قسم علوم الحياة / المرحلة الثالثة

المحاضرة السادسة الفسلجة الحيوانية د. مريم إبراهيم سلمان

الجهاز الوعائي القلبي Cardiovascular system
أو جهاز الدوران The Circulatory System
أو الجهاز الناقل Transport system

وهو جهاز النقل الرئيسي في الجسم. لقد وصف الطبيب العربي إبن النفيس منذ عام ١٢٦٨م دوران الدم ومروره خلال الرئتين ودرس نفس هذا الموضوع العالم مايكل سرفيتيس عام ١٥٥٣م.

وفي عام ١٦٢٨م نشر ويليم هارفي كتابه المسمى عمل القلب الذي يبين فيه على أن الدم يدور في الجسم في الأوعية الدموية ويقوم القلب بضخ الدم الذي يستلمه من الأوردة إلى الشرايين ولكنه لم يستطع وصف كيفية الاتصال بين الشرايين والأوردة حيث لم يستطع معرفة الشعيرات الدموية التي لم تكن رؤيتها ممكنة في ذلك الوقت لعدم اكتشاف المجهر، وفي عام ١٦٦١م تم اكتشاف الشعيرات الدموية Blood capillaries بواسطة المجهر من قبل العالم مالبيجي Malpighi.

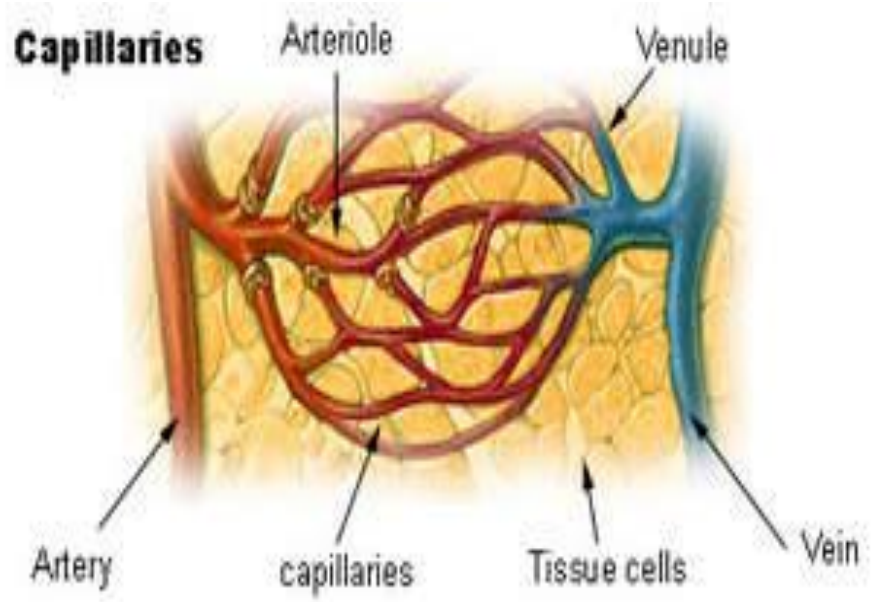
الدورة الدموية

يبلغ جهاز الدوران أعلى درجات التكامل في الحيوانات الفقرية ولكنه غير موجود في عدد كبير في شعب المملكة الحيوانية مثل الإبتدائيات والإسفنجيات والديدان المسطحة والخيطية ولكنه جيد التكوين في الديدان الحلقية والنواعم والمفصليات.

جهاز الدوران المغلق Closed circulatory system:

وهو جهاز الدوران في الديدان الحلقية والفقريات ومنها الانسان، تتصل الأوعية الدموية الرئيسية في هذا الجهاز بعد تفرعها في الجسم باوعية دموية أخرى بواسطة الشعيرات الدموية.

لا يحتوي هذا الجهاز في الديدان الحلقية على القلب ولكنه يعوض عنه بالحركة الدورية Peristalsis في جدران الأوعية الدموية الرئيسية وكذلك وجود الصمامات Valves التي تساعد على سير الدم باتجاه واحد فقط.



الأوعية الشعرية الدموية

جهاز الدوران المفتوح Open circulatory systern:

هو جهاز الدوران في النواعم والمفصليات، في هذا الجهاز لا تتصل الشرايين بالأوردة بواسطة الشعيرات الدموية وإنما تصب الشرايين في تجاويف بين الأنسجة تدعي الجيوب Sinuses التي تحتوي على الجدران الخلوية أو الفجوات Lacunae الخالية من الجدران وفي الأخيرة لا يفصل الدم عن خلايا الجسم سوى أغشية الخلايا نفسها.

جهاز الدوران

ويتكون من:

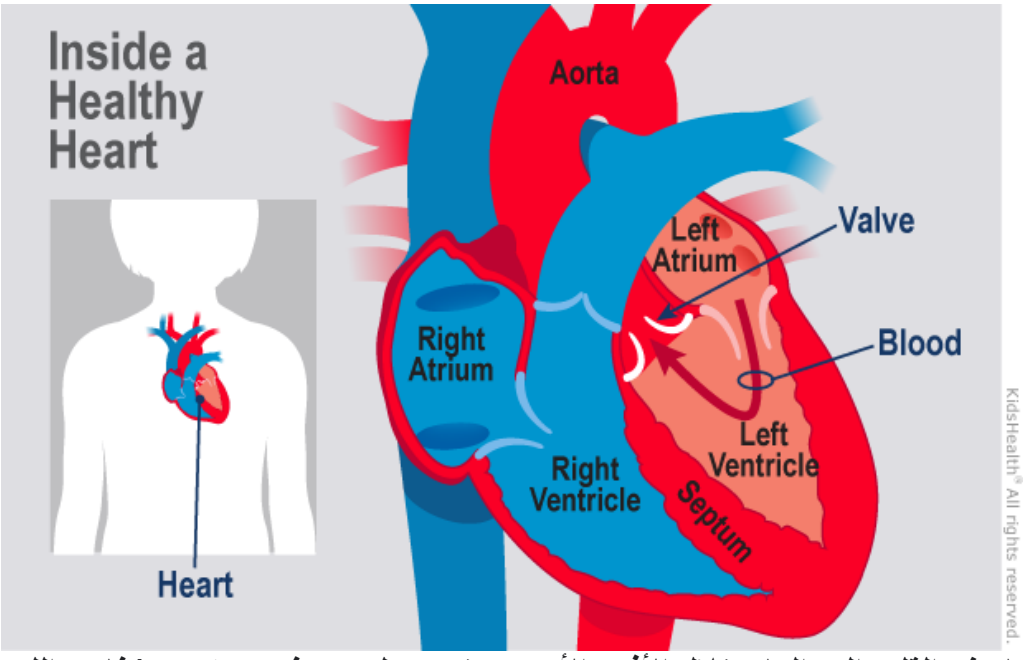
١. القلب والأوعية الدموية والدم.
٢. الأوعية اللمفاوية واللمف.

أما الغرض من وجود جهاز الدوران فهو:

١. إيصال المواد الغذائية والأوكسجين والهرمونات وغيرها من المواد الكيميائية الضرورية إلى أنسجة الجسم المختلفة للاستفادة منها في التمثيل الغذائي.
٢. نقل الفضلات إلى الأعضاء لغرض طرحها إلى الخارج والتخلص منها مثل غاز ثاني أوكسيد الكربون عن طريق الرئتين والبول وعدد من الفضلات عن طرق الكليتان.

القلب Heart: يعتبر قلب الإنسان وبقية الفقريات عدا الأسماك بمثابة مضخة مزدوجة.

* الجزء الأيسر يستلم الدم المؤكسج من الرئتين ويضخه خلال الشرايين إلى أنحاء الجسم المختلفة.
* الجزء الأيمن يستلم الدم المثقل بـ CO_2 من الجسم ويضخه إلى الرئتين لكي يتخلص من هذا الغازويتزود بكمية من الاوكسجين القلب. لقلوب الفقريات ومعظم اللافقريات القابلية على النبض الذاتي لذلك تسمى قلوب عضلية المنشأ Myogenic Hearts لأن قابليتها على التقلص تكمن في عضلاتها. يتألف قلب الفقريات (عدا الأسماك والبرمائيات) من أربعة تجاويف هي.



تجاويف القلب الدم المار خلال الأذين الأيمن يحتوي على دم غير مؤكسج (غامق اللون) بينما الدم المار خلال الأذين الأيسر يحتوي على دم مؤكسج (احمر قاني اللون).

* الأذينان Atria ومفردها Atrium أو Auricle وهما أيمن وأيسر.
* البطينان Ventricles وهما أيمن وأيسر.

يقوم الأذينان بالتقلص والانبساط في وقت واحد كما يقوم البطينان بالتقلص والانبساط سوية ولكن بالتعاقب مع الأذينين.

أما قلب الأسماك فيتألف من أذين واحد يتسلم الدم من أنحاء الجسم المختلفة وبطين واحد يقوم بضخه إلى الغلاصم (للتزود بالأوكسجين والتخلص من CO_2) ثم إلى أنحاء الجسم.

* لقلوب بعض اللافقريات خاصية عدم التقلص إلا تحت تأثير الإيعازات العصبية لذلك فإنها تسمى قلوب عصبية المنشأ Nenrogenic Hearts، كما في سرطان الملوك King Crab أو Limulus.
* في القلوب عضلية المنشأ تقوم الأعصاب المتصلة بالقلب بتحوير سرعة وقوة النبض تحت الظروف المختلفة.
* التحفيز الودي Sympathetic يحدث عند الانفعال أو ممارسة الرياضة فيزداد النبض سرعة وقوة.
* التحفيز نظير الودي Parasympathetic يبطىء القلب وقد يوقفه أحياناً وتسمى مثل هذه الحالة الغشية التائهية Vagal syncope.

يعمل القلب بصورة طبيعية كمضخة Pump يجب أن تتقلص وتنبسط تجاويفه الأربع بانتظام تام لأن أي ارباك في عملها يعرقل الدورة الدموية الطبيعية وينتج عنها مضاعفات صحية خطيرة.

يسير الدم بانتظام بين التجاويف الأربعة وكذلك بين القلب والأوعية الدموية الرئيسة المتصلة به فهناك عدد من الصمامات وهي:

الصمامات الأذينية البطينيه Atria - ventricular التي تفصل الأذين عن البطين الذي تحته والصمامات الشبه هلالية Sermilunar valves التي في بداية كل من الأبهر والشريان الرئوي يتألف الصمام الأذيني - البطيني الأيمن Right Atria - Ventricular valve من ثلاث صفائح لذلك فإنه يسمى بالصمام الثلاث الصفائح Tricuspied valve.

أما الصمام الأذيني - البطين الأيسر Left Atria - Ventricular valve فيتألف من صفيحتين فقط ويسمى بالصمام الثنائي الصفائح Bicuspid valve أو الصمام التاجي Mitral valve.

A photograph of the semilunar valves of the heart. Note the difference in thickness of the blood vessel walls.

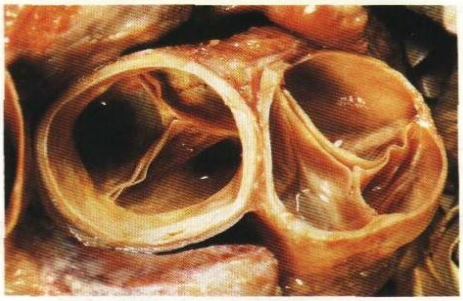
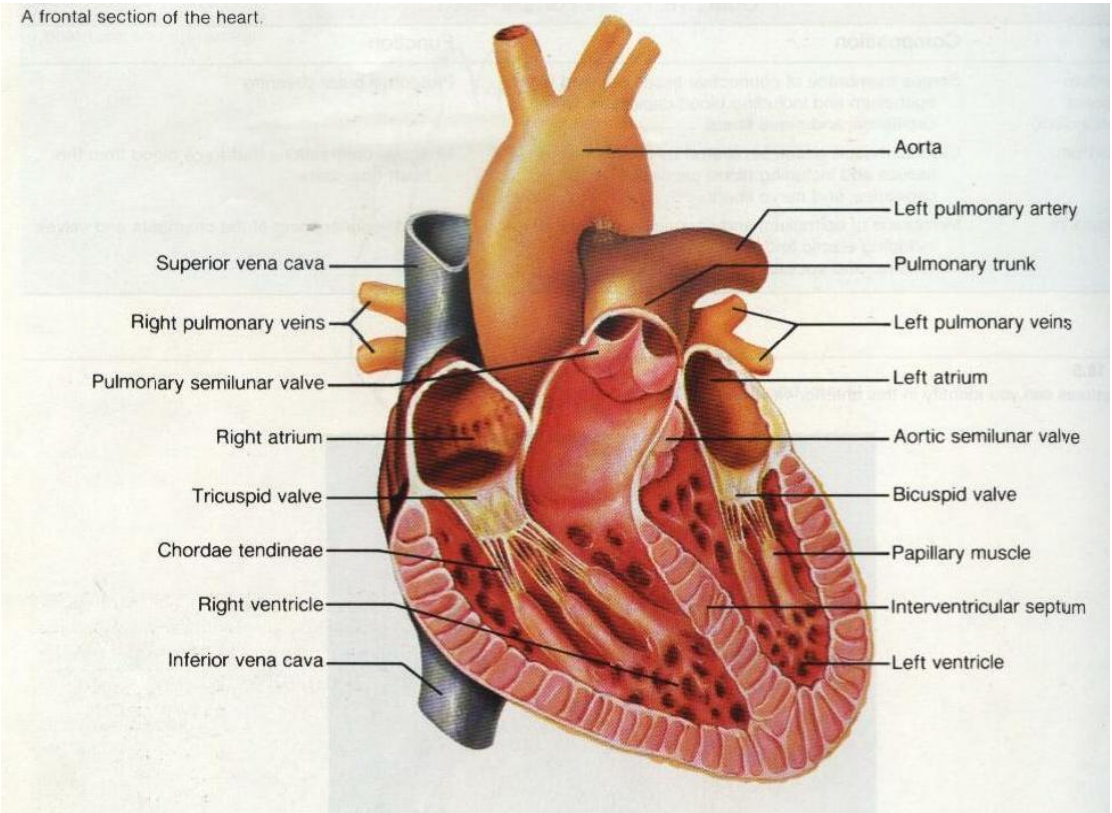


Chart 18.2 Valves of the heart

Valve	Location	Function	Valve	Location	Function
Tricuspid valve	Right atrioventricular orifice	Prevents blood from moving from right ventricle into right atrium during ventricular contraction	Bicuspid (mitral) valve	Left atrioventricular orifice	Prevents blood from moving from left ventricle into left atrium during ventricular contraction
Pulmonary semilunar valve	Entrance to pulmonary trunk	Prevents blood from moving from pulmonary trunk into right ventricle during ventricular relaxation	Aortic semilunar valve	Entrance to aorta	Prevents blood from moving from aorta into left ventricle during ventricular relaxation

تتصل حافات صفائح الصمامات بعدد من الحبال الرفيعة القوية والمسماة بالحبال الوترية Chordae tendinae والتي تتصل نهايائها الأخرى بنتوءات عضلية تقع على السطح الداخلي اللبطين تسمى العضلات اللبيبة Papillary muscles أن وظيفة الحبال الوترية والعضلات اللبيبة هي منع دخول حافات الصفائح المكونة للصمامات الأذينية - البطينية في الأذين أثناء تقلص البطين. يتم انفتاح الصمامات والذي يتم بتباعد حافات الصفائح عن بعضها نتيجة زيادة الضغط في الأذينين عما هو في البطينين خلال فترة معينة من النبض. لذلك فإن وظيفة الصمامات الأذينية - البطينية هي غلق الفتحة الكائنة بين الأذين والبطين ومنع رجوع الدم من البطين إلى الاثين أثناء تقلص البطين أما وظيفة الصمامات الشبه ملالية فهي منع رجوع الدم من الشريان الأبهر Aorta إلى البطين الأيسر، وكذلك من الشريان الرئوي Pulmonary Artery إلى البطين الأيمن اثناء انبساط البطينين وانخفاض الضغط دون الضغط الموجود في الشريانين.



القلب
لاحظ الصمامات الاذينية- البطينية و الصمامات شبه الهلالية
لاحظ الحبال الوترية والعضلات اللبيبية

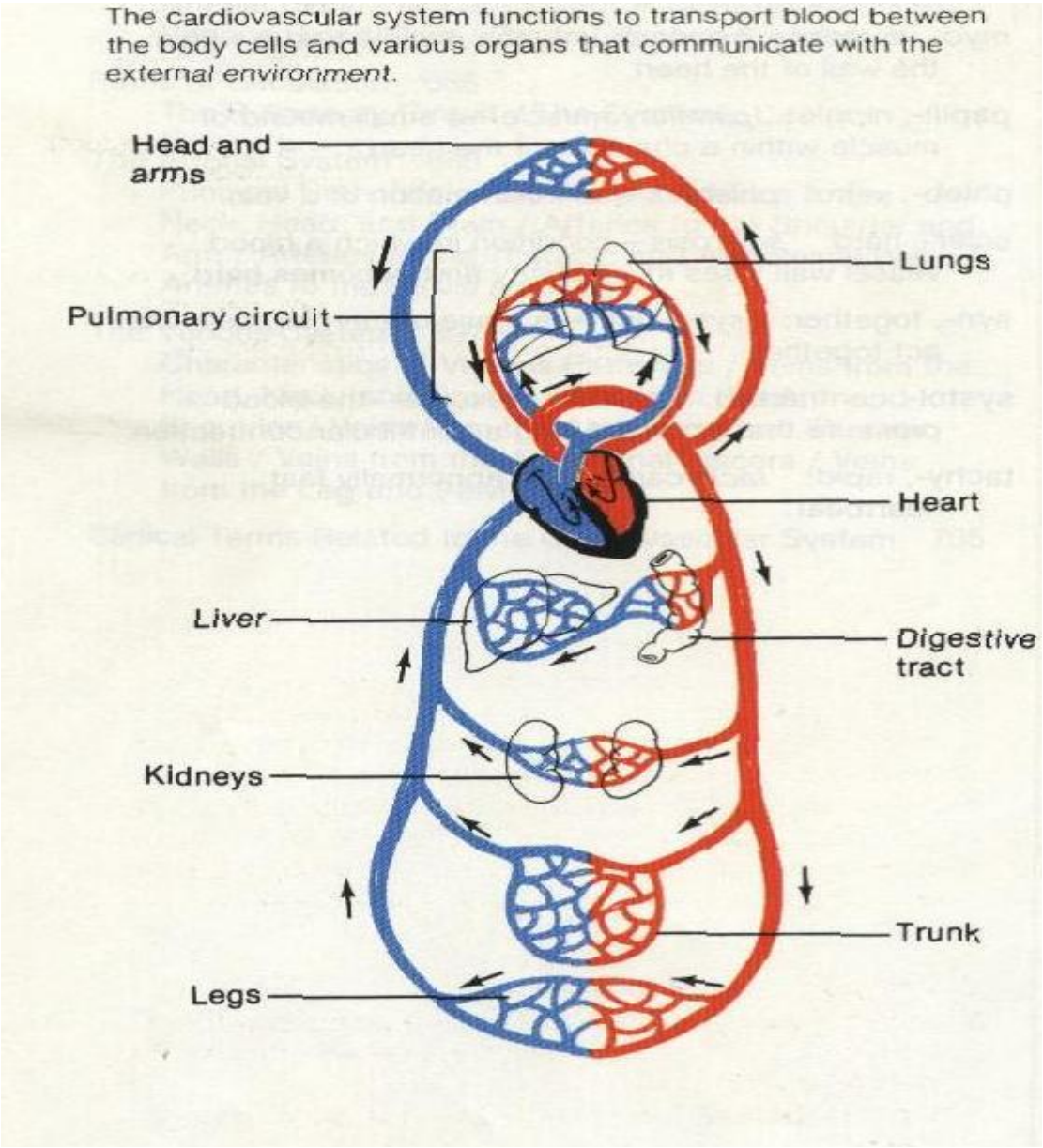
الدورة الدموية

الدورة الدموية الجهازية (الكبرى) Systemic or Greater Circulation.

يغادر الدم القادم من الرئة القلب عن طريق الشريان الابهر Aorta ليصل الى جميع اعضاء الجسم و انسجته التي تمتص الاوكسجين عبر الشرايين والشرينات والاوعية الشعرية يتم امتصاص الدم غير المؤكسد عن طريق الاوردة الصغيرة ثم الاوردة الاكبر ثم تنقلها الى الوريدين الاجوفين العلوي والسفلي والتي تصب في الاذين الايمن.

الدورة الدموية الصغرى (الجهازية) Pulmonary or Lesser Circulation.

يغادر الدم غير المؤكسج الجزء الايمن (البطين الايمن) من القلب عن طريق الشريان الرئوي الذي يوصل الدم الى الرئتين وهناك تقوم كريات الدم الحمراء بتحرير غاز ثنائي اوكسيد الكاربون والاتحاد بالاوكسجين خلال عملية التنفس يغادر الدم المؤكسج الرئتين عن طريق الاوردة الرئوية التي تصب في الاذين الايسر.



الدورة الدموية

الجهاز الناقل لنبض القلب Conducting system

منشأ وانتقال نبض القلب Origin & conduction

تسمى التقلصات الإيقاعية Rhythmic contractions للقلب بالنبض Beat ويزود قلب اللبائن (ومنها الإنسان) بمجموعة من الأنسجة المتحورة المخصصة لنقل النبض تكون أكثر انتشارا وتعقيدا مما هو في بقية الحيوانات مثل الضفدع.

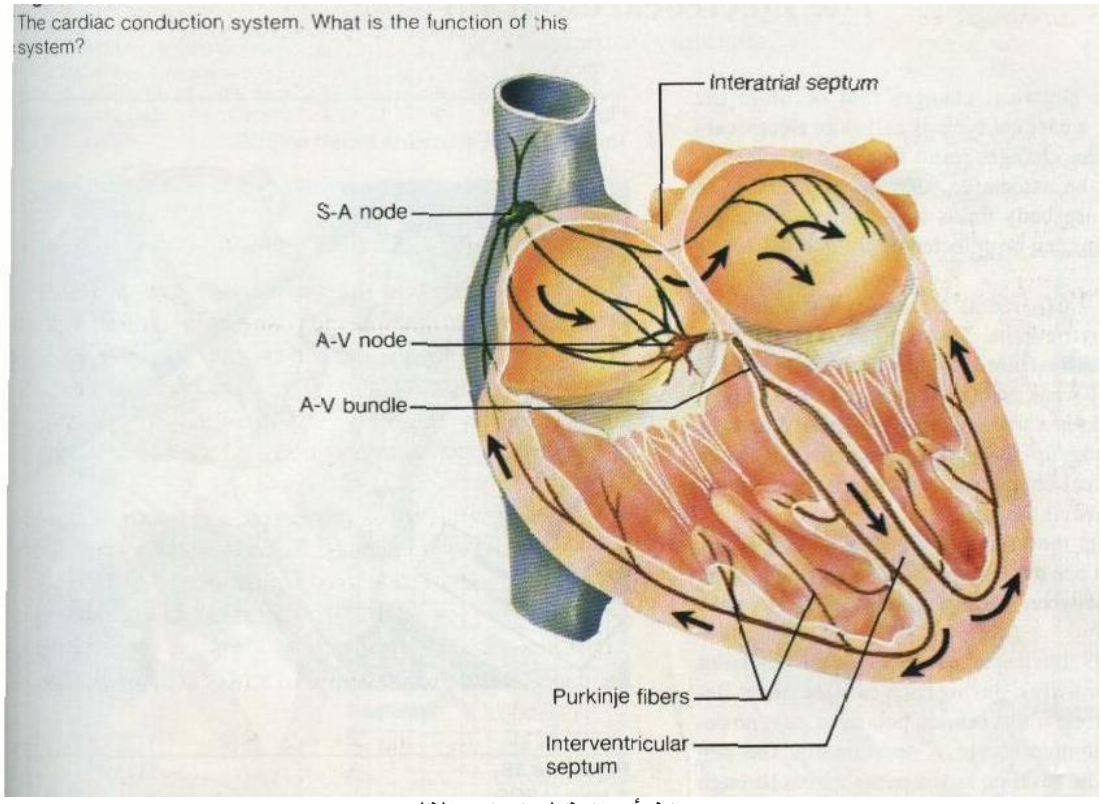
يبدا النبض في كتلة من الأنسجة المتحورة تقع في الأذين الأيمن Right atriumn تدعى بالعقده الكيسيه الأذينية Sino - Atrial node ويرمز لها S - A node وهذه العقدة هي منظم الخطى Pacemaker في القلب وتتألف من ألياف عضلية متحورة لها القابلية على زوال الاستقطاب في أغشيتها بصورة ذاتية رتيبة، ويدعى زوال الاستقطاب هذا بجهد المنظم Pacemaker potential.

تنتقل موجة التقلص من العقدة الكيسية الأذينية خلال عضلات جدران الأذينين Both Atria إلى كتلة من الأنسجة المتحورة الواقعة في أعلى البطين الأيمن تدعى العقدة الأذينية البطينية Atrio - ventricular node ويرمز لها A . V node . تمتد من هذه العقدة إلى الجدار الفاصل بين البطينين حزمة من الألياف العضلية المتحورة التي تسمى حزمة هيس Bundle of His التي تتفرع إلى ثلاثة فروع رئيسية هي:

١. الفرع البطيني الأيمن Right Ventricul branch.
٢. الفرع البطيني الأيسر Left Ventricul branch.
٣. الفرع العلوي Superior branch.

وكل فرع من هذه يتشعب إلى عدد كبير من الألياف التي تمتد في جدران البطينين تدعى ألياف بركنجي Purkinje fibers إن أي تلف يصيب أحد التراكيب المذكورة يؤدي إلى اضطراب في نبض القلب ويتميز باختلال الانسجام في تقلص وانبساط تجاويف القلب الأربعة.

كما أن نبض القلب لا ينتقل من الأذين إلى البطين مباشرة بواسطة العضلات القلبية العادية.



منشأ وانتقال نبض القلب

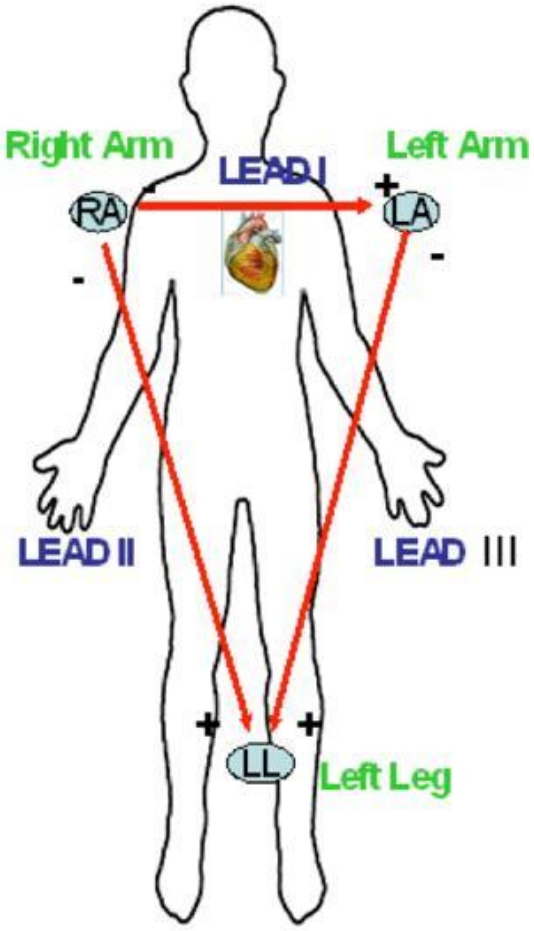
الحوادث الكهربائية المرافقة لنبض القلب

النبض هو تقلص وانبساط في الجدران العضلية للقلب. يسبق التقلص تغير في الجهد الكهربائي على جانبي أغشية الألياف العضلية. تسري موجة التقلص العضلي من العقدة الكيسية الأذينية S . A node إلى قمة القلب بعد أن تكون قد سبقتها ببضع ملي ثانية موجة من الجهد الكهربائي بنفس الاتجاه حيث تكون الأنسجة المتقلصة سالبة أكثر من الأنسجة التي لم تتقلص بعد، أما عند انبساط المناطق المتقلصة مرة ثانية فإنها تكون موجبة. **لذلك يمكن اعتبار النبض من الناحية الكهربائية** موجة من زوال الاستقطاب Depolarization أثناء الانقباض (التقلص) Systole (-) تعقبها موجة من عودة الاستقطاب Repolarization أثناء الانبساط Diastole (+).

التسجيل القلبي الكهربائي Electrocardiogram (E . C . G)

بالامكان تسجيل موجة التغير الكهربائي في العضلات القلبية وذلك:

* بوضع قطبي التسجيل على القلب مباشرة ثم ربطها بجهاز حساس لقياس فرق الجهد الكهربائي مثل جهاز الكلفانوميتر Galvanometer.
* في الإنسان توضع أقطاب التسجيل على سطح الجسم يربط القطبان إما بالذراعين Lead I أو بالذراع الايمن و الساق الايسر Lead II أو بالذراع الايسر والساق الايسر Lead III تسمى طرق الربط هذه بمثلث اينتهوفن Einthoven Triangle هناك نوع آخر من الربط يوضع بموجبه أحد القطبين على مناطق مختلفة من الصدر ويربط القطب الأخر بثلاث من الأطراف.



مثلث اينتهوفن Einthoven Triangle

ينتقل التبدل الكهربائي المرافق للنبض إلى سطح الجسم لأن السوائل الجسمية والأنسجة جيدة التوصيل للكهربائية.

آن مقدار فرق الجهد المنتقل إلى جانبي الجسم ضئيل لا يمكن تسجيله إلا بواسطة جهاز حساس جدا يدعى جهاز تخطيط القلب الكهربائي Electrocardiograph.

يعود الفرق في الجهد الكهربائي على جانبي الجسم من جراء النبض القلبي إلى كون أحد الجانبين يكون موجبا في لحظة معينة بالنسبة للجانب الاخر وبالعكس وذلك لعدة عوامل أهمها:

١. ميلان المحور الطولي للقلب عن المحور الطولي للجسم حيث تكون قمة القلب مائلة نحو اليسار بينما تكون قاعدة القلب مائلة نحو اليمين.
٢. وجود فرق في سمك جدران البطينين حيث أن جدران البطين الأيسر أسمك من جدران البطين الأيمن.

هذا يؤدي إلى فرق زمني طفيف في وصول موجة التغيير الكهربائي إلى مناطق متناظرة في البطينين.

يمكن تضخيم ومضاعفة فرق الجهد الكهربائي على جانبي الجسم نتيجة نبض القلب لغرض تسجيلها لانها لا تتجاوز ملي فولت واحد وذلك بواسطة الجهاز المضخم "Amplifier " المربوط في جهاز تخطيط القلب الكهربائي.

يسجل التبدل في الكهربائية بين القطبين بصورة مستمرة على ورق على شكل خطوط بيانية، تصاحب النبض ثلاث موجات رئيسية وهي:

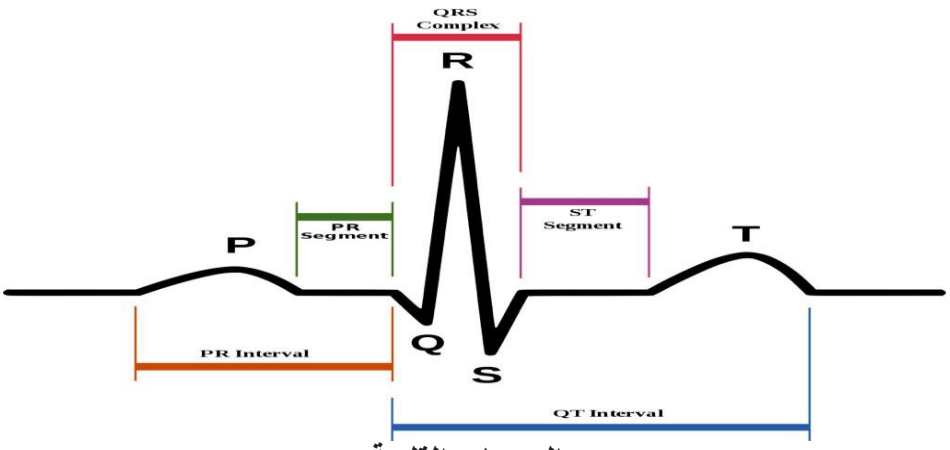
موجة P: وتمثل عملية زوال الاستقطاب Depolarization في الأذينين. (تمثل الانقباض الأذيني).

موجة QRS: وتمثل زوال الاستقطاب Depolarization في البطين (تمثل الانقباض البطيني).

موجة T: وتمثل عوة الاستقطاب Repolarization في البطين (تمثل الانبساط البطيني).

أما الانبساط الأذيني فلا يظهر في التخطيط لتغلب QRS عليه. أما الفترة الزمنية بين R و P هي الزمن اللازم لانتقال التغيير الكهربائي (سرعة التوصيل) من الأذينين إلى البطينين.

باستطاعة الطبيب تشخيص تلف أو تضخم القلب وتجاويفه أو اليافه بواسطة التخطيط فمثلا: زيادة طول فترة P - R تعني تلف الأنسجة الموصلة لموجه التغيير الكهربائي من الأذينين إلى البطينين مثل الحصر القلبي Heart block اما زيادة طول الفترة الزمنية لمعقد QRS والذي يستغرق ٠,٠٦ في الاشخاص الاصحاء فهو دليل على بطيء في التوصيل في عضلات البطينين بسبب التضخم البطيني.



الموجات القلبية

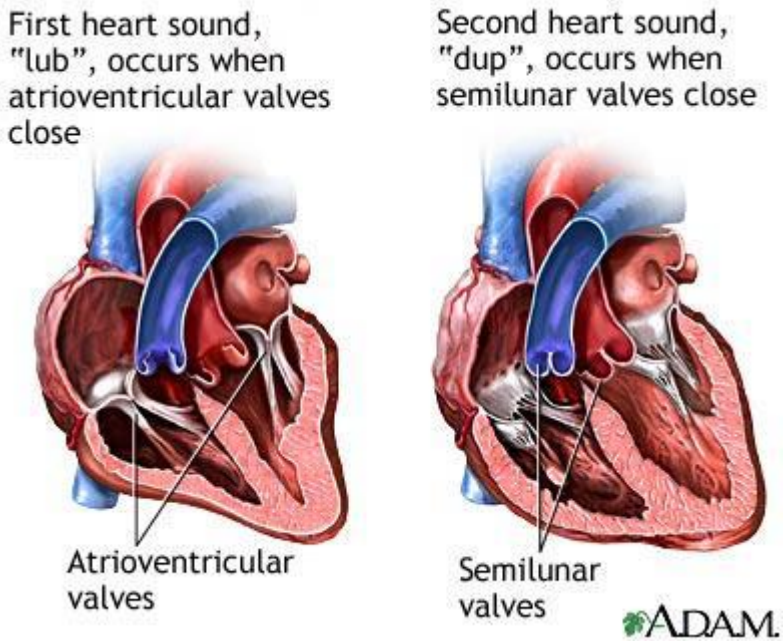
الدورة القلبية Cardiac Cycle.
ويقصد بها جميع الحوادث المرافقة للنبضة القلبية الواحدة.
الانبساط الأذيني Auricular Diastole يستغرق ٠,١ ثانية.
عند انبساط الأذينين:
يمتلىء الأذين الأيمن بالدم الوارد من أنحاء الجسم بواسطة الأوردة الجوفاء. ويمتلىء الأذين الأيسر بالدم الوارد من الرئتين بواسطة الوريدين الرئويين. والقوة التي تعمل على سريان الدم من هذه الأوردة نحو الأذينين هي فرق الضغوط بين الأوردة والأذينين ويكون الضغط داخل الأذينين أقل من الضغط داخل الأوردة نتيجة لـ:
١. ارتخاء جدران الأذينين أثناء عملية الانبساط.
٢. ارتفاع ضغط الأوردة نتيجة تدليك العضلات الهيكلية لجدرانها.
يبلغ الضغط الوريدي العام حوالي ١٠ ملم زئبق، وينخفض الضغط داخل الأذينين إلى حوالي صفر أو تحته بقليل أثناء عملية الشهيق بعدها يحدث: الانقباض الأذيني Auricular systole (يستغرق ٠,١ ثانية). يرتفع الضغط داخل الأذينين ليبلغ:
* حوالي ٤ - ٦ ملم زئبق في الأذين الأيمن.
* وحوالي ٧ - ٨ ملم زئبق في الأذين الأيسر.
في هذه الأثناء يحدث: الانبساط البطيني Ventricular Diastole (يستغرق ٠,٢ ثانية) ينخفض الضغط داخل البطينين إلى ما يقارب الصفر (وعند ابتداء الانخفاض تنغلق الصمامات شبه الهلالية لتمنع رجوع الدم إلى البطينين). يؤدي ارتفاع الضغط في الأذينين عنه في البطينين إلى انفتاح الصمامات الأذينية - البطينية Atrio - ventricular valves ودخول الدم من الأذينين إلى البطينين.
وبعد ذلك يحدث: الانقباض البطيني Ventricular systole (يستغرق ٠,٢ ثانية) وهو اقوى من الانقباض الأذيني بفضل الجدران العضلية السميكة للبطينين ويؤدي إلى ارتفاع كبير في ضغط الدم داخل البطينين.
يبلغ الضغط في البطين الأيسر ١٢٠ ملم زئبق أو أكثر وفي البطين الأيمن ٢٥ ملم زئبق يؤدي ارتفاع الضغط في البطينين عنه في الأذينين إلى: انغلاق الصمامات الأذينية - البطينية ومنع رجوع الدم من البطينين إلى الأذينين، وكذلك تنفتح الصمامات شبه الهلالية Semilunar Valves فيندفع الدم بقوة:
* من البطين الأيسر إلى الشريان الأبهر حيث يكون الضغط فيه ١٢٠ ملم زئبق.
* من البطين الأيمن إلى الشريان الرئوي حيث يكون الضغط فيه ٢٢ ملم زئبق.
بعد الانقباض يعتري البطينين الانبساط الذي يؤدي إلى انخفاض الضغط فيهما إلى الصفر. ولكن حالما يبدأ الضغط داخل البطينين بالانخفاض أقل من الضغط في الشريان الأبهر والشريان الرئوي، تنغلق الصممات شبه الهلالية وبذلك يمنع رجوع الدم إلى البطينين وتسمى مجموع هذه الحوادث بالدورة القلبية Cardiac Cycle.
- لا يرجع الدم من الأذينين إلى الأوردة الرئيسة أثناء التقلص الأذيني بالرغم من عدم وجود صمامات بين هذه الأوردة والأذينين للاسباب الآتية:
١. ضعف الانقباض الأذيني بحيث أن الضغط في الأذنين أثناء الانقباض لا يتعدى الضغط في الأوردة المتصلة بها مطلقا.
٢. ضعف المقاومة الأمامية لانتقال الدم في الأذنين إلى البطينين نظراً للترتيب الخاص للصمامات الأذينية البطينية.
٣. وجود الياف عضلية حلقية عند اتصال الأوردة بالأذينين تعمل على تضييق الفتحة الكائنة بين الوريد والأذين أثناء انقباض الأذين.

الأصوات القلبية Heart Sounds

يرافق نبض القلب صوتان متميزان هما:

١. الصوت الأول أو الانقباضي First or systolic sound: يكون هذا الصوت اطول من الصوت الثاني واوطأ نغمة ويشبه اللفظة " Lubb " يعتقد أن سببه الاهتزاز الذي يحدث في الصمامات الأذينية - البطينية أثناء انغلاقها عند ابتداء الانقباض البطيني Ventricular systole وكذلك الاهتزاز في جدران البطينين. إن أي عطب يصيب الصمامات الأذينية البطينية يؤثر على هذا الصوت ويسمى الصوت الناتج باللفظ Murmur.

٢. الصوت الثاني أو الانبساطي Second or diastolic sound: وسببه الاهتزاز الحادث في الصمامات شبه هلالية نتيجة انغلاقها عند ابتداء الانبساط البطيني - Ventricular diastole ويشبه اللفظ " Dup " . لذلك فإن نبض القلب يشبه صوت اللفظين " Lubb - Dup ". وتعاد هذه في كل دورة قلبية، وتبلغ عدد النبضات حوالي ٧٢ مرة في الدقيقة للإنسان البالغ الصحيح. أحياناً يمكن سماع أصوات إضافية في القلب الطبيعي.



الأصوات القلبية

ضغط الدم Blood Pressure

يتكون ضغط الدم نتيجة لانقباض جدران البطين العضلية. ويقصد بضغط الدم باللغة الطبية: الضغط داخل الشرايين الجهازية والتي تشمل الأبهر وتفرعاته. بالمعنى الوظيفي: الضغط في تجاويف القلب الأربع أثناء الانقباض والانبساط وداخل الشرايين والأوردة والأوعية الشعرية.

يقاس الضغط في الإنسان في الشريان العضدي Brachial artery بواسطة جهاز قياس الضغط Sphygmomanometer ويتالف من كيس الضغط Pressure cuff وسماعة الطبيب Stethoscope ومنفاخ مطاطي على شكل حويصلة مطاطية bulb، مانوميتر زئبقي.

جهاز قياس ضغط الدم

* بربط الكيس حول العضد فوق المرفق بحوالي بوصة واحدة وتوضع السماعة تحت الكيس وفوق الشريان.
* ننفخ بواسطة الحويصلة المطاطية إلى أن يصبح الضغط داخل الكيس حوالي ٢٠٠ ملم زئبق.
* نظراً لأن هذا الضغط أعلى من ضغط الدم في الشريان العضدي فإنه يؤدي إلى سد الشريان.
* بعد ذلك ينخفض الضغط في الكيس بصورة تدريجية بفتح الصمام للتخلص من الهواء الزائد.
* يستمر ذلك حتى يسمع صوت يمثل مرور الدم في الشريان العضدي بعد ان كان مغلقا ويسمى صوت كوروتكوف Korotkoff sound بواسطة السماعة التي توضع على الشريان العضدي، يمثل الضغط الذي يقرأ على المانوميتر الضغط الانقباضي Systolic Pressure.
* بعد ذالك يخفض الضغط في الكيس بصورة تدريجية الأمر الذي يجعل الصوت أعلى فأعلى إلا أن يخفت بصورة فجائية وهذا هو الضغط الإنبساطي Diastolic Pressure.

عندما ينقبض البطين الأيسر يرتفع الضغط داخله إلى ١٢٠ ملم زئبق، يؤدي هذا إلى انفتاح الصمام شبه الهلالي الكائن في بداية الأبهر. يندفع الدم داخل الشريان الأبهر ويرتفع الضغط فيه إلى ١٢٠ ملم زئبق أيضاً. يسمى هذا بالضغط الانقباضي SystolicPressure.
بعد ذلك يبدا البطين الأيسر بالإنبساط فينخفض الضغط داخله إلى أن يصل الصفر تقريباً، أما الضغط داخل الأبهر والشرايين المتفرعة منه فيبدأ هو الآخر بالانخفاض. عندما يصل الضغط حوالي ٨٠ ملم زئبق وينغلق الصمام شبه الهلالي وبذلك لا ينخفض الضغط في الشرايين دون هذا مطلقا.
يسمى هذا بالضغط الإنبساطي Diastolic pressure.
يسمى الفرق بين الضغطين الإنقباضي والانبساطي بضغط النبض.
ضغط النبض = ١٢٠ - ٨٠ = ٤٠ ملم زئبق في البالغين الأصحاء.

أما المعدل الحسابي للضغطين الإنقباضي والانبساطي فيدعى متوسط ضغط الدم. متوسط ضغط الدم = (١٢٠ + ٨٠) ÷ ٢ = ١٠٠ ملم زئبق.

العوامل المؤثرة على ضغط الدم

١. الضخ القلبي Cardiac Output: ويعتمد على معدل النبض Heart rate وحجم الضربة Volume stroke.
٢. المقاومة المحيطية Peripheral resistance: تتأثر بـ أقطار الأوعية الدموية، وحجم الدم، ولزوجة الدم.

معدل النبض (٧٢ نبضة / دقيقة).
حجم الضربة (٧٠ مليلتر).
الضخ القلبي (٥ لتر / دقيقة).
متوسط ضغط الدم (١٠٠ ملم زئبق).
المقاومة المحيطية.
أقطار الشريان.
لزوجة الدم (١,٥٤).
حجم الدم (٦ لتر).

تتناسب المقاومة التي يلاقيها الدم عبر مروره خلال الأوعية الدموية عكسياً مع القوة الرابعة لأنصاف أقطار الأوعية الدموية (أنصاف أقطار الأوعية الدموية)[٤] وطردياً مع لزوجة الدم.

وبما أن ضغط الدم يتناسب طرديا مع المقاومة الحيطية لذلك فإن ضغط الدم يتناسب عكسياً مع القوة الرابعة لانصاف أقطار الأوعية وطرديا مع لزوجة الدم.

ضغط الدم α (الزوجة الدم / أنصاف أقطار الأوعية الدموية)[٤].

المقاومة المحيطية:

تقع معظم المقاومة في الشرينات . وبما أن الشريان والأوعية الدموية لها القابلية على تغيير أقطارها لذا فإن ضغط الدم يعتمد على توسع Vasodilataion وانقباض Vasoconstriction الشرينات.

ويقع الانقباض والانبساط في أقطار الشرايين تحت تأثير الجهاز العصبي المركزي CNS عن طريق الألياف العصبية الودية التي هي قابضة للشرينات.

وتؤدي زيادة فعالية هذه الألياف إلى انقباض عام للشرينات وبالتالي ارتفاع ضغط الدم (وهذا يفسر ارتفاع الضغط المفاجيء عند الانفعال). كما أن قلة فعالية هذه الألياف تؤدي إلى انبساط الشرينات وبالتالي انخفاض ضغط الدم العام.

لزوجة الدم Blood viscosity

وتعتمد على عدد الكريات الحمراء ومقدار بروتينات بلازما الدم. إن انخفاض هذه المكونات بسبب الإصابة بفقر الدم الشديد يؤدي إلى انخفاض اللزوجة في الدم وبالتالي انخفاض الضغط. كما أن ازدياد عدد الكريات الحمر كما في مرض فرط الكريات Polycythemia يؤدي إلى ارتفاع لزوجة الدم وكذلك ارتفاع ضغط الدم.

ضغط الدم وجريانه في الأوعية المختلفة

يتناقص ضغط الدم بصورة تدريجية ابتداء من الأبهر (حيث متوسط الضغط البالغ ١٠٠ ملم زئبق) وانتهاء في الأوردة الجوفاء Venae Cavae التي تصب في الأذين الأيمن والتي يصل الضغط فيها إلى الصفر تقريبا. ويلاحظ أن معظم الهبوط في الضغط يحصل في الشرينات وذلك لأن هذه الأوعية الدموية تحمل أعلى مقاومة لجريان الدم بسبب أقطارها الضيقة بالنسبة للشرايين التي تتفرع منها.

سرعة الجريان الدموي

تتناسب سرعة جريان الدم عكسياً مع لمساحة الكلية المجموع مقاطع الأوعية الدموية التي يمر الدم خلالها.

لذا فإن الدم يكون سريع الجريان في الأبهر والشرايين الرئيسية المتفرعة منه وفي الأوردة واوطأ ما يكون في الشعيرات الدموية.

الوعاء	المجموع الكلي للمقاطع	سرعة الجريان
الشرايين الكبيرة (الأبهر)	٤٠٠ ملم^{٢}	٢٠٠ ملم / ثانية
الشعيرات الدموية	١٦٠,٠٠٠ملم^{٢}	١ - ٢ ملم / ثانية
الأوردة الكبيرة	٦٠٠ ملم^{٢}	١٣٣ ملم / ثانية

سرعة الجريان ولا تعتمد على الضخ القلبي وإنما على سعة المجرى الذي يمر فيه الدم يلاحظ بأن مجموع مساحة مقاطع الشعيرات هو ٤٠٠ مرة اكثر من مساحة المقطع العرضي للأبهر، لذا فإن سرعة جريان الدم في الشعيرات هي ٤٠٠ مرة أقل مما هو عليه في الأبهر.

السيطرة العصبية Nervous control

يقع كل من نبض القلب وتوسع وتمدد الأوعية الدموية وضغط الدم تحت السيطرة العصبية.

نبض القلب

للقلب القابلية على النبض الذاتي إلا أن الجهاز العصبي له تأثير محور لسرعة هذه النبضات تحت الظروف المختلفة كالرياضة لخدمة الجسم الأنية.

يزود القلب بنوعين من الألياف العصبية هي:

١. الالياف الودية Sympathetic fibers التي تزيد من سرعة وقوة النبض.
٢. الألياف نظير الودية Parasympathetic fibers التي تثبط سرعة وقوة النبض.

في أثناء الراحة هناك توازن بين الفعل المحفز للألياف الودية والفعل المثبط للألياف نظير الودية بحيث يبقى النبض قريباً من ٧٢ نبضة / دقيقة. وفي أثناء الرياضية أو الأعمال الشاقة يزداد التحفيز الودي مما يؤدي إلى تسارع القلب ولكن ضعف النبض.

الدم Blood

وهو من الأنسجة الرابطة السائلية ولكنه أكثرها ديناميكية وتخصصا في الجهاز الناقل. وتضاف للدم في كل لحظة عشرات الأنواع من المواد المختلفة من القناة الهضمية على شكل نواتج هضم المواد الغذائية المختلفة كما يضاف اليه الأوكسجين من الرئتين وهرمونات عديدة. وتزال من الدم أنواع مختلفة من المواد على شكل فضلات تطرح بواسطة الكليتين مع البول أو CO_2 بواسطة الرئتين، وعلى الرغم من الاضافة والطرح يبقى الدم محافظة على تركيبه ومكوناته وخواصه، ويشكل الدم المحيط الداخلي للجسم الذي يتميز بالثبوتية بالرغم

من تبدل المحيط الخارجي، ويشكل الدم حوالي ٥ ألتار وحسب وزن الجسم (يبلغ ٧,٧% من وزن الجسم).

مكونات الدم

١. البلازما (٥٥ %) ويشكل الماء حوالي ٩٠% من نسبته ويحتوي على بروتينات البلازما Plasma Proteins وهي الألبومين والكلوبيولين والفايبرينوجين.

* بروتينات منظمة وواقية وهي الهرمونات والأجسام المضادة والأنزيمات.
* مواد لا عضوية مثل Na . CI , Ca . K . HCO_3 . I , Fe.
* غازات التنفس وهي CO_2 ، O_2 .

٢. مواد عضوية ، وتشمل:

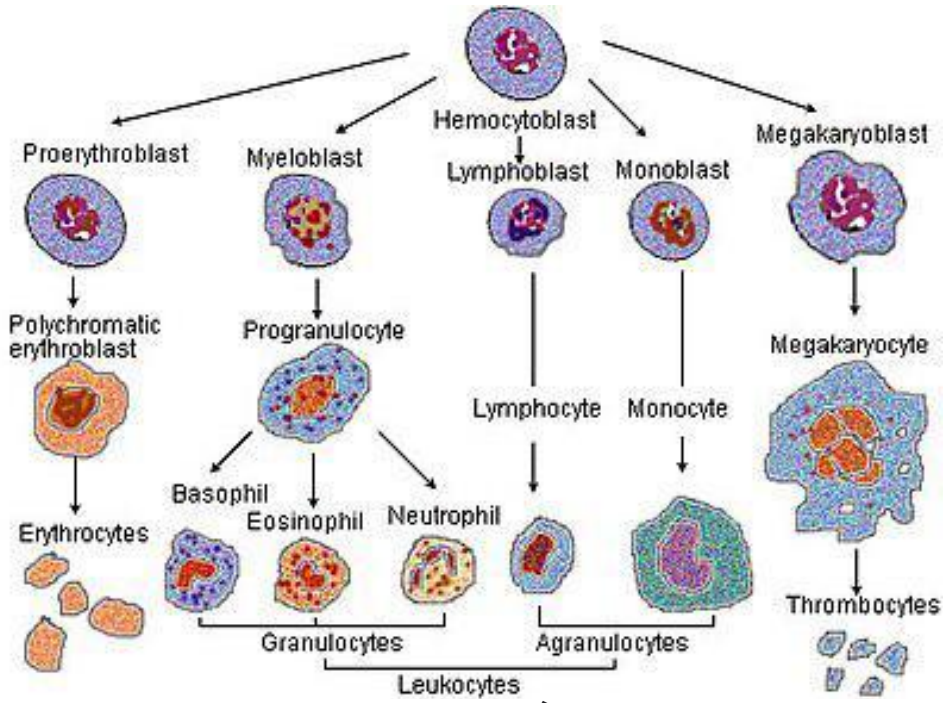
* الفضلات مثل اليوريا وحامض اليوريك والكرياتين والأمونيا . . . الخ.
* مواد غذائية مثل الحوامض الأمينية، وسكر العنب والدهون والكوليسترول.

٣. خلايا الدم وتشكل ٤٥% وهي أثقل من البلازما فلذلك تغطس إلى القعر عند أخذ العينة الدموية وتشمل:

أ - خلايا الدم البيض WBCs وتشكل ٥٥٠٠-٩٠٠٠ في كل ملم^3 واحد وتدافع عن الجسم ضد المواد الغريبة والبكتيريا.

ب - خلايا الدم الحمر RBCs وتشكل ٤,٢- ٦,٤ مليون في كل ملم ^{3} واحد وتعمل على نقل الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون.

ج - الأقراص الدموية Platelets or Thrombocytes. وتشكل ٢٥٠ - ٥٠٠ ألف في كل ملم^3 واحد وهي مهمة في تخثر الدم الطبيعي.



مكونات الدم في الانسان ومراحل تكونها

بروتينات البلازما Plasma Proteins

* توجد بشكل ذائب في البلازما.
* تشكل حوالي ٦ - ٨ % من وزن البلازما.
* تتكون من ثلاثة أنواع هي:

أ - البومين مصلي Serum albumin

* نسبته ٤ - ٥ %.
* ويكسب الدم ضغطه الأوزموزي.

ب - كلوبيولين مصلي Serum Globulin

* نسبته ٢,٧- ٣ %.
* يتكون من ثلاثة أنواع هي الفا، بيتا، كاما.

١. الفا كلوبيولين α Globulin ويعمل على نقل البليروبين Bilirubin والليبيدات والستيرويدات.
٢. بيتا كلوبيولين β Globulin ويعمل على نقل الحديد Fe والنحاس Cu في البلازما.
٣. كاما كلوبيولين δ Globulin وله علاقة بتكوين الأجسام المضادة والمناعة.

ج - الفايبرينوجين Fibrinogen

* ضروري لتكوين الفايبرين Fibrin المهم في عملية تخثر الدم.
* نسبته ٠,٣%.

أهمية بروتينات بلازما الدم

* تكسب بروتينات البلازما ضغطا أوزموزيا Osmotic pressure يقدر بحوالي ٢٥ – ٣٠ ملم زئبق.
* وهي مهمة في تنظيم حجم الدم Blood Volume وتوازن السوائل الجسمية Body ' s fluid balance.
* مسؤولة عن الزوجة الدم Viscosity وضرورية في استمرار ضغط الدم الطبيعي.
* إضافة إلى تكوينها شبكة التخثر الدموي.
* يصنع معظم الألبومين والفايبرينوجين تقريباً في الكبد. اما الكوبيولين فيصنع في الكبد والعقد اللمفاوية.
* يصنع الكبد بروتينات البلازما بسرعة وبمعدل ٥٥ غم كل ٢٤ ساعة ويعتمد معدل صنع البروتينات من الكبد على تركيز الحوامض الأمينية في الدم.
* بالامكان فصل بروتينات البلازما بواسطة جهاز الهجرة الكهربائية Electrophoresis فعند تعريض قطرة صغيرة من البلازما موضوعة على ورق ترشيح إلى تيار كهربائي ضعيف في جهاز تتحرك الجزيئات البروتينية باتجاه القطب الموجب Anode لانها ذات شحنة سالبة.
* ونظراً لإختلاف درجة سالبية الجزيئات المختلفة من بروتينات البلازما وتباين اوزانها الجزيئية فإنها تتحرك نحو القطب الموجب بسرع مختلفة وبذلك تنفصل عن بعضها على فرق الترشيح.
* تقوم بروتينات البلازما بوظائف أخرى فهي تعمل على حمل بعض الهرمونات مثل الثايروكسين Thyroxin وهرمونات قشرة الكظرية وهرمونات المناسل.
* نقص تركيز بروتينات البلازما يسمى Hypoproteinemia ويحدث عند المجاعة أو التهاب الكلى Nephritis.