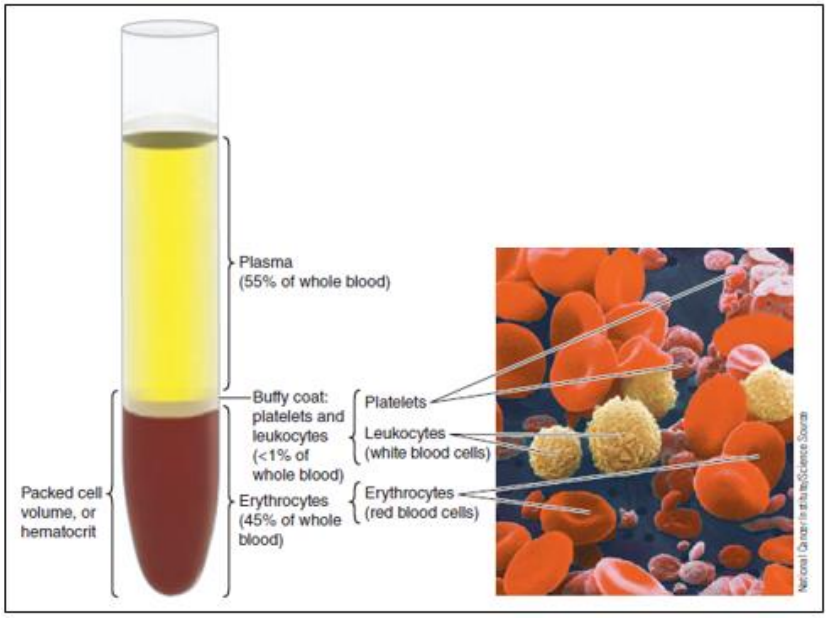
المحاضرة السابعة

الدم

الدم هو **نسيج حيوي** (من أشكال النسيج الضام) أحمر اللون ذو رائحة خاصة وطعم مالح، يتكون من **عناصر شكلية** هي خلايا الدم الحمراء وخلايا الدم البيضاء والصفيحات الدموية ومن وسط سائل هو البلاسما أو المصورة، الشكل (1).

تتخرب العناصر الشكلية باستمرار بسبب نشاطها الوظيفي، و**تتشكل** عناصر أخرى بكميات تعادل ما تخرّب، لذلك تبقى مقاديرها **ثابتة** تقريبا في الحالات الطبيعية.



الشكل (1): مكونات الدم.

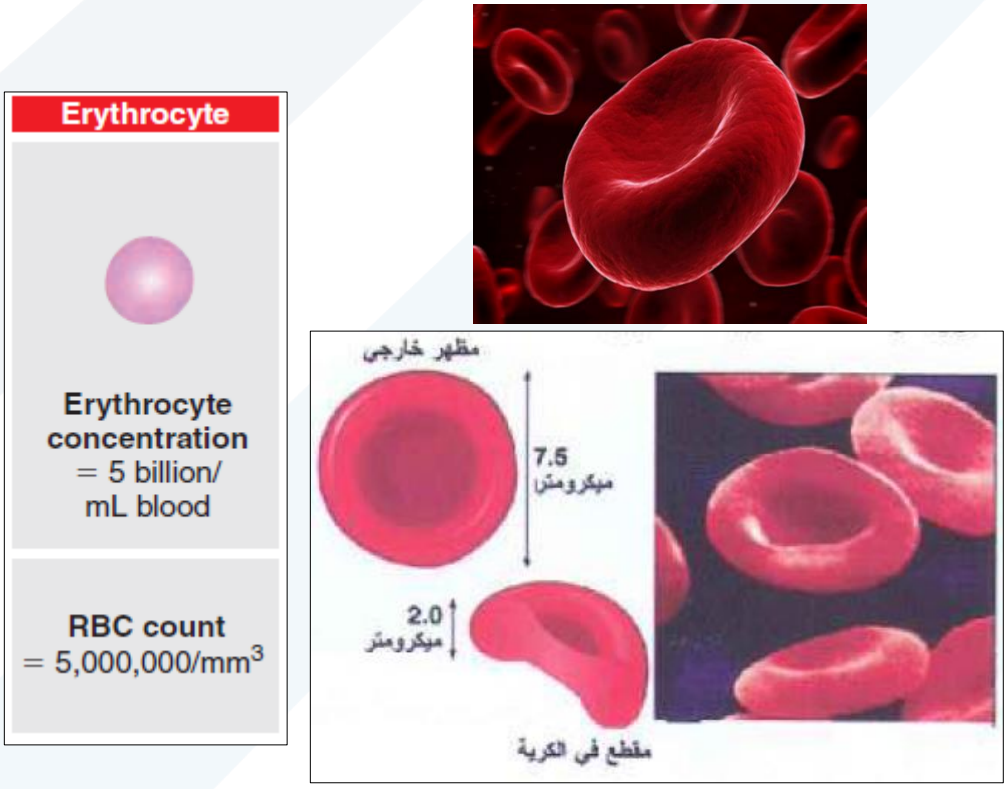
وظائف الدم العامة

1. **الوظيفة تنفسية:** نقل الأكسجين إلى الأنسجة، وثاني أكسيد الكربون إلى الرئتين.
2. **الوظيفة الغذائية:** نقل المواد الغذائية من الجهاز الهضمي (من الأمعاء إلى الكبد).
3. **الوظيفة الإطراحيه أو الإفراغية:** نقل فضلات الاستقلاب من أنسجة الجسم إلى جهاز الإطراح.
4. **تأمين الارتباط الخلطي للجسم: عن** طريق نقل الهرمونات إلى مواقع تأثيرها في الجسم.
5. **الوظيفة الدفاعية:** وهي وظيفة الكريات البيضاء بشكل أساسي، عن طريق البلعمة أو تشكيل الأضداد، أو المناعة الخليطة والخلوية.
6. **التنظيم:** تنظيم حرارة الجسم، وتنظيم درجة الحموضة pH.
7. **القيام بعملية الارقاء أو التخثر**؛ حيث يمنع النزف المستمر للدم.

ويعادل الدم عند الانسان 7-8% من وزنه؛ أي حوالي **5 لترات** عند رجل وزنه **70 كغ**، وهو **أقل** من ذلك عند المرأة، كما يعد الدم **خزاناً للماء والشوارد** الضرورية لعمل خلايا الجسم كافة.

كريات الدم الحمراء Erythrocytes (Red blood cells RBCs)

- الكرية الحمراء خلية **شديدة التمايز**، **فقدت** كل مكونات الخلية تقريباً فهي لا تحتوي نواة **وغير قادرة** على الانقسام عند الانسان والثدييات (بينما تكون منوّاة عند الفقاريات الأخرى)، أو متقدرات حيوية (الجسيمات الكوندرية)، أو جهاز كولجي، الشكل (2).
- تحتوي كمية كبيرة من **الخضاب** أو **الهيموغلوبين**.
- يحيط بها غشاء خلوي يحتوي على الطبقة السطحية على **جزيئات** من طبيعة بروتينية سكرية تشكل **مولدات ارتصاص** تصنف على أساسها الزمر الدموية.



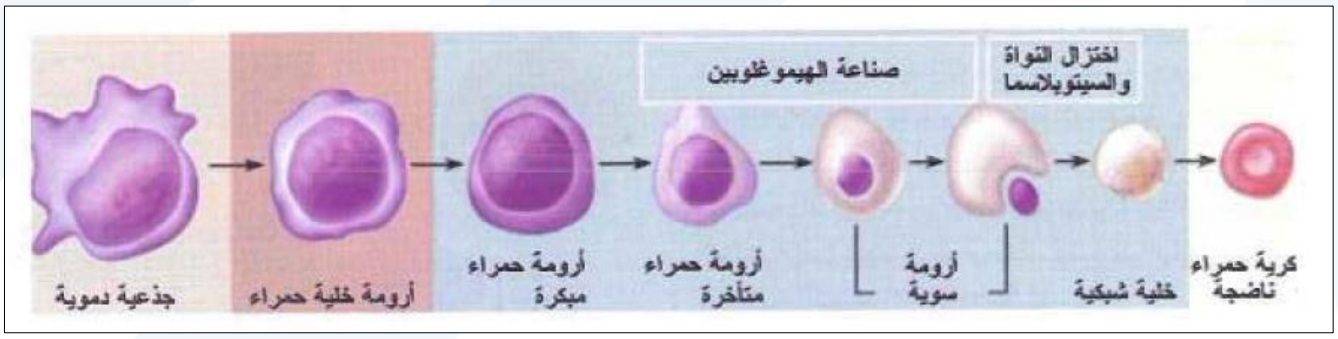
الشكل (2): المظهر الخارجي للكرية الحمراء، وعددها التقريبي في الجسم.

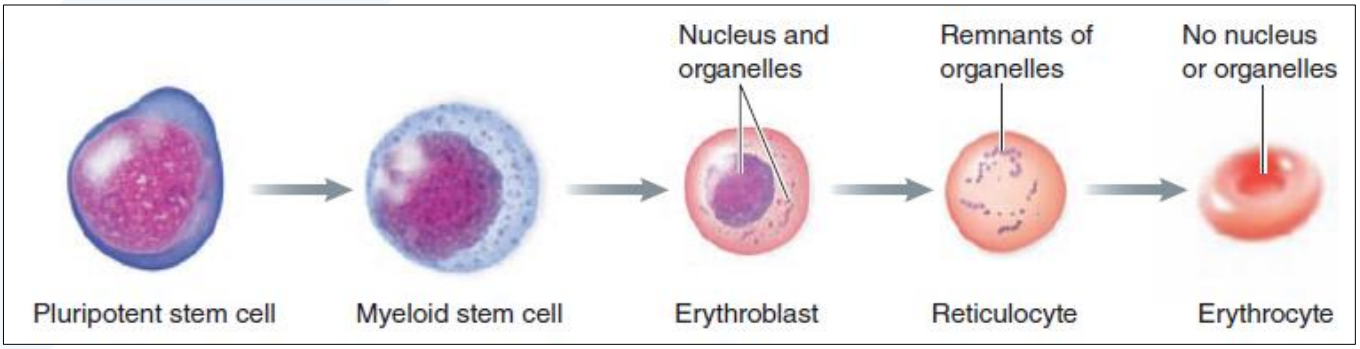
- يبلغ **القطر الطبيعي** للكرية الحمراء من 7.5 إلى **8** ميكرومتر، وثخانتها عند الحواف **2** ميكرومتر وفي المركز **1** ميكرومتر.
- يتلاءم شكلها **القرصي مقعر الوجهين** مع وظيفتها التنفسية؛ إذ يمكن اشباع كل جزيئات الهيموغلوبين الموزعة تحت غشائها بالأكسجين.

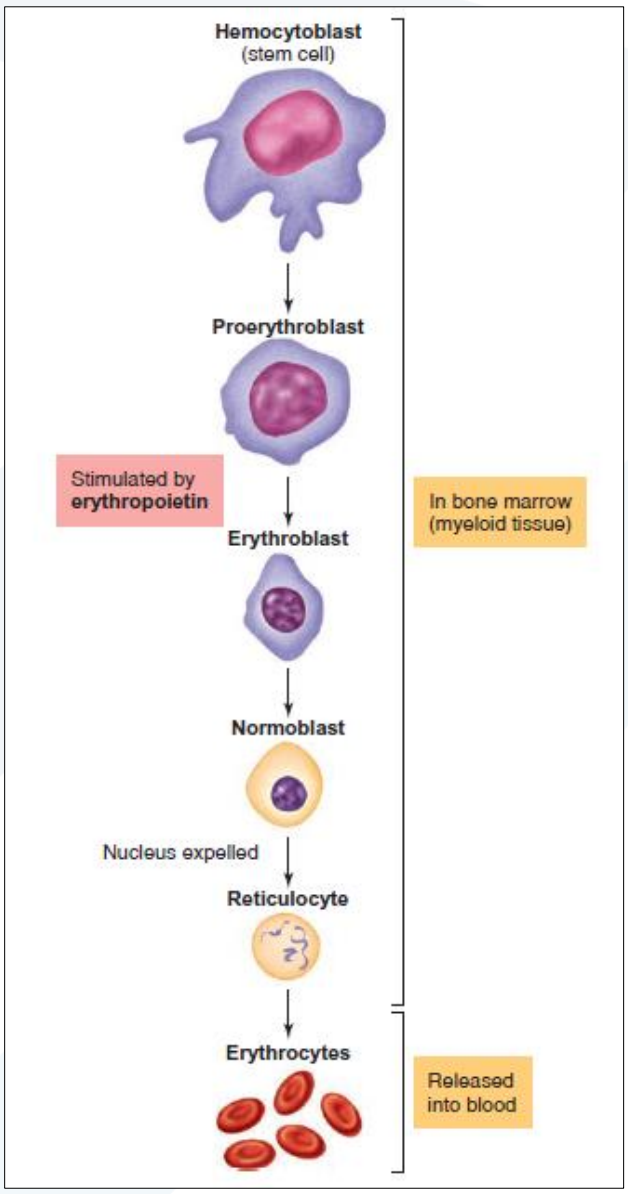
- **مرونة ورقة جدارها** يمكنها من المرور عبر جدران الأوعية الدموية الشعرية المتعرجة، **وقنيات** اللب الأحمر **للطحال**، دون أن تنفجر أو تتخرب.
- تحتوي **60%** من وزنها ماء و**30% خضاباً**، وسكريات، وقليل من البروتينات، وقليل من اللبيدات (الكوليسترول)، والأملاح المعدنية (البوتاسيوم)، بالإضافة إلى وجود بعض الأنزيمات **كأنزيم الكاربونيك انهيدراز** الذي يحلمه ثاني أوكسيد الكربون ويشكل حمض الكربون (الأمر الذي يساعد في ضبط pH الدم)، وأنزيم **الهكسوز أحادي الفوسفات** الذي يعمل على اختزال وارجاع الحديد إلى الحديدي.
- يبلغ عددها ما بين **4.5** إلى **5.5 مليون** كرية في الميليمتر المكعب الواحد، ولكن هذا العدد **يختلف** في الحالات **الطبيعية** باختلاف **العمر**، **والجنس**، **والبيئة**.

تكوّن الكريات الحمراء Erythropoiesis

- تتشكل من **خلايا جذعية** في نقي العظم تدعى **الخلايا متعددة القدرات** Pluripotent (وقد تدعى **أرومة الكريات** Hemocytoblast)، تنقسم هذه الخلايا فتعطي مجموعتين من الخلايا:
  - **الأولى** تعطي الخلايا اللمفاوية وتدعى الخلايا **الجذعية اللمفاوية** Lymphoid stem cell.
  - **الثانية** تعطي بقية الخلايا وكذلك الصفيحات وتدعى **الخلايا النخاعية أو النقوية** Myeloid stem cell.







الشكل (3): مراحل تكوين الكرية الحمراء.

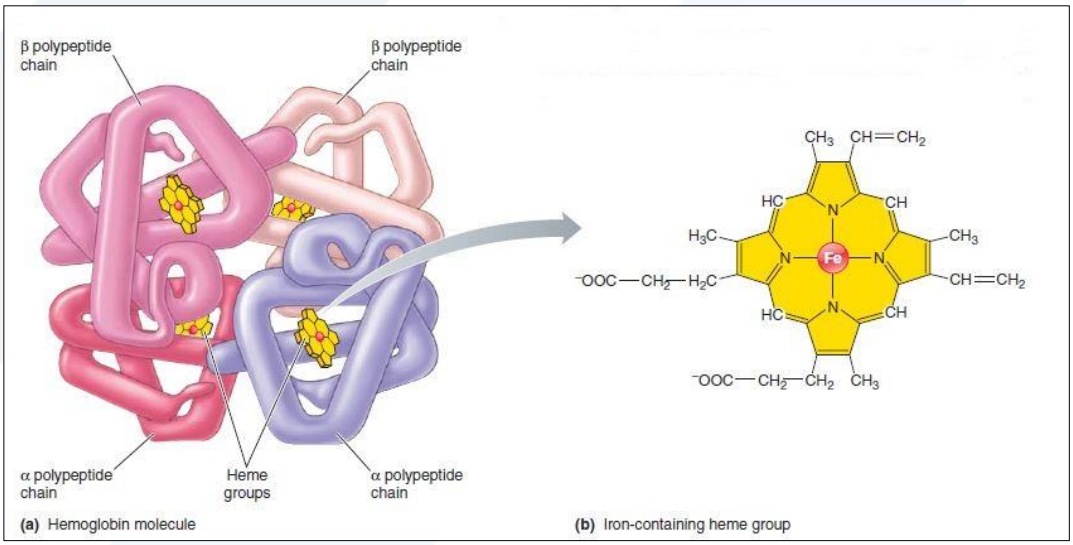
العوامل المؤثرة على تكوين الكريات الحمراء

1. **سلامة نقي العظم:** عدم التعرض للأذى كالإشعاعات أو العوامل الجرثومية الممرضة، التي تؤدي إلى حدوث **فقر دم لا تنسجي** (الكريات سوية في الحجم وكمية الصباغ ولكن قليلة العدد في الدوران المحيطي) Aplastic anemia.
2. **الفيتامينات:** فيتامين **B12 وحمض الفوليك** (تركيب الـ DNA) نقصهما يؤدي إلى **فقر دم كبير (ضخم) الأورمات** (الكريات كبيرة الحجم زائدة الصباغ) Megaloblastic anemia.

3. **الحديد: ثلثا** الحديد في الهيموغلوبين، و**الفائض** يخزن في الكبد على شكل **فيرتين** (بروتين حديدي)، وإذا زادت الكمية أيضاً يخزن في نقي العظم على شكل بروتين حديدي يدعى **هيموسيدرين**، نقص الحديد يسبب مرض **فقر الدم ناقص الصباغ** (الكريات صغيرة الحجم ناقصة الصباغ) Hypochromic anemia.
4. **الهرمونات:** التيروكسين وهرمون النمو والتستوستيرون تعد **منشطات** لعملية تكون الحمر، ولكن الهرمون **الفعال الأساسي** هو الإريثروبيوتين Erythropoietin:

خضاب الدم (الهيموغلوبين)

- يعد المكون **الرئيس** للكريات الحمراء، ويتألف من قسم بروتيني يدعى **الغلوبين** الذي يتألف بدوره من أربع سلاسل ببتيدية (ألفا + بيتا)، وصباغ يعرف **بالهيم**، ويتألف الهيم من أربع حلقات **بيرولية** مرتبطة بعضها مع بعض بروابط **ميتانية**، الشكل (5).
- **كمية الهيموغلوبين:** 13.5 – 18 غ/100 سم^3 عند الذكور.
  12 – 16 غ/100 سم^3 عند الإناث.



الشكل (5):
بنية هيموغلوبين أو خضاب الدم.

يتميز الهيموغلوبين بقدرته على الارتباط **الضعيف والعكوس بالأوكسجين**، مشكلاً ما يسمى الأوكسي هيموغلوبين أو **الخضاب المؤكسج** (كل **جزيئة** هيموغلوبين يمكنها حمل **أربع** جزيئات أكسجين، لأن كل جزيئة أكسجين ترتبط **بزمرة** هيم **واحدة** من الزمر **الأربع** المكونة لجزيء الهيموغلوبين):

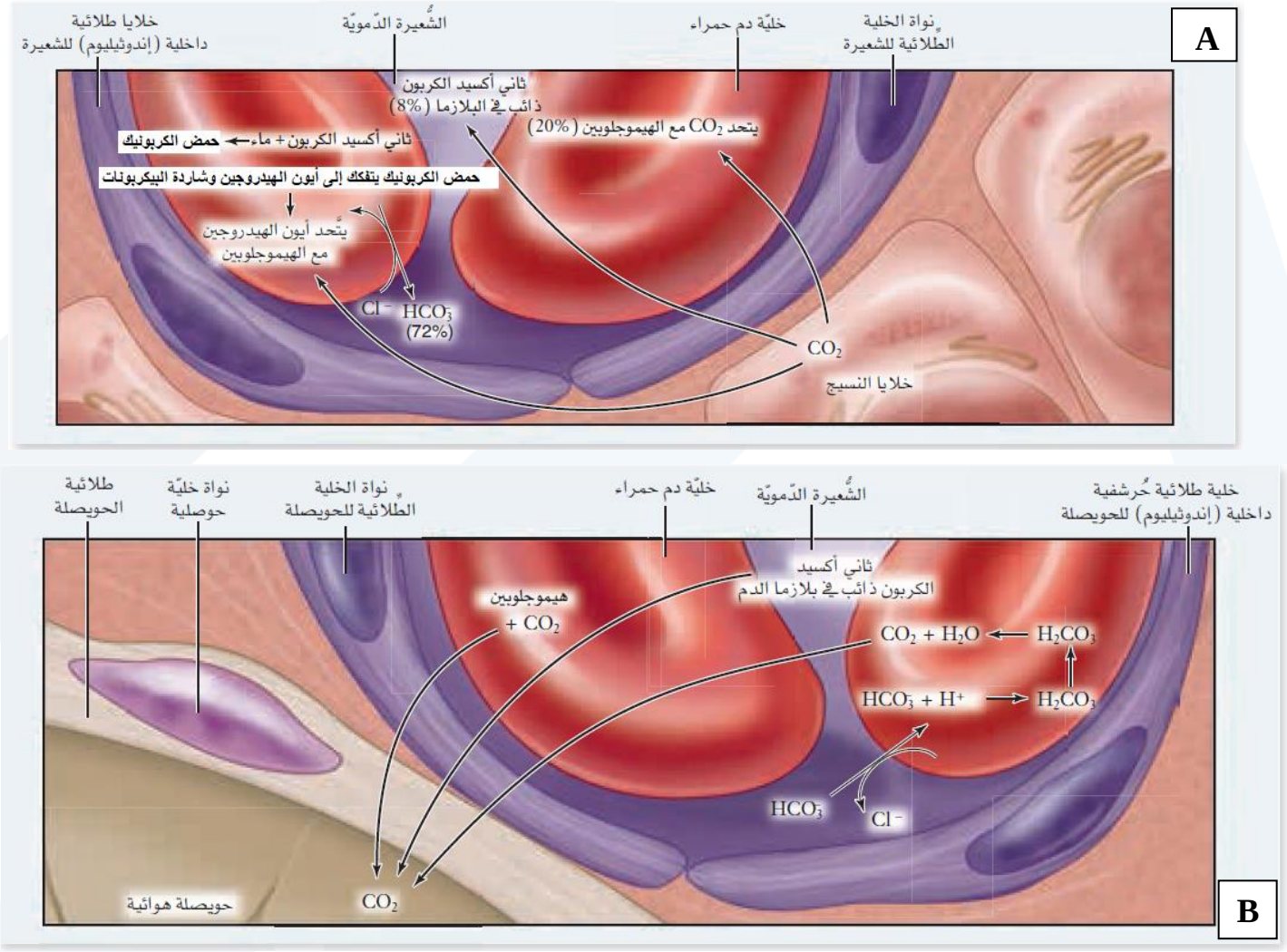
- **يزداد** الارتباط عند زيادة الضغط الجزئي للأوكسجين، وهذا ما يحدث في **الرئتين**.
- وبالعكس **يقل** الارتباط عند نقص الضغط الجزئي للأوكسجين، وهذا ما يحدث في **النسج** حيث ينفك O_2 عن الهيموغلوبين.

$$O_2 + \text{Hemoglobin} \leftrightarrow \text{oxyhemoglobin}$$

ينتقل ثنائي أكسيد الكربون إلى الدم **بثلاثة طرق**: الذوبان في **بلاسما** الدم بنسبة **8%**، أو الارتباط مع **الجزيء البروتيني** للهيموغلوبين بنسبة **20%**، أو على شكل **بيكربونات** تتكون داخل الكرية الحمراء بنسبة **72%**.

إن تفاعل ثنائي أكسيد الكربون مع الماء يشكل **حمض الكربونيك** (بوساطة أنزيم الكاربونيك أنهيدراز)، يتفكك حمض الكربونيك بدوره إلى **شاردة البيكربونات** التي تخرج خارج الكرية بالتبادل مع شوارد الكلور، وإلى **أيون الهيدروجين** الذي يرتبط مع الهيموغلوبين.

تحدث هذه الآلية في الدم الشعري في النسج الشكل (A-6)، أما العكس فيتم في الرئتين الشكل (B-6).



الشكل (6): (A) مرور ثنائي أكسيد الكربون من النسج إلى الدم، (B) المرور من الدم إلى الرئتين.

حياة الكريات الحمراء

- إن **شدة نشاط** الكريات الحمراء **وعدم احتوائها** على النواة بالإضافة إلى سرعة **تلفها**، يجعلها تعيش لمدة محدودة (تعيش **حوالي 120 يوم**).

الزمر الدموية وعامل الريزيوس

مولد الارتصاص Agglutinogen **أو المستضد** Antigen هو مادة بروتينية سكرية تتواجد على سطح الكرية الحمراء وهي التي تعطي اسمها للزمرة الدموية، أما **الراصة** Agglutinin **أو الضد** Anti فهي مادة بروتينية توجد في المصورة (البلازما) وبناءً على ذلك لدى البشر أربع زمر دموية وهي، الشكل (8):

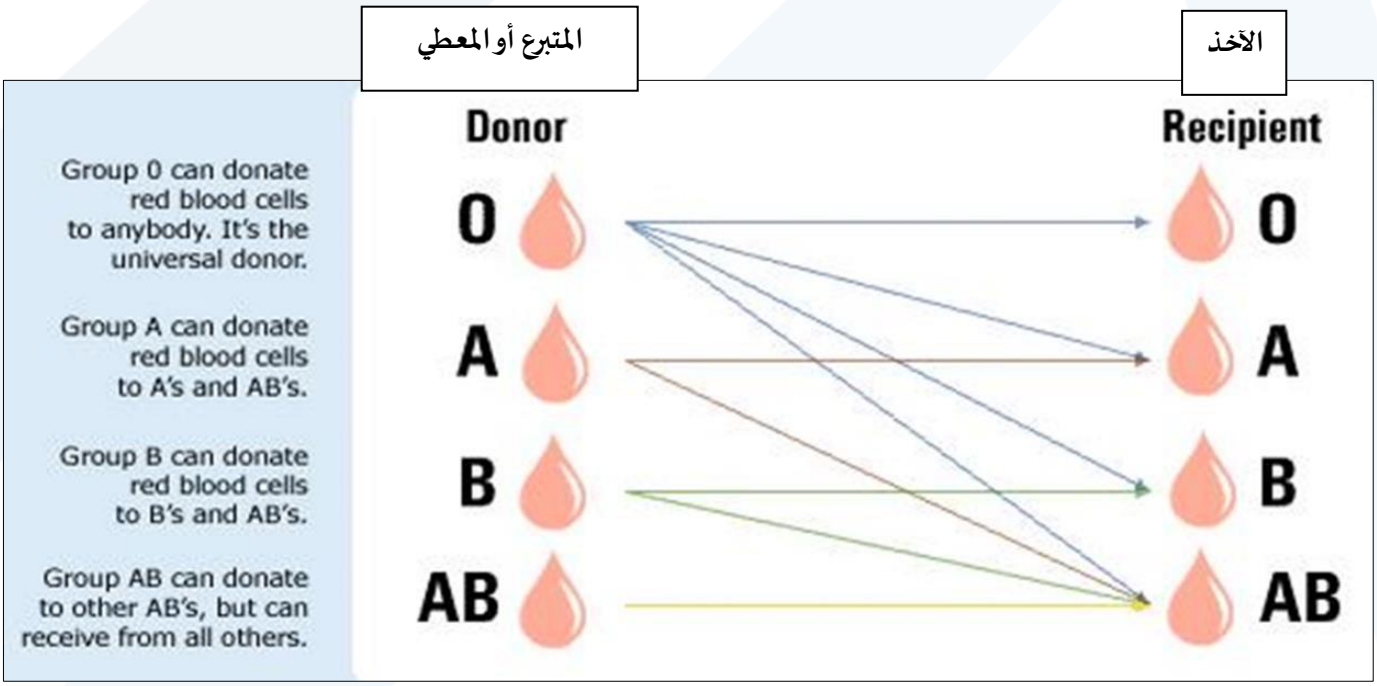
- **الزمرة A:** تمتلك مولد الارتصاص A على سطح الكرية، والراصة b في المصورة، وتبلغ نسبة انتشار هذه الزمرة حوالي 41% بين البشر.
- **الزمرة B:** تمتلك مولد الارتصاص B على سطح الكرية، والراصة a في المصورة، وتبلغ نسبة انتشارها حوالي 9%.
- **الزمرة AB:** تمتلك مولدتي الارتصاص A وB على سطح الكرية، بينما لا تحتوي المصورة أية راصة، وتبلغ نسبة انتشارها حوالي 3%.
- **الزمرة O:** لا تمتلك أي مولد ارتصاص على سطح الكرية، بينما تحتوي المصورة على الراصتين a و b، وتبلغ نسبة انتشارها حوالي 47%.

	الزمرة A	الزمرة B	الزمرة AB	الزمرة O
نوع كرية الدم الحمراء	A	B	AB	O
الأضداد الموجودة في بلازما الدم	أضداد b	أضداد a	لا يوجد	أضداد a&b
المستضدات الموجودة في كرية الدم الحمراء	مستضدات A	مستضدات B	مستضدات A و B	لا يوجد

Blood Types	Agglutinogens	Agglutinins
O	—	Anti-A and Anti-B
A	A	Anti-B
B	B	Anti-A
AB	A and B	—

الشكل (8): الزمر الدموية وفقاً لنظام ABO، وراصاتها.

يؤدي اجتماع مولد الارتصاص مع الراصة الموافقة له (أي اجتماع A مع a، أو B مع b) إلى حدوث **ارتصاص الدم** وهو تفاعل مناعي يؤدي لانحلال كريات الدم؛ لذلك فإن **شرط نقل الدم: ألا ترتص كريات الشخص المعطي في مصورة الشخص الآخذ**، وبناءً على ذلك تعد الزمرة O معطي عام، بينما الزمرة AB آخذ عام، الشكل (9).



الشكل (9): كيفية نقل الدم بين الزمر الدموية الأربعة.

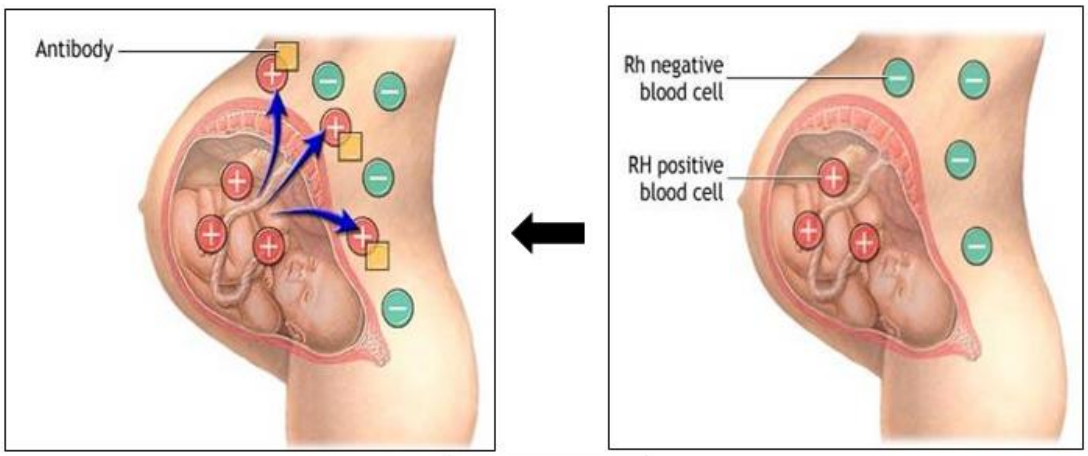
لقد عثر على مولد ارتصاص آخر سمّي **بعامل الريزيوس Rh** (نسبة إلى القرد ريزيوس الذي اكتشف عنده)، ثم تبيّن **وجوده عند الانسان** لاحقاً من خلال تجربة تم القيام بها على الشكل الآتي:

أخذ دم من القرد ريزيوس وحقن في أرنب، فرد الجهاز المناعي للأرنب بإنتاج **أضداد** لهذا الجسم الغريب، وهي **الراصات الـ Anti Rh أو الـ Anti D** (وهي قادرة على عبور المشيمة عند المرأة الحامل)، ثم أخذ مصل الأرنب الحاوي على هذه الراصات وأضيف له دم بشري، فوجد أن **85%** من البشر **ترتص** كرياتهم بهذا المصل، وهذا يعني أنهم يحملون عامل الريزيوس وزمرتهم Rh^+، وبالمقابل وجد **15%** من البشر **لا ترتص** كرياتهم بهذا المصل أي لا يحملون عامل الريزيوس

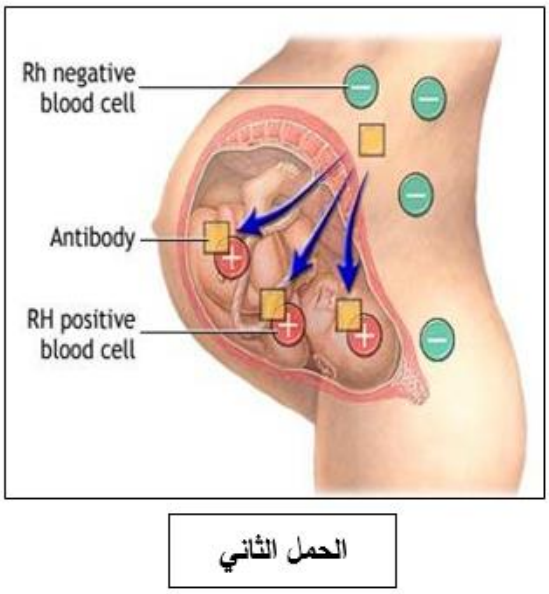
وزمرتهم Rh^-، يمكن لأي زمرة من الزمر الدموية الأربعة أن تحمل عامل الريزيوس أو لا تحمله، وبالتالي يصبح لدينا الزمرة A^+ و الزمرة A^-، وهكذا بالنسبة لبقية الزمر.

لعامل الريزيوس أهمية ولا سيّما أثناء الحمل، ففي حالة زواج رجل إيجابي الريزيوس من امرأة سلبية الريزيوس، الشكل (10):

- **من المحتمل** أن يكون الجنين الأول **إيجابي الريزيوس**، ونتيجة **لانسلال وعبور** بعض من **كريات الجنين** إلى دم الأم عبر المشيمة أثناء الولادة (انسلاخ المشيمة وقطع الحبل السري)، **تتشكل في دم الأم** أضداد (الراصات) الريزيوس **Anti Rh** أو **Anti D** من طبيعة IgG (يشكلها جهازها المناعي كرد فعل على دخول أجسام غريبة، بالإضافة إلى الخلايا البائية الذاكرة) ولكن بكمية قليلة وهذا لا يؤثر على الجنين الأول **ويسلم**.
- إذا حدث **حمل ثانٍ** وكان الجنين أيضاً **إيجابي الريزيوس**، فإن الراصات المتشكلة من الحمل الأول ستنتقل إليه من أمه عبر المشيمة، وبذلك تلتقي الراصات مع مولدات الارتصاص الموافقة لها، مما يسبب تراص كريات الجنين وانحلالها وبالتالي **موت الجنين**، الشكل (10).
- **لتفادي** ذلك تحقن الأم بعد الولادة بـ **(24 – 48)** ساعة بالـ **Anti D**، حيث **ترتص** كريات الجنين المتسربة لدم الأم، وبذلك **لا يتحسس** جهازها المناعي لهذه الكريات ولا يشكل الراصات المضادة **Anti D ذاتياً**، ويجب أن يتم هذا الحقن بعد كل ولادة طالما المولود **إيجابي الريزيوس**.



الحمل الأول



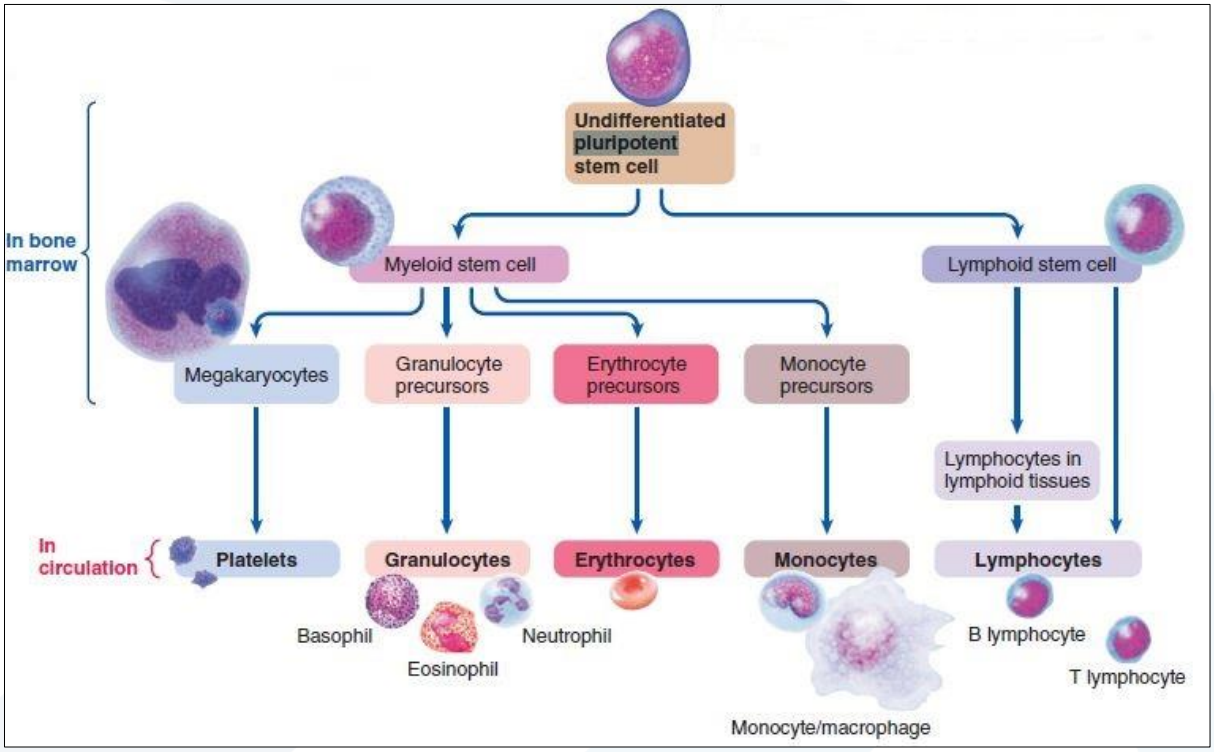
الشكل (10): تأثير عامل الريزيوس في حالة الأم سلبية الريزيوس والجنين إيجابي الريزيوس.

كريات الدم البيضاء Leukocytes (White blood cells WBCs)

- خلايا كبيرة لها **نواة**، عديمة اللون، تحتوي على الجسيمات الكوندرية وجهاز كولجي، نجدها داخل وخارج الأوعية الدموية (تبدي نشاطها في النسيج الضام).
- يبلغ عدد الكريات البيض **4 - 11 آلاف** كرية في الميليمتر المكعب.
- **يتبدل** العدد حسب العوامل الفيزيولوجية والمرضية (**يزداد** أثناء: الإصابة بالإنتانات أو الالتهابات، الأورام، الجهد العضلي، الشدة النفسية، بينما **ينقص** أثناء: سوء التغذية، الصيام، فقر الدم اللاتنسجي).
- يغادر قسم **ضئيل** من الكريات البيضاء لا يتجاوز 5-4% من مجموع الكريات الناضجة في نقي العظم إلى الدم المحيطي، ومنه إلى مختلف أنسجة الجسم؛ إذ تلعب دورها الرئيس في **القضاء على الأجسام الغريبة** التي تدخل وتهاجم الجسم (الوظيفة الدفاعية).

تكوّن الكريات البيضاء

تتكون في **نقي العظم** (كما ذكر سابقاً في تكوّن الكريات الحمراء) اعتباراً من الخلايا الجذعية **متعددة القدرات**، والتي تعطي بدورها الخلايا الجذعية **النخاعية** أو النقوية Myeloid stem cell، والخلايا الجذعية **اللمفاوية** Lymphoid stem cell، بوجود عامل **خارجي (كالالتهاب)**، ووجود عوامل النمو الدموية **(الانترلوكينات)**، الشكل (11).



الشكل (11): تكوّن خلايا وعناصر الدم: الكريات البيضاء، والحمراء، والصفيحات الدموية.

الخلايا الجذعية النخاعية ستعطي **المعتدلات** Neutrophil (الولوعة بالمعتدل)، و**الحمضات** Eosinophil (الولوعة بالحمض)، و**الأسسات** Basophil (الولوعة بالأساس)، و**الوحيدات** Monocytes والتي تتحول أيضاً إلى **البالعات الكبيرة** Macrophage.

أما الخلايا الجذعية اللمفاوية ستعطي الخلايا اللمفاوية **التائية**، واللمفاوية **البائية**.

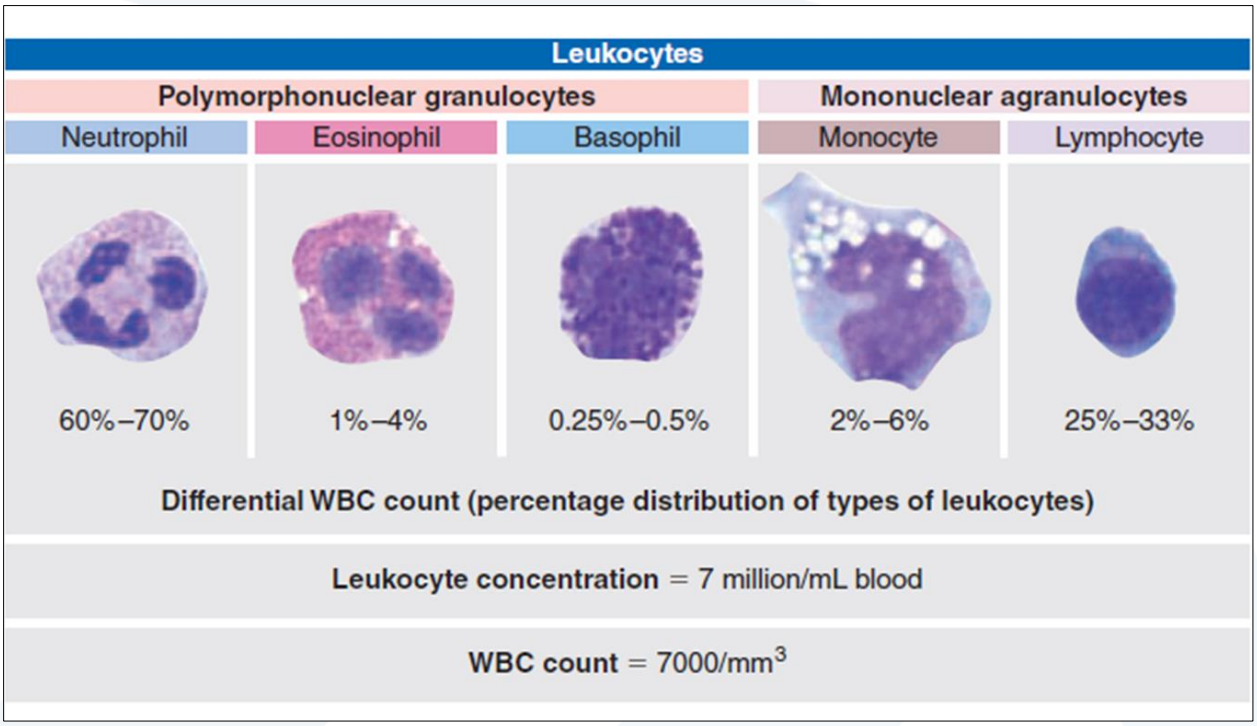
تقسّم أنماط الكريات البيضاء في مجموعتين، الشكل (12):

الأولى: ذات نواة **مفصصة** Polymorphonuclear؛ إذا تبدو وكأنها عديدة النوى، و**محببة** Granulocytes ؛ إذ تحتوي السيتوبلاسما لديها على حبيبات، وتضم:

- المعتدلات ونسبتها 60 – 70 % من إجمالي عدد الكريات البيضاء.
- الحمضات ونسبتها 1 – 4%.
- الأسسات ونسبتها 0.25 – 0.5 %.

والثانية: نواتها **غير مفصصة** Mononuclear؛ إذ تبدو كنواة وحيدة، و**غير محببة** Agranulocytes؛ حيث لا تحتوي السيتوبلاسما على حبيبات، وتضم:

- اللمفاويات ونسبتها 25 – 33%.
- الوحيدات ونسبتها 2 – 6%.

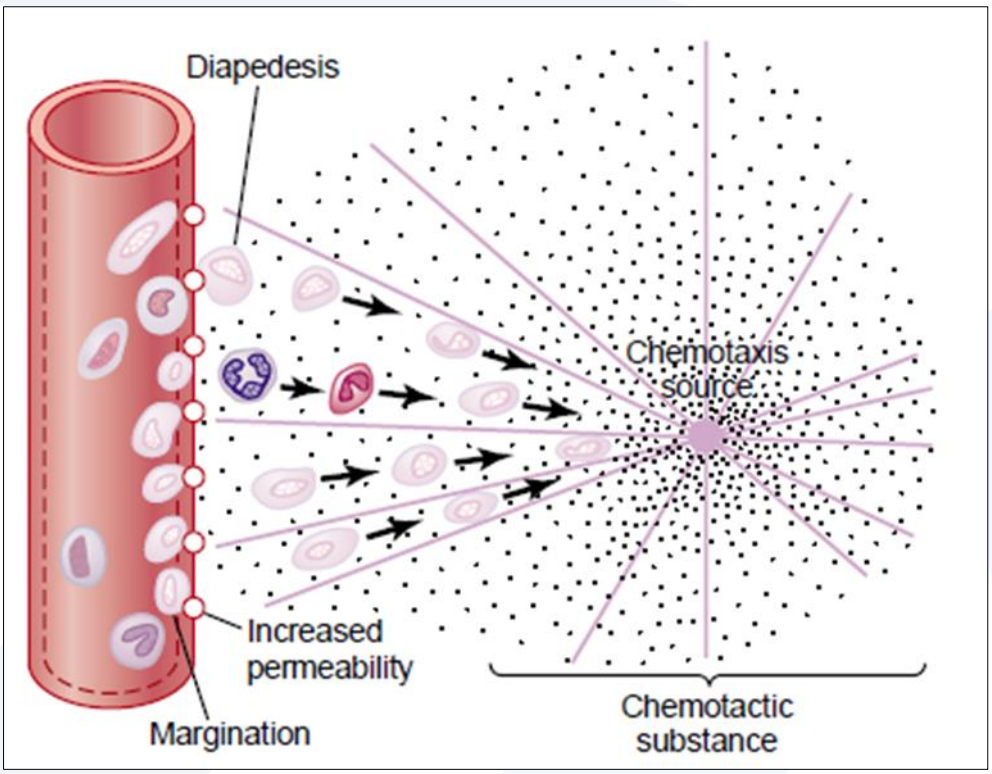


الشكل (12): أنماط الكريات البيضاء، ونسبة كل نمط إلى العدد الإجمالي.

خصائص الكريات البيضاء

تتميز الكريات البيضاء بعدة خصائص وظيفية هامة تمكنها من القيام بعملها الشكل (13)، وهي:

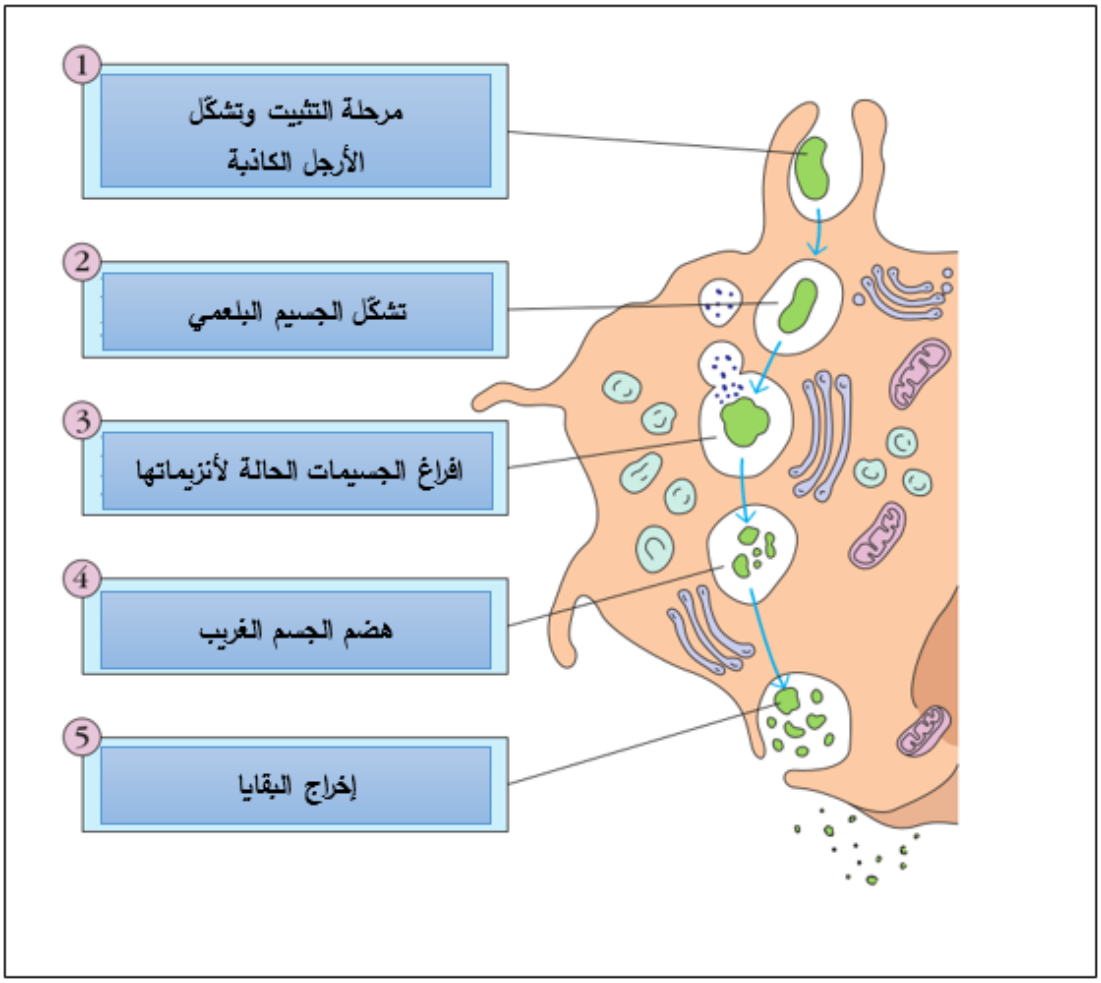
- **الانسلال Diapedesis:** قدرتها على عبور جدر الأوعية الدموية إلى الأنسجة، حتى لو كان ذلك من خلال مسامات أو ثقوب أصغر منها، إذ تمر **بالانزلاق**، وهو حدث فيزيولوجي يزداد أثناء الالتهابات.
- **الحركات المتحولية (الأميبية) Amoeboid motion:** بتشكيل **أرجل كاذبة**، والمعتدلات والوحيدات هي الأكثر قدرة على هذه الحركة.
- **الانجذاب الكيميائي Chemotaxis:** تنجذب نحو بعض **العوامل الكيميائية** التي تنتج عن النسج الملتهبة (12 مادة على الأقل) منها: بعض ذيفانات الجراثيم، بعض المنتجات التنكسيّة Degenerative للنسج المصابة أو الملتهبة نفسها، الكثير من نواتج تنشيط جملة المتممة Complement complex (البروتينات المتممة)، الكثير من المنتجات الناتجة عن تجلط المصورة في المنطقة المصابة.



الشكل (13): الانسلال والانجذاب الكيميائي عند المعتدلات.

❖ **البلعمة الخلوية Phagocytosis:** وظيفة المعتدلات ووحيدات النواة (التي تتحول إلى البالعات الكبيرة)، تتم البلعمة الخلوية عبر المراحل الآتية، الشكل (14):

1. **مرحلة التثبيت:** ارتباط مولد الضد **بمستقبلات** غشائية للخلية البلعمية.
2. **مرحلة الابتلاع:** ترسل البلعمية **أرجلا كاذبة** تحيط بالجسم الغريب (مولد الضد)، وتلتحم ليصبح محبوساً داخل الحويصل أو **الجسيم البلعمي** Phagosome.
3. **مرحلة الهضم:** تفرغ **الجسيمات الحالة** (الليزوسومات Lysosomes) محتواها الأنزيمي داخل الجسيم البلعمي، والذي يتحول إلى حويصل أو **فجوة هاضمة** وتقوم بهضم الجسم الغريب.
4. **مرحلة إخراج البقايا:** تطرح بقايا مولد الضد خارج البلعمية (تموت المعتدلات بعد قيامها بالبلعمة، أما البالعات الكبيرة تستطيع أن تطرح البقايا وأن تستمر على قيد الحياة عدة أشهر أخرى).



الشكل (14): مراحل البلعمة الخلوية.

وظائف الكريات البيضاء

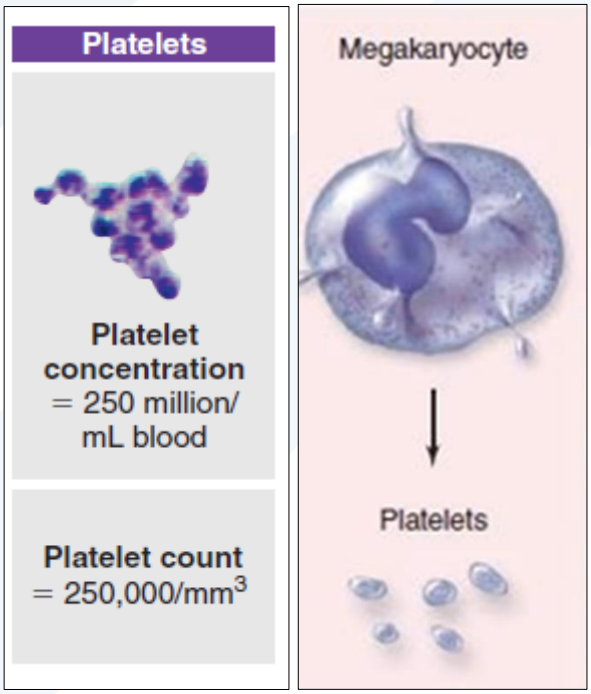
- **المعتدلات:** وظيفتها الأساسية هي **البلعمة**؛ إذ تتميز بقدرة كبيرة على الانسلال والحركة والانجذاب نحو المناطق المتأذية (يساعدها في ذلك وجود **مستقبلات** للمواد الكيميائية الجاذبة التي تنشأ في موقع الالتهاب)، وبلعمة الجراثيم وقتلها وهضمها، **لتموت** بعد ذلك وتشكّل مع البقايا والنسج المتنخرة **القيح** Pus.
- **الوحيدات:** تمتلك قدرات المعتدلات نفسها من حيث الانجذاب والانسلال والحركة، لكنها تتحول عندما تصل إلى المناطق المتأذية إلى **بالعات كبيرة** Macrophages لها قدرة أكبر على البلعمة وقتل الجراثيم.
- **الحمضات:** قدرتها على الانجذاب والبلعمة **محدودة جداً، لا أهمية** لها في الدفاع ضد **الجراثيم**، ولكنها تستطيع أن تهاجم **الطفيليات** وتقتلها (الأمر الذي يفسّر كثرتها أثناء الإصابة بالديدان الطفيلية)، وكذلك كثرتها أثناء أمراض الحساسية (الأرجية)؛ إذ تعمل كمضاد للهيستامين، كما يمكن أن تزيل بعض المواد السامة من الجسم، وتدمّر نواتج تفاعل ضد - مستضد.

❖ **الأسسات:** لها دور في **الاستجابة التحسسية**، وتحرر العديد من الوسائط كالهيستامين، والبراديكينين، التي **توسّع الأوعية** وتزيد النفوذية.

❖ **اللمفاويات:** لها دور في المناعة **الخلوية** (T cells)، و**الخلطية** (B cells).

الصفيحات الدموية Platelets

- يتراوح عددها بين 150 – 300 ألف صفيحة في الميليمتر المكعب.
- تعيش بين 8 إلى 10 أيام، وقد تصل إلى 12 يوم.
- عبارة عن **قطع** أو **أجزاء** Fragments، تتشكل من **الخلايا الكبيرة** Megakaryocytes (النواءات) التي تنشأ بدورها من الخلايا الجذعية متعددة القدرات في نقي العظم، الشكل (15).
- عدد الصفيحات الدموية السوي **مستقر**، فأي زيادة أو نقصان يعزى إلى حالات **مرضية**، **الزيادة** إلى **مليون** صفيحة في الميليمتر المكعب الواحد، كما في احمرار الدم، يؤدي إلى تشكل **خثرات دموية**، بينما **نقصانها** إلى ما دون **50 ألف** صفيحة في الميليمتر المكعب الواحد، كما في تليّف النقي، يؤدي إلى **نزوفات دموية** تحت الجلد وتحت الأغشية المخاطية عند التعرض لأي **صدمة خارجية**، مما يتسبب بتشكيل **كدمات** بلون **أزرق** تحت الجلد (**مرض الفرفرية**)، أما **نقصانها** إلى ما دون **20 ألف** صفيحة في الميليمتر المكعب الواحد، فإنه يؤدي إلى نزوفات دموية **تلقائية** من التجويف **الفموي واللثة**.
- تؤدي دوراً مهماً في **وقف** النزيف الدموي والمحافظة على **سلامة** الأوعية الدموية.
- تزال من الدوران بوساطة جملة البلاعم النسيجية بشكل رئيسي، وخاصة بلاعم الطحال.



الشكل (15): الخلايا الكبيرة، والعدد التقريبي للصفيحات الدموية في الجسم.

المصورة (البلازما) الدموية Plasma

هي الجزء السائل من الدم، قوامها لزج وصفراء اللون (لوجود مادة البيلروبين)، وتبلغ نسبتها عند الإنسان 55% من حجم الدم الكلي، بينما تشكل العناصر الخلوية النسبة الباقية 45%.

تعد المصورة وسطاً بيولوجياً معقداً مكوناً من 90 – 92% ماء، و8 – 10% مواد عضوية وأخرى لا عضوية:

- **مواد عضوية:** وتشمل:
  - **البروتينات:** تصطنع في **الكبد**، وأهمها الألبومين والغلوبولين ومولد الليفين (الفبرينوجين).
  - **مواد عضوية خالية من النتروجين:** غلوكوز، شحوم ثلاثية، كوليسترول، حمض اللبن.
  - **مركبات غير بروتينية حاوية على النتروجين:** البولة، حمض البول، كرياتين، النشادر.
  - **مركبات حيوية:** أنزيمات، هرمونات، فيتامينات.
- **المواد اللاعضوية:** وتشمل الشوارد والجذور: **الكاتيونات** أو **الشوارد الموجبة** (الصوديوم، والكالسيوم، والحديد، والمغنزيوم، والبوتاسيوم)، **والأنيونات** أو **الشوارد السالبة** (الكلور، شاردة البيكربونات، جذر الفوسفات).

يعود **الضغط الحلولي أو التناضحي أو الأسموزي** Osmotic pressure للبلاسما بشكل أساسي للشوارد ولاسيّما **الصوديوم** لأن كثافتها مرتفعة وأوزانها الذرية منخفضة، أما البروتينات فتساهم بشكل أقل ويعود لها **الضغط الغرواني** Oncotic pressure لأنها ذات وزن جزيئي كبير، وكتلتها أكبر بكثير من كتلة الصوديوم؛ إذ أن الضغط الحلولي أو التناضحي يتعلق **بعدد** الشوارد أو الجزيئات **وليس بكتلتها**.

تخضع حركة الماء والشوارد عبر غشاء الكريات الحمراء للضغط الحلولي، فإذا **زاد** هذا الضغط فسيخرج الماء من الكريات **وتنكمش**، أما إذا **انخفض** فسيدخل الماء إلى الكريات ويمكن أن **تنفجر**، وبالتالي فإن حياة الكريات الحمراء تتطلب ضغطاً حلولياً **طبيعياً**.

❖ **وظائف بروتينات المصورة الدموية:**

- **المساهمة** في تنظيم حجم الدم والسائل الخلالي بفعل الضغط الحلولي (الأسموزي أو التناضحي).
- مسؤولة عن الضغط **الغرواني** Oncotic.
- مشاركتها في **مناعة** الجسم.
- تدخلها في عملية **تخثر** الدم.
- **نقل** بعض المواد وحمايتها من الضياع (الهرمونات – الفيتامينات – الحديد ....)
- تعد جزءاً من الجهاز **الدارئ** (الموقي) Buffer System في الجسم.

الإرقاء Hemostasis

هو جملة الحوادث التي تؤدي إلى **إيقاف النزف الدموي** في مكان الأذية، وتتم على ثلاثة مراحل:

المرحلة الأولى: الانقباض الوعائي Vascular Constriction

يحدث بعد الأذية الوعائية (أذية الألياف العضلية الملساء للوعاء الدموي) نتيجة:

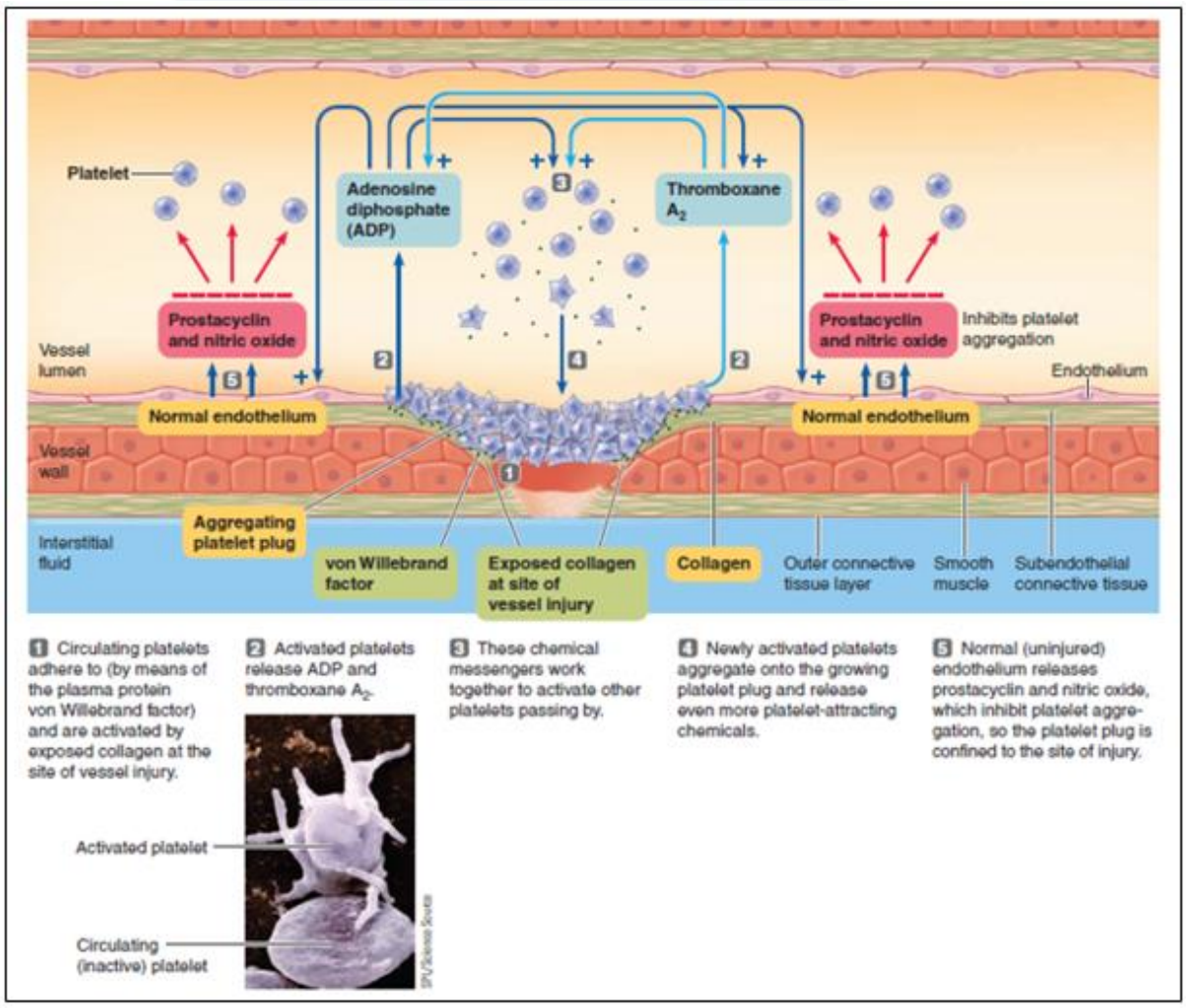
- حدوث **منعكسات عصبية** تؤدي إلى التقبض الوعائي، بالإضافة لحدوث تقبض وعائي **ذاتي موضعي**.
- يساهم تنبيه **الألم** والتنبيهات الأخرى الناتجة عن **الأنسجة المتأذية** في **تعزيز** منعكس التقبض الوعائي مما **يقلل** من كمية الدم النازف.
- إطلاق مواد فعالة **مقبضة للأوعية (في حالة الأوعية الصغيرة)** من الصفيحات مثل الـ Thromboxane A_2 (*Tx* A_2)؛ إذ تكون الصفيحات في هذه الحالة هي **المسؤولة** عن معظم التقبض الوعائي الحاصل.

المرحلة الثانية: تشكّل السدادة الصفيحية Platelet plug

بعد الأذية الوعائية **تحتك** الصفيحات مع السطح المتأذي (أي احتكاكها بألياف الكولاجين والخلايا البطانية أو الظهارية المتأذية نفسها) **فتتغير خصائصها**، الشكل (16)؛ على النحو الآتي:

- **ترتبط** مع **ألياف الكولاجين** بتأثير أنزيم **Glycosyl Transferases** الموجود على سطحها، وبوجود عامل فون ويل براند von Willebrand factor (وهو بروتين بلازمي يفرز من الصفيحات وأيضاً من الخلايا البطانية).
- **بعد ذلك تنتفخ** وتظهر على سطحها **نتوءات** تأخذ شكل الأشعة.
- **ثم تتقلص** بشدة (نتيجة تقلص بروتيناتها) وتطلق **مواد فعالة** مثل: الـ ADP و الـ Thromboxane A_2 (*Tx* A_2) الذي يفرز إلى الدم أيضاً، ويعمل هذان المركبان على **تفعيل** الصفيحات القريبة، كما تفرز شوارد **الكالسيوم**، و**السيروتونين** و**الأدرينالين** وهما مقبضان وعائيان فعّالان وبالتالي تزداد قوة الانقباض الوعائي الذي بدأ في المرحلة الأولى.
- تصبح أكثر **لزوجة**؛ فتلتصق مع بعضها البعض، يلي ذلك التصاقها على سطح الوعاء المتأذي مشكلة سدادة صفيحية تكون في البداية رخوة إلى حد ما، لكنها تنجح في سد هذا الوعاء إذا كان **الشق صغيراً**.

الخلايا البطانية **السليمة** المجاورة تفرز الـ Prostacyclin البروستاسايكلين (البروستاغلاندين Prostaglandin I_2 ويرمز له PGI_2) وأوكسيد الأزوت Nitric oxide اللذين يعملان وبشكل كبير على **تثبيط التصاق** الصفيحات ببعضها البعض، وبالتالي **لا تمتد** السدادة على كامل البطانية، وإنما تتوضع في المنطقة **المتأذية فقط**.

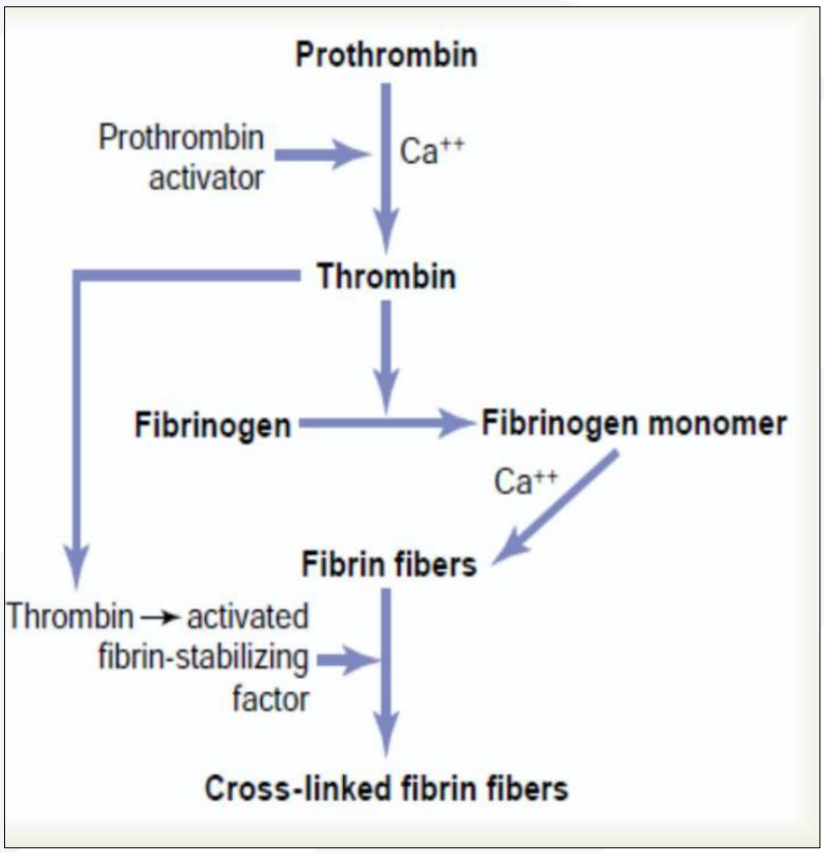


الشكل (16): تشكّل السدادة الصفيحية.

المرحلة الثالثة: التخثر Coagulation

يمر التخثر (تشكل الخثرة أو الجلطة الدموية Blood clot) بثلاث مراحل، الشكل (17) وهي:

- تشكيل **منشط طليعة الخثرين** (أو منشط طليعة الترومبين) Prothrombin activator.
- تحويل طليعة الخثرين إلى **أنزيم الخثرين** (الترومبين Thrombin) تحت تأثير منشط طليعة الخثرين.
- تحويل مولد الليفين Fibrinogen إلى **خيوط الليفين** Fibrin تحت تأثير أنزيم الخثرين؛ حيث ترتبط الصفيحات وخلايا الدم بهذه الخيوط لتشكيل **الخثرة الدموية**.



الشكل (17): مراحل تكوّن خيوط الليفين.

عوامل التخثر البلازمية: هي مجموعة من المواد البروتينية التي توجد في الدم بشكل طلائع غير فعالة، تنشط عند تأذي الوعاء الدموي، ومعظمها يصطنع في الكبد، وقد يتطلب اصطناع بعضها وجود الفيتامين K كمساعد أنزيمي.

انتهت المحاضرة ... بالتوفيق للجميع.