اسم المادة : علم الفسلجة (علم وظائف الأعضاء) PHYSIOLOGY

اسم المحاضرة : فسيولوجيا جهاز الدوران CIRCULATORY SYSTEM

الجزء الاول

رقم المحاضرة : (٢)

المراجع المعتمدة/

١. العلوجي ، صباح ناصر (٢٠١٤) . علم وظائف الاعضاء ، الطبعة الثالثة.

٢. زيتون ، عايش . (٢٠٠٨) . علم حياة الانسان ، الطبعة الاولى – الاصدار الرابع.

٣. الشاعر،عبد المجيد مصطفى،هشام ذيب ، عماد الخطيب . (٢٠٠٧) . علم الدم، الاصدار الثالث.

٤. يوسف محمد عرب ، صباح ناصر العلوجي ، فاروق ناجي كرماشة ، مروان عبد الرحيم . (١٩٩٨) فسيولوجيا الحيوان . جامعة بغداد.

٥. بعض المواقع الالكترونية للتعزيز بالاشكال والمخططات التوضيحية.

فسيولوجيا جهاز الدوران CIRCULATORY SYSTEM

ان اول من وصف جريان الدم بشكل دورة كاملة هو العالم الفيزيائي الانكليزي وليم هارفي William Harvey عام ١٦٢٨. الذي دعم اراءه بتجارب عملية مستعملاً حيوانات متعددة في تجاربه. فصمم تخطيطاً لدوران الدم على الرغم من عدم مشاهدته للاوعية الدموية الشعرية. اما الشعيرات الدموية ، فقد اكتشفها العالم مالبيجي Malpighiعام ١٦٦١ مستعملاً المجهر.

اما العالم العربي علاء الدين ابو الحسن المعروف بـ (ابن النفيس ٦٠٧ هـ ، ١٢١٠ م) فهو اول من اكتشف الدورة الدموية الصغرى ، وهو بذلك سبق هارفي الا ان اكتشافه ظل مجهولاً حتلى بينه عدد من العلماء اللاحقين.

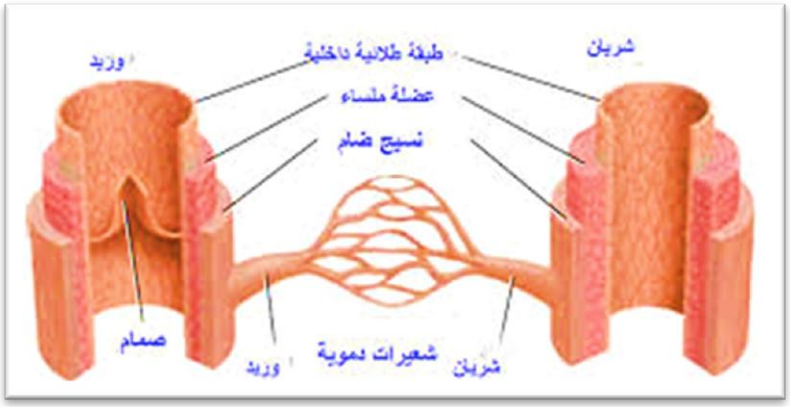
تحتاج خلايا جسم الإنسان إلى أوكسجين وغذاء بشكلٍ مستمر للقيام بعملية التنفّس الخلوي **Cellular respiration** في الميتوكندريا **Mitochondria** داخل الخلايا للحصول على الطاقة اللازمة للقيام بالأنشطة المختلفة للخلايا ، ويتولّى الدم عملية النقل **Transportation** للأوكسجين والغذاء لجميع الخلايا في جسم الإنسان ، كذلك يأخذ الدم الفضلات لإرسالها لجهاز الإخراج ، ويأخذ ثاني أكسيد الكربون لإخراجه عن طريق الرئتين ، لذا يُعتبر الدم بمثابة حلقة وصل بين أعضاء الجسم المختلفة ، وان بقاء الكائنات حية يعتمد على استمرار حصول عملية النقل هذه.

يعرّف **جهاز الدوران** بأنه الجهاز المسؤول عن انتقال الدم في جسم الإنسان ، ويتكوّن بشكل رئيس من الدم (السائل الأحمر الذي يحتوي على أنواع خلايا متنوعة تقوم بوظائف مختلفة في غاية الأهمية) ، وينقل الدم الأوكسجين والهرمونات والغذاء والغازات الأخرى والانزيمات ووالمحاليل الدارئة (المنظمة) ...وغيرها من وإلى الأعضاء المختلفة ، والدم ايضاً يعد الحجر الاساس في الية التنظيم الحراري للجسم .

ينتقل الدم من خلال الأوعية الدمويّة ، التي هي عبارة عن أنابيب تتكوّن من عضلات ملساء **Smooth muscles** ، تقوم هذه الانابيب بمهمة نقل الدم بين القلب وأجزاء الجسم المختلفة ، وتنقسم إلى الشرايين **Arteries** والأوردة **Veins** والشعيرات الدمويّة **Blood capillaries** .

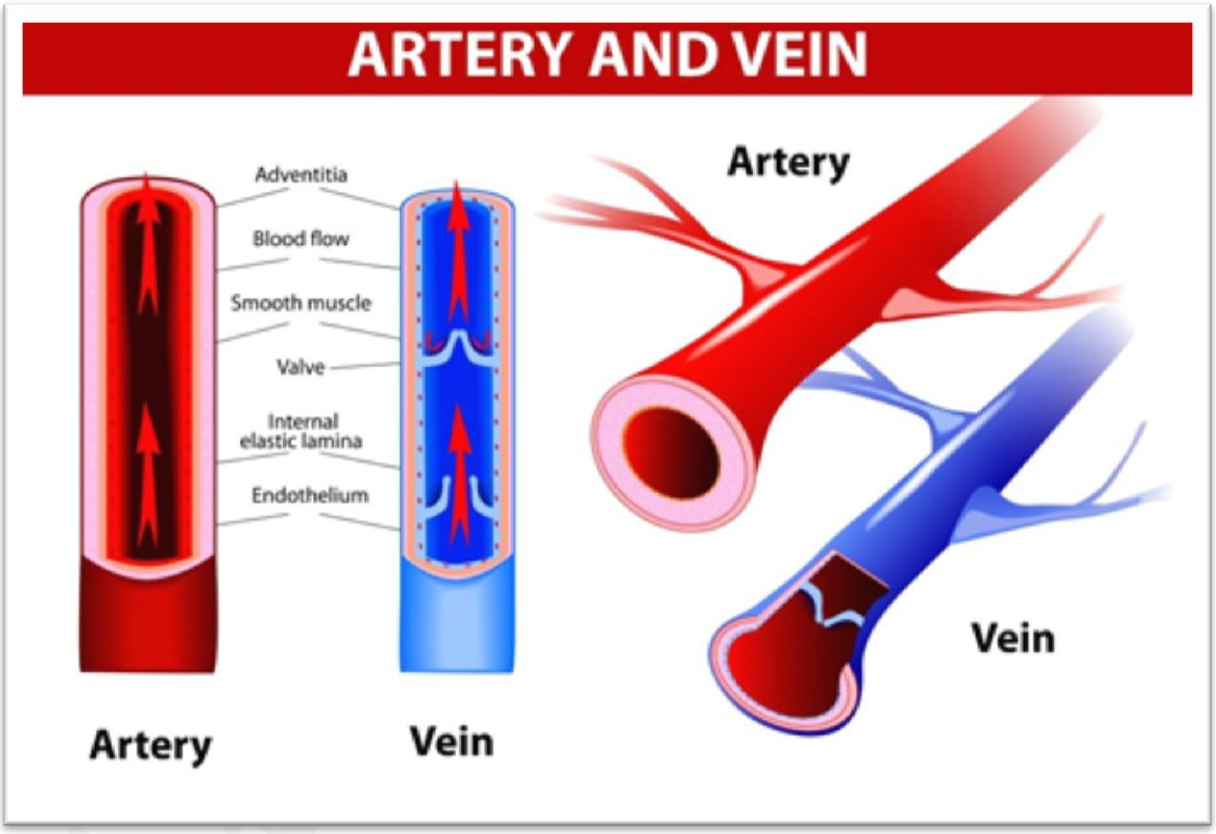
كما يعرف جهاز الدوران أو الجهاز القلبي الوعائي **Cardiovascular system** (الذي يشمل القلب والاوعية الدموية) . بانه الجهاز المسؤول عن دوران الدم **Blood** ضمن الجسم باعتبار الدم الحامل الرئيس للأوكسجين من الرئة **Lung** إلى سائر أنسجة الجسم ، و ليقوم بعد ذلك بنقل غاز ثاني أكسيد الكربون السام إلى الرئة لطرحه خارج الجسم. واخيراً تجدر الاشارة الى ان الجهاز المناعي للجسم يتركز في هذا الجهاز الوعائي.

ان المركز الرئيسي لجهاز الدوران هو عضلة معقدة التركيب تقوم بدور المضخة للدم إلى أنسجة الجسم و إلى الرئتين أيضا ، تدعى هذه المضخة بالقلب **Heart** ((هو عضو عضلي مجوف يدفع الدم ضمن جهاز الدوران بما يشبه عمل المضخة، مشكلا العضو الرئيسي في الجهاز القلبي الوعائي أو ما يعرف بالجهاز الدوراني)) ، يتصل القلب بدوره مع الرئتين و الأنسجة البشرية عن طريق أوعية دموية **Blood vessels** مؤلفة من انابيب عضلية مرنة لتتحمل ضغط الدم ، يمكن تقسيمها إلى :



- شرايين Arteries : مهمتها نقل الدم من القلب إلى الأعضاء المختلفة بما فيها الرئتين.
- أوردة Veins تقوم بإرجاع الدم من الأعضاء المختلفة و الرئتين إلى القلب .

❤ اذاً نقطة انطلاق الشرايين هي القلب في حين تنتهي الأوردة في القلب .



وجهاز الدوران نوعين هما

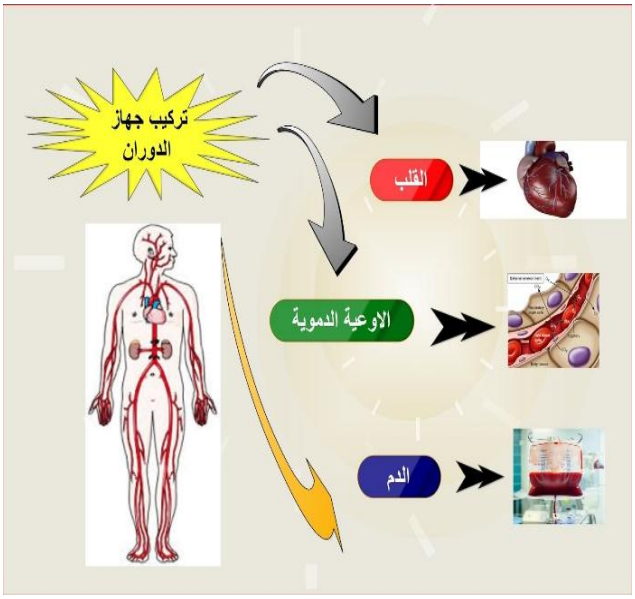
١) جهاز الدوران المغلق Circulatory System Closed : وفيه يجري الدم في اوعية دموية مرتبطة مع بعضها بواسطة الشعيرات الدموية كما في الفقريات والديدان الحلقية.

٢) جهاز الدوران المفتوح Circulatory System Open : لا يوجد اتصال بين الاوعية الدموية ويصب الدم في تجاويف بين الانسجة تسمى الجيوب **Sinuses** كما في النواعم والمفصليات .

ان جهاز الدوران المغلق اكثر ملائمة للحيوانات الكبيرة في الحجم حيث ينتقل الدم بسرعة الى اماكن احتياجه في اجساما ، كما ان سيره الى مختلف الاعضاء يمكنه من مواجهة احتمالات التغير في حاجتها للدم في اية لحظة.

ومن المهم ان نذكر ، بان هناك جهاز يعمل بشكل متزامن مع جهاز الدوران المغلق في اجسام الفقريات ، وهذا الجهاز يدعى بالجهاز اللمفاوي Lymphatic system الذي يسمى ايضاً جهاز السائل الملتقط Fluid Pick up System (لكونه يقوم بجمع السوائل النسيجية واعادتها الى جهاز دوران الدم).

تمتلك جميع اجهزة الدوران في الفقريات صفات ثابتة فالقلب يضخ الدم داخل الشرايين **Arteries** التي تتفرع الى فروع دقيقة تسمى الشُرينات **Arterioles** ثم الى الشعيرات الدموية **Blood capillaries** ليتركها الدم الى الوريدات ((الاوردة الصغيرة)) **Venules** ثم الاوردة **Veins** التي تعيده الى القلب من جديد.



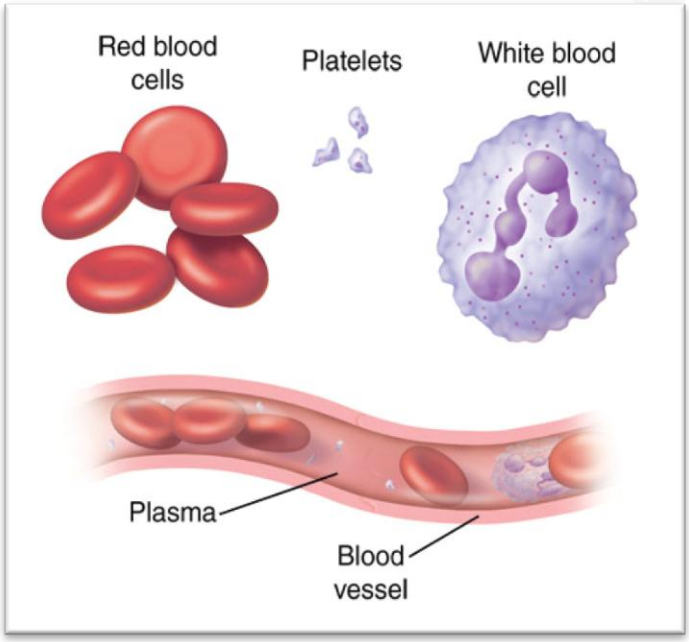
❤ يتكون جهاز الدوران الدموي من :

١) الدم **Blood**

٢) الأوعية الدموية **Blood vessels** :
- ✓ شرايين **Arteries**
- ✓ واوردة **Veins**
- ✓ الشعيرات الدموية **Blood capillaries**

٣) القلب **Heart**

اولاً : الدم THE BLOOD



يُعد الدم سائلاً لزجاً من الانسجة الرابطة Connective Tissues يميل للقاعدية (**PH 7.4**) ، يُشكل الدم ثمانية بالمئة من كتلة الجسم، فإن كانت كتلة شخص مُعين ستين كيلوغراماً ، فإن ٤.٨ منها دم ، أي ما يُقارب خمسة لترات ، يتكون من عناصر متشكلة Formed Elements هي الخلايا الدموية (الحمراء والبيضاء) - يتم إنتاجها في النخاع العظمي Bone Marrow للعظم الطويل – والصفائح الدموية ومن مادة بينية Intercellular Matrix سائلة البلازما .

❤ وظائف الدم

١) الدفاع عن الجسم ((الحماية Protection)) : وذلك عن طريق إنتاج الاجسام المضادة Antibodies التي تُحارب الجراثيم ، وتتخلص من الميكروبات المُهاجمة ، والتي تتسبب في الإصابة بالعديد من الأمراض.

٢) التوازن المائي في الجسم Water balance in the body : يحفظ الدم توازن الماء في الجسم ، وذلك نقل الماء الزائد من القناة الهضمية ، أو التخلص منه من خلال الجلد على هيئة عرق Sweat ، أو من خلال الكليتين على صورة بول Urine .

٣) تنظيم حرارة الجسم Regulate body temperature : من خلال إفراز العرق لترطيب الجلد ، أو من خلال زيادة حرق السكر في الدم من أجل توليد الطاقة ، ورفع درجة حرارة الجسم .

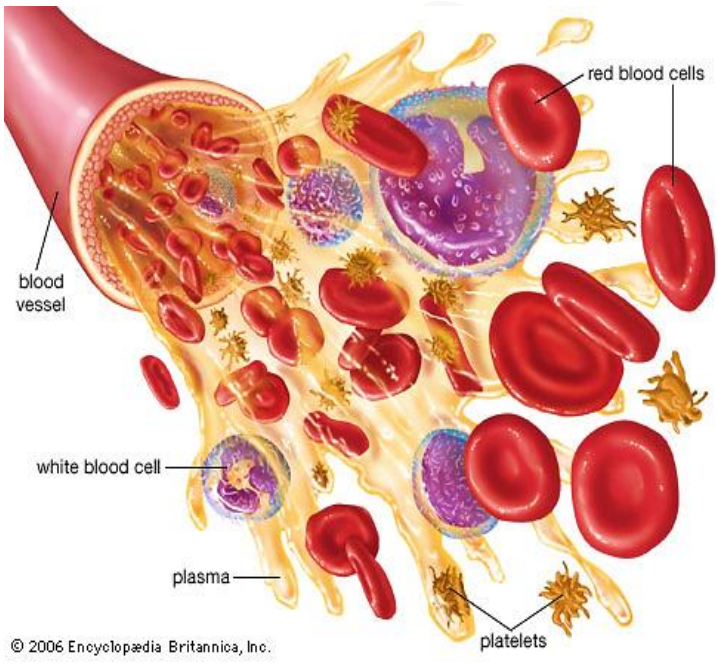
٤) التنظيم : Regulation ((تنظيم السوائل الجسمية Water balance تنظيم الشوارد Electrolytes)).

٥) إيقاف النزيف بواسطة الصفائح الدموية التي تسد طريق الدم بشكل مؤقت بتكوين الخثرة الدموية Clotting ، ثم تُنتج العناصر التي تُساعد على التئام الجروح.

٦) إيصال المواد ((النقل Transport)) : مثل الأكسجين، السوائل، المواد الغذائية Nutrients ، الهرمونات Hormones ، الفضلات Wastes ، الفيتامينات Vitamins لكافة أعضاء الجسم ، ثم عودته مُحملاً بثاني أكسيد الكربون، ومُخلفات الغذاء بعد تحوله إلى طاقة في الجسم مع بعض المواد الأخرى التي تُخرجها الخلايا.

مما تقدم يتضح لنا ان الدم يمتلك عدد من الخواص الفيزياوية تعطيه صفة حيوية فاعلة ، منها حرارته النوعية العالية High specific heat والتوصيلية Conductivity فهاتان الصفتان تمكنانه من امتصاص كميات كبيرة من الحرارة دون اية زيادة محسوسة في درجة حرارته ، ثم نقل هذه الحرارة من مصدرها في داخل الجسم الى سطحه الخارجي، الا ان هذه الوظائف تختلف في وسائلها باختلاف الكائنات الحية نفسها.

✓ تركيب الدم Blood composition



يتركب الدم من مكونين :

١) العناصر المتشكلة Formed Elements .. وتشمل :

a) كريات الدم الحمراء RBC ((Red Blood Cells)) ((Erythrocytes))

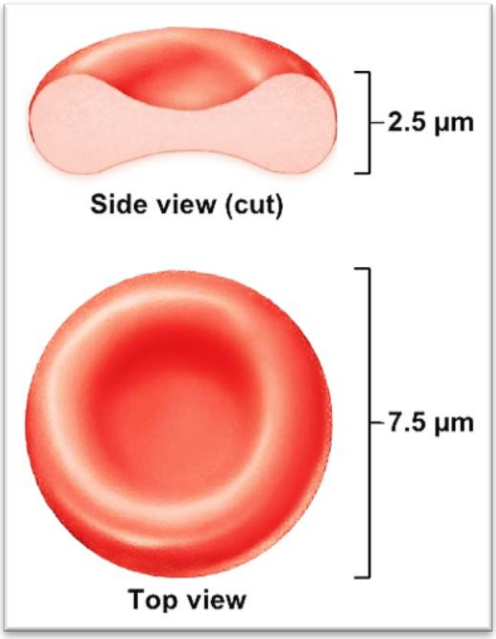
b) خلايا الدم البيضاء WBC ((White Blood Cells)).

c) واشباه خلايا هي الصفائح الدموية Platelets

٢) البلازما Plasma

وسنتطرق لكل مكون بشي من التفصيل .....

a) كريات الدم الحمراء RBC ((Red Blood Cells)) ((Erythrocytes))



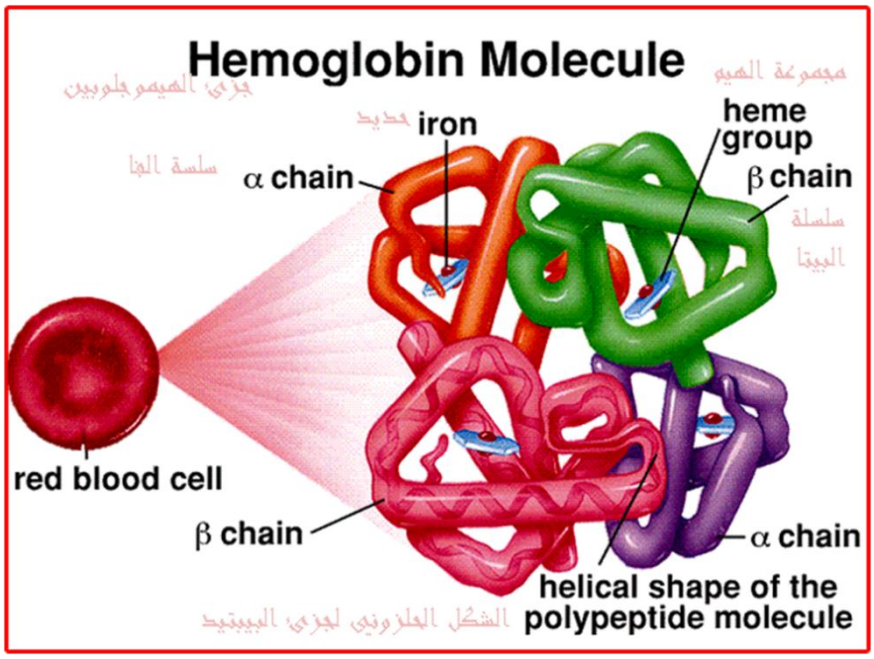
يبلغ معدل اعداد خلايا الدم الحمراء في جسم الانسان (5×10^6 / µl) خلية ، تتكون في نخاع العظم **Bone Marrow** ، قرصية الشكل ، مقعرة الوجهين مما يرفع من مساحة سطح الخلية وزيادة التبادل الغازي ، عديمة النواة مما جعلها غيرٌ قادرة على تعويض نفسها ، سمكها عند الحواف ٢ مايكرومتر وفي المركز واحد مايكومتر ، اما قطرها حوالي (٧.5 - ٨) مايكرومتر ، تبلغ فترة حياتها ١٢٠ يوم فقط ، تفقد تقريباً جميع عضياتها عند النضج ، غير قادرة على التنفس الهوائي لخلوها من المايتوكندريا وهذا يمنعها من إستهلاك الاوكسجين المنقول الى الأنسجة ، وهي تقوم بالتخمرات غيرٌ الهوائية . تحتوي سايتوبلازم الخليةُ الحمراء بشكل رئيسي على ٣٣ % هيموكلوبين وهي الصبغة الحمراء التي تعطيها لونها واسمها، يقوم الهيموكلوبين بحمل معظم الاوكسجينٌ وبعض ثاني أوكسيدٌ الكاربون المنقول في الدم ، ولها وظيفتان هي : نقل الاوكسجينٌ من الرئتينٌ الى الأنسجة ، ونقل ثاني أوكسيدٌ الكربون من الأنسجة الى الرئتينٌ بوساطة الهيموكلوبين.

كما ان الغشاء البلازمي لخلايا الدم الناضجة يتكون من **glycolipids, glycoproteins** وهي المحددة لفصيلة الدم ، ووجد نوعينٌ من البروتينات على سطحها الداخلي هي **Actin** و **Apectrin** وهذه الخاصية مهمة للخلايا الحمراء فهي التي تعطيها المرونة والمتانة للمرور خلال الشعيرات الدموية التي تكون اقل قطرا من قطر الخلية الحمراء . عند إنتهاء فترة حياتها فان بروتينات الغشاء خاصة **Spectrin** تسوء مما يزيد من هشاشة غشائها الخلوي علما بان الخليةُ الحمراء لا تستطيع تصنيع الـ **Spectrin** لخلوها من النواة والرايبوسومات ، كما وجد ان بعض الامراض الوراثية تؤثر على بناء هيكل الخلية مما يمنع تكوين الشكل القرصي ويعطي الخلية شكلاً كروياً **Spherocytosis** او بيضوياً **Elliptocytosis** ، وخلايا ذات اشكال كهذه عادة ما تتحلل بسرعة اعلى من المعتاد مسببة فقر الدم **Anemia** ، ويعد الطحال **Spleen** مقبرة **Graveyard** خلايا الدم الحمراء .

❤ صبغة الهيموجلوبين (خضاب الدم) Hemoglobin

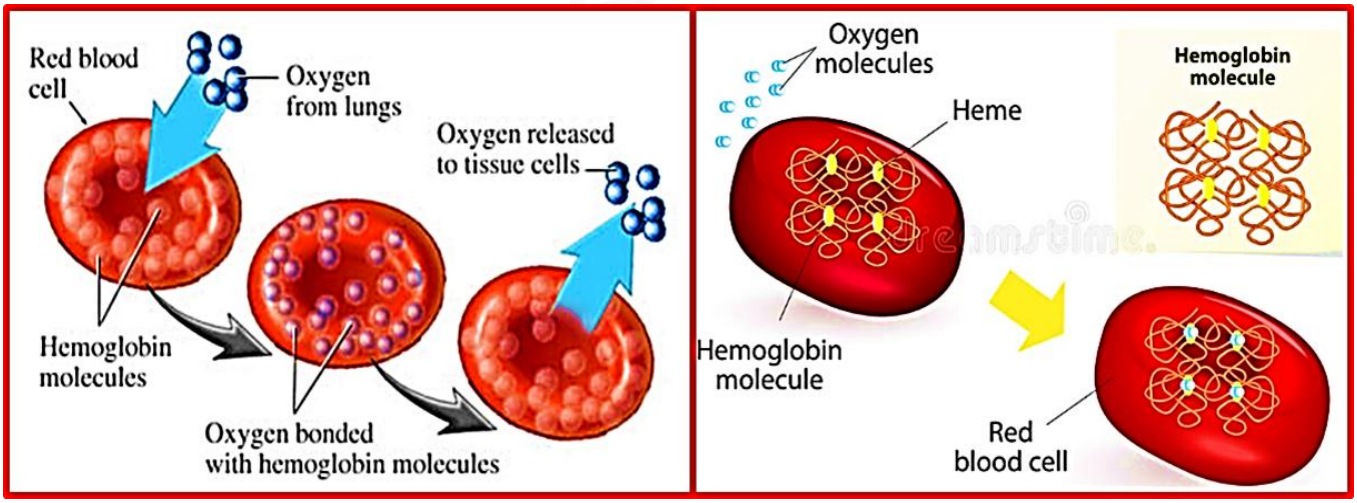
تحتوي خلايا الدم الحمراء على هيموجلوبين وهو صبغة حمراء تعطي الخلية لونها الاحمر الفاتح ، وتحتوي الخلية الواحدة على حوالي (٣٠٠) مليون جزء من هيموجلوبين ، يرتبط هيموجلوبين بالاوكسجين عند وجود الاخير بتركيز او بضغط جزئي عالي ثم يقوم بتحريره في الانسجة ذات الضغط الجزئي المنخفض لاوكسجين ، كما يرتبط هيموجلوبين في الانسجة بثاني اكسيد الكربون ويحرره في الرئتين.

للهيموجلوبين كذلك القدرة على الارتباط بايونات H^+ وبذلك يشكل مادة منظمة لدرجة الاس الهيدروجيني. يتكون جزء هيموجلوبين من بروتين يدعى جلوبين **globin** ومن اربع مجموعات هيم **heme** مرتبطة به. يتالف الجلوبين من اربع سلاسل عديدة الببتيد اثنتان منها من نوع **الفا α** واثنتان من نوع **بيتا β** ، ويرتبط بكل سلسلة مجموعة هيم شبه حلقية ، يقع في مركزها ذرة حديد قادرة على الارتباط بجزيء اكسجين (O^+) وهكذا فان جزيء هيموجلوبين الواحد قادر على الارتباط كحد اعلى باربع جزيئات اكسجين



س/ كم جزيئا من اكسجين يمكن لخلية دم حمراء واحدة ان تحمل حدا اعلى عند الاشباع ؟؟؟؟

يرتبط الاكسجين بهيموجلوبين عند مرور خلايا الدم الحمراء في الرئتين ويكون الارتباط هشا اذ يشكلان معا مركب اوكسي هيموغلوبين **Oxyhemoglobin** ذي اللون الاحمر الفاقع . وعند وصول الدم الى انسجة ذات ضغط جزئي منخفض الاوكسجين كالعضلات اثناء التمرين يتحلل هذا المركب ويتحرر الاوكسجين تاركا هيموجلوبينا مختزلا **Hemoglobin Reduced** ذا لون احمر داكنا.



يبلغ تركيز هيموغلوبين في دم الرجل ١٦ ± ٢ غرام/١٠٠ مللتر وفي دم الانثى ١٤ ± ٢ غرام/١٠٠ مللتر وحيث ان كل غرام هيموجلوبين قادر على الارتباط بحوالي ١.٣٤ مملتر من الاكسجين لذا فان قدرة الدم على حمل الاكسجين Oxygen-carrying capacity يمكن حسابها بضرب تركيز هيموجلوبين (بالغرام/١٠٠ مللترا من الدم) في قدرة الغرام الواحد على الارتباط باكسجين وهذا يعطي حوالي (٢٠ – ٢١) مللترا من الاكسجين في كل ١٠٠ مللتر من الدم (يعبر عنها عادة بالنسبة المئوية اي (٢١%).

❤ انواع الهيموجلوبين Types of hemoglobin

يوجد عدة انواع من الهيموجلوبين :

فالنوع الاول الذي ينتجه الجنين يدعى HbF ، بينما ينتج الشخص اليافع اشكالا مثل (HbA_1) بنسبة (٩٦%) و (HbA_2) (نسبته ٢%) ، المصابون بفقر الدم المنجلي Sickle cell anemia هيموجلوبين S (HbS) .

تتباين انواع الهيموجلوبين تركيبيا في الجزء البروتيني الجلوبين ، بينما تتباين وظيفيا في قدرتها على الارتباط بالاوكسجين ، فهيموجلوبين F له قدرة عالية على الارتباط بالاوكسجين لكي يمكن الجنين الذي يعيش في ظروف من نقص الاكسجين من اقتناص كمية كافية من اكسجين اثناء مرور الدم القصير في المشيمة .

b) خلايا الدم البيض WBCs ((White Blood Cells)) ((Leukocytes))

تمتاز خلايا الدم البيضاء بانها وحيدة من بين العناصر المتشكلة التي تحتوي انوية وعضيات اخرى . تمثل اقل من ١% من حجم الدم ويتراوح عددها بين (٤٠٠٠-١١,٠٠٠) خلية في مايكرومتر واحد . تتكون في نخاع العظم Bone Marrow و والغدة الزعترية Thymus gland و الانسجة الليمفية Lymphatic tissues .

تدعى الزيادة في عدد خلايا الدم البيضاء في الدم عن المعدل الطبيعي تكاثر خلايا الدم البيضاء Leukocytosis ، ويعتبر هذا التكاثر فيزيولوجيا عندما يتراوح العدد بين ١٠,٠٠٠ الى ٢٠,٠٠٠ كما في الولادات وحالات الحمل والاضطرابات العاطفية والدورة الشهرية ، ولكنه يصبح مرضيا عندما يزداد العدد الى حوالي ١٠ اضعاف فما فوق (اي ٥٠,٠٠٠ / ميكرولتر) ويحدث ذلك بفعل العدوى البكترية والفيروسية والاضطرابات الايضية والهرمونية والحساسية والسرطانات . يؤدي تضاعف خلايا الدم البيضاء بشكل زائد ومرضي الى سرطان الدم الابيض او الوكيميا Leukemia ، من جانب اخر فان نقص خلايا الدم البيضاء بسبب تاثير الادوية السامة او الاشعاعات يدعى مرض اليكوبينيا Leukopenia .

❤ وظائف خلايا الدم البيض WBC Functions

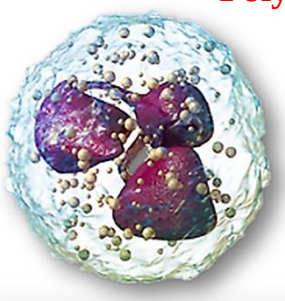
بوجه عام تقوم خلايا الدم البيض بوظيفة دفاعية ، فهذه الخلايا تصل تيار الدم بعد تكوينها مباشرة غير انها لا تمكث فيه طويلاً بل سرعان ما تتسرب عبر جدران الاوعية الدموية بعملية تدعى القفز Diapedesis (leaping across) نحو الانسجة الضامة والليمفية حيث تقوم بوظيفتها الدفاعية والتي تتمثل في تحطيم البكتريا والفايروسات والطفيليات والخلايا السرطانية والسموم وكذلك انتاج الاجسام المضادة وانتاج كثير من الرسل الكيميائية والانزيمات ، وعلى الرغم من ان كل نوع من انواع الخلايا البيضاء الدموية له وظيفة نوعية محددة (جدول رقم ١) فان كل وظيفة تعد ضرورية لاداء وظيفة الدفاع المتكامل في الجسم .

تتسرب الخلايا البيض من الدم بفعل عوامل الجذب الكيميائية Chemotactic factors والتي تفرزها الميكروبات او الانسجة المتضررة بفعل الاجسام الغريبة في الجسم ، تقوم الخلايا البيضاء بتلاع المواد الغريبة بالبلعمة Phagocytosis وتحطيمها بما تفرزه حبيباتها من انزيمات محللة Hydrolytic enzymes .

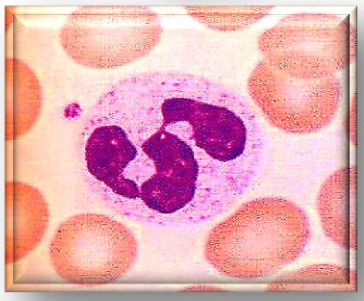
❤ انواع خلايا الدم البيض Types of White Blood Cells

اولاً)) خلايا الدم البيضاء المحببة Granulocytes والتي تحتوي حبيبات سايتوبلازمية وتشمل :

١) الخلايا العدلة Neutrophils :

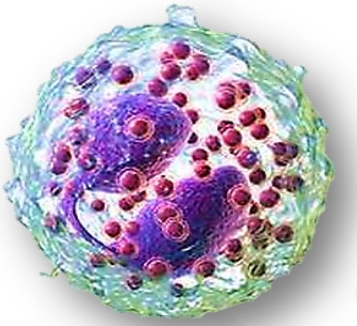


تدعى الخلايا ذات النواة متعددة الاشكال **Polymorph nuclear Leukocytes** وتشكل ٦٠-٧٠% من الخلايا البيضاء وبمتوسط عدد ٤١٥٠ خلية / µl ، تتكون نواتها عادة من ٥ -٣ فصوص على شكل حرف C أو S لذلك تدعى الخلايا ذات النواة متعددة الاشكال **Polymorph nuclear Leukocytes** ، يبُلغ قطرها ٩-١٢ µm ، يحتوي السايتوبلازم على حبيبات دقيقة جداً تصبع بالاصباغ القاعدية والحامضية مما يعطيها لوناً وسطا بين الازرق والاحمر .



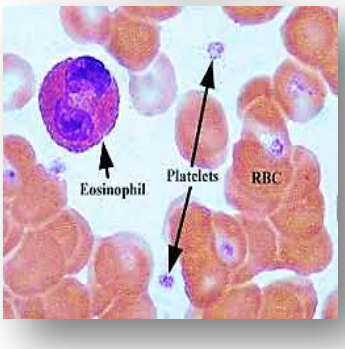
تعتبر الحبيبات اجساما محللة تحتوي على انزيمات محللة مثل **Peroxidase** ، كما تحتوي مواد اشبه ما تكون مضادات حيوية تدعى المدافعات **Defensins** حيث تترتب على هئية ببتدات طويلة تشكل رؤوس اسهم تصنع ثقوبا في اعشية الخلية المتطفلة وتسبب تمزقها ، اما الانزيمات المحللة فانها تسبب قتل البكتريا والفطريات بعملية تدعى الانفجار التنفسي **Respiratory burst** اذ ان ايض الاوكسجين يسبب انتاج المجموعات الحرة للاوكسجين **Free radicals** و وفوق اكسيد الهيدروجين (H_2O_2) وكلها مواد شديدة الفعالية وقاتلة للبكتريا.

٢) الحامضية Eosinophil or Acidophil :



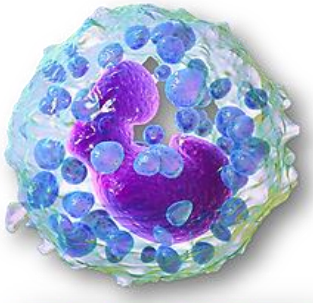
تشكل ٢ – ٤% من خلايا الدم البيضاء بمتوسط عدد ١٦٥ خلية/mµ ، ويبُلغ قطرها ١٠ - ١٤ µm.

النواة لها فصان كبيرٌان مرتبطتان بخيط سميك ، تصطبغ بصبغة الايوسين الحامضية معطية لوناً قرمزياً يميز حبيباتها الكبيرة الخشنة والتي تحتوي على الانزيمات المحللة (مثل : **Oxidase , Peroxidase , Phosphatase**) والاخيرة ليس لها القدرة على قتل البكتريا ولكنها تحطم السموم والمواد الغريبة ، كما انها تنشط في حالات الاصابة بالديدان الطفيلية مثل الديدان المفلطحة والاسطوانية ، كون هذه الديدان كبيرة الحجم يجعل امر ابتلاعها بواسطة الخلايا الاكولة امرا صعباً ولكن هذه الخلايا تصب افرازاتها على سطح الديدان مما يسبب هظم طبقاتها الواقية.

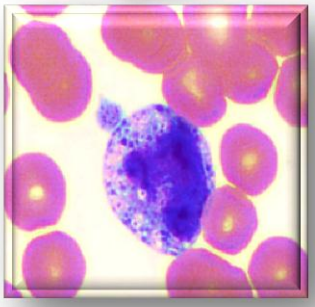


، ومن الانزيمات المهمة في هذا الهضم بروتين يدعى البروتين القاعدي الرئيسي **Major basic protein (MBP)** . كذلك لهذه الخلايا دور في تقليل حدة تفاعلات الحساسية اذ تقوم بابتلاع معقدات الاجسام المضادة المتكونة اثناء الحساسية وفي ابطال عمل بعض المواد المسببة للالتهابات المفرزة اثناء تفاعل الحساسية.

٣) القاعدية Basophil :



تشكل ٠.٥ – ١% من خلايا الدم البيضاء بمتوسط عدد ٤٤ خلية ، يبلغ قطر الخلية ١٠ – ١٢ µm ، النواة كبيرة وعلى شكل U او S بسبب احتوائها على تخصرين او ثلاث تخصرات ظاهرة ، وفيرة الحبيبات الخشنة والتي تصطبغ بالصبغات القاعدية مما يعطيها اللون الارجواني الاسود القريب الى اللون البنفسجي الغامق ، تزداد اعدادها في جدري الماء Chicken pox ، السكري Diabetes mellitus ،

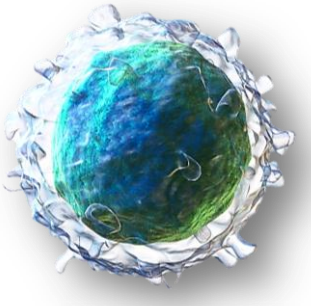


وظائفها :

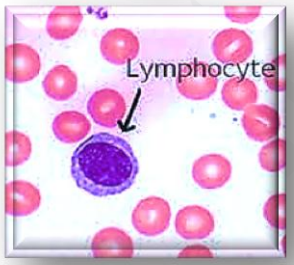
إفراز الهستامين Histamine والذي يرفع من تدفق الدم الى الانسجة (من الجدير بالذكر ان الهستامين مادة باسطة للاوعية الدموية ويجعلها اكثر نفاذية مما يشكل موقعاً التهابياً وبالتالي جاذب للخلايا البيضاء الاخرى الى موقع الالتهاب) كما تفرز الهيبارين (المادة المانعة للتخثر anticoagulant) والتي تعزز حركة بقية خلايا الدم البيضاء بمنعها التخثر .

ثانياً)) خلايا الدم البيضاءغير المحببة Agranulocyte والتي لاتحتوي حبيبات سايتوبلازمية وتشمل :

١) الخلايا اللمفاوية Lymphocyte



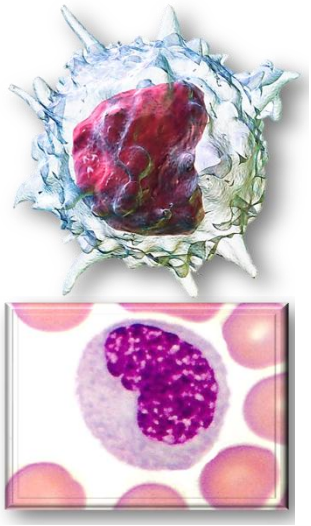
تشكل ٢٠ – ٤٠% من خلايا الدم البيضاء ، بمتوسط عدد ٢١٨٥ خلية/ ماكروليتر ، تمتاز بوجود النواة كروية في الغالب ذات لون ارجواني داكن وحجم كبير يملا معظم الخلية فيما عدا قليل من السايتوبلازم المحيطي الذي تصطبغ باللون الازرق الباهت ، يوجد عدة احجام من الخلايا الليمفية ويفضل الباحثون تصنيفها الى خلايا ليمفية كبيرة واخرى صغيرة ، والاخيرة هي التي تتواجد بكثرة في تيار الدم ، اما الكبيرة فتتواجد في الانسجة الليمفية ،



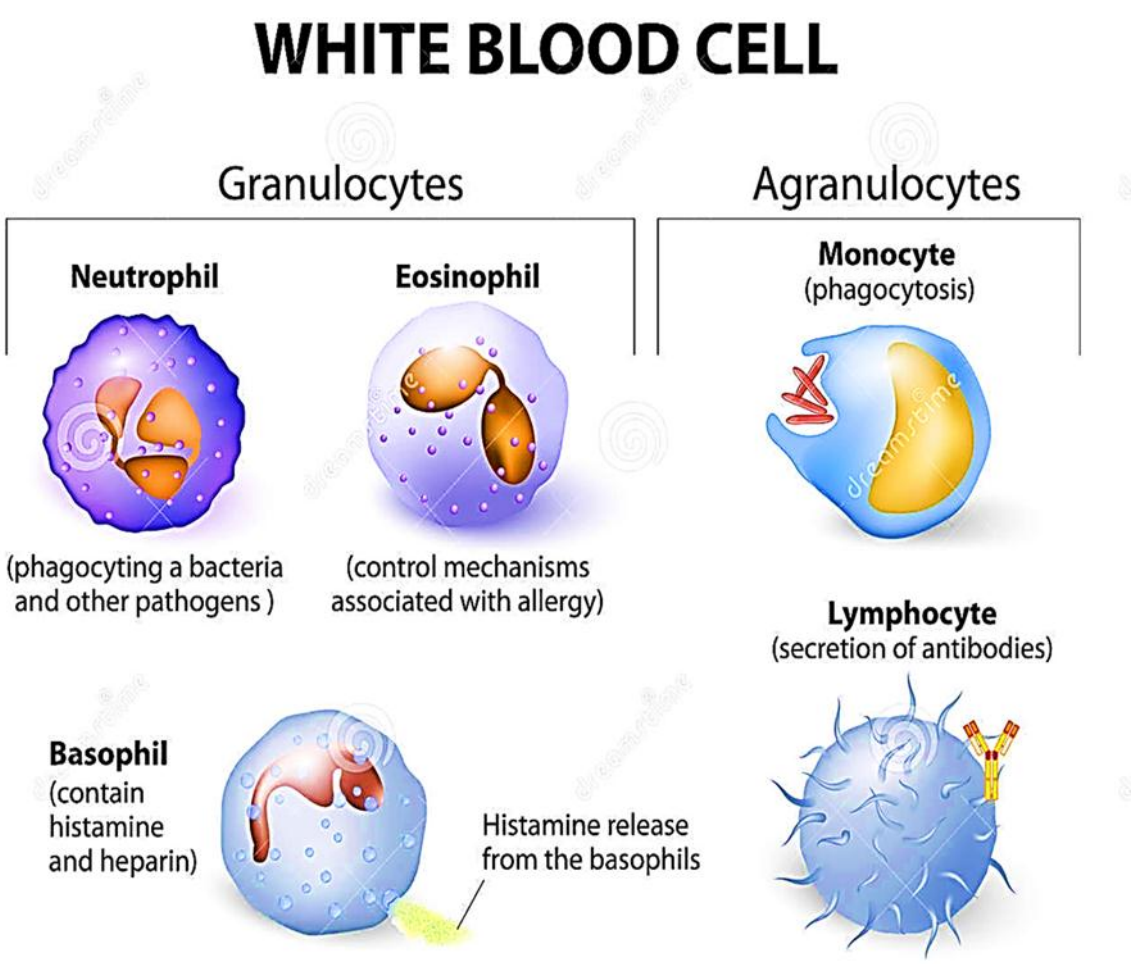
تصنف الخلايا الليمفية وظيفياً الى نوعين :

- خلايا ليمفية من نوع B وهذه تتحول الى خلايا بلازمية Plasma cell تفرز الاجسام المضادة Antibodies ،
- وخلايا ليمفية من نوع T ذات دور في مهاجمة خلايا الجسم المصابة بالفايروسات او الخلايا السرطانية بشكل مباشر .

٢) خلايا وحيدة النواة : Monocytes



تشكل من ١ – ٦% من خلايا الدم البيضاء ، بمتوسط عدد ٤٥٦ خليةٌ / مايكُروليتُر تمتاز هذه الخلايا بانها الاكبر حجماً بين الخلايا البيضاء وهي تمتلك نوتة كلوية الشكل على شكل حرف U ، السايتوبلازم يملا جزءا كبيرا من الخلية وهو خالي من الحبيبات وذو لون رمادي الى ازرق ، عند مغادرة الخلايا الوحيدة الدورة الدموية الى الانسجة تتحول الى خلايا ملتهمة كبيرة Macrophages والاخيرة تزداد في اعدادها في حالات العدوى المزمنة مثل عدوى السل الرئوي Pulmonary tuberculosis ، كما انها ذات دور مهم في دفاع الجسم ضد الفايروسات والبكتريا المتواجدة داخل الخلايا ، وكذلك لها دور في تنشيط الخلايا الليمفية لاحداث الاستجابة المناعية .



c) اشباه خلايا هي الصفائح الدموية (خلايا التخثر) (Thrombocytes) Platelets

ليسُت خلايا لكنها قطع من خلايا منتجة للخلايا الكبيرة **Megakaryocytes** ، يبُلغ قطرها ٢- ٤µm وتمتلك **lysosomes, endoplasmic reticulum, golgi complex** تكون قادرة على الحركة الاميبية والبلعمة (**phagocytosis**) تحوي عوامل عديدُة تشترك في وظيفُة الصفائح الدمو ية. في الانسان تُراوح عددها بينٌ ١٥٠,٠٠٠ – ٣٥٠,٠٠٠ صفيحُة / ماكُروليُتر من الدم ، وللصفائح وظائف كثيرٌة منها :

انها تفرز عوامل التخثر والتي تعزز تخثر الدم ، تفرز عوامل التقلص الوعائي **Vasoconstrictors** والتي تسبب التشنج الوعائي في الاوعيةُ المتهرئة ، تكونٌ الخثرة المؤقتة لوقف النزف ، إذابة الخثرة الدمو يةُ ، البلعمة وتحطيمٌ البكتريا ، إفراز كيمُاوياُت لجذب العدلات ووحيدُة النواة الى موقع الالتهاب ، إفراز عوامل النمو التي تحفز الانقسام **mitosis** للـــ **Fibroblasts** والعضلات الملساء وتساعد في المحافظة على بطانة الاوعيةُ الدمويةُ.

❤ ثبات الدم Hemostasis

يطلق تعبير ثبات او استتباب الدم على عملية ايقاف النزيف والتي تسمى ايضاً عملية التخثر او (التجلط) **Clotting (coagulation)** ، السبب في استخدام تعبير ثبات الدم هو ان عملية ايقاف النزيف هي اكثر عمومية من تخثر الدم الذي يعتبر عنصرا واحد من عناصر ايقاف النزيف ، فعند جرح وعاء دموي وتدفق الدم منه تحدث الاستجابات الاتية على التعاقب من اجل وقف هذا النزيف والابقاء على حجم الدم ومكوناته ثابتة ؟؟؟ :

١) **حدوث تضيق في الوعاء الدموي المجروح مما يقلل تدفق الدم فيه .**
٢) **تكوين سدادة من الصفائح الدموية Platelets plug في مكان الجرح لايقاف تدفق الدم مؤقتاً .**
٣) **حدوث عملية تجلط الدم (Clotting (coagulation التي تعزز السدادة الصفائحية وتوقف النزيف لفترة اطول ريثما تنمو الانسجة الرابطة التي تغلق الجرح بشكل نهائي .**
٤) **تراجع الجلطة وتحللها لكي لا تؤدي الى اغلاق الوعاء الدموي والى منع تدفق الدم منه بشكل دائم .**

❤ تجلط الدم Blood clotting (coagulation)

يطلق مصطلح تجلط الدم على عملية ايقاف نزف وفقدان الدم من الوعاء الدموي عند تعرضه لضرر ما ، وتمر العملية بالخطوات الاتية:

١) التقلص الوعائي (Vascular spasm)

ويتم بتقلص العضلات الملساء لجدار الأوعية الدموية في موقع الجرح لتقليل تدفق الدم عبر الجرح .

٢) تكوين سدادة الصفائح الدموية (Platelet plug formation)

يمر بمراحل متعددة :

- (طور تلامس الصفائح) والتي تبدأ بملامسة الصفائح الدموية للجزء الممزق من الأوعية الدموية ويحدث تغير لهذه الصفائح إذ تكبر في الحجم ولها بروزات عديدة تلامس بعضها البعض.

- يلي ذلك (طور إطلاق التفاعلات) :حيث تفرز الصفائح جزيئات مصادر للطاقة المخزنة (**ATP, AD**) والبروستكلاندين (**Prostaglandin**) الذين ينشطا الصفائح الدموية ، والسيروتنين **Serotonin** الذي يساعد في تقلص الأوعية الدموية ، فضلاً عن الأنزيمات وايونات الكالسيوم وعوامل التجلط **clotting factor** الاخرى.

٣) **تكون الجلطة الدموية** : تتكون الية التجلط من سلسلة من التفاعلات الكيميائية ينتج عنها تحويل بروتين البلازما الفيبرونوجين من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة لتحويلة الى الفيبرين **Fibrin** على شكل ألياف تتشابك مع بعضها . وكما موضح في ادناه :

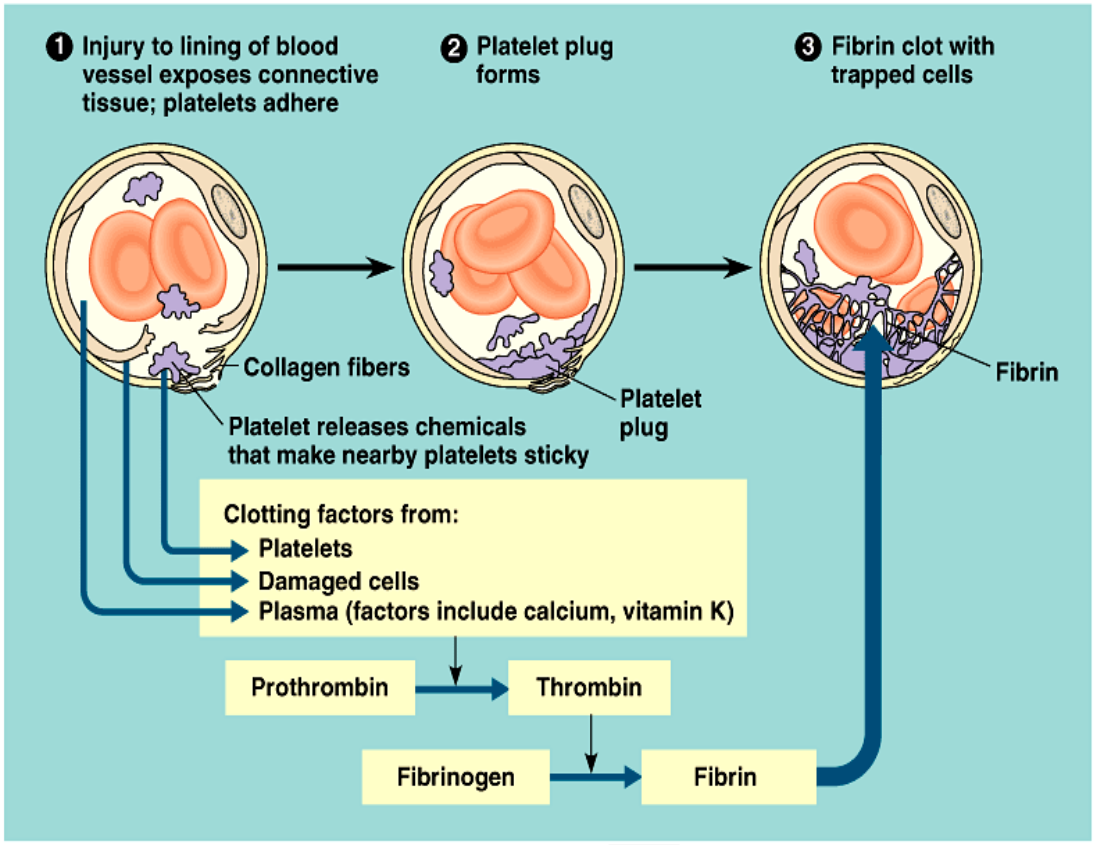
A) يتحول الثرومبين الاولي بوجود انزيم الثرمبوبلاستين وأيوانات الكالسيوم الى انزيم الثرومبين النشط: -

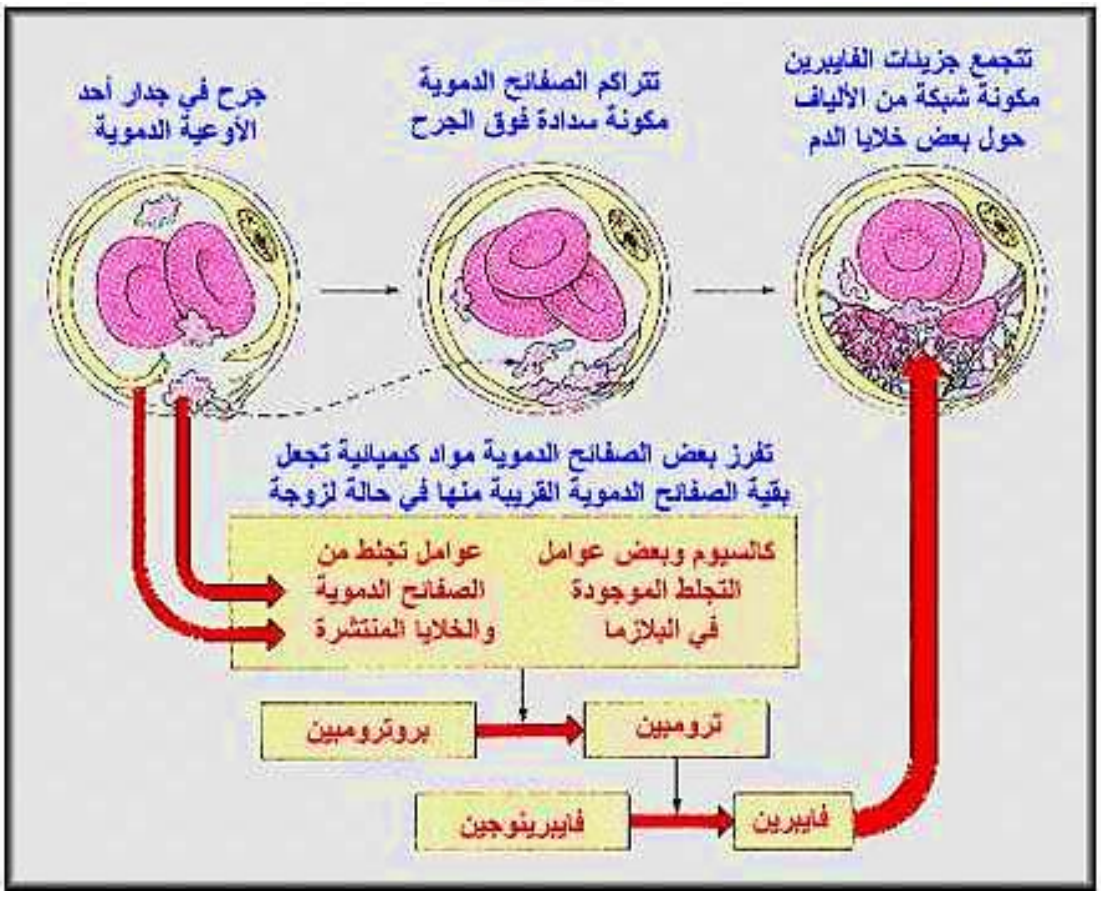
B) يعمل انزيم الثرومبين **Thrombin** على تحويل الفيبرونوجين **Fibrinogen** الذائب الى فيبرين**Fibrin**

وبعد تحول الفايبرينوجين الى فايبرين بشكل خيوط دقيقة متشابكة تتوقف عندها كريات الدم الحمر وباعداد كبيرة ولذلك تاخذ الجلطة اللون الاحمر اما السائل الاصفر الباهت المترشح فانه يمثل مصل الدم وتوجد هناك ١٥ عامل للتجلط في الدم وإذا فقد احدها يصاب الشخص بنزف الدم . وتحتاج عملية التجلط الى وجود فيتامين **K** .

جدول (١) انواع مكونات الدم ووظائفها مميزاتها

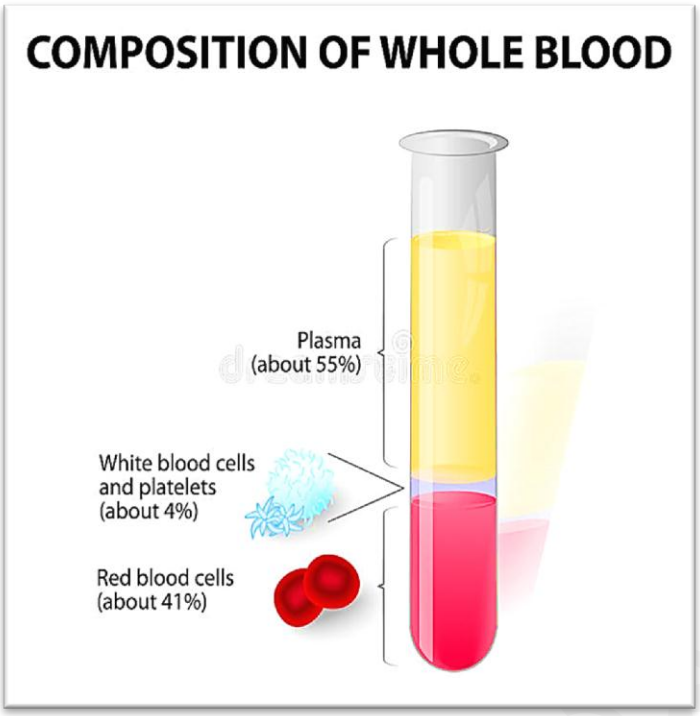
نوع خلية الدم	قطرها µm	عددها /مايكرولتر من الدم	فترة العمر	الوظيفة
RBC	٨-٧	٤ - ٦ مليون	١٠٠- ١٢٠ يوم	نقل الاوكسجين وثاني اوكسد الكاربون
WBC		٤-١١ الف		
خلايا الدم البيضاء المحببة Granulocytes				
Neutrophils	١٤-١٠	٣٠٠٠-٧٠٠٠ بمعدل (٤١٥٠) خلية	٦ ساعات – ايام قليلة	التهام البكتريا والفطريات
Acidophil	١٤-١٠	١٠٠-٤٠٠ بمعدل (١٦٥) خلية	٨-١٢ يوم	قتل الديدان الطفيلية ، ابطال عمل المواد الالتهابية اثناء تفاعل الحساسية.
Basophil	١٢-١٠	٢٠-٥٠ بمعدل (٤٤) خلية	ساعات - ايام قليلة	تحرر الهستامين المسبب للالتهابات ، تفرز هيبارين كمانع تخثر.
غير المحببة Agranulocyte				
Lymphocyte	١٧-٥	١٥٠٠-٣٠٠٠ بمعدل (٢١٨٥) خلية	ساعات - سنوات	تعطي الاجسام المضادة ، تبدأ استجابة مناعية ضد الجراثيم داخل الخلايا.
Monocyte	٢٤-١٤	١٠٠-٧٠٠ بمعدل ٤٥٦ خلية	اشهر	ابتلاع مسببات المرض
Platelets	٤-٢	١٥٠-٣٥٠ الف	٥-١٠ أيام	تخثر الدم واغلاق الجروح في الاوعية الدموية


1 Injury to lining of blood vessel exposes connective tissue; platelets adhere
2 Platelet plug forms
3 Fibrin clot with trapped cells
Collagen fibers
Platelet releases chemicals that make nearby platelets sticky
Platelet plug
Fibrin
Clotting factors from:
Platelets
Damaged cells
Plasma (factors include calcium, vitamin K)
Prothrombin
Thrombin
Fibrinogen
Fibrin


جرح في جدار أحد الأوعية الدموية
تتراكم الصفائح الدموية مكونة سدادة فوق الجرح
تتجمع جزيئات الفايبرين مكونة شبكة من الألياف حول بعض خلايا الدم
تفرز بعض الصفائح الدموية مواد كيميائية تجعل بقية الصفائح الدموية القريبة منها في حالة لزوجة
عوامل تجلط من الصفائح الدموية والخلايا المنتشرة
كالسيوم وبعض عوامل التجلط الموجودة في البلازما
بروثرومبين
ثرومبين
فايبرينوجين
فايبرين

٢) البلازما Plasma

سائل معقد تجري فيه العناصر المتشكلة للدم ، يمكن الحصول عليه باخضاع الدم المضاف له مانع تخثر للطرد المركزي لعدة دقائق فتترسب خلايا الدم ويبقى سائل رائق هو البلازما ، كما يمكن الحصول من الدم على مصل الدم Serum الذي يشبه البلازما في تركيبه فيما عدى انه لا يحتوي على عوامل التخثر ، ويتم الحصول على مصل الدم بترك الدم المسحوب يتخثر بشكل طبيعي خلال دقائق يتكون تركيب هلامي يحتوي خلايا الدم ينما يتخلف سائل صافي هو مصل الدم .



البلازما سائل يميل الى الصفرة الخفيفة ويتكون من ٩٣% ماء ، ٧% بروتينات ومواد ذائبة اخرى مثل Na^+, K^+, Cl^-, HCO_3^-, Ca_2^+ و كلوجوز واحماض دهنية وجليسرول ، كما تحتوي على غازات مذابة (CO_2, N_2, O_2) وهرمونات وفيتامينات وانزيمات ومخلفات خلوية كالبولينيا وحامض البوليك ومواد غذائية كالاحماض الامينية .

يمكن فصل العناصر الخلوية (العناصر المتشكلة) للدم عن البلازما بوضع الدم في انبوبة اختبار وتعر يضّها للطرد المركزي . خلايا الدم الحمراء اكثر كثافة من بلازما الدم تتراص في اسفل الانبوبة وتشكل حوال ٤٥% من الحجم الكلي و يطّلق عليهًا Hematocrit ((نسبة حجم خلايا الدم الحمراء إلى الحجم الكلي للدم)) . الصفائح الدمويةٌ وخلايا الدم البيضّاء تكون حلقة لونها كريمي تدعى Buffy coat فوق خلايا الدم الحمراء . أما البلازما فهي في الاعلى ذات لون اصفر شاحب تقدر بحوالي ٥٥% من الحجم الكلي للدم المسحوب.

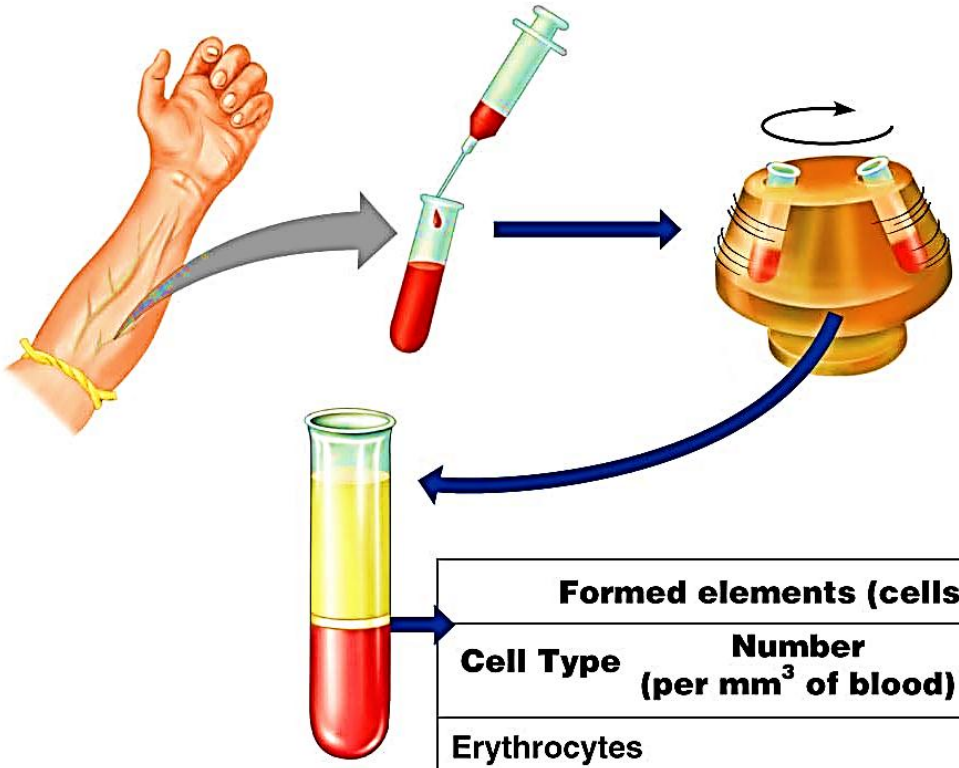
البروتينات هي الأكثر وفرة، المذابة في البلازما تتراوح بين ٦ - ٩ غم / ديسيلتر ، وتلعب أدوار مختلفة تشمل التخثر ، الدفاع ، والنقل . وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من البروتينات :

a) الالبومين Albumin : الاصغر والاوفر حيث يشكل ٦٠% من كامل بروتينات البلازما لذا فلهو تأثير على لزوجة الدم والازموزية Osmolarity ، والتغير في تركيز الالبومين يؤثر بقوة على ضغط الدم ، واالتدفق وتوازن السوائل.

b) الكلوبيولين (البروتينات الكروية) Globulin : يقّسم الى ثلاثة أصناف هي α لفا و β بيتا و كاما ϒ كلوبيولين . وهي تشكل بمجموعها ٤٠% .

c) الفايبرينوجين Fibrinogen : وهي مولدات الفايبرين الذائبة a soluble precursor of fibrin وهو بروتين لزج يشكل إطار الخثرة الدموية . تشكل اقل من ١% .

ان العديدٌ من بروتينات البلازما الاخرى لا غنى عنها لكن كميتُها أقل من ١% من كمية البروتين الكلي . بعض بروتينات البلازما هي إنزيمات تشترك في عمليات تخثر الدم . يقوم الكبد بانتاج اكثر من ٤ غم من بروتينات البلازما كل ساعة تشمل كل البروتينات الرئيسيةٌ عدا ϒ globulin والتي يطلق عليهًا الاجسام المضادة Antibodies



Formed elements (cells) 45%		
Cell Type	**Number (per mm^3 of blood)**	**Functions**
Erythrocytes (red blood cells)	4 – 6 million	Transport oxygen and help transport carbon dioxide
Leukocytes (white blood cells)	4000 – 11,000	Defense and immunity
Basophil, Eosinophil, Neutrophil, Lymphocyte, Monocyte		
Platelets	250,000 – 500,000	Blood clotting