مرور الدم من الأذين الأيمن إلى البطين الأيمن ،مما يؤدي لسماع نفخة انبساطية ذات دحرجة منخفضة التواتر .

كما يمكن أن يحدث قلص Regurgitation هذا الدسام مما يؤدي إلى عودة الدم من البطين الأيمن الى الأذين الأيمن أثناء الانقباض البطيني وينجم عن ذلك سماع نفخة انقباضية تزداد أثناء الشهيق .

D.Amal Rakaj

الدسامات أوالصمامات الهلالية أو السينية أو صمامات المخرج

الصمام الأبهري Aortic Valve

يوجد بين البطين الأيسر والأبهر .وهو يسمح بمرور الدم من البطين الأيسر إلى الأبهر ولا يسمح بعودته .

وقد يحدث تضيق الصمام الأبهري معيقا اندفاع الدم من البطين الأيسرإلى الأبهر أثناء انقباض البطين ويسمع نتيجة ذلك نفخة انقباضية خشنة تسمع بوضوح في البؤرة الابهرية. قد يحدث قلص الصمام الابهري مؤديا إلى عودة الدم من الأبهر إلى البطين الأيسر أثناء الاسترخاء لعدم كفاية انغلاق الصمام وينجم عن ذلك نفخة انبساطية تسمع في مناطق واسعة من الصدر

D.Amal Rabie

الصمام الرئوي Pulmonary Valve

يوجد بين البطين الأيمن والشريان الرئوي. وهو يسمح بمرور الدم من البطين الأيمن إلى الشريان الرئوي ولا يسمح بعودته . قد يحدث تضيق بهذا الصمام محدثا نفخة انقباضية ناعمة، كما يمكن أن يحدث قلص هذا الصمام مؤديا إلى عودة الدم من الشرايين الرئوية إلى البطين الأيمن مؤديا لنفخة انبساطية تسمع في البؤزة الرئوية

أنماط العضلات في القلب

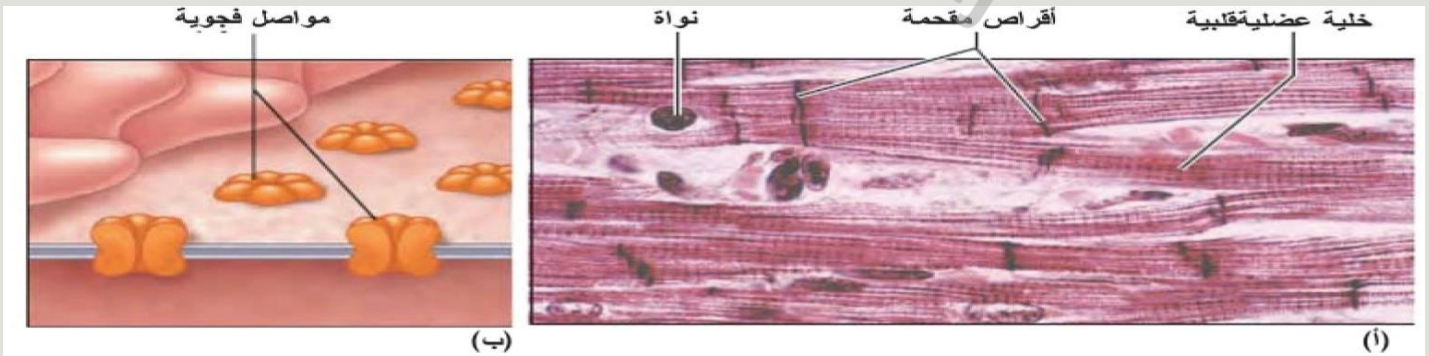
يوجد في القلب ثلاثة أنماط رئيسية من العضلات هي العضلة الأذينية والعضلة البطينية وألياف عضلية متخصصة نقلية واستثارية (الجهاز العقدي في القلب).

إن كلاً من العضلة الأذينية والعضلة البطينية تتقلص بشكل مشابه تماماً للعضلات الهيكلية ،غير أن فترة تقلصها أطول، أما الألياف المتخصصة النقلية والإستثارية فتتقلص بشكل ضعيف، وبدلاً من ذلك فإنها تظهر نظميات وسرعات مختلفة للتوصيل مشكلة بذلك جهازاً إستثارياً للقلب وجهازا ناقلا لتوصيل التنبيهات الإستثارية بشكل منظم عبر القلب.

خواص العضلة القلبية
١-البنية النسيجية القلبية Histology of cardiac tissue

يتألف القلب من خلاياعضلية أغلبها قابل للتقلص، لكن١% منها متخصص بتوليد كامن الفعل ونقله بصورة تلقائية.

تكون ألياف العضل القلبي أصغرمن ألياف العضلات الهيكلية، وهي مؤلفة من تناوب خيوط رفيعة وخيوط ثخينة للآلة التقلصية، تحتوي على نواة واحدة في كل ليف، تتصل الخلايا العضلية القلبية مع بعضها بواسطة الأقراص المقحمة **Intercaleted Disks** والتي تتضمن **الديسموزم Dismoseme** (المواصل الآلية) والتي بفضلها تشد الخلايا العضلية القلبية أثناء تقلصها بحيث تعمل ككتلة متماسكة خلال التقلص والاسترخاء)، والمواصل الفجوية **Gap junction أو المشابك الكهربائية)** التي تربط الخلايا العضلية القلبية مع بعضها كهربائيا ،الأمر الذي يسمح بانتشار موجات زوال الاستقطاب بسرعة وبتقلص العضلة القلبية في الوقت نفسه تقريبا كليف واحد ،على خلاف ما يحدث عندما ينجز كل ليف عضلي تقلصه بصورة مستقلة عن غيره من الألياف، وفي هذه الحالة يفقد القلب عمله كمضخة لدفع الدم .



الشكل (٥ ـ ٤) البنية النسيجية للقلب.

Dr.Ima Rakai

٢- العضلة القلبية كمخلى Cardiac muscle as syncytium

يعمل القلب كوحدة وظيفية واحدة ،لأن خلاياه تتقلص وتسترخي في وقت واحد ،يساعده على ذلك وجود الأقراص المقحمة (المشابك الكهربائية و Gap junction والديسموزوم Dismosme)

تتشكل العضلة القلبية بأقسامها المختلفة من عدد كبير من الألياف المشابهة في بنيتها للألياف العضلية المخططة ،وتختلف عنها في عدة نواح، وأهم هذه الاختلافات وجود مناطق اتصال بين الألياف المتجاورة Gap junction (بحيث يتم انتقال الشوارد بحرية عبر مناطق الاتصال هذه، يدعى هذا النوع من العضلات بالمخلى، يعني ذلك أن كامن العمل المتولد في ليف قلبي ما(خلية قلبية) يستطيع الانتشار بسهولة إلى الخلايا المجاورة مؤديا بالنتيجة الى تقلصها بآن واحد ، وهذا لا يحدث في الليف العضلي الهيكلي.

يتألف القلب من مخليين منفصلين: المخلى الأذيني المؤلف من كلتا الأذينين ،والمخلى البطيني المؤلف من كلا البطينين . ينفصل الأذينان عن البطينين بنسيج ليفي، ويتم نقل كامن الفعل من المخلى الأذيني إلى المخلى البطيني في الحالة السوية فقط عبر جهاز توصيل متخصص في النقل

(هو الحزمة الأذينية البطينية.Atrioventricular Bundle)

وكلمة مخلى تعني أن العضلة (الأذينية أو البطينية) المؤلفة من مجموعة من الألياف (الخلايا) تتنبه وتتقلص كلها في نفس الوقت ، أو لا تتقلص (بمعنى أنه عندما يصل كامن الفعل فوق العتبة إلى إحدى الخلايا القلبية في البطين ،فإن هذا الكامن ينتشر إلى كل خلايا البطينين نتيجة وجود مناطق اتصال Gap junction بين هذه الخلايا لذلك ينتشر كامن العمل في كل الخلايا القلبية وتؤدي إلى تقلصها جميعها في آن واحد كليف واحد بفضل Dismosme .

By Amal Bakali

٣- يعتمدالقلب على المغذيات الشحمية للتزود بالطاقة

The heart depends on free fatty acids to provide energy:

يعتمد الجسم بصورة عامة على الكاربوهيدرات كمصدر لإنتاج الاطاقة ٧٠% وبدرجة أقل ٣٠% على مصادر الطاقة الأخرى

أما القلب فانه يستمد طاقته بصورة رئيسية من الاحماض الدسمة الحرة ٧٠% وبمقدار أقل من الكاربوهيدرات نحو ٣٠% ، والشحوم هي مصدر طاقة لا ينضب ولا بديل له من أجل عمل مستديم .

٤ - يتزود القلب بالدم بصورة رئيسة خلال الانبساط القلبى (الدوران الإكليلى)

Heart receive blood during diastole:

D.Awad Rekaj

لا تروى الخلايا العضلية القلبية والخلايا الأخرى في القلب بصورة مباشرة من الدم الموجود في حجرات القلب، بل تتلقى الاوكسيجين والمغذيات وتطرح الفضلات عبر شبكة من الشعيرات الدموية الموجودة في جدار البطين ، لذا يتأثر جريان الدم في هذه الأوعية بالانقباض والانبساط القلبي .

يتفرع الشريان الإكليلي الأيمن ،وكذلك الأيسر من الأبهر مباشرة بعد الصمام الأبهري ، ثم يتفرع كل من هذين الشريانين حتى يصبح القلب محاطا بشبكة من الأوعية الشعرية التي تتجمع لاحقا لتشكل الأوردة القلبية فشبكة من الأوردة الشعرية التي تصب في الجيب الإكليلي ثم في الأذينة اليمنى .

ويجري الدم في القلب بصورة رئيسة أثناء الانبساط القلبي لأن أوعيته الدموية تكون في حالة انضغاط خلال تقلصه، وهذا مخالف لإرواء بقية أعضاء الجسم التي تتلقى إمدادها الدموي عادة أثناء طور الانقباض القلبي الذي يدفع الدم نحو الشرايين الجهازية .

٥ـ يستخلص القلب ٧٥ % من الاوكسيجين الذي يصل اليه دفعة واحدة
: The Cardiac muscle extracts 75% of oxygene reatching it

يحوي كل ديسيليتر من الدم المشبع بالاوكسيجين حوالي ٢٠ مل من الاوكسيجين ، تستخلص أنسجة الجسم ٢٥ % منه أثناء الراحة ،في حين يمكن أن تستخلص هذه الأنسجة ٧٥% منه أو أكثر بحالة الجهد .
أما القلب فإنه يستخلص عند مرور الدم عبره نحو ٧٥% من اوكسيجين الدم ، ويعجز بعدها من استخلاص المزيد منه عند زيادة فعاليته ، ويعوض عن ذلك بزيادة جريان الدم نحوه في الشرايين الإكليلية .

D.Amal Rakaj

٦ ـ يعتمد القلب على الاستقلاب الهوائي Heart depends on aerobic

يعتمد القلب على الطريق الهوائي في المقام الأول للحصول على الطاقة ، ولا يحصل في الظروف السوية إلا حوالي ١% من الـ ATP عبر الطريق اللاهوائي .

ويفشل القلب في الشروط اللاهوائية المطلقة في إنتاج الطاقة اللازمة لاستمراره في العمل مما يؤدي إلى توقفه في حال استمرار هذه الشروط .

كامن الراحة الغشائي في عضلة القلب Resting membrane potential in cardiac muscle

تحافظ معظم خلايا القلب الطبيعية في الشروط القاعدية على الاستقطاب Polarization اثناء الراحة مع فرق في الكامن Potential عبر غشائها يدعى كامن الراحة الغشائي والذي يبلغ مقداره -٨٥ - -٩٥ميليفولط في الالياف العضلية البطينية القلوصة ويصل الى -١٠٠ ميلي فولط في بعض الالياف المتخصصة كالياف بوركنج . وفي هذه الحالة تصطف الشوارد الموجبة على السطح الخارجي للخلية في حين تصطف الشوارد السالبة على السطح الداخلي للغشاء الخلوي مما يولد طبقة ثنائية القطب Dipol – layer يفصل بينهما الطبقة الشحمية المضاعفة لغشاء الخلية والتي تعمل كعازل كهربائي في حين تبقى الشحنات الموجبة والسالبة موزعة بشكل متكافيء في كل نقطة من الوسطين داخل الخلية وخارجها و وهذا الامر يماثل تماما لما يحدث عندما تشحن صفائح مكثف كهربائي حين تصطف الشحنات الموجبة والسالبة على السطوح المتقابلة لغشاء المكثف العازل .

وقد بينت لدراسات ان توزع الشوارد بتركيز مختلفة على جانبي الغشاء الخلوي بالإضافة الى تباين نفوذية Pemeability الغشاء بالنسبة لكل نوع من الشوارد هما السببان الرئيسان المسؤولان عن نشوء وتوطيد كامن الراحة الغشائي

١- مساهمة شوارد البوتاسيوم في كامن الغشاء اثناء الراحة .

تعد شوارد لبوتاسيوم K الشوارد الرئيسية داخل الخلايا حيث يعادل تركيزها نحو ١٣٥ ميلي مكافئ /الليتر . في حين يبلغ تركيزها بالوسط خارج الخلوي نحو ٤ ميلي مكافئ / الليتر لذلك تسعى هذه الشوارد عبر مدروجها للتحرك من داخل الخلية الى خارجها ، فإذا افترضنا ان حركة الشوارد الوحيدة عبر الغشاء الخلوي ممثلة بشوارد البوتاسيوم فقط فان ذلك سوف يؤدي الى نشوء كامن غشائي يمثل بالقوة المحركة (Electro – motive Force) EMF والتي يمكن حسابها بواسطة معادلة Nernest التالية :

القوة المحركة الكهرائية EMF : ٦١,٥ لغ تركيز شوارد K داخل الخلية

تركيز شوارد K خارج الكلية

والتي تشير الى ان كامن الراحة الغشائي عندما تكون شوارد البوتاسيوم هي العامل الوحيد المسبب له يعلدل -٩٤ ميلي فولط

٢- مساهمة شوارد الصوديوم في كامن الغشاء أثناء الراحة

يكون تركيز شوارد الصوديوم في الوسط خارج الخلوي مرتفعا . وهو يعادل ١٤٥ ميلي مكافئ/الليتر بينما يكون تركيزها بالوسط داخل الخلوي منخفضا ويعادل ١٤ ميلي مكافئ /الليتر ، فاذا افترضنا ان شوارد الصوديوم هي الشوارد الوحيدة النفوذة عبر الغشاء الخلوي فان كامن الراحة الغشائي والمتمثل بالقوة المحركة الكهربائية EMF والتي يمكن حسابها بوساطة معادلة نرنست تعادل + ٨٥

٣- اذا اخذنا بالحسبان نفوذية الغشاء الخلوي لكل من شاردتي البوتاسيوم والصوديوم والتي هي بحالة الراحة اكبر بكثير بالنسبة لشوارد البوتاسيوم ، اذ تفوق نفوذية شوارد البوتاسيوم بنحو ١٠٠ مرة فإن كامن الغشاء بحالة الراحة والناجم عن مساهمتي شوارد البوتاسيوم والصوديوم والمتمثل بالقوة المحركة الكهربائية EMF والتي يمكن حسابها بوساطة معادلة غولدمان يبلغ – ٨٦

٤- مساهمة مضخة الصوديوم بوتاسيوم

تعمل هذه المضخة باستمرار على نقل ثلاث شوارد صوديوم الى خارج الخلية مقابل نقل شارتي بوتاسيوم الى داخل الخلية مسببة بذلك ضخ شاردة موجبة واحدة الى خارج الخلية في كل دورة لها مما يؤدي الى حدوث كامن سلبي داخل الخلية يعادل -٤ ميلي فولط ، لذلك يمكن القول ان مضخة الصوديوم بوتاسيوم هي مولد كهربائي لانها تسبب أثاء عملها كامنا سلبيا داخل الخلية اذا ما أضيف الى كامن الغشاء السابق أصبح مقداره – ٩٠ ميلي فولط

مساهمة الشوارد الأخرى في نشوء كامن الغشاء أثناء الراحة

لا تقوم الشوارد الأخرى كالكلور والكالسيوم بدور يذكر في نشوء كامن الغشاء أثناء الراحة

٧-الإثارة النظمية للقلب:

يحتوي القلب جهازاً متخصصاً لـ
توليد الدفعات النظمية التي تسبب التقلص النظمي لعضلة القلب.
توصيل هذه الدفعات بسرعة عبر القلب.
وعندما يعمل هذا الجهاز بشكل سوي ،فإن الأذينات تسبق بتقلصها التقلص البطيني بمقدار ١/١٠ من الثانية ،وهذا يسمح بزيادة ملء البطينات قبل أن تضخ الدم عبر الرئتين والأبهر.
يوجد أهمية خاصة لهذا الجهاز المتخصص تكمن في أنه يسمح لكافة أجزاء البطينات أن تتقلص معاً في وقت واحد تقريباً ،وهذا ضروري لتوليد ضغط فعال في الأجواف البطينية

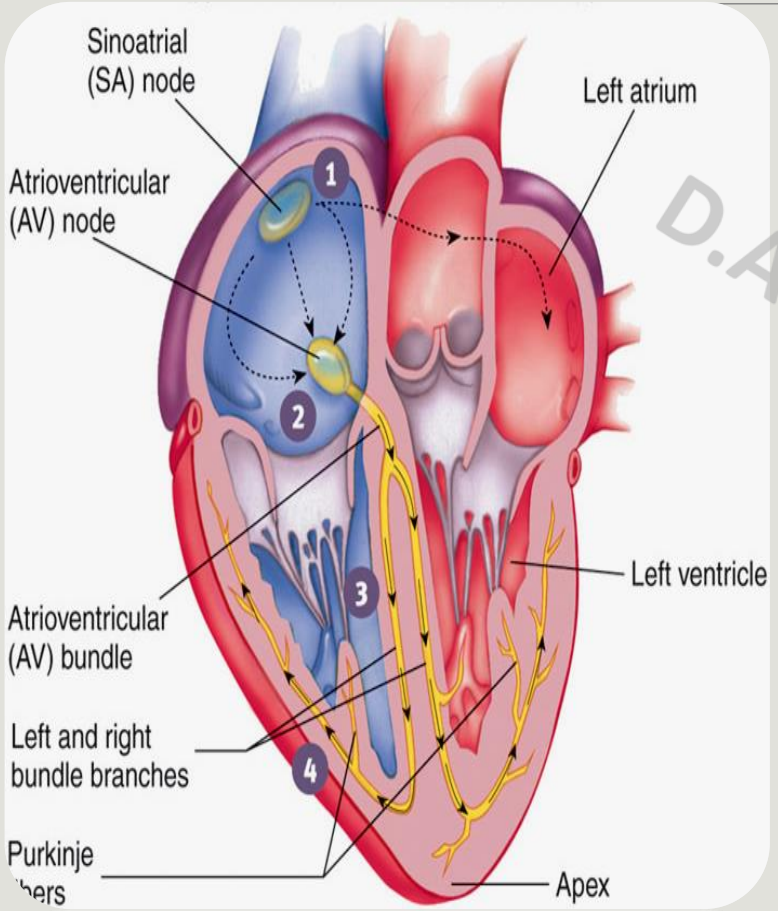
يتألف النسيج العقدي للقلب (الجهاز المتخصص بالادارة والنقل) من :

العقدة الجيبية الاذينية	Sinus Atrio Node
المسالك بين العقد	Interial Pathways
العقدة الاذينية البطينية	Aterio Ventricular Node
االحزمة الأذينية البطينية -	Atrioventricular Bundle
حزمة هيس	Hiss Bundule
ألياف بوركنج	Purkinje Fibers

.

النسيج العقدي

النسيج العقدي متخصص في الإثارة(توليد التنبيهات).
ونقل هذه التنبيهات عبر النسيج العقدي ويتألف من :



❖ :العقدة الجيبية : Sinus aterio Node :

تنشأ فيها الدفعات النظمية وهي الأسرع في إصدار التنبيهات .

تقع العقدة الجيبية في الجدار الخلفي العلوي للأذينة اليمنى عند اتصال الوريدالأجوف العلوي بالأذينة اليمنى

❖**المسالك بين العقد Internodal pathways :**

توصل التنبيه من العقدة الجيبية إلى العقدة الأذينية البطينية

❖**العقدة الأذينية البطينية : Atrioventricular Node**

أهم دورلها تأخير الدفعات القادمة من الأذينتين إلى البطينين ، بسبب أن سلبية كامن الراحة أقل بكثير من مثيله في باقي العضلة القلبية وعدد الاتصالات الفجوية بين الخلايا قليل نسبيا ، كما أنها تستطيع لعب دور Pacemaker بحال خلل ما في الناظمة SN

تقع العقدة الاذينية البطينية في قاعدة الاذينة اليمنى أسفل الحاجز الفاصل بين الاذينتين

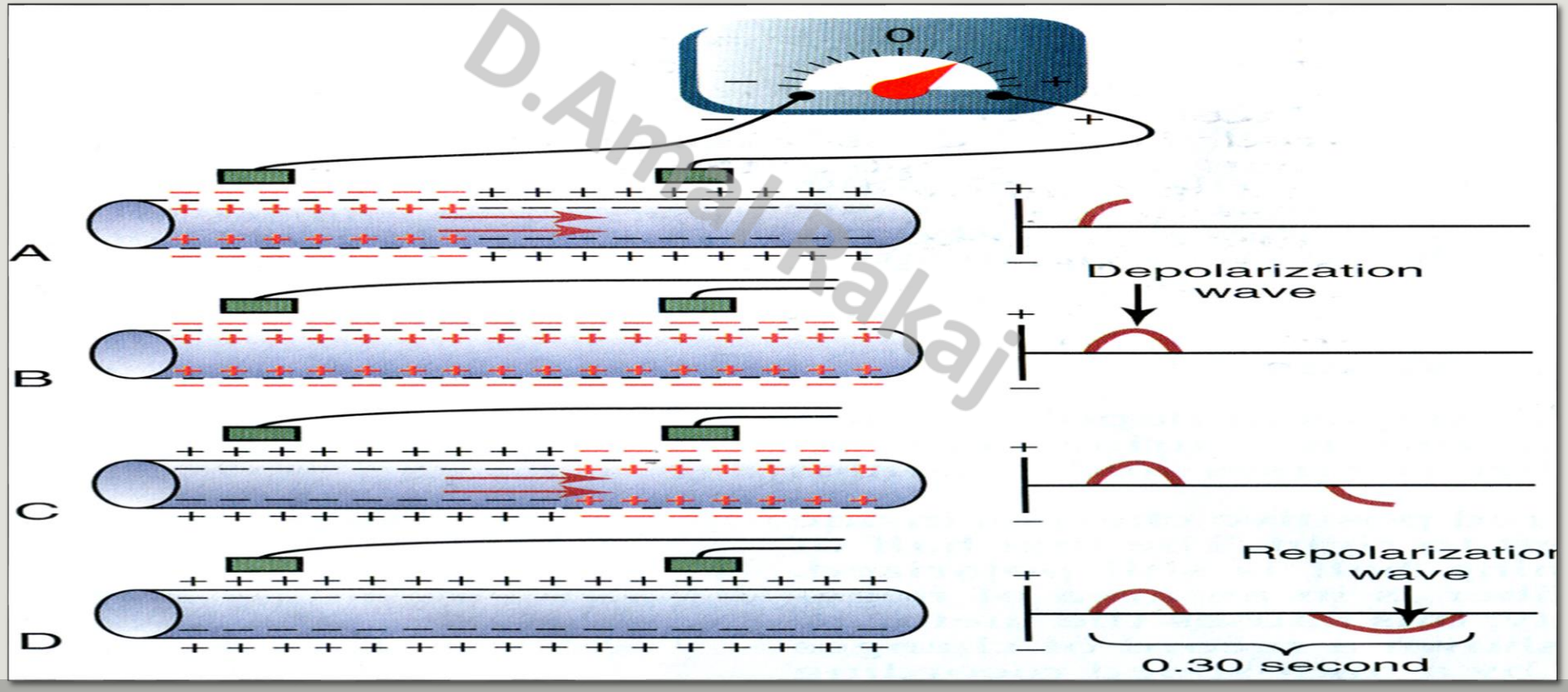
D.AmalRaky

❖ **الحزمة الأذينية البطينية** : Atrioventricular Bundle توصل التنبيه من الأذينتين إلى البطينين .عبر حزمة هيس

حزمة هيس **الحزمة اليسرى والحزمة اليمنى**-Hiss Bundule

الياف بوركنج: Left & Right Bundles of Purkinje Fibers

توصلان الدفعات إلى البطينين الحاويين على ألياف بوركنج الأسرع من أقسام القلب ، ويعتقد لأن هذه الألياف تحوي غزارة في الاتصالات الفجوية



D.Amal Rakaj

Action potentiel in autoRythmic cells : كمونات الفعل في الخلايا ذاتية النظم

تقسم عملية حدوث كمونات الفعل في خلايا ذاتية النظم إلى ثلاث مراحل:

١-مرحلة نشوء كمون الناظمة Pacemaker Potential

تعزى الخصائص المميزة للخلايا ذاتية النظم ، بمقدرتها الذاتية على نزع استقطاب أغشيتها الخلوية تلقائيا دون الحاجة لأي وسيط أو ناقل عصبي وذلك بدخول عفوي غريزي لشوارد الكالسيوم عبر Transition type ca channels أو قنوات T وشوارد الصوديوم بسبب قلة سلبية هذا الغشاء (- ٦٠ ميلي فولط) مقارنة بسلبية غشاء الألياف العضلية القلبية (والذي يبلغ -٨٥ الى -٩٠ ميلي فولط), كما تدخل شوارد الصوديوم عبر قنوات IF ،وهي قنوات تنفتح وتنغلق لفترة قصيرة عند الكامن - ٦٠ ميلي فولط ، ويكون الداخل من شوارد الصوديوم أكبر من الخارج من شوارد البوتاسيوم، مما ينقل كمون راحة غشاء هذه الخلايا (Resting Potential) من -٦٠ ميلي فولط إلى-٤٠ ميلي فولط ، وهنا يضرم كمون الناظمة Firing level أو Threshold potenial بدخول شوارد الكالسيوم لدى انفتاح قنوات الكالسيوم البطيئة Long – lasting type ca channels .

٢- مرحلة نزع استقطاب الغشاء وانعكاس استقطابه Depolarizaition and reversal of membrane potential

بعد بلوغ نزع استقطاب الغشاء الخلوي للناظمة -٤٠ ميلي فولط ، تبدأ شوارد الكالسيوم من القنوات البطيئة Long – lasting type ca channels بالتدفق من الوسط خارج الخلوي الى الوسط داخل الخلوي ، وحدوث نزع استقطاب Depolarizaition ويظهر الطور الصاعد لكمون الفعل ليصل إلى + ٢٠ ميلي فولط .

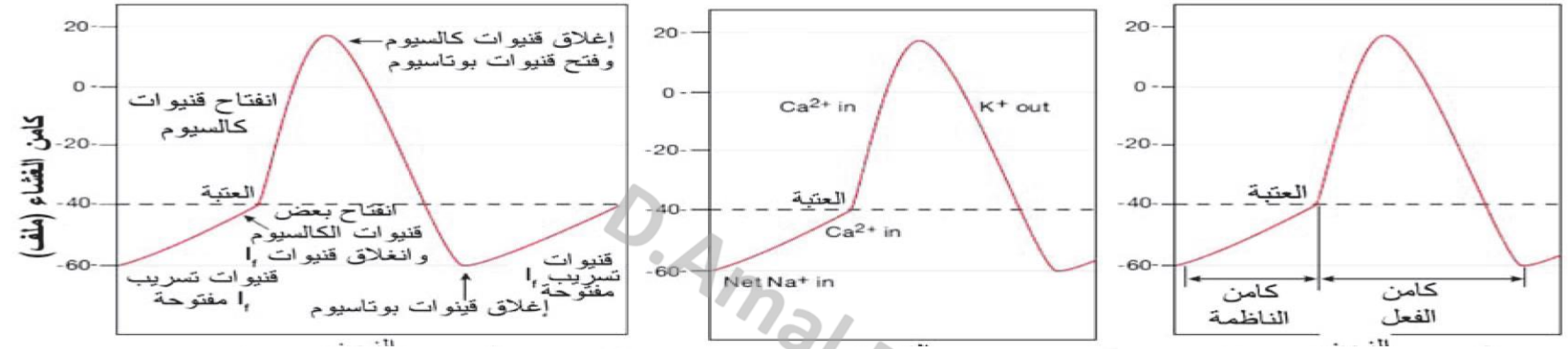
٣- مرحلة عودة الاستقطاب Repolarization

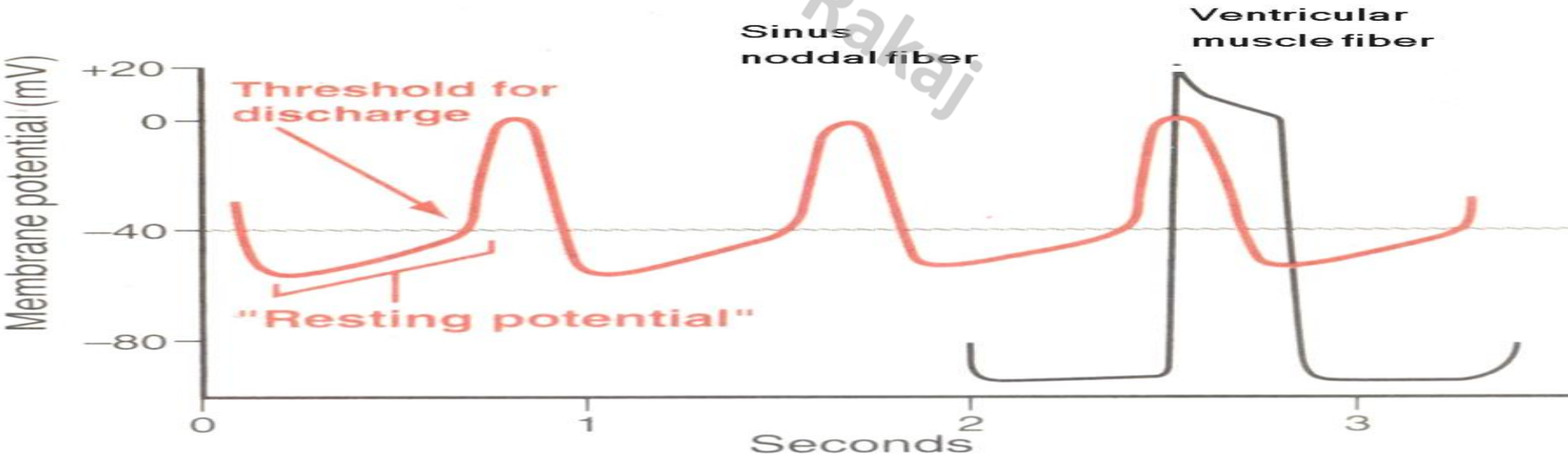
تتمثل في الطور النازل لمخطط كمون الفعل والمسؤول عنها انفتاح قنوات البوتاسيوم وخروجها ،مما يعيد كمون الغشاء إلى مرحلة عودة الاستقطاب Repolarization، تبقى قنوات البوتاسيوم مفتوحة عدة أعشار من الثانية مما يؤدي إلى زيادة مؤقتة في الشحنة السلبية داخل الخلايا مؤدية لفرط استقطاب Hyper polarization

وبعد انتهاء هذه المرحلة يبدأ غشاء الخلية ذاتية النظم دورة جديدة تتكرر فيها المراحل السابقة .

D.Amal Rakaj

ما الذي يمنح خلايا النسيج العقدي المقدرة على توليد التنبيه عضويّاً (تلقائيّاً) في غياب السيالة من النسيج العصبي ؟:





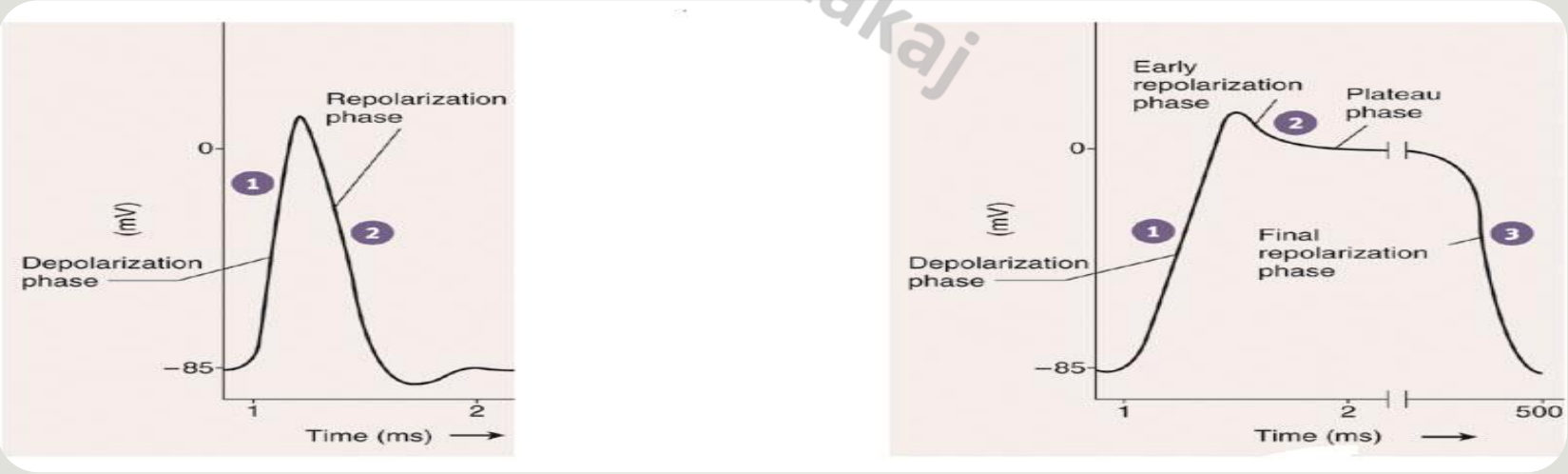
D.Amal Rakaj

كامن الفعل في العضلة القلبية: Cardiac Potential

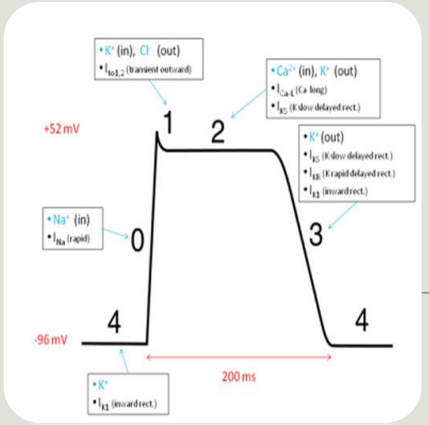
يتراوح كامن الراحة الغشائي للعضلة القلبية السوية **Resting Potential** بين (– ٨٥ و – ٩٥) ميلي فولط ، يبلغ كامن الفعل المسجل في العضلة البطينية ١٣٥ ميلي فولط، نتيجة انفتاح قنوات الصوديوم المبوبة فولطيا سريعة الانفتاح وسريعة الانغلاق ، وهذا يعني أن كامن الغشاء يرتفع من قيمته السوية السالبة جداً إلى قيمة موجبة قليلاً تعادل +٢٠ ميلي فولط ، (نتيجة انعكاس الاستقطاب الغشائي) ويبقى الغشاء مزال الاستقطاب بسبب دخول شوارد الكالسيوم عبر قنوات الكالسيوم البطيئة لمدة حوالي ٠,٢ ثانية في الألياف العضلية الأذينية و ٠,٣ ثانية في الألياف العضلية البطينية وذلك في فترة تدعى الهضبة كما يظهر في الشكل، وبنفس الوقت يبدأ عودة الاستقطاب **Rpolarization** ببدء خروج شوارد البوتاسيوم .

سبب حدوث الهضبة التوازن بين دخول شوارد الكالسيوم وبدء عودة الاستقطاب بخروج شوارد البوتاسيوم، وفي نهاية الهضبة يحدث عود استقطاب مفاجئ بانفتاح قنوات البوتاسيوم وخروج سريع لها مع انغلاق قنوات الكالسيوم البطيئة.

وإن وجود هذه الهضبة في كامن الفعل يسبب دوام التقلص العضلي في العضلة القلبية أكثر من العضلات الهيكلية ويمنع القلب من التكزز بحال ورود تنبيهات بفترة كامن الفعل



D.Amal Rakaj



مراحل كمون الفعل للعضلة القلبية Cardiac Action Potential

يمر كمون الفعل للعضلة القلبية بمرحلتين:

أولا- مرحلة زوال الاستقطاب Depolarization تتألف من 3 أطوار:

الطور0 : ناجم عن دخول سريع لشوارد الصوديوم إلى داخل الألياف العضلية القلبية ،حيث تتضاعف النفوذية لهذه الشوارد من ٥٠٠ إلى ٥٠٠٠ ضعف بسبب انفتاح قنوات الصوديوم السريعة المبوبة فولطيا في حين تنخفض نفوذية شاردة البوتاسيوم نحو خمس مرات ،الأمر الذي لا يحدث في العضلات الهيكلية ،

الطور 1 – يلي طور الذروة : ناجم انغلاق قنوات الصوديوم عند بلوغ انعكاس الاستقطاب الغشائي ذروته أي يصبح الوجه الداخلي للغشاء موجبا مقارنة مع وجهه الخارجي ، ودخول شوارد -CL وبدء عودة الاستقطاب بانفتاح قنوات البوتاسيوم ، ومن ثم يحدث انفتاح قنوات الكالسيوم البطيئة المبوبة فولطيا .

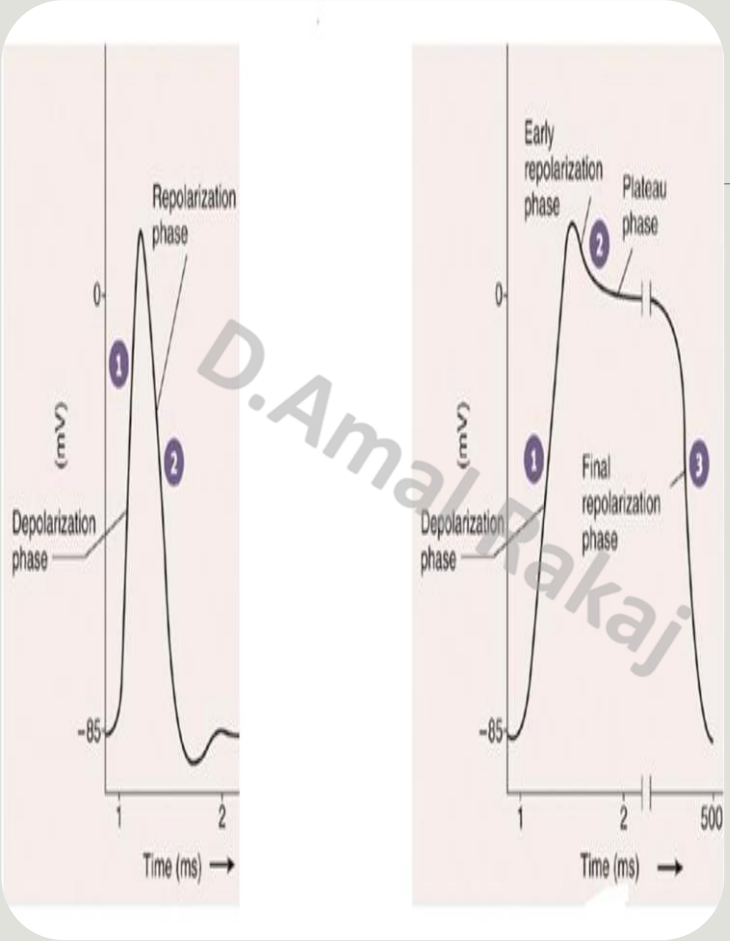
الطور 2 – يدعى طور الهضبة Plateau ويتم فيه انفتاح قنوات الكالسيوم بطيئة الانفتاح ، وتحرير الكالسيوم من الشبكة الهيولية العضلية ومن خارج الخلايا، وهنا يحدث توازن يدوم فترة الهضبة بين تدفق شوارد الكالسيوم النازع للاستقطاب وخروج شاردة البوتاسيوم الذي يعيد الاستقطاب.

يسبب وجود الكامن الهضبي إطالة مدة زوال الاستقطاب بشكل كبير مما يؤدي إلى استمرار تقلص عضلة القلب أكثر من استمرار تقلص العضلات الهيكلية، كما ذكرنا ويمنعها من الاستجابة لاي تنبيه، وبالتالي لا يمكن أن تتكزز ، علما أن شوارد الكالسيوم الداخلة في هذا الطور تعمل على إثارة عملية التقلص أيضا .

:

D.Amal Rakaj

ثانيا : مرحلة عودة الاستقطاب Repolarization



تتألف هذه المرحلة من طورين:

A- الطور (3) ينجم عن انغلاق قنوات الكالسيوم البطيئة وخروج سريع لشوارد البوتاسيوم لدى انفتاح قنواتها مؤدية إلى عودة الاستقطاب .وبنهاية هذا الطور تعمل مضخات الكالسيوم لإعادتها إلى الشبكة الهيولية العضلية وإلى ضخها خارج الخلايا .

B -الطور (4)عودة الاستقطاب يتوافق مع استرخاء ألياف العضلة القلبية ويتم به عودة **(Relaxation)** جميع الشوارد (K-Ca-Na) إلى وضعها البدئي قبل الإثارة وبعد الإنتهاء من ضخ كل أيونات الكالسيوم إلى مخازنها يتوقف التقلص العضلي وتسترخي العضلة .

يدعى مجموع **الأطوار 2-1-0 والثلث الأول من الطور3 فترة العصيان المطلق** **Absolutes Refractory periode**:
بينما يدعى **الثلثين الأخيرين من الطور 3 فترة العصيان النسبي** **Relative Refractory Period**

D.Amal Rakaj

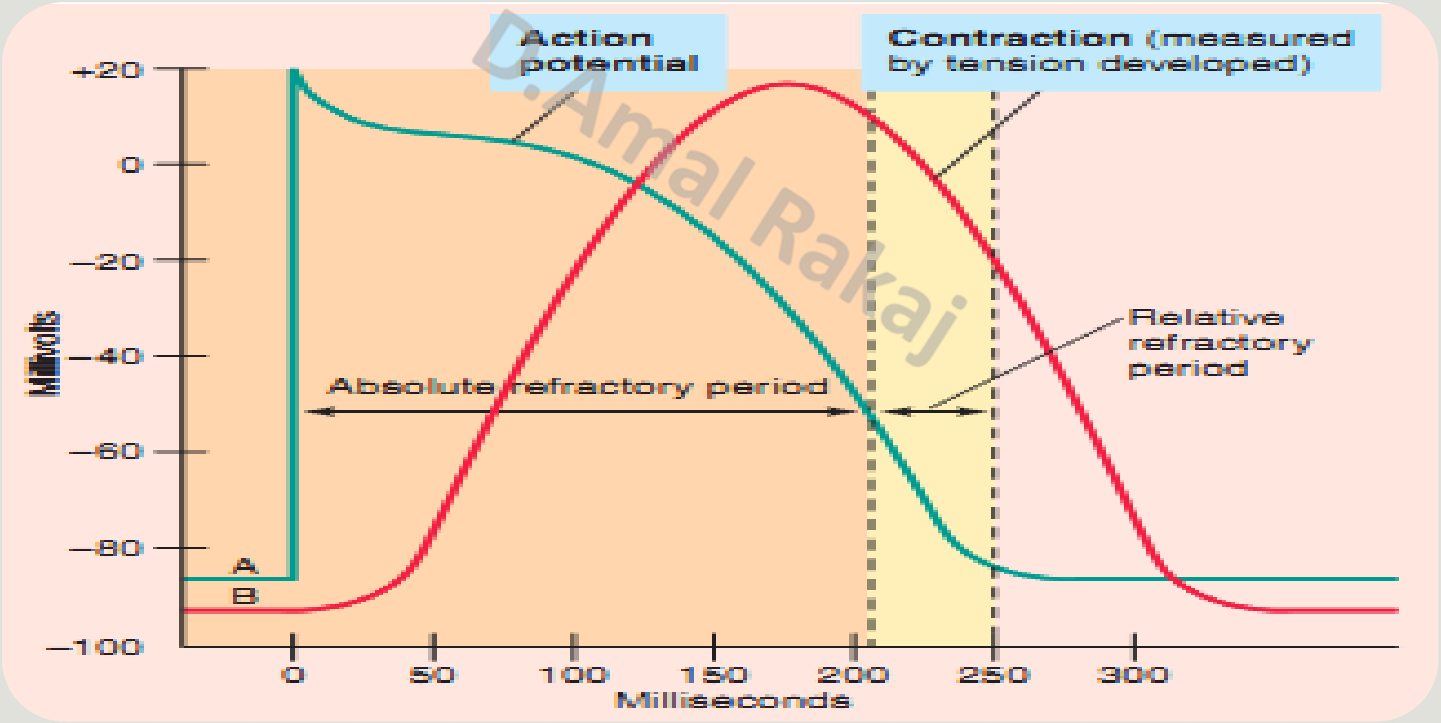
فترة عصيان العضلة القلبية Refractory Period

تشبه العضلة القلبية كلَّ النسج القابلة للإستثارة بأنها لا تستجيب في أثناء فترة كامن الفعل لأي تنبيه آخر مهما كانت شدته .

تدعى فترة العصيان المطلق **Absolutes Refractory Periode**.

تقدر فترة العصيان المطلق السوية للبطين بحوالي ٢٥٠ إلى ٣٠٠ ميللي ثانية (مقابل ٢– ٥ ميللي ثانية لألياف العضلات الهيكلية) ، وهذه هي مدة كامن الفعل تقريباً . إضافة إلى ذلك هناك فترة عصيان أخرى تسمى فترة العصيان النسبي:

Relative Refractory Periode تقدر بحوالي ٠ ٥ ميللي ثانية تكون خلالها استثارة العضلة القلبية أصعب من الحالة السوية، ولكن يمكن إثارتها بمنبه شدته أعلى من شدة المنبه الفيزيولوجي السوي.

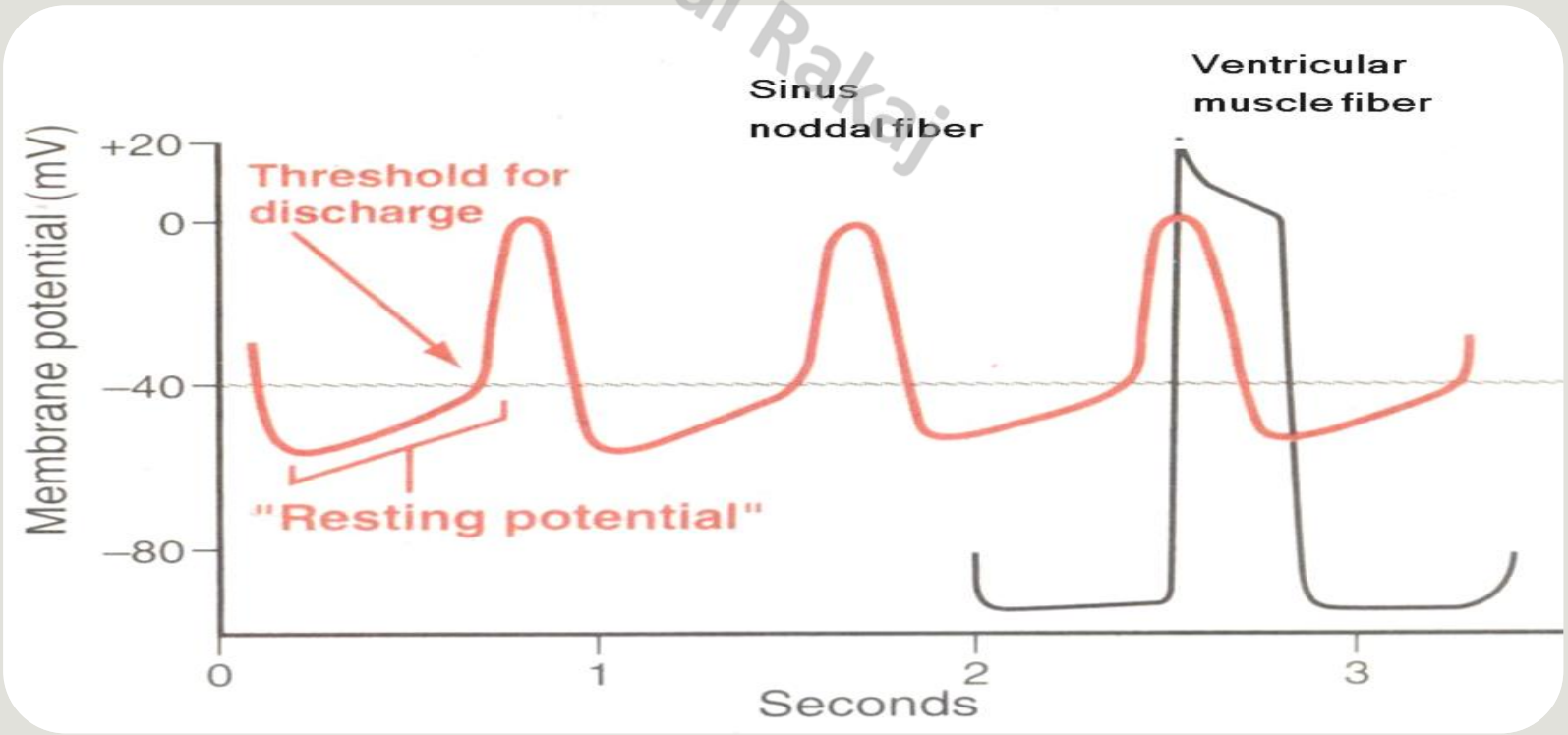


D.Amal Rakaj

مقارنة كامن الفعل في ألياف العقدة الجيبية بكامن الفعل بالالياف العضلية البطينية

يبين الشكل التالي كامن فعل مسجل من ليف عقدي جيبي لثلاث ضربات قلبية ,وكامن فعل واحد لليف عضلي بطيني للمقارنة . يظهر في الشكل أن كامن الراحة لألياف العقدة الجيبية ذو سلبية تعادل ما بين – ٥٥ إلى ٦٠ ميلي فولط مقارنة مع كامن الراحة للألياف البطينية ذو سلبية تعادل من –٨٥ الى –٩٠ ميلي فولط.

D.Amal Rakaj



سرعة النقل في العضلة القلبية

إن سرعة نقل كامن الفعل في كل من الألياف العضلية الأذينية والبطينية حوالي ٠.٣ –٠.٥ متر/ثا

في حين تكون سرعة النقل في جهاز التوصيل المتخصص من ٠.٠٥ إلى ٤ متر في الثانية.

Tissue	Conduction Rate (m/s)
SA node	0.05
Atrial pathways	1
AV node	0.05
Bundle of His	1
Purkinje system	4
Ventricular muscle	1

D.Amal Rakaj

دور الجهاز العصبى المستقل فى تعديل النظم القلبى
Autonumic Neurotransmetters Modulat Heart Rate

يمكن زيادة سرعة زوال الإستقطاب وبالتالي تسريع القلب بزيادة نفوذية الخلايا ذاتية النظم لشوارد الكالسيوم والصوديوم ،وبهذه الآلية يسرع تنبيه الجهاز العصبي الودي القلب.

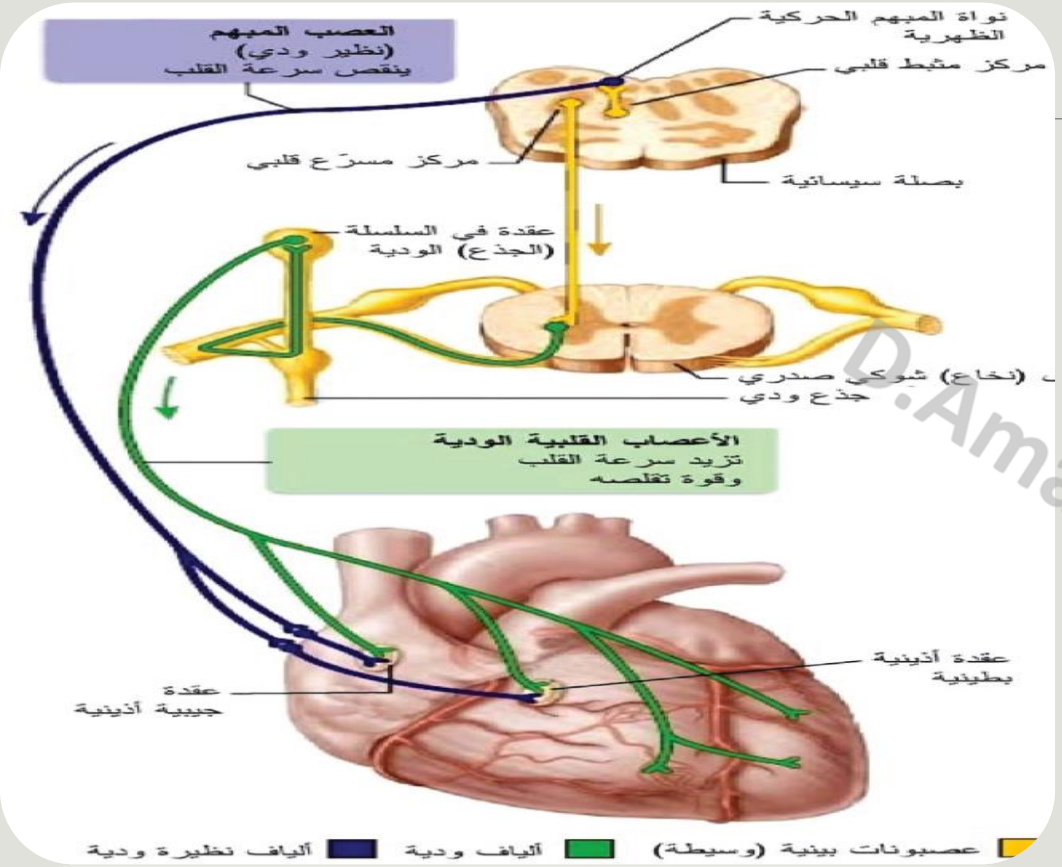
في حين أن تناقص النفوذية لهذه الشوارد أو زيادة النفوذية لشوارد البوتاسيوم تبطىء زوال الإستقطاب ، ومن ثم تبطىء سرعة القلب ، وبهذه الآلية يبطىء التنبيه اللاودي سرعة القلب .

علما أن الوسيط الكيميائي للجملة اللاودية هو الأستيل كولين،والوسيطين الكيميائيين للجملة الودية هما النورادرينالين (النورابينيفرين) المفرز من النهايات العصبية الودية والأدرينالين (الابينيفرين) المفرز من لب الكظر.

يؤدي التنبيه الودي لخلايا ناظم خطا القلب إلى زيادة سرعة القلب، فالنورابينيفرين والابينيفرين يزيدان من نفوذية شوارد الكالسيوم عبر قنوات **T مع شوارد الصوديوم عبر قنوات IF** ومن ثم عبر قنوات الكالسيوم البطيئة **Long – lasting type ca channels**

يسرع الدخول السريع لهذه الشوارد حدوث زوال الاستقطاب ، ويسبب الوصول إلى العتبة بشكل أسرع ، مما يؤدي إلى زيادة معدل إطلاق كوامن الفعل، فيزداد معدل دقات القلب ،وتزداد خصائص العضلة القلبية كالقلوصية والناقلية والاستثارية لأن العصب الودي يعصب كل أجزاء القلب ، في حين أن العصب اللاودي يعصب فقط الجزء العلوي من القلب، لذلك يكون دوره واضح في إنقاص سرعة القلب ،بينما يكون تأثيره ضعيف على خصائص العضلة القلبية الأخرى .

D.Amal Rabai



يوجد مركز مسرع ومركز مثبط للقلب في البصلة السيسائية:

يرسل المركز المسرع إيعازاته إلى عصبونات ودية في مستوى القطعتين الشوكيتين الصدريتين ٥ و٦، ومن ثم تتشابك محاوير هذه العصبونات مع عصبونات بعد عقدية في الجذع الودي الرقبي والصدري العلوي ، ومن هناك تغادر ألياف عصبية بعد عقدية إلى :

١ - العقدة الجيبية الأذينية

2-العقدة الأذينية البطينية

3 -ألياف العضلة القلبية

يرسل المركز المثبط القلبي ايعازاته إلى نواة العصب المبهم الذي يرسل سيالة مثبطة إلى القلب عبر تفرعات المبهم إلى:

١-العقدالجيبية الاذينية

٢-العقدةالاذينية البطينية

D.Amal Rakaj

تأثير الجملة العصبية الودية على القلب

النورأدرينالين ناقل كيميائي يفرز من النهايات العصبية الودية باستثناء لب الكظر الذي يفرز الأدرينالين

- يؤثر على المستقبلات الودية ألفا في جدر الأوعية الدموية
- تأثير ضعيف في المستقبلات الودية بيتا

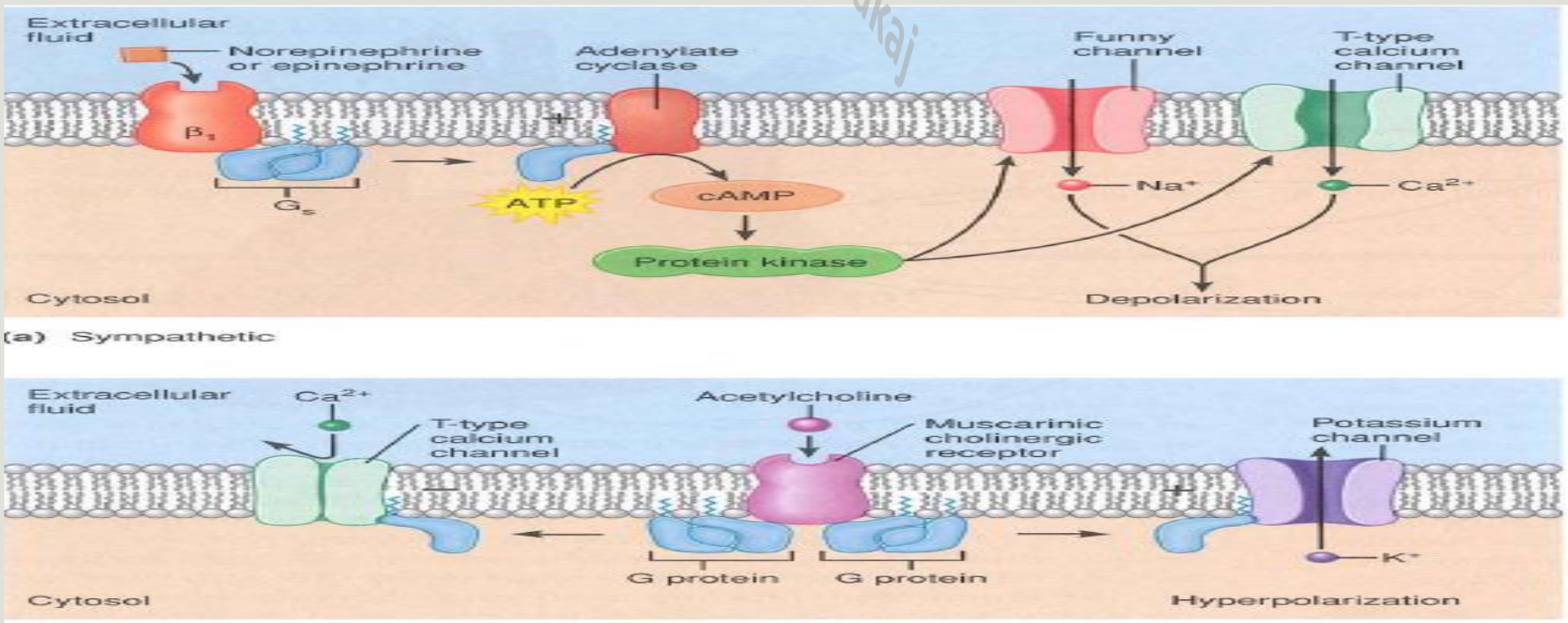
الأدرينالين ناقل كيميائي يفرز عند تنبيه لب الكظر

- يؤثر على المستقبلات الودية ألفا و بيتا بدرجة متساوية
- تأثيره على القلب أكثر أهمية من تأثير النورأدرينالين لأن المستقبلات السائدة هي من : نمط B1

D.Amal Rakaj

آلية تأثير الأدرينالين والنورأدرينالين :

يؤدي ارتباط هذه الكاتيكولامينات خاصة الابينيفرين (الادرينالين) بمستقبلاتها الأدرينرجية من النمط B1 الموجودة في أغشية الخلايا ذاتية النظم إلى تفعيل أنزيم أدنيل سيكلاز بتوسط البروتين ج مؤديا إلى زيادة اصطناع أحادي الفوسفات الحلقي cAMP الذي يعمل داخل الخلايا كمرسال ثان مؤديا إلى تفعيل البروتينات كيناز التي تسبب فسفرة أقنية الكالسيوم ، مما يسبب زيادة بدخول شوارد الكالسيوم وشوارد الصوديوم إلى داخل هذه الخلايا، والنتيجة زيادة في سرعة زوال الاستقطاب، مما يؤدي الى تسريع ضربات القلب ، وزيادة في القوة التقلصية للعضلة القلبية وسرعة توصيل الإشارة وبالتالي يزداد نتاج القلب وتزداد حاجته للاوكسيجين .

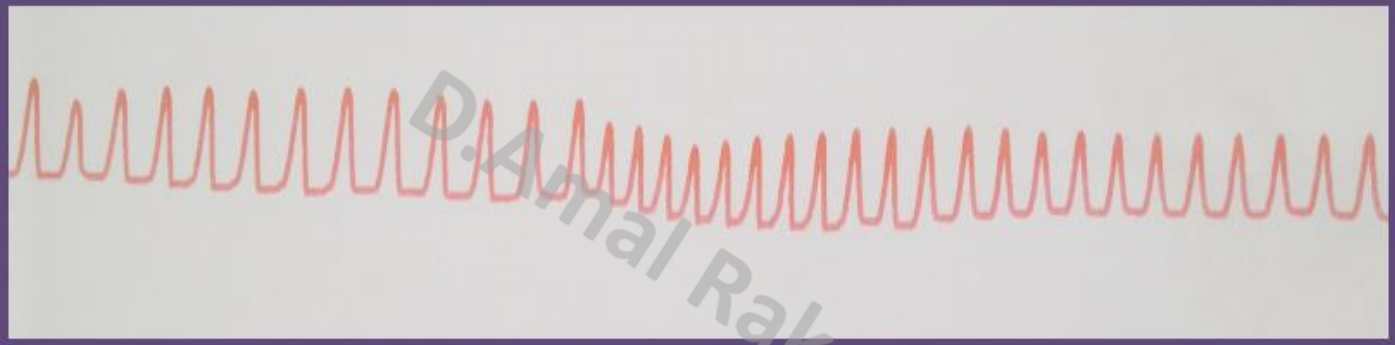


الأدرينالين

D.Amal Rakaj

زيادة عدد ضربات القلب في الثانية
زيادة قوة النبضة.
زيادة الاستقلاب في عضلة القلب .
زيادة سرعة انتشار التنبيه عبر السبل الناقلة
زيادة استهلاك الأكسجين في العضلة القلبية .

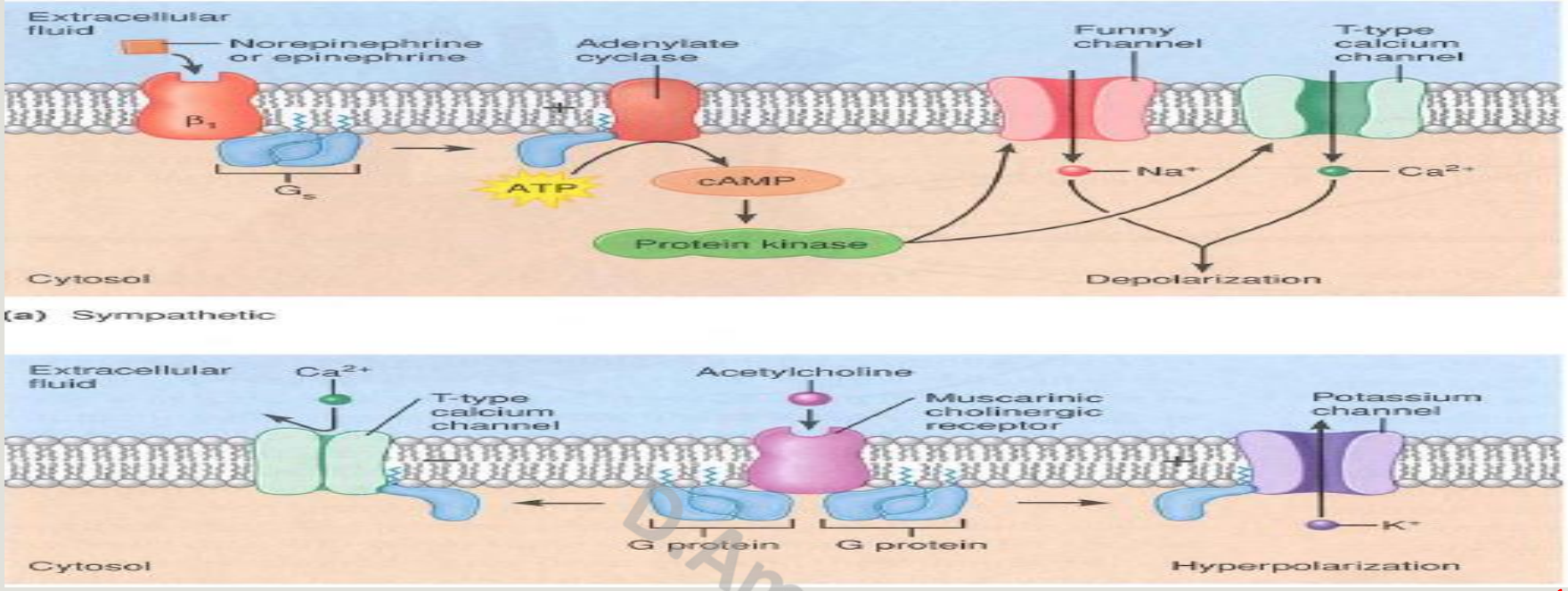
الأدرينالين



Dr.Amal Rakaj

تأثير الأدرينالين في النظم القلبي، لاحظ التسرع الذي يظهر مع الزمن إضافة إلى زيادة السعة

تأثير الجملة العصبية اللاودية على القلب

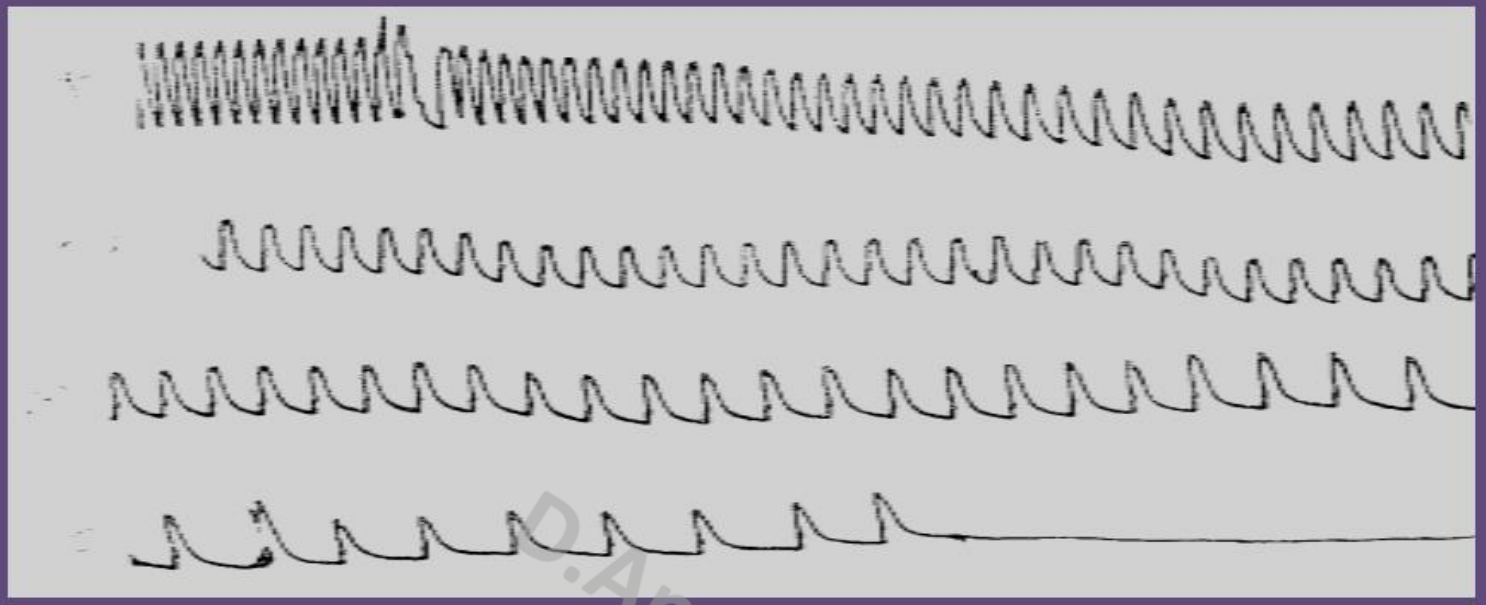


Dr.Amal Refaat

آلية تأثير الاستيل كولين

يفعل الأستيل كولين في القلب مستقبلات موسكارينية من النمط M2 الموجودة في أغشية الخلايا ذاتية النظم ،مما يزيد نفوذية الأغشية الخلوية للبوتاسيوم عبر مدروجها إلى خارج الخلايا ،وهذا يزيد الشحنة الموجبة على السطح الخارجي للغشاء الخلوي وزيادة الشحنة السالبة على سطحه الداخلي ،وهذا ما يسمى بحالة فرط استقطاب..Hyperpolarization، وحينئذ يبدأ نشوء كامن ناظمة الخطى عند قيمة أكثر سلبية (-٧٥ميلي فولط مثلا) وهذا يفسر معظم تأثيرات تنبيه المبهم السلبية ، ونتيجة لذلك ولانخفاض نفوذية الأغشية لشوارد الكالسيوم في الوقت نفسه تتباطىء سرعة زوال الاستقطاب.

إن اجتماع هاتين الظاهرتين (زيادة نفوذية البوتاسيوم وانخفاض نفوذية الكالسيوم) يجعل الوصول إلى العتبة يتطلب زمنا أطول ، ويؤخر بدء كامن الفعل في الخلايا ذاتية النظم ،ويبطىء معدل ضربات القلب وينقص بشكل خفيف قوته التقلصية وبالتالي ينخفض نتاج القلب وتنقص حاجته للاوكسيجين .



تأثير التراكيز المتزايدة من الأستيل كولين في النظم القلبي للضفدع من النظم الطبيعي بداية(آ) إلى توقف القلب في نهاية(د).

D.Amal Rakai

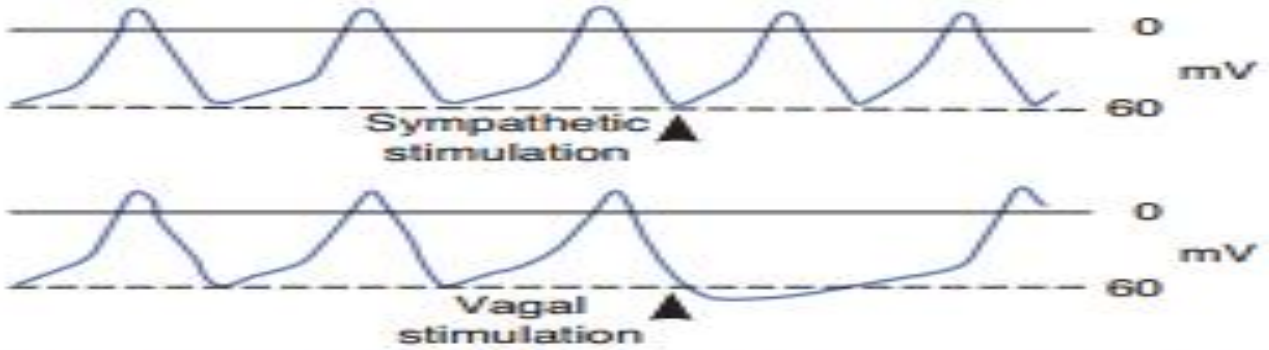


FIGURE 30–3 Effect of sympathetic (noradrenergic) and vagal (cholinergic) and sympathetic (noradrenergic) stimulation on the membrane potential of the SA node. Note the reduced slope of the prepotential after vagal stimulation and the increased spontaneous discharge after sympathetic stimulation.

- **الخصائص الفيزيولوجية للعضلة القلبية**
- تتميز العضلة القلبية بأربع خصائص أساسية تكسبها المقدرة على القيام بوظائفها وهي :

أولا : الاستثارية : : Excitability

الاستثارية تعني أن يستجيب القلب لمنبه ذو شدة معينة فوق العتبة ومدة معينة

تزول هذه القابلية دوريا أثناء فترة العصيان Refractory Periode

ثانيا : القلوصية Contractibility

يستجيب القلب لمنبه كافي (فوق العتبة) بالتقلص لاحتوائه على الخيوط البروتينية اللازمة للتقلص (الاكتين والميوزين) ولا تزداد هذه الاستجابة إذا زادت شدة المنبه ، أي أن **القلب يخضع لقانون الكل أو لا شيء**

علما أن قوة تقلص العضلة القلبية يمكن أن تزداد لكن ليس بزيادة شدة المنبه، وإنما بتأثير عوامل أخرى أهمها:

طول الليف قبل بدء التقلص ، (قانون فرانك – ستارلنغ)

زيادة تركيز شوارد الكالسيوم داخل الليف القلبي .

توافر الأدرينالين أو الديجيتالين ، حيث يزيدان من قوة تقلص القلب ،

توافر الكحول والسموم ونقص الاوكسيجين ينقص من قوة تقلصه .

D.Amal Rakaj

ثالثا : التلقائية (الذاتية): : Automaticity

يمتلك القلب مقدرة على تفعيل ذاته بذاته دون الحاجة لمنبه خارجي ، يعود ذلك لوجود جهاز عقدي خاص مكون من ألياف عضلية تميزت وفقدت مقدرتها على التقلص، وتخصصت بإ طلاق كوامن الفعل وتوصيلها .أسرعها تواترا هو معدل إطلاق العقدة الجيبية الاذينية **Sinus aterio node**، لذلك تعمل هذه العقدة كناظم خطا .

وهي تطلق تنبيه كل ٠,٨٥ ثانية .

وبالطبع فإن معدل ضربات القلب يوافق معدل التنبيهات الصادرة عن هذه العقدة ، في الحالة السوية يساوي هذا المعدل نحو ٧٠ نبضة / دقيقة . إذا توقفت هذه العقدة عن العمل لسبب ما تسيطر العقدة الأذينية البطينية **Aterioventricular node** على النظم لكن بمعدل إطلاق أقل وذلك بحوالي من (40-60) نبضة/ دقيقة .

يتأثر معدل النظم وانتظامه بعوامل كثيرة مثل :درجة توفر الاوكسيجين ، تراكم الشوارد ، ولا سيما الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم والهيدروجين ودرجة الحرارة .

Dr.Amal Rakaj

رابعا : التوصيلية (قابلية النقل أو التوصيل) Conductibility

ينتشر التنبيه المتولد في العقدة الجيبية الأذينية **Sinus aterio node** *ويصل عبرالمسالك بين العقد إلى العقدة الأذينية البطينية* **Aterioventricular node**' *حيث يؤخر التنبيه فيها قليلا للسماح لحدوث الانقباض الأذيني قبل الإنقباض البطيني , ثم يمر التنبيه عبر الحزمة الاذينية البطينية* **Atrioventricular Bundle** إلى حزمة هيس*Hiss Bundule, ومن ثم إلى البطين ,فألياف بوركنج* Left & Right Bundles of Purkinje Fibers *حيث تصبح سرعة التوصيل عالية جدا , ومنها إلى الجزء الداخلي من ألياف العضل البطيني , ومن هذه الأخيرة يواصل التنبيه انتشاره إلى ما تبقى من الألياف العضلية القلبية .*

يسمح هذا الانتشار بتقلص متواقت للبطينات ' وبالنتيجة تعمل العضلة القلبية كليف عضلي واحد .

الدورة القلبية ونتاج القلب The cardiac cycle

الدورة القلبية : هى الفترة التى تتضمن :

انقباض القلب : **Systole** =٠,٤ من الثانية واسترخاءه **Diastole** = ٠,٤ من الثانية.

أي أن القلب يتقلص ويسترخي لنفس الزمن، وهي تتعلق بشكل أساسي بعدد ضرباته / دقيقة

نستطيع حساب الدورة القلبية بقسمة ٦٠ على عدد ضربات القلب.

ويكون معدل ضربات القلب عند الإنسان السوي بين ٦٠ و١٠٠ ضربة بالدقيقة ، وتتضمن طور الانقباض الأذيني ،وطور الانقباض البطيني، وطور الاسترخاء الأذيني البطيني .

طور الانقباض الأذيني: Atrial contraction

يندفع ٧٠%من الدم بشكل منفعل من الأذينات إلى البطينات نتيجة ارتفاع ضغط الدم في الأذينات مقارنة بالبطينات ، ولكن حتى يمتلأ البطينات بشكل كامل فعلى الأذينات أن تتقلص لدفع ما تبقى لديها من الدم ،الأمر الذي يدفع إلى البطين كمية إضافية من الدم المتبقي في الأذينة ويمثل ذلك ٣٠% من الإمتلاء البطيني التام ،وهناك تزامن في انقباض الأذينات.

يستمر الإنقباض الأذيني ٠.١٥ثانية يكون البطينان في حالة استرخاء ، يندفع الدم نحو البطينين عبر الصمامات الأذينية البطينية في حين تكون الصمامات السينية مغلقة .

D.Amal Rakaj

طور الانقباض البطيني Ventricular Systole

يستمر هذا الطور نحو ٠,٣ ثانية يكون خلاله البطينان في حالة انقباض (في حين تبدأ الأذينتان بالاسترخاء) .

ارتفاع مدروج ضغط الدم في البطينين يدفعه لدخول الجذع الرئوي والأبهر عبر الصمامات السينية التي تكون مفتوحة بينما تكون الصمامات الأذينية البطينية مغلقة في هذا الطور .

يؤدي انقباض البطينين إلى قذف ثلثي محتواهما من الدم الذي يسمى :

بحجم النفضة أو الضربة أو الدفقة : **Stroke Volume**

وهي تساوي تقريبا ٧٠ مل عند الفرد البالغ بحالة الراحة ،وهو حجم الدم الذي يدفع به البطين في ضربة واحدة .

يدعى الثلث المتبقي من كمية الدم في البطينين بعد القذف بحجم نهاية الانقباض **End Systolic Volume**

أو Residual volume ، وهو نفسه الحجم الثمالي ، ويساوي تقريبا (٤٠ – ٥٠ مل) في كل بطين.

بعد امتلاء البطينات بشكل سوي يصبح حجم كل بطين ١١٠ -١٢٠ مل تقريبا ، يعرف هذا الحجم بحجم نهاية الانبساط **End Diastolic volume.**

ومنها حجم الدفقة = حجم نهاية الانبساط –حجم نهاية الانقباض (الحجم الثمالي أو المتبقي)

وهي تساوي تقريبا ٧٠ مل عند الفرد البالغ بحالة الراحة.

D.Amal Rakaj

طور الاسترخاء الاذيني البطيني : Atrial and Ventricular Relaxation

يكون الأذينان والبطينان خلال هذا الطور في حالة استرخاء ، ويكون الضغط في كل الأجواف القلبية منخفضا

يملأ الدم العائد من الأجوفين العلوي والسفلي ومن الجيب الإكليلي الأذين الأيمن ، بينما يملأ الدم العائد من الأوردة الرئوية الأذين الأيسر .

يؤدي ارتفاع الضغط الناجم عن امتلاء الأذينين إلى انفتاح الصمامات الأذينية البطينية ، فيمر الدم بشكل منفعل إلى البطينين .

على الرغم من أن أغلب الدم يدخل البطينان عندما يكون الأذينان في حالة استرخاء فان ٣٠% من الإمتلاء يحدث عند انقباض الأذينين .

ولأجل إتمام الانقباض الأذيني يأتي دور العقدة الأذينية البطينية في تأخير نقل التنبيه إلى البطينات .

Dr.Amal Rakaj

نتاج القلب Cardiac Output

نتاج القلب هو حجم الدم الذي يضخه البطين خلال دقيقة واحدة (تضخ الكمية نفسها من الدم من كل بطين).

ويعتمد النتاج القلبي على العاملين التاليين:

معدل ضربات القلب : (عدد ضربات القلب بالدقيقة)

حيث يزداد نتاج القلب بزيادة هذا المعدل, لكن ضمن حدود ، لأنه إذا ارتفع المعدل كثيرا يقل زمن وحجم الانبساط القلبي ويتناقص حجم النفضة (حجم الضربة أو الدفقة) **Stroke Volume** وبالتالي يتناقص النتاج القلبي .

حجم النفضة : النفضة هي كمية الدم التي يضخها البطين بضربة واحدة وتعادل تقريبا ٧٠ مل .

إذن يزداد نتاج القلب بزيادة كل من معدل ضربات القلب وحجم النفضة . أي بزيادة كل من :

١- زمن الامتلاء ٢- حجم الدم الجائل ٣ - العود الوريدي Venous Return ٤ - التقلص الأذيني

٥- طول الألياف قبل التقلص ٦ - القوة القلصية للعضلة القلبية .

- وعوامل أخرى مثل درجة الحرارة ،التنبيه الودي ، الديجيتالين ، الحمل القبلي (درجة تمطط الألياف قبل التقلص) والحمل البعدي (المقاومة التي يواجهها ضخ الدم من القلب عند ارتفاع ضغط الدم)

نتاج القلب = حجم النفضة × معدل ضربات القلب

Dr Amal Rakaj

المنسب القلبي = نتاج القلب / مساحة الجسم

نستطيع مقارنة نتاج القلب عند أشخاص مختلفي القامة وذلك بحساب نسبة نتاج القلب إلى مساحة سطح الجسم (تعطى المساحة من جداول خاصة حسب طول ووزن الشخص) .

وبذلك نحصل على ما يسمى بالمنسب القلبي **Cardiac Index**

وهو عند رجل وزنه ٧٠ كغ ومساحة سطحه ٢,١٧م بـ ٣ لتر /د / م٢ وعند المرأة أقل بقليل .

تقدر قيمة النتاج القلبي وسطيا بنحو25، 5 لتر،هذه الكمية تعادل حجم الدم الإجمالي في جسم الإنسان . يضخ البطين الأيمن في كل دقيقة 25، 5 لترمن الدم عبر الدوران الرئوي كما يضخ البطين الأيسر 25، 5 لتر في كل دقيقة في الدوران الجهازي .

وهذا يمثل نتاج القلب فقط في حالة الراحة.

يتفاوت النتاج القلبي بسبب تفاوت حجم النفضة ومعدل دقات القلب .

تنظيم نتاج القلب

كل العوامل التي تؤثر في سرعة القلب وحجم الضربة القلبية تؤثر على نتاج القلب :

- **التنبيه الودي :** يؤدي التنبيه الودي المرافق للهلع والخوف والغضب إلى زيادة سرعة القلب وزيادة حجم الضربة ، سينعكس ذلك بصورة ايجابية على كمية الدم التي يضخها القلب إلى الأبهر والرئوي وبصورة إيجابية على كل خصائص العضلة القلبية .

- **التنبيه نظير الودي :** يؤدي تجاوز الأزمات والعودة إلى حالة السواء إلى إبطاء القلب، أي إلى انخفاض سرعة القلب ونتيجة لذلك يتحسن الامتلاء البطيني ويزداد حجم الضربة بشكل غير مباشر نتيجة ازدياد قوة تقلص القلب ، ويحدث نوع من الاتزان بين إبطاء سرعة القلب التي تنقص النتاج وزيادة زمن وكمية الامتلاء البطيني الذي يزيد حجم الضربة وبالتالي يرفع نتاج القلب.

- **العود الوريدي : Venous Return**

- يزداد تمطط الألياف العضلية البطينية بازدياد كمية الدم العائدة إليه ويحسن ذلك قوة الضربة القلبية (قانون فرانك -ستارلنغ) وبالتالي يزداد نتاج القلب

من أهم العوامل المؤثرة في في العود الوريدي : مدروج الضغط الدموي ، المضخة العضلية والتنفسية ، وضع الجسم ، حجم الدم .

- **سرعة القلب Heart Rate** تؤدي سرعة القلب المفرطة إلى تناقص العود الوريدي وتناقص حجم الضربة القلبية والنتاج ، بالمقابل يولد تباطؤ القلب أثرين متعاكسين : الأول مباشر ينقص نتاج القلب ، والثاني يرفع نتاج القلب نتيجة زيادة زمن وحجم الامتلاء البطيني وتمدد الألياف البطنية .

D.Amal Rakaj

سرعة القلب Heart rate

تتعلق سرعة القلب بالعديد من العوامل منها :

- **عوامل عصبية :** تعمل من خلال المنعكسات كمستقبلات الضغط والمستقبلات الكيميائية وتفعيل الآليات نظيرة الودية والودية .
- **حرارة الجسم :** (الحمى) تزيد من سرعة القلب .
- **الهرمونات:** (الكاتيكولامينات) والهرمونات الدرقية تسرع القلب .
- **الأدوية مثل** مثل حاصرات بيتا **Beta blockers** التي تنقص سرعة القلب .**والديجيتالين** الذي ينقص سرعة القلب ويقوي ضربته .

D.Amal Rakaj

- **حجم الدم :** يؤدي هبوط حجم الدم المفاجئ نتيجة النزف الدموي الشديد إلى هبوط ضغط الدم, وتناقص العود الوريدي وتناقص في حجم الضربة القلبية مما يؤدي إلى انخفاض في نتاج القلب ، إلا أن ذلك ينبه الجهاز العصبي الودي لمعاكسة الآثار السابقة وتحسين نتاج القلب.
- **ضغط الدم :** يؤدي هبوط ضغط الدم المفاجئ إلى تناقص العود الوريدي وحجم الدفقة مما يؤدي إلى انخفاض في نتاج القلب, بيد أن التنبيه الودي المرافق يعيد نتاجه إلى الحالة السوية عن طريق زيادة بسرعة القلب .
- **التمرين :** يرفع التمرين الرياضي نتاج القلب من خلال تنبيه الودي وزيادة سرعة القلب وحجم ضربته
- **الأيونات :** يؤدي ارتفاع مستويات الكالسيوم الكبير لتعرض القلب لتقلصات تشنجية خطيرة كذلك يؤدي الخلل في مستويات البوتاسيوم والصوديوم إلى اضطرابات قلبية .

تأثير الايونات المختلفة في وظيفة القلب Effect of various ion on heart function

تأثير شوارد البوتاسيوم :

نعلم دور شوارد البوتاسيوم في عودة الاستقطاب وإن زيادة شوارد البوتاسيوم خارج الخلوي تبطء سرعة القلب، ويمكن أن يتباطىء نقل التنبيه من الأذينات إلى البطينات عبر الحزمة الاذينية البطينية .

ان ارتفاع تركيز البوتاسيوم لضعفين او ثلاثة يسبب الضعف القلبي والنظم الشاذ وقد يسبب الموت .

تأثير شوارد الكالسيوم :

وجدنا أهمية شاردة الكالسيوم في عمل القلب وتقلصه ,وفي طور الهضبة لإطالة فترة التقلص, ولمنع عضلة القلب من التكزز ، وبما أن الشبكة الهيولية للقلب فقيرة بالكالسيوم مقارنة بالشبكة الهيولية للالياف العضلية المخططة ،و نظرا للحاجة الماسة لهذه الشاردة لذلك فان زيادة تركيز الكالسيوم بالسائل خارج الخلوي يزيد من القوة التقلصية للعضلة القلبية واذا استمرت هذه الزيادة يسير القلب نحو تقلص تشنجي.

تأثير شوارد الصوديوم :

نعلم دور شوارد الصوديوم في زوال الاستقطاب السريع للألياف العضلية القلبية وفي زوال الاستقطاب التدريجي للناظمة مع شوارد الكالسيوم للوصول إلى Firing level

إن إرواء قلب الضفدع بسائل مغذ يحتوي على الكالسيوم والبوتاسيوم عاجز عن تأمين استمرار تقلص القلب

كما أن إرواء القلب بسائل يحوي كلور الصوديوم فقط يؤدي بالتدريج الى تناقص سعة تقلصاته بالتدريج إلى أن يتوقف القلب بحالة استرخاء .

نستنتج مما سبق أن شوارد الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم مجتمعة وبتراكيز معينة ضرورية لقيام القلب بوظيفته .

Dr.Amal Rakaj

❖ الهرمونات والنواقل العصبية Hormones and Neurotransmitters

يؤدي الـ **Catecholamines** (الابينيفرين والنورابينيفرين) إلى زيادة في سرعة القلب, وفي حجم ضربته كما يزيدان بمجموع خصائص العضلة القلبية .

D.AMAL RAKAJ

في حين أن **الاستيل كولين** **Acetyl Choline** ينقص سرعة القلب وقد يوقفه تماما عندما يكون التنبيه شديدا .

ولا بد من الإشارة إلى إمكانية تملص القلب من التأثير المبهمي المحرر للاستيل كولين والمتواصل لفترة زمنية طويلة ويفسر ذلك أن كمية الاستيل كولين الموجودة في حويصلات نهايات المبهم تنفذ نتيجة التنبيه الشديد المستمر.

بالإضافة إلى وجود أنزيم الكولين استرازالمفكك للمفرز منه ، مما يسمح بوجود فترات زمنية لا يتواجد فيها الاستيل كولين في سوية العقدة الناظمة, وهذا يؤدي إلى تملص القلب من التأثير المبهمي وعودة النظم الطبيعي .

كما أننا نذكر بإمكانية تفعيل ناظم الخطى الثانوي (العقدة الأذينية البطينية) بحال غياب التنبيه من العقدة الجيبية.

D.Amal Rakaj

مخطط كهربائية القلب السوي The normal electrocardiogram

عندما تمر الدفعة الدموية عبر القلب ، ينتشر تيار كهربائي إلى النسج حول القلب، و تنتشر نسبة ضئيلة من هذا التيار إلى سطح الجسم في جميع الاتجاهات . يمكن تسجيل الكوامن الكهربائية الناتجة عن هذا التيار بوضع عدد من المساري على سطح الجلد في أماكن متقابلة من القلب. يعرف الكامن المسجل باسم مخطط كهربائية القلب، و استناداً إلى ذلك

يعرف مخطط القلب الكهربائي على أنه تسجيل خارجي ، خطي، متواصل لمحصلة الفعاليات الكهربائية القلبية، عبر مسار توضع على نقاط محددة من سطح الجسم. (خلال فترة من الزمن)، ويشترك في تكوينه.

نشوء الدفعة Impulse الكهربائية في العقدة الجيبية (ناظمة القلب البدئية).

انتشار الدفعة الكهربائية عبر الجهاز الناقل القلبي.

زوال استقطاب الألياف الأذينية ومن ثم البطينية.

عود استقطاب الألياف السابقة وفق تسلسل معين.

يتألف مخطط القلب الكهربائي من تتالي مجموعة من موجات زوال الاستقطاب وموجات عود الاستقطاب(موجة P و مركب QRS و موجة T، وعدد من الوصلات والشدف).

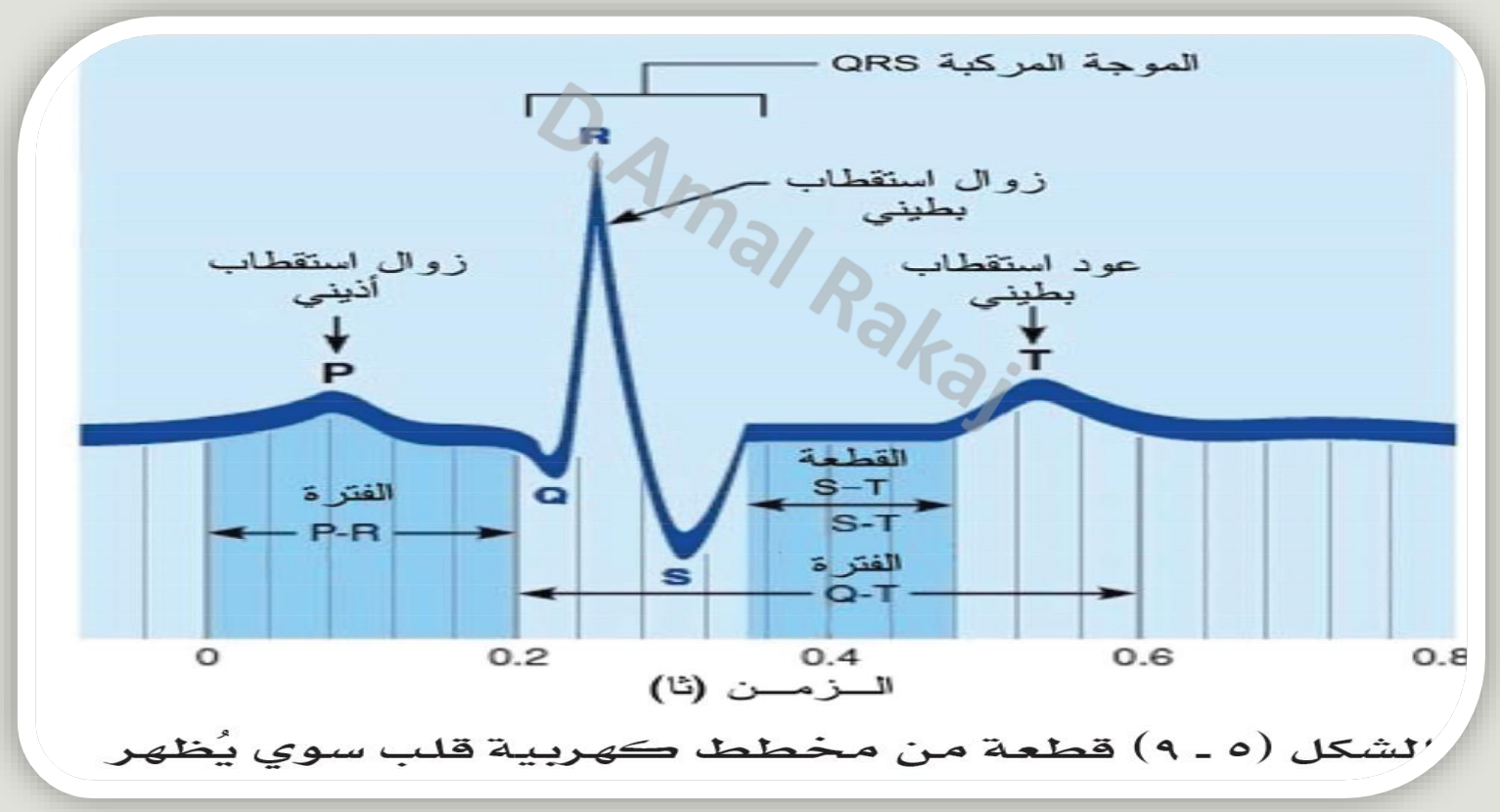
تنقل تغيرات الكامن إلى مضخم في جهاز التخطيط يحوي إبرة تتحرك على ورق ميليميتري ، يقسم ورق التسجيل إلى مربعات صغيرة وكل خمس مربعات صغيرة تشكل مربعا كبيرا يمثل المحور الأفقي محور الزمن وسرعة الجهاز ٢٥ملم / ثا أي أن كل مربع صغير يعادل ٠,٠٤ ثانية بينما يمثل المحور العمودي محور الجهد الكهربائي بحيث ان كل ١ ميلي فولط يعادل عشر مربعات صغيرة .

D.Amal Rakaj

موجات مخطط القلب الكهربائي

يتألف مخطط كهربية القلب السوي من الموجات التالية:

الموجة P : هي موجة زوال استقطاب الأذينتين تبدأ بالظهور مع تشكل النبضة في العقدة الجيبية الاذينية وانتشارها عبر الاذينتين ، ولأن الموجة P تسبق التقلص الأذيني فإنها تدل على أن النسيج الأذيني سيبدأ بالتقلص .



الشكل (٥ ـ ٩) قطعة من مخطط كهربية قلب سوي يُظهر

D.Amal Rakai

٢ـ الموجة المركبة QRS

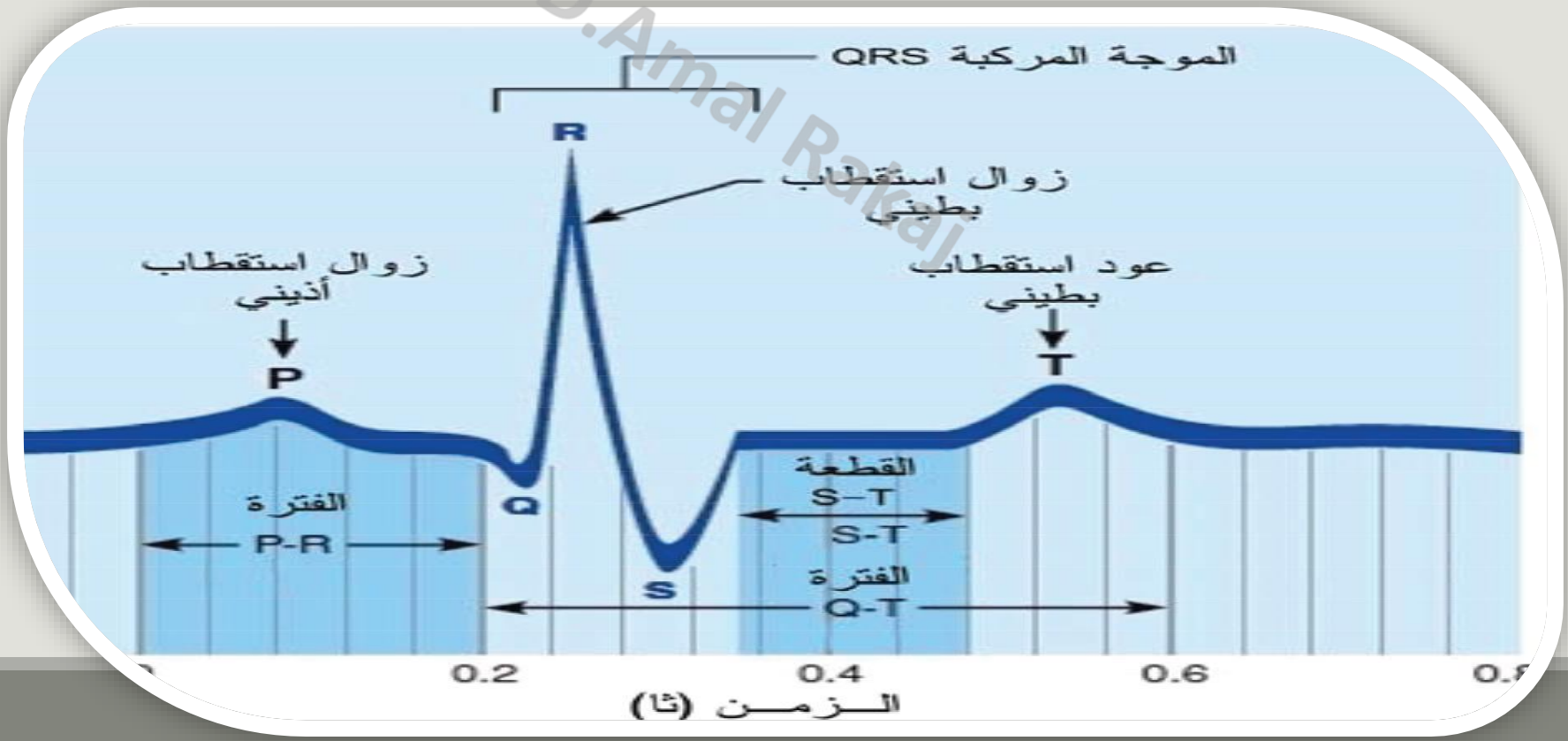
تمثل هذه الموجة زوال استقطاب البطينين بعد نهاية استثارة ألياف بوركنج ، وهي تدل على أن النسيج البطيني على وشك التقلص . وتتضمن ٣ موجات مستقلة وهي الموجات : Q – R- S

يكون ارتفاع الموجة QRS أكبر مقارنة بفولتاج الموجة P

ويعزى ذلك إلى حدوث تغير أكبر في الفولتاج نتيجة لكون النسيج العضلي البطيني أكبر بكثير من النسيج العضلي الأذيني

٣ـالموجة T تمثل عودة استقطاب البطينين ، وهي تشير الى أن البطين سيدخل بطور الاسترخاء

D.Amal Rakai



فترات مخطط كهربية القلب وقطعه
Some Period and Segments of the ECG

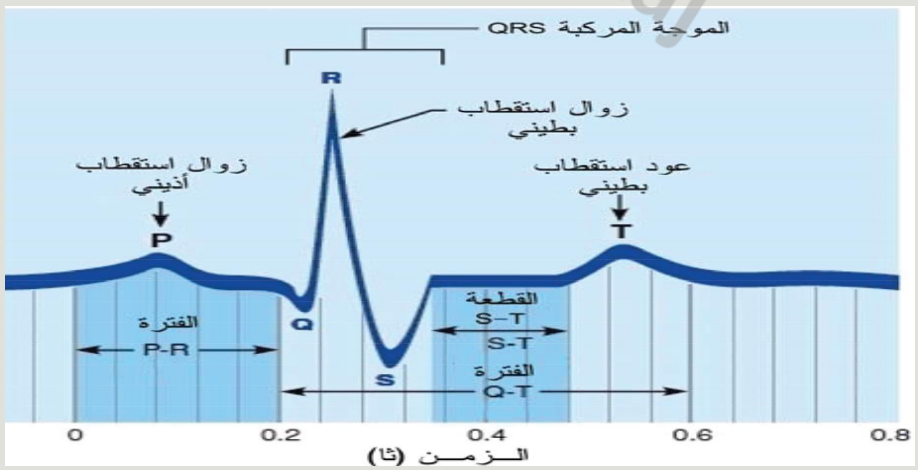
يحوي مخطط القلب الكهربائي عددا من الفترات والقطع المهمة من الناحية التشخيصية منها :

الفترة Period (PR) –(PQ)

تقاس هذه الفترة من بداية الموجة P حتى بداية الموجة Q وهي يمثل الزمن اللازم لانتقال التنبيه من العقدة الجيبية الاذينية إلى البطينين ، ويتراوح قيمتها السوية بين 0,12 و 0,20 ثانية (وسطيا 0,16 ثانية). ويطول هذا الدور حتى يبلغ أكثر من 0,20 عند وجود إحصار قلبي.

الفترة QT

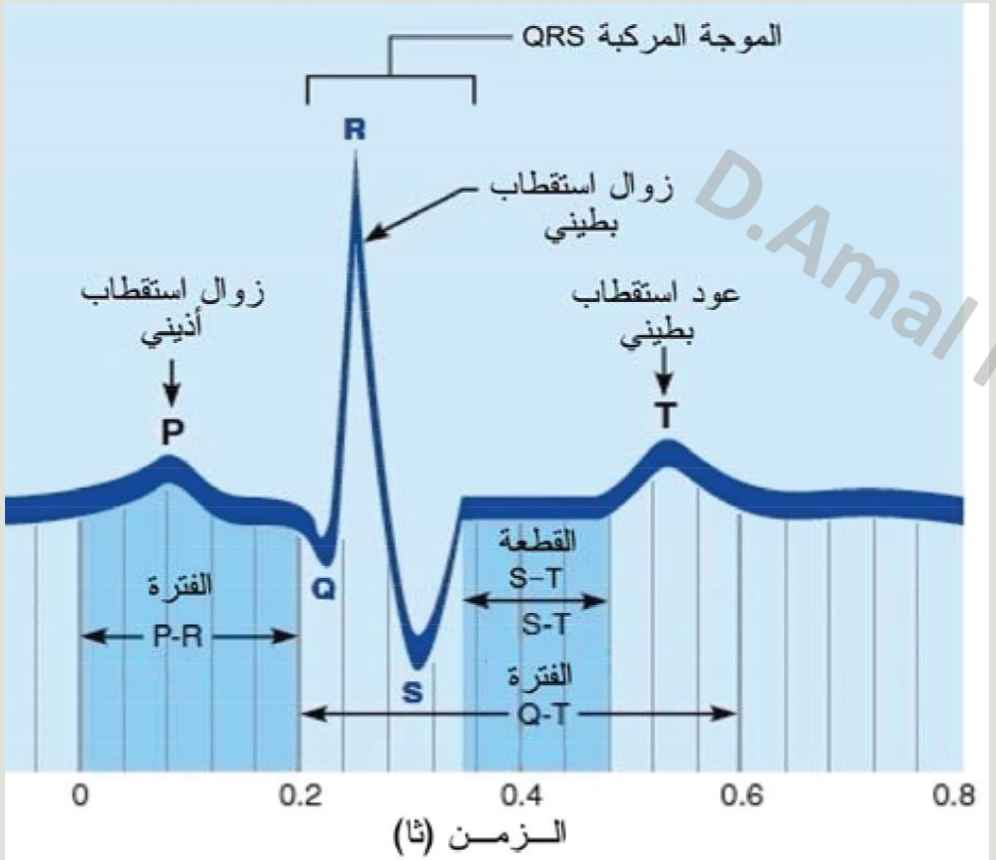
ويقاس من بداية الموجة Q حتى نهاية الموجة T . ويمثل مدة التقلص البطيني ، وهو يساوي في الحالة السوية نحو 0,30 ثانية .



D.Amal Rakaj

القطعة أو الشدفة T-S Segment

وتقاس من بداية الموجة S الى بداية الموجة T،وهي تمثل الدور الهضبي في كامن الفعل القلبي، وينعكس أي اضطراب في كمية ايونات الكالسيوم التي تدخل إلى هذه الخلايا باضطراب مقابل في هذه القطعة ، كما تتزحلق نحو الأعلى أو الأسفل عند الإصابة ببعض الأمراض القلبية مثل الاحتشاء Infractus أو الذبحة القلبية Angina خناق الصدر



الشكل (٥ ـ ٩) قطعة من مخطط كهربية قلب سوي يُظهر

الاحتشاء هي مرض قلبي حاد مهدِّد للحياة يحدث بسبب إحتباس الدم نتيجة إنسداد أحد الشرايين التاجية مما يؤدي إلى ضررٍ أو موتٍ

D.Amal Rakai

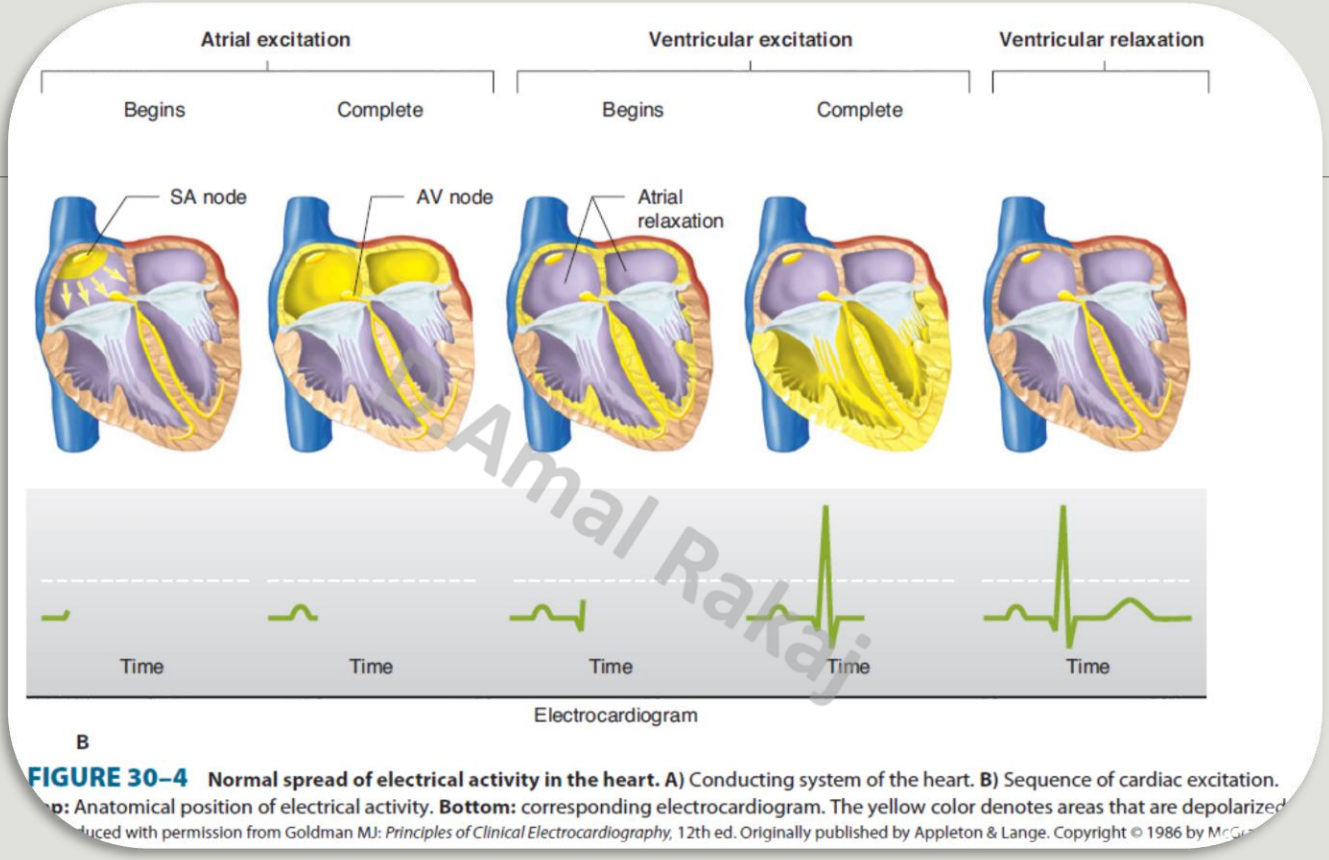


FIGURE 30–4 **Normal spread of electrical activity in the heart. A)** Conducting system of the heart. **B)** Sequence of cardiac excitation. **Top:** Anatomical position of electrical activity. **Bottom:** corresponding electrocardiogram. The yellow color denotes areas that are depolarized.

duced with permission from Goldman MJ: *Principles of Clinical Electrocardiography,* 12th ed. Originally published by Appleton & Lange. Copyright © 1986 by McGr

D.Amal Rakaj

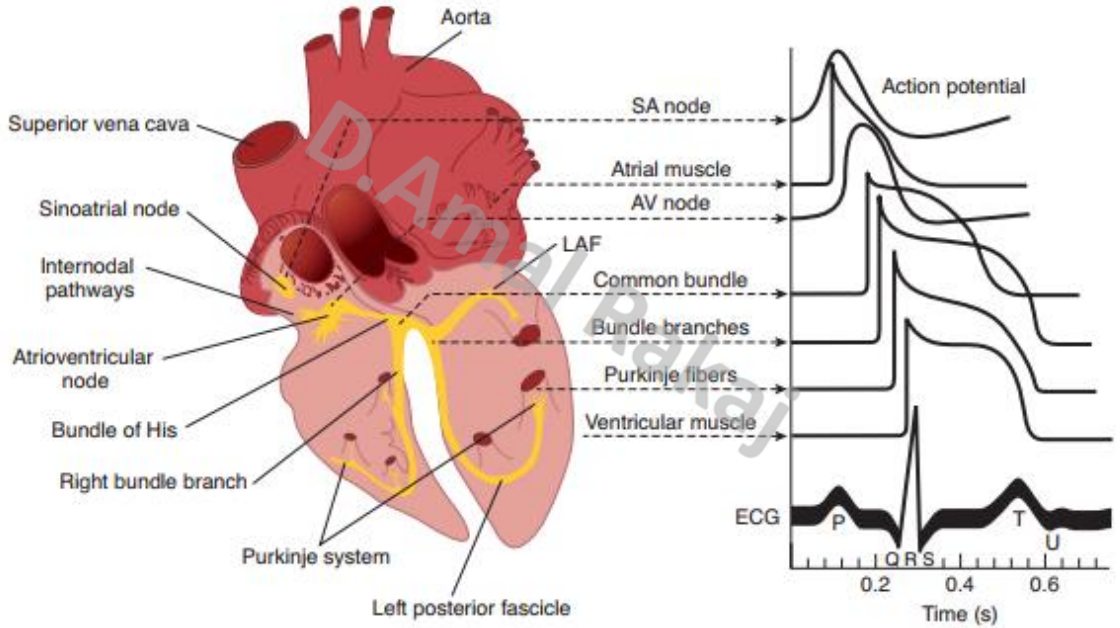
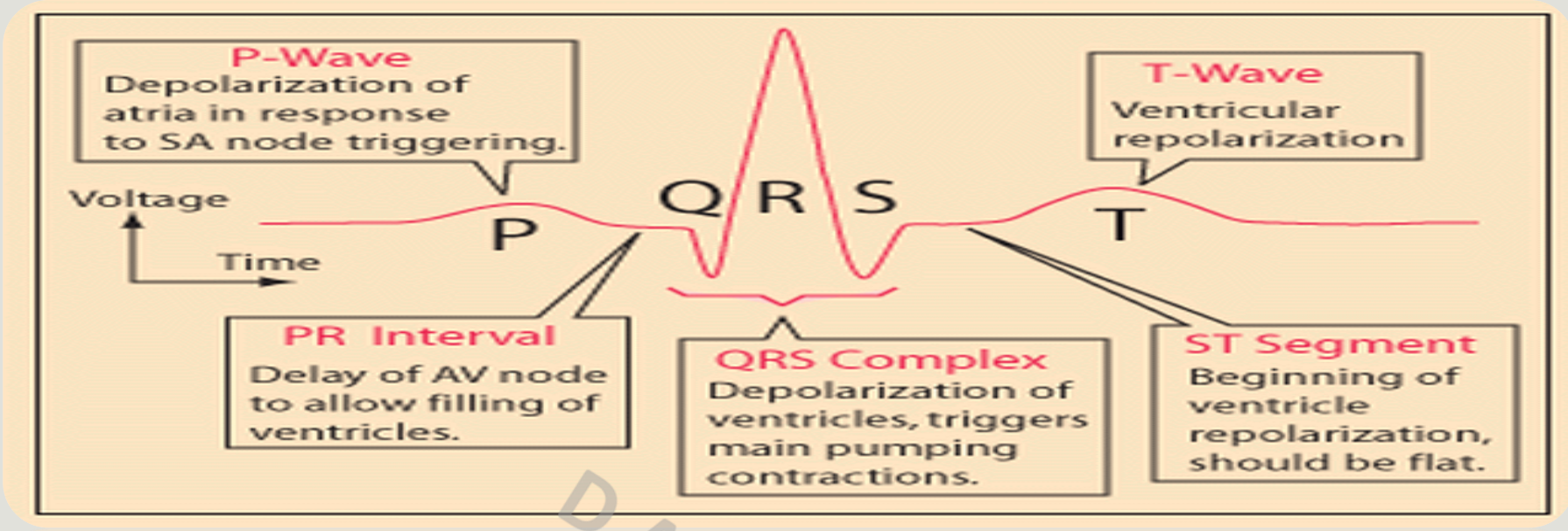


FIGURE 30–1 **Conducting system of the heart. Left:** Anatomical depiction of the human heart with additional focus on areas of the c
duction system. **Right:** Typical transmembrane action potentials for the SA and AV nodes, other parts of the conduction system, and the atrial
entricular muscles are shown along with the correlation to the extracellularly recorded electrical activity, that is, the electrocardiogram (ECG).
ction potentials and ECG are plotted on the same time axis but with different zero points on the vertical scale. LAF, left anterior fascicle.

D.Amal Rakaj



D.Amal Kakai

النبض الشرياني Arteial Pulse

يؤدي تدفق الدم إلى الشريان الأبهر أثناء انقباض القلب إلى ظهور موجة ضغط تسري في جداره وجدر الشرايين المتفرعة عنه ، وتتكرر هذه الموجة بمعدلات تتوافق مع معدل دقات القلب ،تمدد هذه الموجة جدر الشرايين ، وهذا التمدد يكون مجسوسا على شكل نبض ، لذلك من معرفة معدل النبض نعرف سرعة دقات القلب ، ويمكن أيضا معرفة درجة الانتظام القلبي بتقدير الزمن الفاصل بين نبضتين .

أفضل مكان لتحديد النبض هو جس الشريان الكعبري فوق الميزابة الكعبرية في نهاية الساعد الوحشية بالضغط الخفيف على الشريان وعد النبضات المجسوسة خلال دقيقة ، والمعدل الطبيعي هو ٧٠ نبضة بالدقيقة .

أصوات القلب : The heart sound

الصوت القلبى الأول :

ينجم عند انقباض البطينين و انغلاق الصمامات الأذينية البطينية :

وهو غليظ ومديد وأخفض من الصوت الثاني مدته ٠,١٤ ثانية .

الصوت القلبى الثانى :

ينجم عند نهاية الانقباض الاذينى وانغلاق الصمامات الهلالية يظهر فى بداية الاسترخاء البطينى

ينجم عن الاهتزازات الناجمة عن محاولة عودة الدم نحو البطينات بسبب هبوط الضغط داخلهما، وهو أعلى من الصوت الأول ولحنه ارفع مدته ٠١ ثانية

الصوت القلبى الثالث :

ينجم عن اهتزاز الدم جيئة وذهابا بين جدران البطينين ،لا يمكن سماعه بسهولة عند اليافعين الأصحاء ،وإنما يمكن تسجيله عند الإصابة ببعض الأمراض .

الصوت القلبى الرابع :

ينجم هذا الصوت عن الانقباض الأذيني الفعال في نهاية الاسترخاء البطيني .من الصعب سماعه

وهو مرضي غالبا .

D.Amal Rakaj
D.AMAL RAKAJ

بعض شذوذات مخطط كهربية القلب

١- التسرع الجيبي : Sinus Tachycardia

يعزى إلى تحفيز مفرط للـ **Pacmaker** بواسطة الأعصاب الودية أو بواسطة **Hyper thyroidsm**

٢- العيوب المتعلقة بجهاز التوصيل : Faults in the conduction System

يدعى إحصار العضلة القلبية ' أكثر مناطق القلب عرضة لإحصار التوصيل هي العقدة الأذينية البطينية **Atrioventricular Node** أي يزداد زمن التوصيل بين الأذينين والبطينين

أي الفترة PR تزداد طولا.

٣- خوارج الانقباض: Extrasystols نبضة إضافية قبل استرخاء القلب نتيجة منبه إضافي

٤-الرجفان الأذيني: Atrial fibrillation وهو أحد نماذج اللانظمية القلبية ويتميز بحدوث تقلص واسترخاء غير متناسقين يجتاح كافة المناطق الأذينية

وينعدم ظهور الموجات P في مخطط القلب الكهربائي

٥-الرجفان البطيني : Ventricular fibrillation

عدم انتظام الضربات البطينية ،، يأخذ مخطط كهربية القلب شكل أمواج شاذة .

٦-اقفار العضل القلبي: هو قصور أو احتباس نسبيّ أو مطلق لتروية الدّم إلى أنسجة الجسم،[٣] مما يسبّب نقصا في الأوكسجين زوالجلوكوز اللازم لعمليات الأيض الخلويّة (لإبقاء الخلايا على قيد الحياة) **ischaemia**

٧-احتشاء العضلة القلبية : Infraction أو الذبحة الصدرية **Angina** هي مرض قلبي حاد مهدِّد للحياة يحدث بسبب إحتباس الدم نتيجة إنسداد أحد الشرايين التاجية مما يؤدي إلى ضررٍ أو موتٍ .

Dr.Ahmed Rakaf