

The circulatory system physiology

لقد كان العالم الفيزيائي الانكليزي وليم هارفي William Harvey في عام ١٦٢٨ اول من وصف بشل دقيق جريان الدم بشكل دورة كاملة في الجسم ، واستند في تجاربه العلمية على الحيوانات المختبرية لتأييد صحة افتراضاته ، ومن ثم افاد هذا الوصف لدوران الدم في الجسم الى التوصل الى ان جهاز الدوران باختلاف الحيوانات يكزن على نوعين هما :-

١- جهاز الدوران المغلق Closed circulatory system

يلاحظ هذا النوع من جهاز الدوران في الديدان الحلقية والفقرات Vertebrates حيث تتصل تفرعات الاوعية الدموية الرئيسية باوعية دموية اخرى بوساطة الشعيرات الدموية Blood capillaries ، علما ان القلب يندم وجوده في الديدان الحلقية ويجري الدم بالية خاصة تعتمد على الحركة التمعية Peristalsis في اوعية جهاز الدوران فيها .

٢- جهاز الدوران المفتوح Open circulatory system

يلاحظ جهاز الدوران هذا في النواع Mullusca والمفصليات Arthropoda ، حيث لا يكون هناك اتصال بين الشرايين والاوردة .وتصب الشرايين الدم في تجاويف خاصة تقع بين الانسجة وتدعى الجيوب Sinus او من داخل فجوات غير خلوية حيث فصل الدم عن خلايا الجسم اغشية الخلايا نفسها . الا انه لا بد من الاشارة الى ان تسمية جهاز الدوران بالمغلق غير دقيق تماما حيث تتسرب بعض السوائل منه الى فراغات الانسجة غالبا ولكن هذا التسرب يمثل جزءا صغيرا جدا قياسا الى معدل سريان الدم الكلي .

قلب الفقرات Vertebrates heart

هو عضو عضلي يقع في الصدر Thorax ويغلفه كيس ليفي قوي يدعى التامور Pericardium ، يحتوي القلب على اربعة تجاويف ، اذنان Atrium or Auricles ذات الجدران النحيفة وبطينان Ventricles السميكة الجدران .

هناك نوعان من الصمامات في قلوب الفقرات ، الصمامات الاذينية – البطينية Atrioventricular valves تفصل بين تجويفي الاذنين والبطين في كل جهة من القلب . وهي تسمح بجريان الدم من الاذنين الى البطين وتمنع عودته في اثناء تقلص البطينين . والصمامات الهلالية Semilunar valves الكائنة في بداية الشريان الرئوي في البطين الايمن ، والابهر في البطين الايسر وكلاهما يمنع عودة الدم من هذين الشريانين الى البطينين في اثناء انبساطهما وانخفاض الضغط فيهما .

يتألف الصمام الاذيني –البطيني للايمن من شرف ثلاث ولذلك يدعى ايضا بالصمام الثلاثي الشرف Tricuspid ، بينما يتألف الصمام الاذيني – البطيني الايسر من شرفتين ويدعى الصمام الثنائي الشرف Bicuspid valve او الصمام التاجي Mitral valve .

منظم الخطى The Pacemaker

تشمل منطقة منظم الخطى خلايا قادرة على العالية التلقائية Spontaneous activity اي قادرة على اصدار فعالية القذح Firing بمعدل ثابت دون اي دخل لاي مصدر داخلي المنشأ intrinsic source . تكون خلايا منظم الخطى اما خلايا عصبية neurons (كما في قلوب كثير من اللاقريات) او خلايا عضلية محورة (كما في قلوب الفقريات وبعض اللاقريات). اذا نشأت ضربات القلب من داخل خلايا عصبية فان منظم الخطى يعد من اصل عصبي Neurogenic- pacemaker ، واذا نشأت من خلايا عضلية محورة فان منظم الخطى يعد ذا اصل عضلي Myogenic pacemaker.

انتقال التهيج خلال القلب

Transmission of excitation over the heart

تبدا شرارة القذح في منظم الخطى من خلية واحدة حيث تبدا منها موجة زوال الاستقطاب Depolarization لتنتقل الى خلايا مجاورة لها وعبر مساحات واسعة من الخلايا المتجاورة .

ان جهد الفعل القلبي يستغرق وقتا طويلا وهذا يشير الى كون التقلصات المتضاعفة لاتحدث بوساطة التحفيزات المضاعفة في العضلات القلبية وان جهد الفعل المتولد في منظم الخطى ينتج منه جهد فعل مفرد في كل الخلايا القلبية الاخرى ، ولحصول موجة اخرى من التهيج لا بد من جهد فعل اخر لمنظم الخطى .

يقع منظم الخطى في قلوب الثدييات في العقدة الكيسية Sinus node او العقدة الكيسية – الاذينية (Sinoatrial node (S-A node)) وهي منطقة اتصال الاجوف العلوي الايمن بالاذين الايمن وتنتشر موجة التهيج الى كل من الاذيين بشكل موجات متحدة المركز Concentric fashion بسرعة تصل الى ٠.٣ م/ث ولما كانت كتلة النسيج المتحورة للعقدة الكيسية مرتبطة بجدران الاذيين وبكتلة ثانية من الانسجة المتحورة الواقعة في اعلى البطين الايمن والتي تسمى العقدة الاذينية – البطينية Atrio-ventricular node ترتبطت موجة التهيج كهربائيا بالبطينين خلال هذه العقدة .

ينتشر التهيج الى البطين خلال الياف صغيرة مترابطة تدعى الياف الملتقى Junctional fibers حيث تنخفض خلالها سرعة انتقال موجة التهيج الى حوالي ٠.٠٥ م/ث وهذه الالياف ترتبط بالالياف العقدية Nodal fiber ، والتي ترتبط بدورها بالياف انتقالية Transitional fibers ترتبط بحزمة هس Bundle of His والتي تتفرع الى حزمتين او فرعين احدهما يجهز البطين الايمن Right ventricular الي يتفرع بدوره الى فرعين امامي وخلفي . وتنتهي جميع هذه الفروع بعدد كبير من الالياف التي تنتشر في جدران البطين والتي تدعى بالياف بيركنجي Purkinje fibers. عما ان سرعة التوصيل بطيئة في الالياف العقدية ٠.١ م/ث قياسا بسرعة توصيل التهيج خلال الحومة التي تصل الى

ان حزمة هس تنتقل موجة التهيج الى كل اجزاء الشغاف انيا وبذلك تتقلص كل الياف العضلة تزامنيا .
ان الوظيفة المميزة لترتيب خلايا العضلات القلبية قدرتها على ارسال تقلصات منفصلة ومتزامنة لكل
من الاذنين والبطينين ، كما ان التوصيل البطيء خلال العقدة الاذينية – البطينية يسمح للتقلصات
الاذينية ان تسبق التقلصات البطينية مما يسمح للدم بالانتقال من الاذنين الى البطين بوقت كاف .

Electrical events of the cardiac cycle الحوادث الكهربائية المرافقة لنبض القلب

لاشتراك عدد كبير من الخلايا يمكن الاستدلال على التيار المنتقل خلال الفعالية التزامنية للخلايا
العضلية القلبية من التغيرات الصغيرة في الجهد الكهربائي عبرنقاط تقع على سطح الجسم . وهذه
التغيرات عبارة عن انعكاس للفعالية الكهربائية في القلب عندما يتم تسجيلها بجهاز مخطاط القلب
الكهربائي Electrocardiogram . التي يمكن من خلالها تاشيرها وتحليلها ولكن هذه الفروقات او
التغيرات صغيرة ولا تتجاوز الواحد مليفولت . يحتوي هذا الجهاز على مضخم Amplifier يضخمها
الى مرات كثيرة وتسجل التبدلات الكهربائية بين القطبين بصورة مستمرة على ورق بشكل خط بياني
يدعى بتخطيط القلب الكهربائي. Electrocardiograph E.C.G وقد تبين من ذلك ان موجة النبض
تتضمن ثلاث موجات رئيسية هي : موجة P (P-Wave) التي تمثل زوال الاستقطاب في الاذنين ،
موجة QRS التي تمثل زوال الاستقطاب في البطين وموجة T التي تمثل عودة الاستقطاب في البطينين

هذا الشكل الدقيق للتخطيط القلبي الكهربائي يتاثر بطبيعة ووضع الاقطاب اضافة الى الحالة
الفسيولوجية للقلب ، ويمكن تلخيص الحوادث الكهربائية المرافقة للنبض في القلب بكونها موجة من
التقلص العضلي تسري من العقدة الكيسية تسبقها ببضع ملي ثانية موجة من الجهد الكهربائي تستمر
بحيث تكون الخلايا المتقلصة موجبة الشحنة اكثر من التي لم تتقلص والمنبسطة سالبة الشحنة ، وخلال
الانقباض Systole يكون هناك زوال استقطاب وجهد فعل Action potential ، اما خلال الانبساط
Diastole فيعود الاستقطاب للخلايا العضلية القلبية .

ان الفرق في الجهد الكهربائي يتوضح على جانبي الجسم حيث يبادل الجانبان الشحنات الكهربائية
ويكون كل واحد من الجانبين معاكسا في شحنته للجانب الاخر في كل لحظة وبشكل متبادل وهذا يعزى
الى شكل القلب وميلان المحور الطولي للقلب قياسا بالمحور الطولي للجسم اولا، ووجود فرق في سمك
جدران البطينين (الايسر اكثر سمكا من الايمن) ثانيا . مما يؤدي الى فرق في الفترة الزمنية التي تصل
فيها موجة التغير الكهربائي الى مناطق متناظرة في كل منها .

هناك مركبات كثيرة تؤثر في نشاط خلايا العضلات القلبية مثل الاستيل كولين المتحرر من الالياف
العصبية الكولينية الفعل الذي يسبب زيادة في تواصل ايونات البوتاسيوم وبذلك يزيد استقطاب الاغشية
Hyperpolarization ويقل معدل استقطاب جهد منظم الخطى وهذا يؤدي الى زيادة الفترات
الزمنية بين جهود الفعل ويبطئ معدل ضربات القلب .

الالياف نظير الودية (الكولينية) في العصب التائه تعصب العقدة الكيسية والعقدة الاذينية –البطينية .

يقلل الاستيل كولين سرعة التوصيل من الاذنين الى البطينين خلال العقدة الاذنية – البطينية ولهذا توقف المستويات العالية منه الانتقال خلال هذه العقدة تقريبا ، حيث تنتقل موجة التهيج الى البطين كل ٢-٣ دقيقة . وتحت هذه الظروف يكون معدل ضربات الاذنين مرتين او ثلاث مرات اكثر من معدل ضربات البطينين .

اما المستويات العالية من الاستيل كولين فرما توقف التوصيل خلال العقدة الاذنية – البطينية مسببة مايسمى بمنظم الخطى الهاجر Ectopic pacemaker في البطينين مما يجعل تقلصهما بمعدلات مختلفة حيث يبدو عدم التناسق بين اي ضربتين من ضربات القلب .

هناك مركبات اخرى مثل الابينفرين والنور ابنفرين Epinephrine and Norepinephrine او ما يسميان بالادرينالين Adrenaline والنورادرينالين Noradrenaline اللذين يسببان زيادة معدل ضربات القلب وسرعة التقلص .

ضغط الدم Blood pressure

ينتج ضغط الدم من انقباض جدران البطين العضلية خلال ضخ الدم ، ويقصد بضغط الدم من الناحية الطبية الجهازية