



فيزيولوجيا الدم 1 (الكريات الحمراء)

بركات شاهين 01

2/3/2020

RB Medicine

الفيزيولوجيا الطبية 1 | Medical Physiology 1

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

نقول لكم دوماً في بداية كل محاضرةٍ نضعها بين أيديكم (أطباء المستقبل)، لكن هلاً
فكرنا قليلاً بما تحمله من معانٍ؟
لنتذكر دائماً وأبداً بأننا وعند كل كلمةٍ نقرأها سننقذ روحاً، وعند كل علمٍ نتملكه سنزرع
ابتسامة، لنتذكر بأننا دواءً.

أصدقاءنا... أطباء المستقبل نقدّم لكم المحاضرة الأولى في مادة الفيزيولوجيا لهذا
الفصل

التي سنتحدث بها عن الدم ووظائفه ومكوناته ونخصّ في هذه المحاضرة المكون الأكثر
وفرةً ألا وهو الكريات الحمراء.

فهرس المحاضرة

العنوان	رقم الصفحة
تعريف الدم ووظائفه	2
بلازما الدم	7
الثوابت الكيميائية الفيزيولوجية للدم	9
الكريات الحمراء	13
مريضات الكريات الحمراء	21
الزمر الدموية	38

alkamal



22320301

الدم Blood

- ◆ **الدم** هو نسيج ضام من النمط السائل Liquid Connective Tissue.
- ◆ الوظيفة الأساسية للدم هي **النقل Transport**، أي نقل المواد المغذية والأكسجين للخلايا وتخليصها من ثنائي أكسيد الكربون والفضلات.

مكوناته:

- يتألف الدم من:
- ↳ بلازما سائلة تشكّل من 55-60%.
 - ↳ خلايا (عناصر الدم المتشكلة) حجمها 40-45% تتضمن:
 - 1. كريات حمراء (Erythrocytes (Red Blood Cells).
 - 2. كريات بيضاء (Leukocytes (White Blood Cells).
 - 3. صفيحات دموية (Thrombocytes (Platelets).

كميته في الجسم:

- ↳ يشكل حجم الدم الكامل في الجسم ما يقارب 6-8 % من وزن الجسم.
- ↳ وفقاً لذلك فإنّ شخص وزنه 70 كيلوغرام سيملك من 5 إلى 6 لتر من الدم.
- ↳ حجم الدم في الدوران **أقل من حجمه الكامل**؛ لأن هنالك كمية من الدم توجد في أعضاء مثل الكبد والطحال حيث يتم تخزين الكريات الحمراء.

وظائفه Functions

1. تنفسية Respiration:

حيث يتم نقل الأوكسجين وثنائي أكسيد الكربون.

2. تغذية Trophic:

حيث يتم إيصال المواد الغذائية Nutrient Materials إلى الأنسجة.

3. إخراجية Excretive:

حيث يتم إيصال المستقلبات Metabolites من الأنسجة إلى أجهزة الإخراج (مثل الكليتين والكبد) ليتم إخراجها.

4. تنظيمية Regulative:

حيث يتم نقل الهرمونات والنواقل العصبية وBAS.

5. استتبابية Homeostatic:

من خلال ضبط محتوى الماء وتنظيم التوازن الحمضي القلوي.

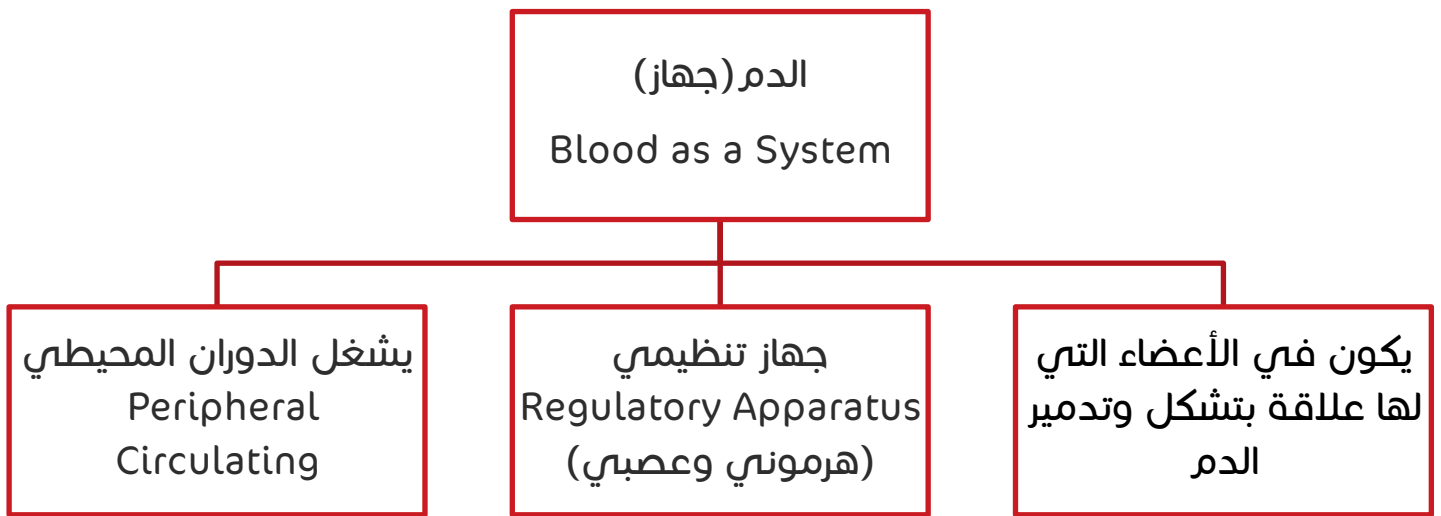
6. حماية (وظيفة وقائية) Protective:

المناعة Immunity والمقاومة غير المتخصصة Non Specific Resistance.

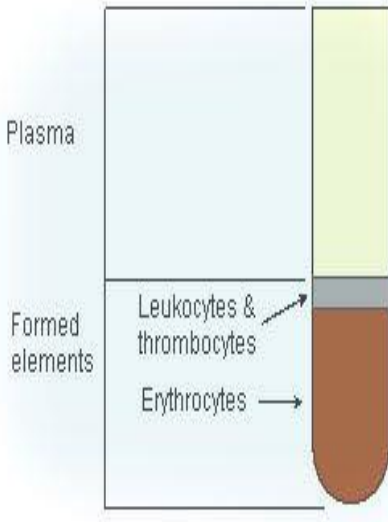
تجلط الدم Blood Coagulant.

7. المحافظة على حرارة الجسم Maintenance of Body Temperature:

ويتم ذلك نتيجة لإعادة توزيع Redistribution حجم الدم بين الجلد والأعضاء الداخلية تبعاً لدرجات الحرارة المنخفضة أو المرتفعة في البيئة الخارجية.



الهيماتوكريت Hematocrit



✓ هو الحجم المئوي **للكريات الحمر** في الدم.

✓ يدعى أيضاً بـ حجم الخلية المتراسة¹ Packed Cell Volume

(PCV)، أو حجم الكريات الحمر

(EVF) Erythrocyte Volume Fraction.

✓ يعبر الهيماتوكريت بشكل عام عن الجزء الخلوي للدم (ولكن

بما أن الكريات الحمر هي الجزء الخلوي الأكثر عدداً فلذلك

يتخذ الهيماتوكريت للتعبير عن الكريات الحمر فقط).

✓ نسبته الطبيعية:

✓ 40-48% للرجال.

✓ 36-42% للنساء.

✓ إذا تم تنبيذ (تثفيل) Centrifuged جزء من الدم أو سمح له بالتوقف لمدة طويلة،

سيلاحظ أن خلايا الدم ستستقر في أسفل أنبوب الاختبار (الجزء الغامق في الصورة)،

بينما تبقى البلازما في القمة (الجزء الشفاف بالأعلى).

✓ هذا يعني أنه بهذه الطريقة يمكن تحديد نسبة الخلايا في الدم كله.

تكوّن الدم Haemopoiesis

❖ هو تشكّل مكونات الدم **الخلوية**.

❖ تشتق جميع مكونات الدم الخلوية من **الخلايا الجذعية عديدة القدرات**²

.Bone Marrow **نقي العظم** التي توجد في

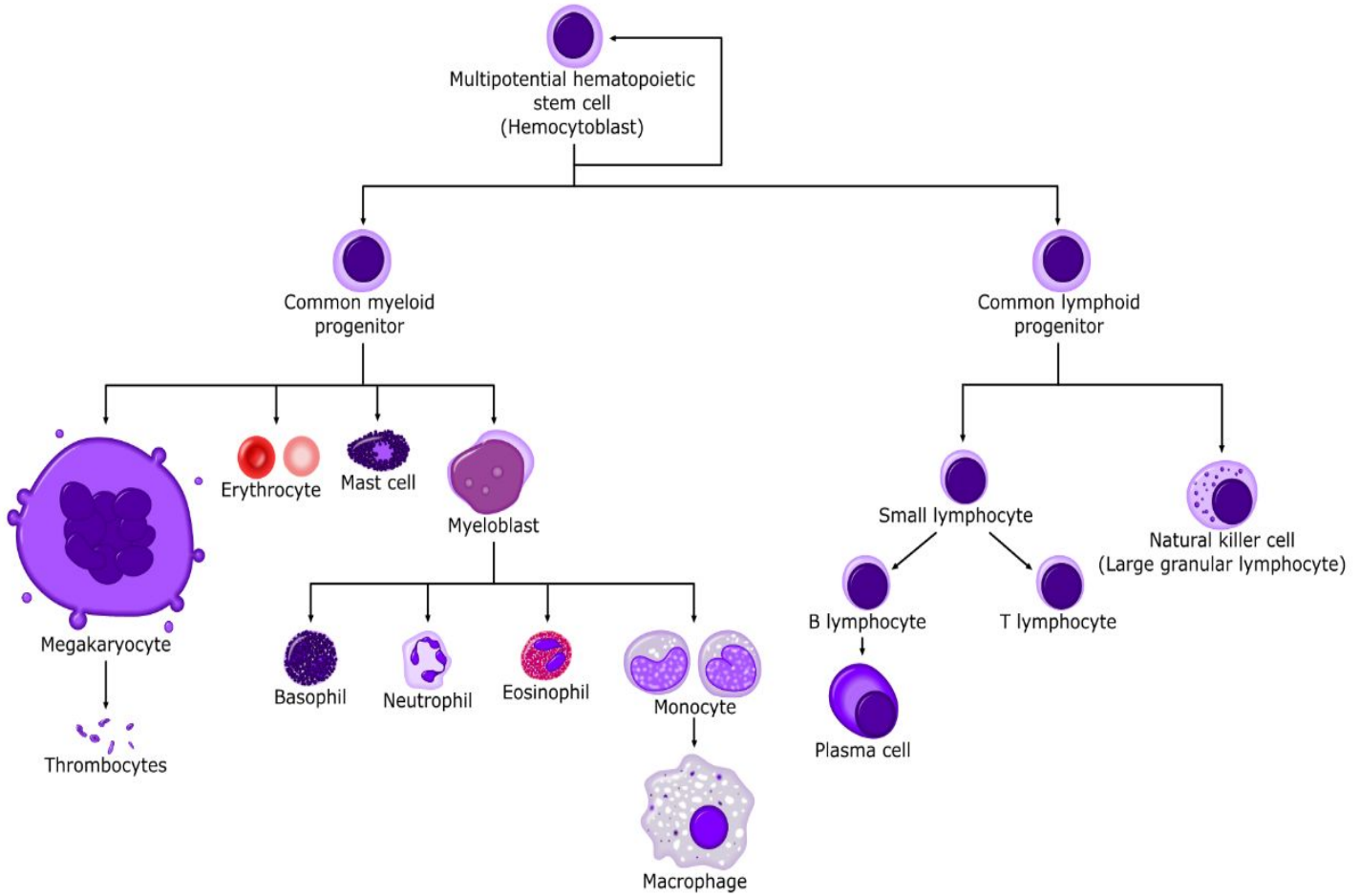
❖ في الشخص السليم البالغ، ينتج تقريباً 10^{11} - 10^{12} من الخلايا الدموية الجديدة يومياً من أجل

الحفاظ على مستويات الحالة المستقرة في الدوران المحيطي.

¹ يقصد بالخلية المتراسة الكريات الحمر.

² ذكر الدكتور أنه لا يهتم بتفاصيل تكوّن الكريات التي سترد في صورة لاحقة لكن يهمه أن الدم يتكون في نقي العظم حيث تتشكل مكوناته الخلوية من الخلايا الجذعية متعددة القدرات.

يتولد الدم خلال الحياة الجنينية من الجهاز الشبكي البطاني (الكبد والطحال)، ثم يتشكل بعد الحياة الجنينية من نقي العظم.



صورة توضح تكوّن مكونات الدم (للاطلاع)

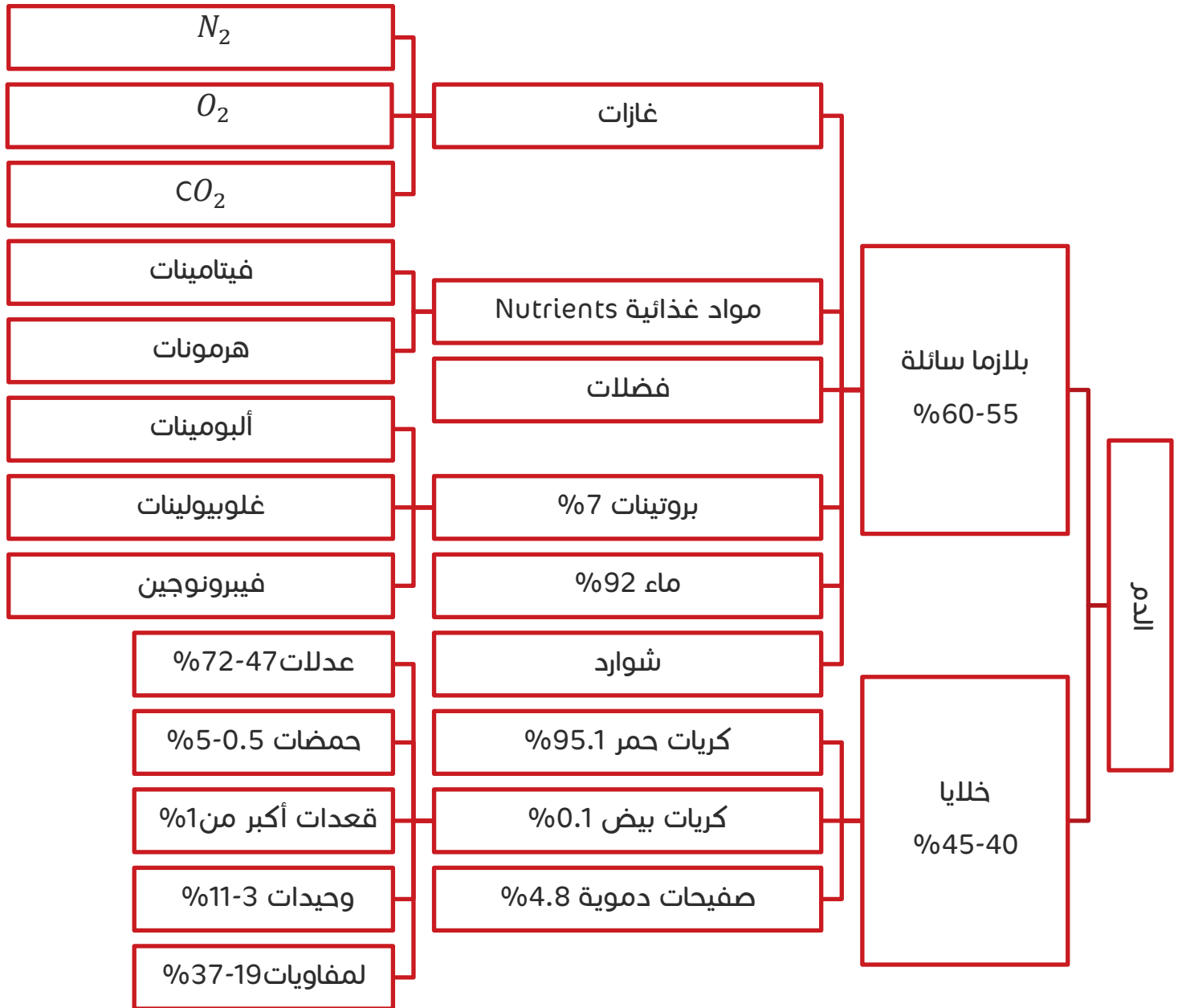
تنظيم تكون الدم

يتم عن طريق تنظيم هرموني عبر الهرمونات:

1. الإريثروبويتين $Erythropoietin^3$ (له علاقة بتوليد الكريات **الحمراء** ويتولد بشكل أساسي في **الكلى**).
2. الليكوبويتين $Leucopoietin$ (له علاقة بتوليد الكريات **البيضاء** ويتكون بشكل أساسي في **الكبد**).
3. الثرومبوبويتين $Thrombopoietin$ (له علاقة بتوليد **الصفائح** ويتكون بشكل أساسي من **الكبد**).

³ أشار الدكتور لأهميته.

مكونات الدم



ملاحظات:

- أكثر العناصر الخلوية الدموية عدداً هي الكريات الحمر.
- أقل العناصر الخلوية الدموية عدداً هي الكريات البيض.

بلازما الدم Blood Plasma

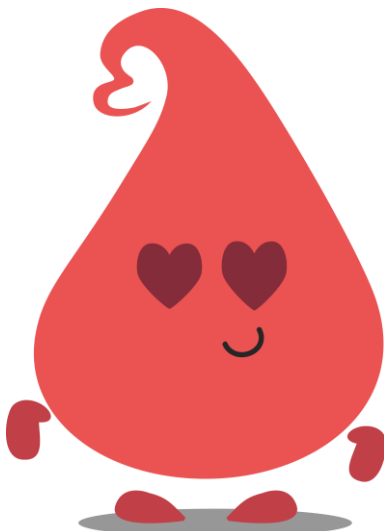
- ◆ يدعى السائل الخاص بالبلازما **متساوي التوتر** (مماثل للضغط الحلوي) Isotonic Solution حيث يماثل تركيزه **0.9% أي 9 بالألف من كلوريد الصوديوم**.
- ◆ إذا كان تركيز الملح أكثر من 0.9% يدعى محلول عالي التوتر Hypertonic.
- ◆ إذا كان تركيز الملح أقل من 0.9% يدعى محلول ناقص التوتر Hypotonic.

ملاحظة هامة من كلام الدكتور:

- تكمن أهمية معرفة قيمة تركيز الملح في المحلول متساوي التوتر (0.9%) عندما نريد تصنيع سوائل مغذية للجسم، حيث يجب أن يكون الضغط الحلوي لها مساوي للضغط الحلوي للبلازما، بحيث لا يحدث أي خلل في الكريات الحمراء عند تواجدها فيها.

مكوناتها Composition:

- 👉 90-92% ماء.
- 👉 8-10% مكونات جافة تتكون بشكل أساسي من البروتينات 6-8% .
- 👉 تحوي البلازما طبيعياً كميات مختلفة من الهرمونات، الإنزيمات، الأصبغة Pigments، والفيتامينات.
- 👉 يختلف تكوين البلازما حسب نشاط الجسم، والحالات الفيزيولوجية المختلفة.
- 👉 تتضمن المكونات الجافة:
- 1. مكونات غير عضوية (Inorganic (معادن (Minerals).
- 2. مكونات عضوية Organic تتضمن:
 - ✓ بروتينات.
 - ✓ ليبيدات (دسم).
 - ✓ سكريات (كربوهيدرات).



7. المكونات غير العضوية:

- نسبتها 0.9-1.5%.
- تتكون من شوارد موجبة (كاتيونات) وشوارد سالبة (أنيونات).
- الشوارد الموجبة Cations:
 - صوديوم Na^+ .
 - بوتاسيوم K^+ .
 - كالسيوم Ca^{++} .
 - مغنيزيوم Mg^{++} .
- الشوارد السالبة Anions:
 - الكلوريد Cl^- .
 - الفوسفات PO_4^- .
 - بيكربونات HCO_3^- .

ملاحظات:

- أهم الشوارد الموجبة بالبلازما هي الصوديوم.
- أهم الشوارد السالبة بالبلازما هي الكلور.

2. المكونات العضوية:

• البروتينات:

1. الألبومين (65-85 g/l) الذي يقوم بـ:
 - النقل Transportation (يقوم بنقل العديد من الأدوية والهرمونات).
 - تنظيم الضغط الغرواني Oncotic Pressure.
 - تنظيم الـ PH.
2. الغلوبولين (28 g/l):
 - $$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$$
 لهما دور في النقل.
 - $$\gamma$$
 له دور في الدفاع Defense والمناعة.
3. الفيبرونوجين Fibronogen:
 - له دور في تخثر الدم (الإرقاء Hemostasis).

أكثر البروتينات في بلازما الدم هو الألبومين وبعده الغلوبولين وبعده الفيبرونوجين.

• الليدات والكربوهيدرات:

السكر الأساسي في البلازما هو الغلوكوز (3.3-5.5 mmol/L) ومن ثم الغالاكتور والفركتوز.

مقارنة هامة بين المصل والبلازما

البلازما Plasma	المصل Serum	من حيث المكونات
الجزء السائل كاملاً من الدم	بلازما بدون فيبرونوجين	وجود عوامل تخثر مثل الفيبرونوجين
يوجد	لا يوجد	الأهمية
إعطائه تعويضاً للمرضى	للتشخيص	قابلية التخثر
تتخثر	لا يتخثر	

الثوابت الكيميائية الفيزيولوجية للدم

Physio-chemical Constants of Blood

◆ الضغط الأسموزي (التناضحي) Osmotic Pressure.

◆ الضغط الفرواني Oncotic Pressure.

◆ باهاء الدم Blood PH.

◆ اللزوجة Viscosity.

◆ الثقل النوعي Specific Gravity.

◆ معدل تثفل الكريات الحمر (ESR) Erythrocyte Sedimentation Rate.

الأسموزية Osmosis

❖ الأسموزية (التحال): هي حركة الماء من الوسط ذي تركيز الماء المرتفع إلى الوسط ذي تركيز الماء المنخفض.

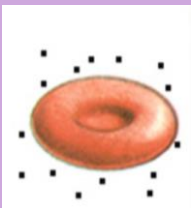
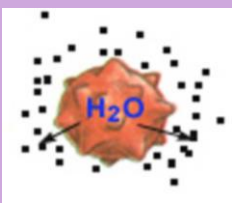
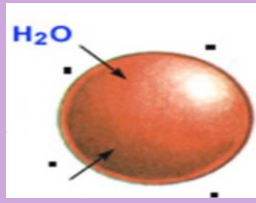
❖ أو هي حركة المواد المنحلة من الوسط ذي تركيز المواد المنحلة المنخفض إلى الوسط ذي تركيز المواد المنحلة المرتفع.

❖ بمعنى آخر: إن الماء ينتقل ليخفف تركيز الأملاح المرتفع، فالأملاح ستقوم بسحب الماء إليها ليتساوى الضغط في الوسطين.

الضغط الأسموزي Osmotic pressure

- ✓ **الضغط الأسموزي (الحلوي):** هو أصغر قيمة من الضغط اللازم لمنع التناضح (الحلول).
- ✓ هو الضغط الذي يحافظ على الكرية الحمراء بشكلها السوي بدون انتباج أو انكماش.
- ✓ يساوي تقريباً 7.6 atm .
- ✓ الجزيئات المنحلة هي التي تحافظ على الضغط التناضحي (الأسموزي).
- ✓ أهم هذه الجزيئات:
- 1. كلوريد الصوديوم NaCl (0.9% في المحلول متساوي التوتر Isotonic).
- 2. الغلوكوز (0.5% في المحلول متساوي التوتر).
- ✓ **في المحلول ناقص التوتر Hypotonic Solution:**
- يحدث الانتباج Swelling والانفجار Bursting.
- ✓ **في المحلول عالي التوتر Hypertonic Solution:**
- يحدث الانكماش Shrinking.

جدول يبين تأثير التوتر Tonicity على الكريات الحمر:

المحلول متساوي التوتر Isotonic Solution	المحلول عالي التوتر Hypertonic Solution	المحلول ناقص التوتر Hypotonic Solution	
متساويان	مرتفع	منخفض	تركيز المحلول خارج الكرية
	منخفض	مرتفع	تركيز المحلول داخل الكرية
سوي Normal	منكمشة Crenated	منتبجة Swollen	شكل الكرية
في الاتجاهين متساوية فلا يتغير شكل الكرية	ينتقل الماء من داخل الكرية إلى خارجها فتتكشف الكرية	ينتقل الماء إلى داخل الكرية ليخفف تركيز المحلول فتنتبج الكرية	حركة الماء
			صورة توضيحية

المقاومة التناضحية Osmotic Resistance للكريات الحمر:

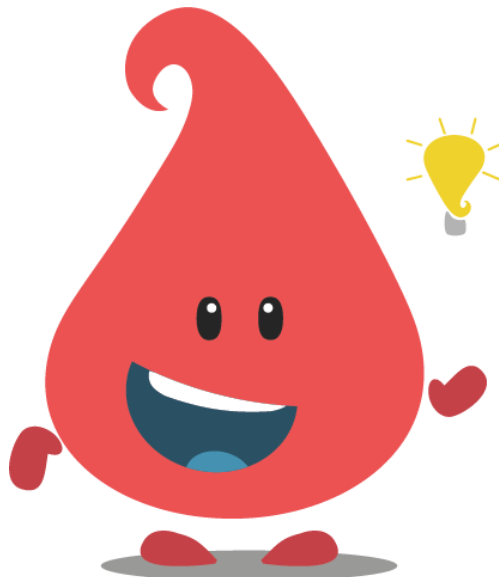
- تُعبّر عن مقاومة الكرية الحمراء للانحلال.
- وهي التركيز الذي يحدث عنده الانحلال الكامل للكريات الحمر Complete Hemolysis.
- هذه المقاومة تنجم عن مرونة Elasticity غشاء الكريات الحمر.
- قيّمته السوية 0.35-0.45%.

الضغط الغرواني Oncotic Pressure

- الضغط الغرواني أو ما يسمى الضغط التناضحي الغرواني Colloid Osmotic Pressure هو شكل من أشكال الضغط التناضحي ناجم عن وجود بروتينات البلازما.
- يميل عادة لسحب Pull الماء (السائل) إلى جهاز الدوران (الشعيرات الدموية Capillaries).
- يعتبر القوة المعاكسة للضغط الهيدروستاتي Hydrostatic Pressure.
- قيّمته السوية: 0.03-0.04 atm أو 20-25 mm Hg.

ملاحظات:

- الضغط الهيدروستاتي: هو ضغط السائل نفسه ناتج عن وجود مكونات السائل نفسه وهو يدفع السائل إلى خارج الوعاء.
- ضمن الوعاء نكون أمام قوتين هما الضغط الغرواني الذي يسحب السائل للداخل والضغط الهيدروستاتي الذي يدفعه للخارج.
- نتذكر أن حجم البروتينات كبير فهي لا تغادر الأوعية، لذلك يقوم الضغط الغرواني بسحب السائل لداخل الوعاء.



درجة حموضة الدم PH

- ✓ الـ PH هو قياس لحموضة Acidity أو قلوية Basicity محلول مائي Aqueous Solution.
- ✓ يعبر عن اللوغاريتم العشري السالب Negative Decimal Logarithm لتركيز الهيدروجين.
- ✓ الـ PH السوي للدم هو بين: 7.35-7.45
- ✓ حيث: 7.45 للدم الشرياني Arterial Blood.
- ✓ و 7.35 للدم الوريدي Venous Blood.
- ✓ إذا كان الـ PH أقل من 7.3 ينتج الحماض Acidosis.
- ✓ إذا كان الـ PH أكثر من 7.5 ينتج القلاء Alkalosis.
- ✓ يُضبط PH الدم بواسطة:
 1. إطراح ثاني أكسيد الكربون من الرئتين.
 2. إطراح شوارد الـ H^+ أو OH^- من الكليتين.
 3. من خلال نظام الدوائ Buffer System:
 - ✓ الكربونات.
 - ✓ الفوسفات.
 - ✓ البروتينات.
 - ✓ الهيموغلوبين



ملاحظات:

- إذا حدث خلل في الـ PH تتحكم الرئتين بإطراح ثاني أكسيد الكربون من الرئتين، وتقوم الكليتين بالتحكم بإطراح شوارد H^+ و OH^- .
- تكمن أهمية درجة الحموضة من أن الإنزيمات التي تدخل في التفاعلات الحيوية في الجسم يعتمد عملها على درجة حموضة الوسط الذي تعمل فيه.
- الدوائ: هي مواد موجودة في الدوران المحيطي تتدخل بسرعة لتصحيح الخلل في الحموضة أو القلوية.

اللزوجة Viscosity

- ✓ يمكن وصف اللزوجة بثخانة Thickness ولصوقية Stickiness الدم.
- ✓ تعبر عن مقاومة الدم للجريان.
- ✓ تبلغ لزوجة الدم خمسة أضعاف لزوجة الماء (يعتمد ذلك على الوقت المستغرق لجريانها في أنبوب).
- ✓ تعتمد اللزوجة على:
 1. الكريات الحمر كونها تشكل الجزء الأكبر من العنصر الخلوي.
 2. بروتينات البلازما.

الكريات الحمر Erythrocytes

صفاتها وبنيتها

- ❖ الكريات الحمر Red Blood Cells هي الخلايا الدموية الأكثر وفرة Abundant في الدم.
- ❖ يتم إنتاج ما يعادل تقريباً 2.4 مليون كرية جديدة في الثانية.
- ❖ تشكّل الكريات الحمر تقريباً ربع عدد خلايا الجسم.

شكلها:

👉 الكرية الحمراء الناضجة Mature شكلها قرصي Disk بيضوي Oval مقعر الوجهين Biconcave.

👉 ذات غشاء مرن وهذا ما يسمح لها بتغيير شكلها عندما تمرّ في الشعيرات الدموية.

مع تقدّم الكرية بالعمر، يفقد غشاء الكرية مرونته تدريجياً، فتتناقص قدرتها على المرور في الشعيرات الدقيقة، وبالتالي عند مرورها في شعيرات دقيقة كالكبد والطحال تهاجمها البالعات وتحطّمها.

قطرها:

👉 الكرية الحمراء النموذجية قطرها تقريباً $6.2-8.2 \mu m$.

مكوناتها:

تفتقد الكرية الحمراء الناضجة للنواة ومعظم العضيات Organelles وذلك من أجل توفير Occommodate أكبر مساحة ممكنة للهيموغلوبين.

تمتلك الكرية الحمراء قبل نضجها (خلال تشكلها) نواة، ثم تفقد نواتها عند نضجها.

منشؤها وعمرها:

تنشأ الكريات الحمر من نقي العظم Bone Marrow.
تبقى في الدوران حوالي 100-120 يوم في الجسم قبل أن يتم التخلص منها من قبل البالعات Macrophages.
تستغرق الكريات الحمر حوالي 20 ثانية لتتِم دورة كاملة من الدوران في الجسم.

عددتها:

بالملايين، المجال السوي:

1. عند الذكور: $4.0 - 5.0 \times 10^{12} / L$.
2. عند الإناث: $3.5 - 4.5 \times 10^{12} / L$.

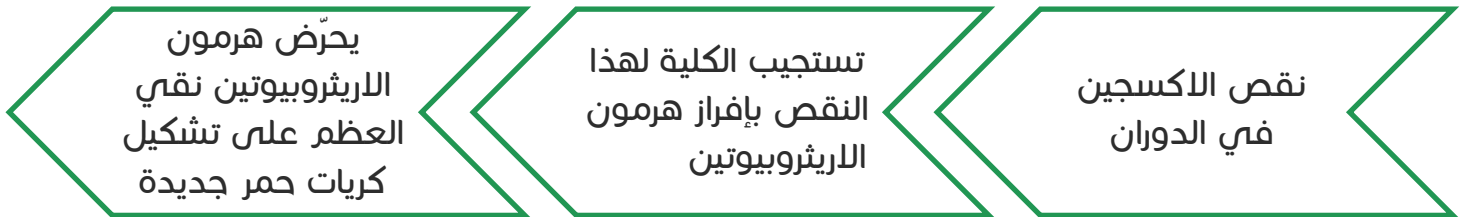
أي عددتها عند الذكور أكثر من الإناث.

وظيفتها:

الوظيفة الأساسية لهذه الخلايا هي نقل الهيموغلوبين، والذي بدوره ينقل الأوكسجين من الرئتين إلى الأنسجة.
تحتوي الكريات الحمر على أنهيدراز الكربونيك Carbonic Anhydrase الذي يحفز Catalyses التفاعل بين ثنائي أكسيد الكربون والماء والذي له الدور في نقل ثنائي أكسيد الكربون من الأنسجة إلى الرئتين.
تقوم بتحديد الزمرة الدموية Blood Group Determination.
يعتبر الهيموغلوبين دارئ حمضي-أساسي مميز يقوم بضبط التوازن الحمضي القلوي.

تشكّل الكريات الحمراء Erythropoiesis

- ❖ هي العملية التي يتم من خلالها تشكّل الكريات الحمر.
- ❖ يتحفز تشكّل الكريات الحمر الجديدة بواسطة **نقص الأكسجين في الدوران⁴**، والذي يضبط من قبل الكليتين، حيث تقوم الكليتين بإفراز هرمون الإريثروبويتين.
- ❖ تستمر العملية كلها لحوالي 7 أيام.
- ❖ خلال هذه العملية تنتج الكريات الحمر باستمرار من **نقي العظم** الأحمر في العظام الكبيرة.
- ❖ يحدث ذلك بمعدل 2 مليون خلية في الثانية في الشخص البالغ السليم.
- ❖ تعيش الخلايا الحمر الناضجة في الدوران لحوالي **120 يوم**.
- ❖ في نهاية دورة حياتها، تصبح هرمة Senescent، وتزال من الدوران بواسطة **البالعات**.
- ❖ تدعى هذه العملية **Eryptosis** أي موت الكريات الحمر المبرمج.



- مرضى القصور الكلوي المزمن يكون لديهم فقر دم حتى بدون حصول نزوف، السبب في ذلك عدم امتلاكهم هرمون الإريثروبويتين الذي يفرز من الكلية.
- العلاج: يكون تعويضي بإعطاء المرضى جرعات من هرمون الإريثروبويتين.



تصنيفها

- ❖ يتم تحديد نوع الكريات إما تحت المجهر فيتم ملاحظة حجمها ولونها، أو مخبرياً.
- ❖ يتم تحديدها مخبرياً بواسطة قياس:

✓ الهيموغلوبين الوسطي ضمن الكرية الحمراء Mean Corpuscular Haemoglobin (MCH).

✓ تركيز الهيموغلوبين الوسطي ضمن الكرية الحمراء Mean Corpuscular Haemoglobin Concentration (MCHC).

يوجد قياس آخر ذكره الدكتور هو ال MCV أي قياس حجم الكرية الوسطي Mean Corpuscular Volume (تتوضح أهميته لاحقاً في فقر الدم).

- ❖ ويتم تحديدها مجهرياً:

1. حسب الحجم:

- سوية الحجم Normocytes.
- صغيرة الحجم Microcytes.
- كبيرة الحجم Macrocytes.

2. حسب اللون (حسب محتواها من الخضاب):

- سوية الصباغ Normochromia: كريات ذات لون سوي.
- مفرطة الصباغ Hyperchromia: أغمق، بسبب زيادة الهيموغلوبين.
- ناقصة الصباغ Hypochromia: شاحبة، بسبب نقص الهيموغلوبين.

الهيموغلوبين Haemoglobin

- ❖ الهيموغلوبين أو خضاب الدم هو بروتين محمول داخل خلايا الدم الحمراء يحتوي على ذرات الحديد، يلتقط الأكسجين في الرئتين ويسلمه إلى الأنسجة للحفاظ على حياة الجسم.

بنية الهيموغلوبين - Structure Haemoglobin

✓ **محتوياته:** يتركب الهيموغلوبين من بروتين الغلوبين (متعدد الببتيد)، وهيم صباغي heme pigment.

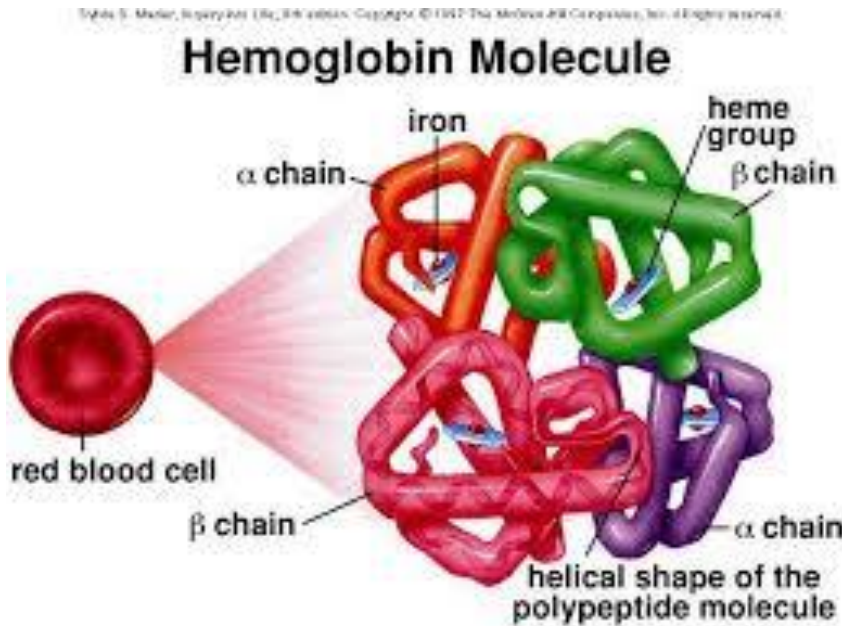
✓ **بنيته:** الهيموغلوبين لديه القدرة على ضم الأكسجين بسبب امتلاكه أربع ذرات حديد مرتبطة مع كل مجموعة هيم داخل الجزيئة.

✓ **الدور الفيزيولوجي:** الوظيفة الأساسية لكريات الدم الحمراء يتم تنفيذها من خلال الهيموغلوبين.

✓ **المجال السوي للهيموغلوبين:**

✓ عند الرجال: 135_ 180 g/L.

✓ عند النساء: 120_ 140 g/L.



صورة توضح بنية
الهيموغلوبين

مركبات الهيموغلوبين Compounds of Haemoglobin

✓ سنتحدث عن المركبات (الارتباطات) الفيزيولوجية الطبيعية للهيموغلوبين وهي:

1. الهيموغلوبين المؤكسج Oxyhemoglobin.

2. الهيموغلوبين اللامؤكسج Deoxyhemoglobin.

3. كربامينو الهيموغلوبين Carbohemoglobin.

✓ وسنتحدث عن المركبات (الارتباطات) المرضيّة للهيموغلوبين وهي:

1. كربوكسي الهيموغلوبين Carboxyhemoglobin.

2. الهيموغلوبين المتبدّل Methemoglobin.

المركبات المرضية		المركبات الطبيعية		
الهيموغلوبين المتبدّل المثيموغلوبين	كربوكسي الهيموغلوبين	كربامينو الهيموغلوبين	الهيموغلوبين اللامؤكسج	الهيموغلوبين المؤكسج
هيموغلوبين يرتبط مع حديد Fe^{+2} ، وليس Fe^{+3} كالعادة، هذا الحديد Fe^{+3} يخلق اتصالات كيميائية قوية، ويصبح الهيموغلوبين غير قادر على ارتباط بالأكسجين وبالتالي لا يستطيع حمله إلى الأنسجة (فاقد للوظيفة التنفسية)	يتحد الهيموغلوبين مع أحادي أكسيد الكربون بسهولة (أكثر سهولة من الأكسجين)، وهو غاز بلا لون ولا رائحة	يتشكل في الأنسجة عند اتحاد الهيموغلوبين مع ثنائي أكسيد الكربون	يتشكل عند تحرر الأكسجين إلى أنسجة الجسم	الأكسجين يرتبط بشكل ضعيف مع الهيموغلوبين ، ويتشكل في الرئتين

إذا كان تركيز الارتباطات المرضية عالي جداً في الهيموغلوبين سوف يحصل نقص أكسجة Hypoxia (نقص الأكسجين في الأنسجة) ومن الممكن أن يتفاقم نقص الأكسجة هذا...

أنماط الهيموغلوبين

هناك ثلاث أنماط للهيموغلوبين:

1. الهيموغلوبين الجنيني (HbF) Fetal hemoglobin:

- ✓ يتكون من سلسلتي ألفا وسلسلتي غاما ($\gamma_2\alpha_2$).
- ✓ الهيموغلوبين الجنيني يختلف عن هيموغلوبين البالغين، فهو أكثر ألفة للأكسجين من هيموغلوبين البالغين، ويمكن أن يكون مُشبع بالأكسجين عند التوتر المنخفض للأكسجين.

2. هيموغلوبين البالغين (HbA) Adult hemoglobin:

- ✓ يتكون من سلسلتي ألفا وسلسلتي بيتا ($\beta_2\alpha_2$).

3. الهيموغلوبين البدئي للجنين (HbP) Primitive hemoglobin:

- ✓ يتكون من سلسلتي ألفا وسلسلتي إبسيلون ($\epsilon_2\alpha_2$).

عند الرضع (لحد عمر السنة) Infants، جزيئات الهيموغلوبين مصنوعة من سلسلتي ألفا وسلسلتي غاما، ومع النمو سوف تُستبدل سلاسل غاما تدريجياً بسلاسل بيتا.

استقلاب الهيموغلوبين

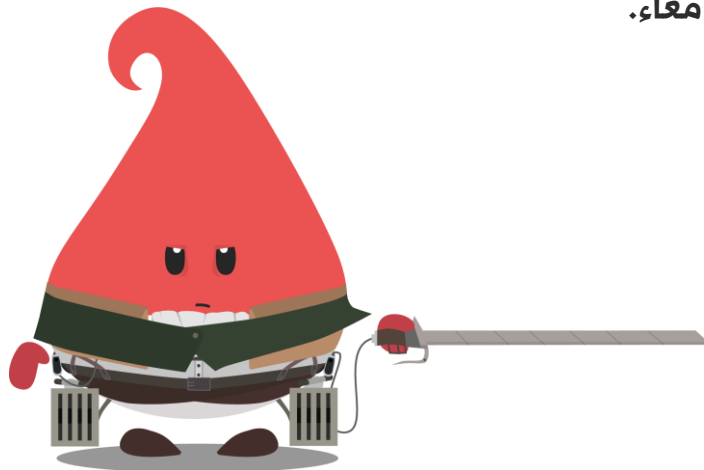
- ☑ عندما تمضي خلايا الدم الحمراء مدى عمرها الذي يصل إلى 120 يوماً تصبح هشّة وضعيفة فتصبح غير قادرة على المواصلة في جهاز الدوران فتتمزق أغشيتها الخلوية.
- ☑ وتمر عملية استقلاب الهيموغلوبين بعدة مراحل:

في خلايا الدم:

1. ينقسم خضاب الدم أو الهيموغلوبين إلى غلوبين وهيم.
2. الغلوبين هو الجزء البروتيني من الهيموغلوبين، والذي يتكسر إلى أحماض أمينية يعاد استخدامها في الجسم.
3. الهيم هو الجزء غير البروتيني فيتأكسد الهيم بواسطة انزيم **هيموكسيناز Heme Oxygenase** إلى بيلفيردين Biliverdin وحديد وأول أكسيد الكربون.
4. بعدها يتحول البيلفيردين بواسطة انزيم البيلفيردين ريدوكتاز Biliverdin reductase إلى بيليروبين غير مباشر غير ذواب بالماء، فينتقل عبر الدم متحداً مع الألبومين إلى الكبد.

في الكبد:

1. يتحرر البيلوروبين غير المباشر من الألبومين بمجرد وصوله إلى الكبد.
2. ويتحد البيلوروبين غير المباشر مع حمض الغلوكورونيك بواسطة انزيم غلوكرونوزيل ترانسفيراز (UDP_GT) وهكذا يتحول إلى بيلوروبين مباشر ذواب بالماء.
3. يطرح الكبد البيلوروبين المباشر مع الصفراء أو ما يسمى بالعصارة الصفراوية ويفرز في القناة الكبدية وينتقل إلى الأمعاء.



في الأمعاء:

1. يتحول حوالي نصف البيليروبون المقترن في الأمعاء بواسطة التأثير الجرثومي إلى مادة تدعى اليوروبيلينوجين Urobilinogen.
2. في البراز فإنه يتأكسد ليشكل الستركوبيلين Stercobilin الذي يعطي البراز لونه البني.
3. يعاد امتصاص بعض اليوروبيلينوجين عبر الأنسجة المخاطية المعوية إلى داخل الدم وينتقل إلى الكليتين.

في الكلية:

1. يترشح الدم الحامل لليوروبيلينوجين ويطرح عن طريق البول.
2. بعد تعرض اليوروبيلينوجين في البول للهواء يصبح متأكسد ويتحول إلى اليوروبيلين Urobilin والذي يعطي البول لونه الأصفر.

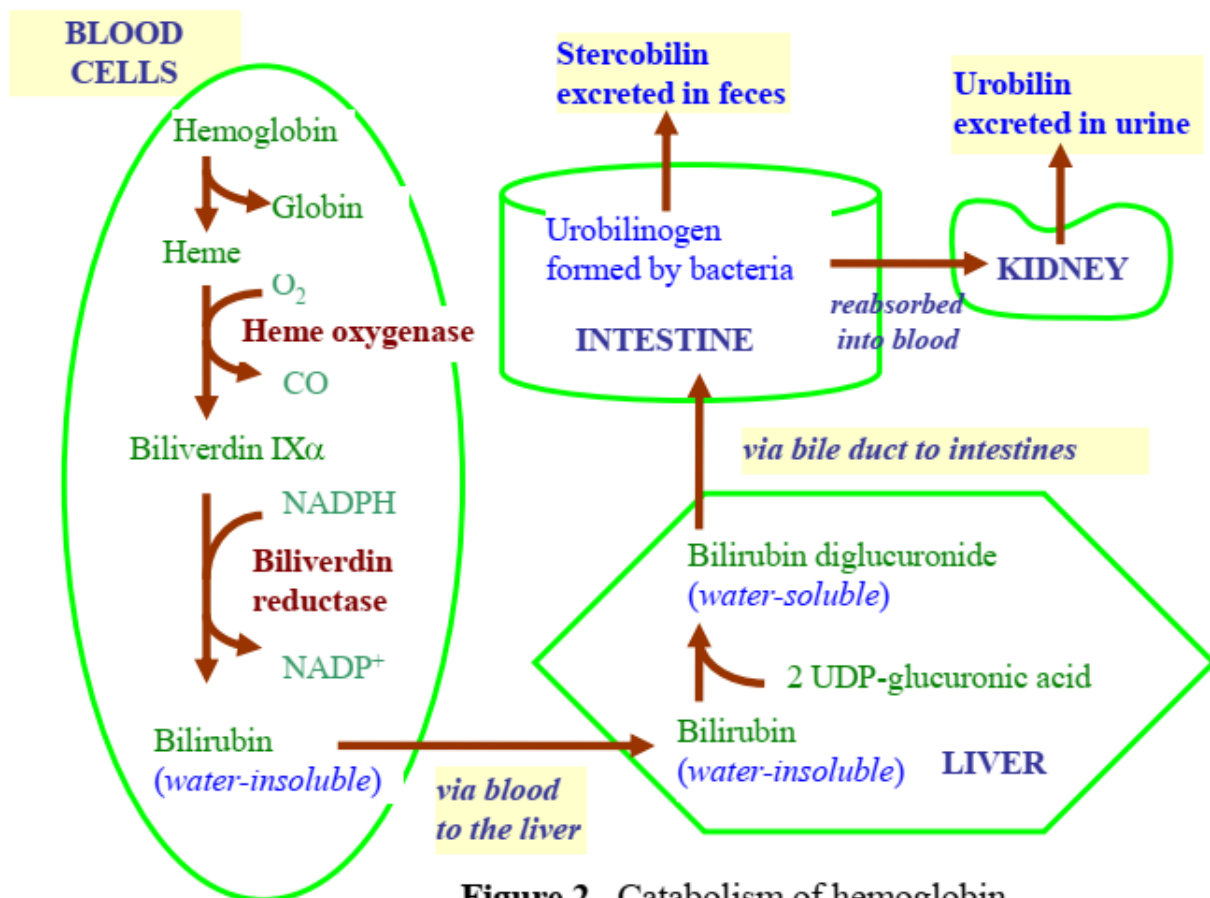


Figure 2. Catabolism of hemoglobin

استقلاب الهيموغلوبين



فيديو يوضح آلية
الاستقلاب أعلاه

مرضيات الكريات الحمر

فرط الكريات الحمر (Erythrocytosis (Polychythemia)

❖ **فرط الكريات الحمر (زيادة الدم):** هو الحالة التي يكون فيها عدد الكريات الحمر أكثر من العدد السوي.

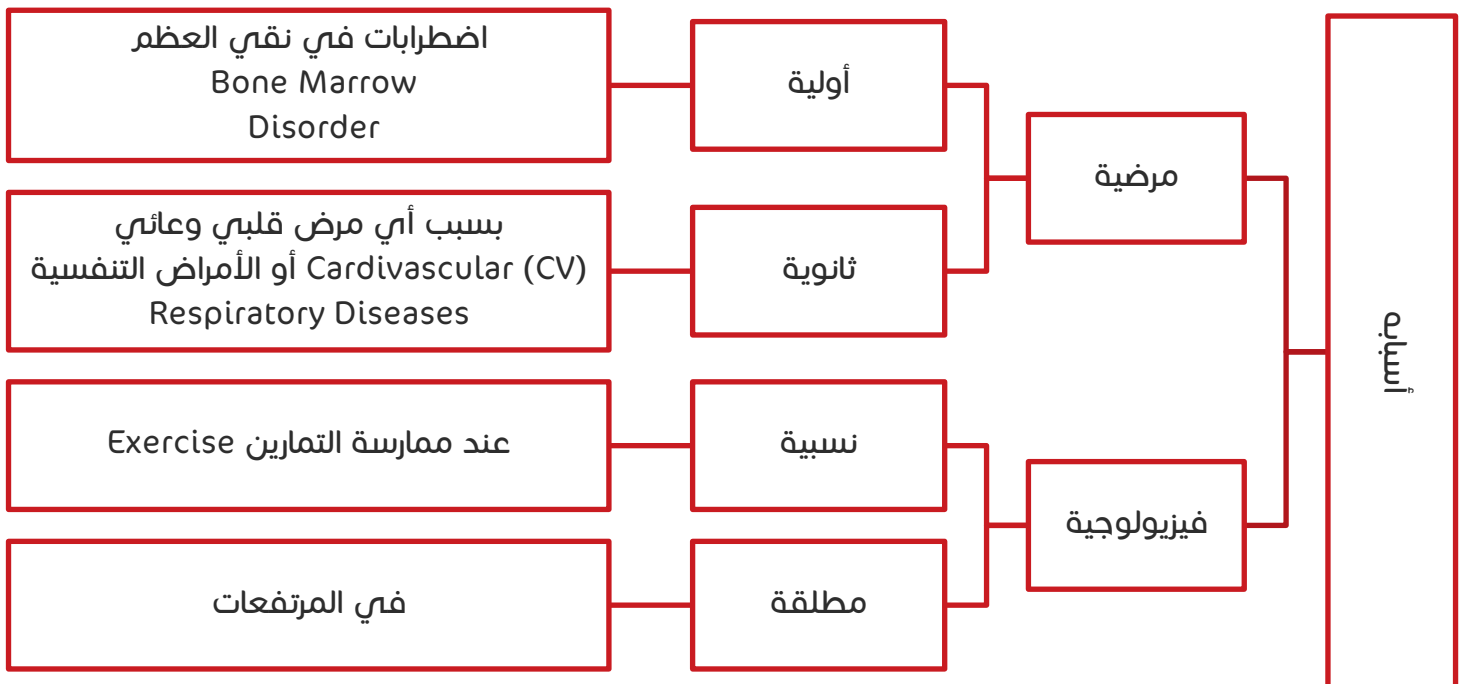
❖ هو مرض أقل شيوعاً من فقر الدم.

❖ **أسبابه:**

1. فيزيولوجية Physiological.

2. مرضية Pathological.

الأسباب الفيزيولوجية تعبر عن معاوضة فيزيولوجية عن شيء ما حدث عند الإنسان، أما الأسباب المرضية تعبر عن وجود حالات مرضية.



ملاحظة:

- في المرتفعات يكون ضغط الأكسجين **منخفض**، وهذا يتطلب زيادة الكريات الحمر لمعوضة فيزيولوجية نقص الأكسجين، علماً أنّ هذه الزيادة ضرورية لاستمرار حياة الشخص في المرتفعات فلا نطلب منه التبرع بالدم لأن ذلك سيؤثر على حياته.

عند المدخنين:

- عند حصول نقص أكسجة لديهم يستجيب الجسم لهذا النقص بزيادة عدد الكريات الحمر فتسمى عندها هذه المعوضة **معوضة فيزيولوجية**.
- عند ظهور أعراض غير نوعية لديهم كالصداع والطنين وتشوش الرؤية تكون الحالة هنا لديهم زيادة **مرضية** في عدد الكريات الحمر **من النمط الثاني**.

نقص الكريات الحمر Erythropenia

❖ **نقص الكريات الحمر Erythropenia**: هي الحالة التي يكون فيها عدد الكريات الحمر **أقل** من العدد السوي.

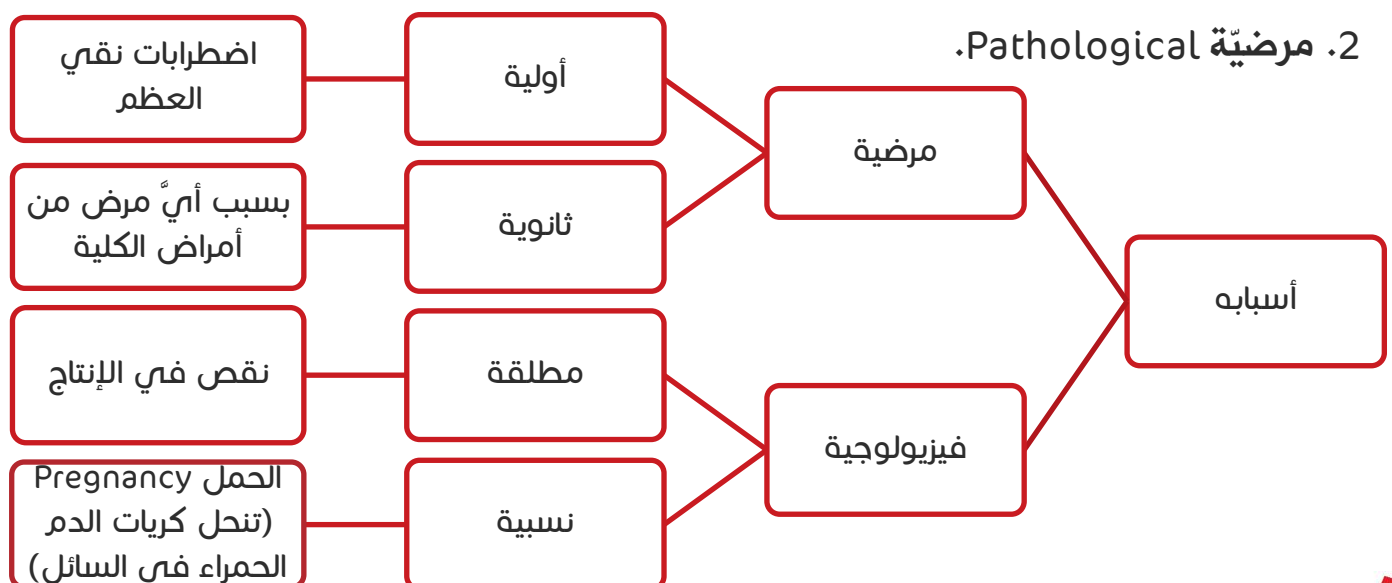
❖ يمكن أن يكون سبب نقص عدد كريات الدم الحمر ما يلي:

- مشاكل في الإنتاج.
- فرط التخريب (انحلال الدم).
- خسارة الدم.

❖ **أسبابه:**

1. فيزيولوجية Physiological.

2. مرضية Pathological.



فقر الدم Anemia

- ❖ **فقر الدم Anemia:** هي الحالة التي يحصل فيها نقص في عدد الكريات الحمر أو انخفاض في مستويات الهيموغلوبين في الكريات الحمر.
- ❖ إن لفقر الدم أنواع وتصانيف كثيرة، ولذلك يفضل الدكتور تصنيف أنواع فقر الدم ومعرفة أسبابه بالاعتماد على **حجم الكرية الحمراء الوسطي (MCV)** **Mean Corpuscular Volume** لسهولة هذا التصنيف أثناء الممارسة السريرية في المستقبل⁵، ويوضّح ذلك في الجدول التالي:

التصنيف الشكلي والأسباب الشائعة لفقر الدم

النمط	الحجم الوسطي للكريات الحمر	الأسباب الشائعة
كبير الكريات MCV > 115	مرتفع	عوز حمض الفوليك (فيتامين B ₉) عوز الفيتامين B ₁₂ أمراض الكبد الكحول قصور الدرق الأدوية (السلفوناميدات) متلازمات سوء تصنيع النقي
صغير الكريات	منخفض	عوز الحديد التلاسيميا
طبيعي الكريات MCV 100-80	طبيعي	فقر الدم اللاتنسّجي فقر الدم المرافق للأمراض المزمنة قصور الكلية المزمن فقر الدم الانحلالي تكوّر الكريات لحمراً

⁵ حيث بمجرد معرفة الـ MCV نستطيع عندها تحديد الأسباب الشائعة لفقر الدم المرتبطة بحجم الكرية الموافق، وبذلك نقلل الاحتمالات الموجودة أمامنا تدريجياً حتى الوصول للسبب الرئيس لفقر الدم.

وستحدث الآن عن أنواع فقر الدم...

فقر الدم بعوز الحديد

إن أشيع سبب لفقر الدم هو عوز الحديد، حيث إن خضاب الدم مكون من 4 سلاسل ببتيدية (سلسلتان ألفا وسلسلتان بيتا) وكل سلسلة تحوي قرص حديد أو حديدي وهي التي تحمل الأوكسجين في الكرية الحمراء.

معلومات عن الحديد:

المعدل الكلي: لحديد الجسم 4000-5000 mg.

أشكال الحديد في الجسم: 65% على شكل هيموغلوبين HGB، 4% على شكل ميوغلوبين (الخضاب العضلي) Myoglobin، 1% على شكل هيم Heme cpd، كما يمكن أن يوجد على شكل ميلوبيروكسيداز Myeloperoxidase وفي بعض نواقل الإلكترونات.

استخدامات الحديد:

1. الوظيفة الأولية للحديد هي نقل الأكسجين.

2. تشكيل الكريات الدم الحمراء Erythropoiesis فهو يدخل في تركيب الهيم Haem Synth.

3. التنفس الخلوي العام.

خزن الحديد: في خلايا الجهاز الشبكي البطاني RE cells (نقي العظم BM، الطحال Spleen والكبد Liver) على شكل هيموسيدرين Hemosiderin وفيرتين Ferritin.

تعد الخلايا الكبدية المخزن الأهم للحديد في الجسم حيث يصلها عبر الدوران البابي عبر مستقبلات الترانسفيرين على سطحها ($T_F R_1$ & Homologous $T_F R_2$)، وتطلقه للدوران الدموي عبر الـ Ferroportin⁶ عند زيادة الحاجة له في الجسم.

نقل الحديد: يتم عبر بروتين الترانسفيرين Transferrin.

⁶ المعروف باسم الناقل المنظم للحديد، وهو بروتين عابر للغشاء يعمل على نقل الحديد من وإلى الخلايا.

يكون الحديد أكثر استقراراً في الشكل Fe^{+3} في حالة التكافؤ الثلاثية $Ferric^7$ من Fe^{+2} حالة التكافؤ الثنائية $Ferrous^8$.

بشكل طبيعي الجسم يخزن الحديد، ولكن المرأة تحتاج الحديد أكثر من الرجل وذلك بسبب وجود الدورات الطمثية.

استقلاب الحديد Normal iron metabolism:

1. يأتي الحديد من مصدر غذائي خارجي:

نحصل على الحديد من خلال بعض العناصر الغذائية بشكل رئيس مثل اللحم الأحمر، والورقيات الخضراء، واللحم الذي يحتوي على خلايا (كالكبد)، وفي العدس.

2. يمتص الحديد عن طريق النقل الفعّال Active transport:

يتم امتصاص الحديد من قبل الاثني عشر Doudenum والصائم Jejunum.

3. ينقل بروتين ترانسفيرين Transferrin الحديد في البلازما.

4. يخزن الكبد الفائض من الحديد على شكل فيريتين Ferritin.

5. يستخدم نقي العظم الحديد لصنع الهيموغلوبين (Hb).

حيث يتم تحويل الحديد Fe إلى هيم Heme ويتحول الهيم إلى هيموغلوبين Hb ومن ثم يتم تركيب كريات الدم الحمراء RBCs synthesis.

6. يحوّل الطحال الهيموغلوبين Hb إلى بيليروبين Bilirubin.

إن كريات الدم الحمراء القديمة سوف يتم تخریبها في الطحال إلى هيموغلوبين ومن ثم إلى بيليروبين.

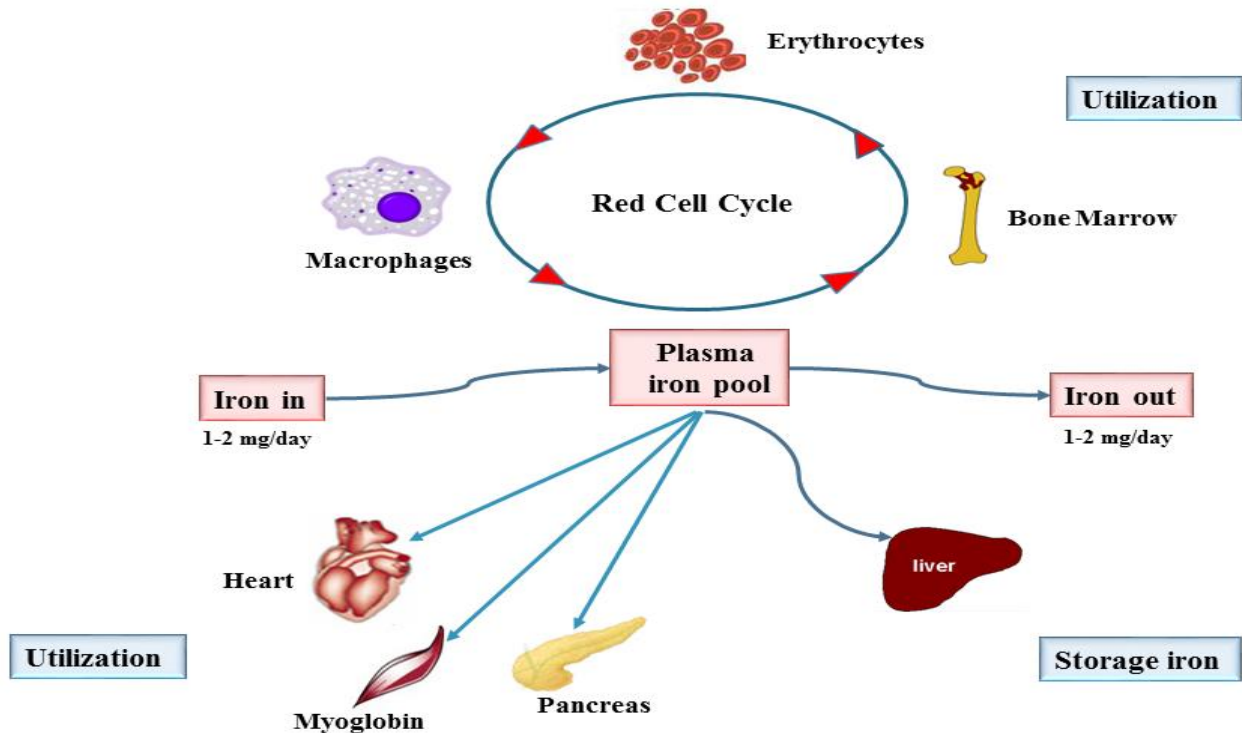
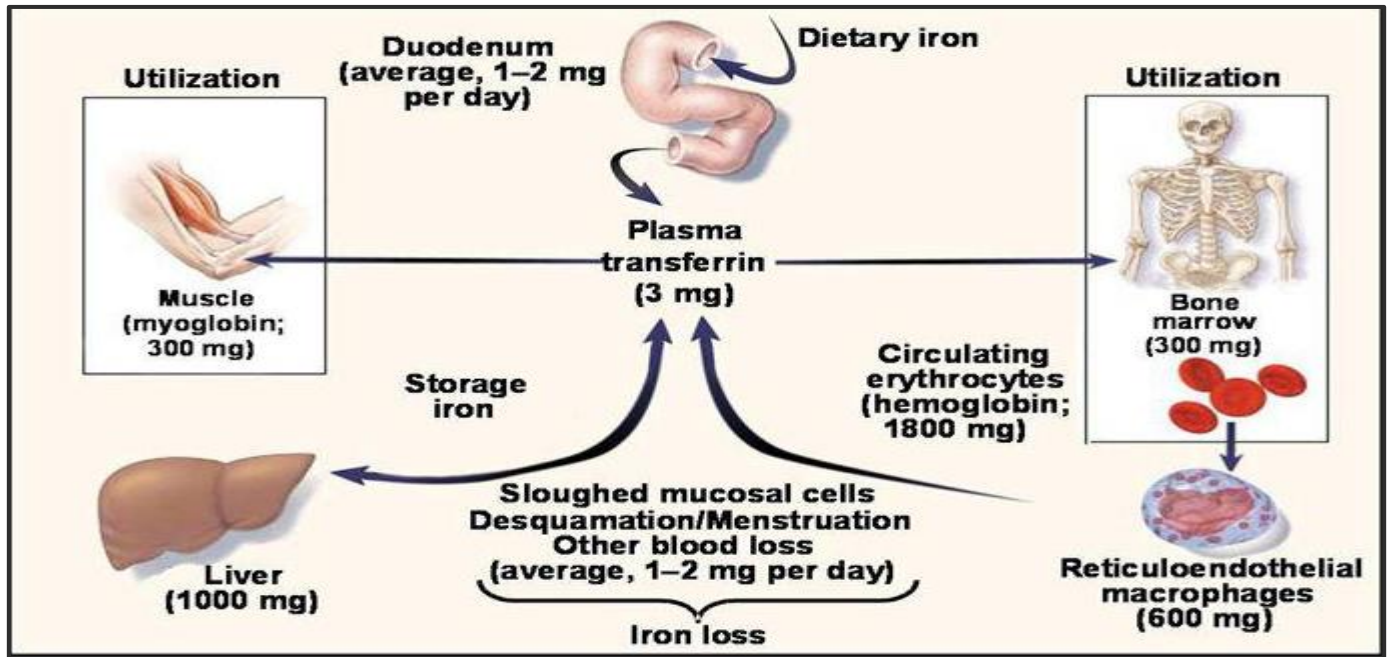
⁷ فيريك ويسمى حديدك ويقصد الحديد ثلاثي التكافؤ.

⁸ فيروز ويسمى حديدوز ويقصد به الحديد ثنائي التكافؤ.

7. يستقلب الكبد البيليروبين Bilirubin.

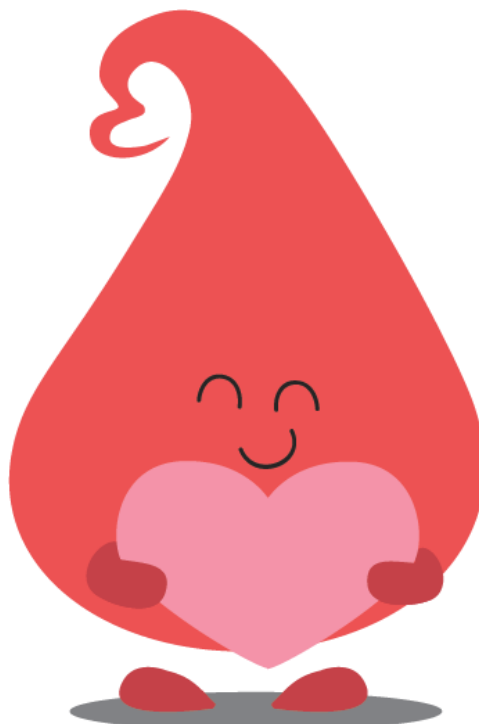
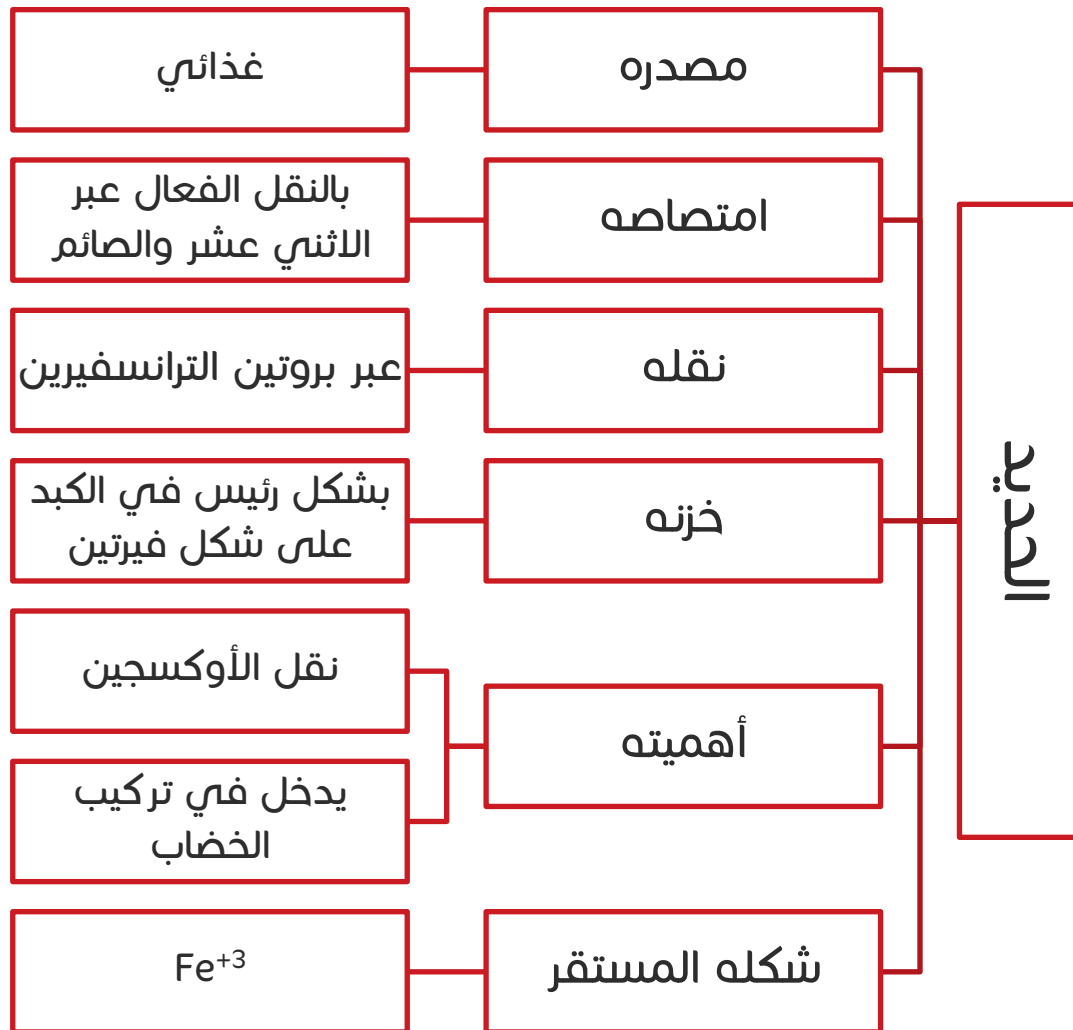
وهنا سوف تسلك مستقلبات البيليروبين إحدى الطريقين⁹:

1. إما أن يطرح الكبد مستقلبات البيليروبين Bilirubin في الصفراء Bile. ومن ثم يطرحها خارج الجسم عن طريق البراز Feces.
2. أو: تطرح مستقلبات البيليروبين عن طريق الكلية في البول Urine.



⁹ سوف يتم التكلم عن هذه الفكرة بشكل أوسع في فيزيولوجيا العظم.

تلخيص لأهم ما طلبه الدكتور من فقرة الحديد:



فقر الدم بعوز الحديد Anemia Iron deficiency

طريقة تطور المرض Pathogenesis:

1. نقص الحديد يسبب توقّف المرحلة الأخيرة من تصنيع الهيم.
2. خلال هذه المرحلة يندمج الحديد ثنائي التكافؤ مع البروتوبورفيرين بواسطة إنزيم Ferrochelatase.
3. توقّف عملية تركيب الهيم يسبب نقص في إنتاج الهيم.
4. التركيب الحيوي للغلوبين يثبط بعوز الهيم وذلك من خلال Heme Regulated Translational Inhibitor - HRI.
5. ازدياد فعالية HRI كنتيجة لعوز الهيم تثبّط eIF2 _ Transcription Initiation Factor العامل الضروري لتركيب الهيم.
6. بالنتيجة القليل من الهيم والغلوبين متوفر لطلائع الكريات الحمر.

الامراضيات Pathology:

1. فقر الدم بعوز الحديد يتظاهر في لطاخة الدم على شكل فقر دم صغير الكريات، ناقصة الصباغ¹⁰.
2. تكون الشبكيات¹¹ في الدم غائبة بشكل واضح.
3. في بداية فقر الدم تكون قيمة الفيريتين طبيعية ولكن في الحالات المزمنة قد يسبب فقر الدم نضوب في مخازن الحديد وبالتالي نقص في الفيريتين.
4. قد يشاهد ارتفاع في نسبة البروتين الغشائي الناقل لمعقد (حديد ترانسفيرين) من البلازما إلى داخل خلايا الجسم ونقص في حديد البلازما.



فيديو يشرح فقر الدم عوز الحديد

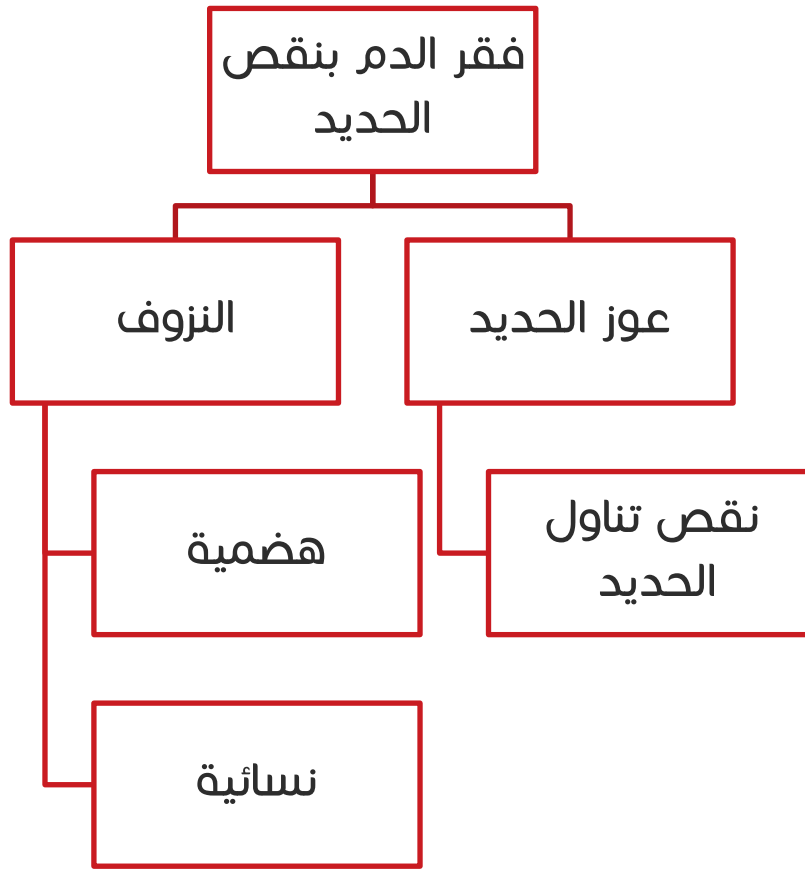
¹⁰ هام جداً.

¹¹ خلايا دم فتية ينتجها الجسم بشكل ثابت ودائم لتحلّ مكان الخلايا التي تهرم وتموت.

أسباب فقر الدم بعوز الحديد:

1. عوز الحديد: نتيجة نقص تناول الحديد، وهي شائعة لدى السيدات والفتيات بسبب القيام بحميات غذائية غير صحيحة.
2. النزوف:

 - إما هضمية: وهي شائعة عند المسنين، وتحدث عند تناول أدوية مضادات التهاب غير ستيروئيدية (كأدوية المفاصل).¹²
 - أو نسائية: كأن تكون هناك دورات حيضية غزيرة، أو تعدد دورات حيضية عند الأنثى.



معلومة خاطئة:

يوجد اعتقاد بأن أي شخص عمره 40 وما فوق يجب أن يأخذ اسبرين وهذا خاطئ، حيث يُمنع استخدام الأسبرين ما لم يكن هناك استطباب له، فمن الممكن أن يسبب نزوف نقطية في المعدة ومنه فقر الدم بنقص الحديد.

¹² سنتكلم عن هذه الفكرة في الجهاز الهضمي بشكل أوسع.

فقر الدم بسبب خسارة الدم Blood Loss Anemia

✓ بعد النزف:

1. يستبدل الجزء السائل من البلازما في مدة قدرها واحد إلى ثلاثة أيام.
2. يعود تركيز الخلايا إلى الطبيعي خلال 3 إلى 6 أسابيع.

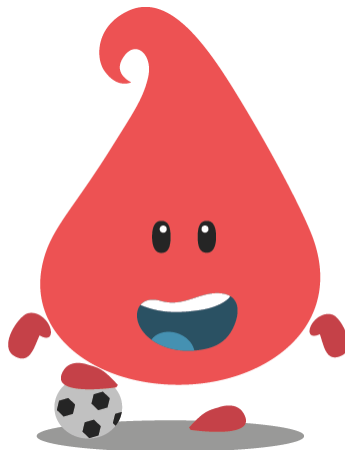
✓ خسارة الدم المزمنة، تكون من شكل فقر الدم صغير الكريات Microcytic وناقص الصباغ Hypochromic.

فقر الدم اللاتنسجي Aplastic Anemia

✓ إن فقر الدم اللاتنسجي يكون من النمط سوي الكريات Normocytic سوي الصباغ Normochromic.

✓ سببه الرئيس: خلل في نقي العظم ينجم عن:

1. أسباب ورمية كوجود سرطان في نقي العظم.
 2. التعرض إلى مواد كيميائية أو إشعاعية.
 3. التعرض لمركبات الفوسفور العضوية يعمل على تثبيط نقي العظم (كما عند العمال الذين يستخدمون المبيدات الحشرية بدون إجراءات وقائية).
 4. وهناك بعض الأدوية التي تثبط نقي العظم.
 5. ويجدر الإشارة إلى أن هناك أسباب غير معروفة لحد الآن.
- ✓ إن عدم تنسج نقي العظم Bone Marrow Aplasia يعني نقص في أداء ووظيفة نقي العظم، وهذا النقص يتجلى في عوز إنتاج كريات الدم الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية أيضاً.



فقر الدم ضخّم الأرومات (كبير الكريات) $Megaloblastic^{13}$

✓ يسمى أيضاً **فقر الدم الوبيل Pernicious Anemia**.

✓ وهنا فقر الدم يكون من النمط **كبير الكريات Macrocytic ومفرط الصباغ**

Hyperchromic.

✓ **أسبابه:**

1. عوز فيتامين B_{12}^{14} وهو السبب الأكثر شيوعاً وهذا ما سنركّز عليه في محاضرتنا.
 2. عوز حمض الفوليك B_9^{15} . (أقل شيوعاً لوجود حمض الفوليك بمعظم أنواع الغذاء).
 3. عوز العامل داخلي المنشأ Intrinsic Factor من مخاطية المعدة.
- ✓ إن ضمور أو نقص حجم مخاطية المعدة أو فقدان بطانة المعدة بعد عملية استئصال معدة كامل كلها عوامل سوف تسبب فقر الدم الوبيل Pernicious Anemia.

أسباب فقر الدم الوبيل بعوز فيتامين B_{12} :

☞ إن فيتامين B_{12} :

(a) مصدره **حيواني** حصراً أي لا يوجد بالبروتينات النباتية.

(b) يتم امتصاصه في **اللفائفي**.

(c) ولكي يتم امتصاصه لا بدّ من وجود العامل الداخلي المنشأ Intrinsic Factor المفرز من الخلايا الجدارية من المعدة.

☞ وبالتالي منطقياً غياب أي عامل من العوامل السابقة أو خلل فيه سيؤدي لنقص فيتامين B_{12} ومنه حصول فقر دم وبيل، ومن الاضطرابات التي ستؤدي إلى فقر دم وبيل:

1. **العوز البدئي للفيتامين B_{12} :**

✓ الذي يمكن أن ينتج عن نقص الوارد الغذائي لهذا الفيتامين عند النباتيين عند الاعتماد على التغذية النباتية فقط (فقدان دائم للفيتامين B_{12} في الغذاء المتناول).

¹³ أشار الدكتور لشدة أهميته.

¹⁴ الضروري لنضج الكرية الحمراء.

¹⁵ الضروري لنضج الكرية الحمراء.

2. عدم إفراز العامل داخلي المنشأ:

✓ الذي يتم إفرازه من مخاطية المعدة.

✓ يعود سبب عدم الإفراز إلى الإصابة بالتهاب المعدة الضموري المزمن، كإصابة بداء بريمر المناعي الذاتي الذي يلاحظ بخاصة عند السيدات بعمر أكبر من 50 سنة.

التهاب المعدة الضموري المزمن:

- يحدث فيه ضمور في الغدد المعدية المسؤولة عن إفراز الحمض المعدي وبالتالي ضمور في الخلايا الجدارية.
- إن الخلايا الجدارية هي المسؤولة عن إفراز العامل داخلي المنشأ كما ذكرنا، فأبي سبب يؤدي إلى تخریب الخلايا الجدارية يؤدي إلى نقص امتصاص فيتامين B_{12} .

3. **استئصال المعدة:** سوف يؤدي إلى زوال العامل الداخلي المنشأ المسؤول عن امتصاص الفيتامين B_{12} .

4. **إفراز عامل داخلي المنشأ غير سوي:** وبالتالي غير قادر على القيام بعمله بصورة طبيعية.

وبالتالي العامل داخلي المنشأ يُفرز من الخلايا الجدارية من مخاطية المعدة، ويقوم بحماية الفيتامين B_{12} حتى الوصول إلى اللفائفي حيث يحصل هناك امتصاص للفيامين B_{12} .

5. **القصور البنكرياسي:** يؤدي إلى وجود عوامل أخرى في اللمعة المعوية تنافس العامل الداخلي على الارتباط بالفيتامين B_{12} .

6. **وجود مستقبلات لفائفية للفيامين B_{12} غير وظيفية:** وبالتالي يحصل خلل في الامتصاص.

7. **الخمج الجرثومي المعوي:** الذي يعيق من امتصاص الفيتامين، وقد تلعب هذه الجراثيم دوراً منافساً للعامل الداخلي على الفيتامين B_{12} .

8. **الإصابة الطفيلية:** التي تستهلك الفيتامين B_{12} (كإصابة ب الجيارديا اللامبليا Giardia Lamblia والدودة الشريطية).

9. **ارتفاع تركيز شوارد الهيدروجين في اللعنة المعوية:** وذلك نتيجة الإصابة بمتلازمة زولينجر إيليسون (ورم بنكرياسي مفرز للغاسترين) عندها يكون وسط الأمعاء حامضياً، وبالتالي فالإنزيمات البنكرياسية غير فعّالة والنتيجة تكون مماثلة لحالة القصور البنكرياسي.
10. **متلازمة سوء الامتصاص أو مرض كرون:** الذي يصيب مكان امتصاص الفيتامين.

فقر الدم بسبب القصور الكلوي المزمن:

من النمط **عادي الكريات عادي الصباغ**.

سببه: نقص إنتاج هرمون الاريثروبويتين من الكلية الضروري لتشكل الكريات الحمر في نقي العظم.

إن الجرعات التعويضية **الفموية** لفيتامين B₁₂ لا يمكن الاستفادة منها دون سلامة العامل الداخلي المنشأ، لذلك يتم ببعض الحالات التعويض عبر الحقن.

فقر الدم الانحلالي Hemolytic Anemia

✓ فقر الدم الانحلالي هو من نمط **عادي الكريات Normocytic عادي الصباغ**

Normochromic.

✓ وفيه يحصل انحلال للكريات الحمر.

✓ أسباب فقر الدم الانحلالي:

7. خلل على مستوى غشاء الكرية الحمراء:

• **مثال:** داء تكوّر الكريات الحمراء الوراثي Hereditary Spherocytosis:

👉 تكون الكريات الحمر فيه صغيرة جداً **ومكورة الشكل** أكثر من كونها قرصية مقعرة الوجهين.

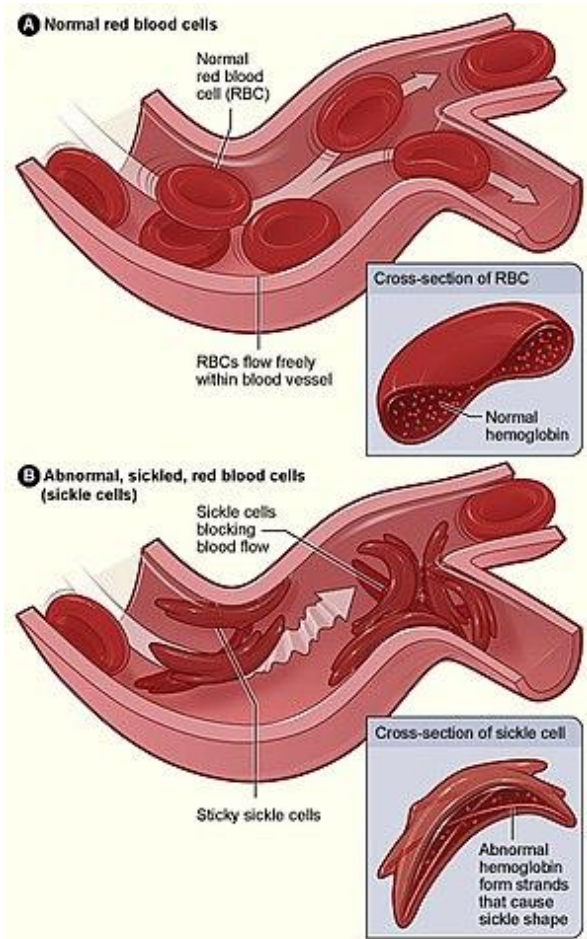
👉 لا يلائم شكلها الأماكن الضيقة **فتنفجر**.



2. خلل على مستوى الخضاب:

- **مثال:** فقر الدم المنجلي Sickle Cell Anemia:
 - ➔ موجود في 0.3% إلى 1.0% من غرب أفريقيا وعند ذوي البشرة السوداء في أمريكا.
 - ➔ الخلايا في هذا المرض تحوي نمط غير طبيعي من الهيموغلوبين يدعى الهيموغلوبين S.
 - ➔ جزيئات الهيموغلوبين S تحوي سلسلة بيتا معيبة Faulty Beta chain.
 - ➔ حيث يَحُلُّ الحمض الأميني الفالين محل الحمض الأميني الغلوتاميك، ويصبح شكل الكرية منجلياً ويسهل تحطّمها.
- **مثال:** التلاسيميا Thalassemia:
 - ➔ السبب عيب جيني Defective Gene فهو مرض وراثي أيضاً.
 - ➔ إن الخلل يكون بنقص إنتاج الهيموغلوبين.
 - ➔ وتكون فترة حياة كريات الدم الحمر قصيرة.

3. انحلال الدم بتناقل الزمر أو انحلال الدم الجنيني (سنتطرق له بعد قليل).



صورة توضح الفرق بين شكل وحركة الكرية الطبيعية والمنجلية

انحلال الدم Haemolysis:

👉 **انحلال الدم:** هو تمزّق كريات الدم الحمراء وتحرير محتوياتها (السيتوبلازما) إلى محيط السائل (بلازما الدم).

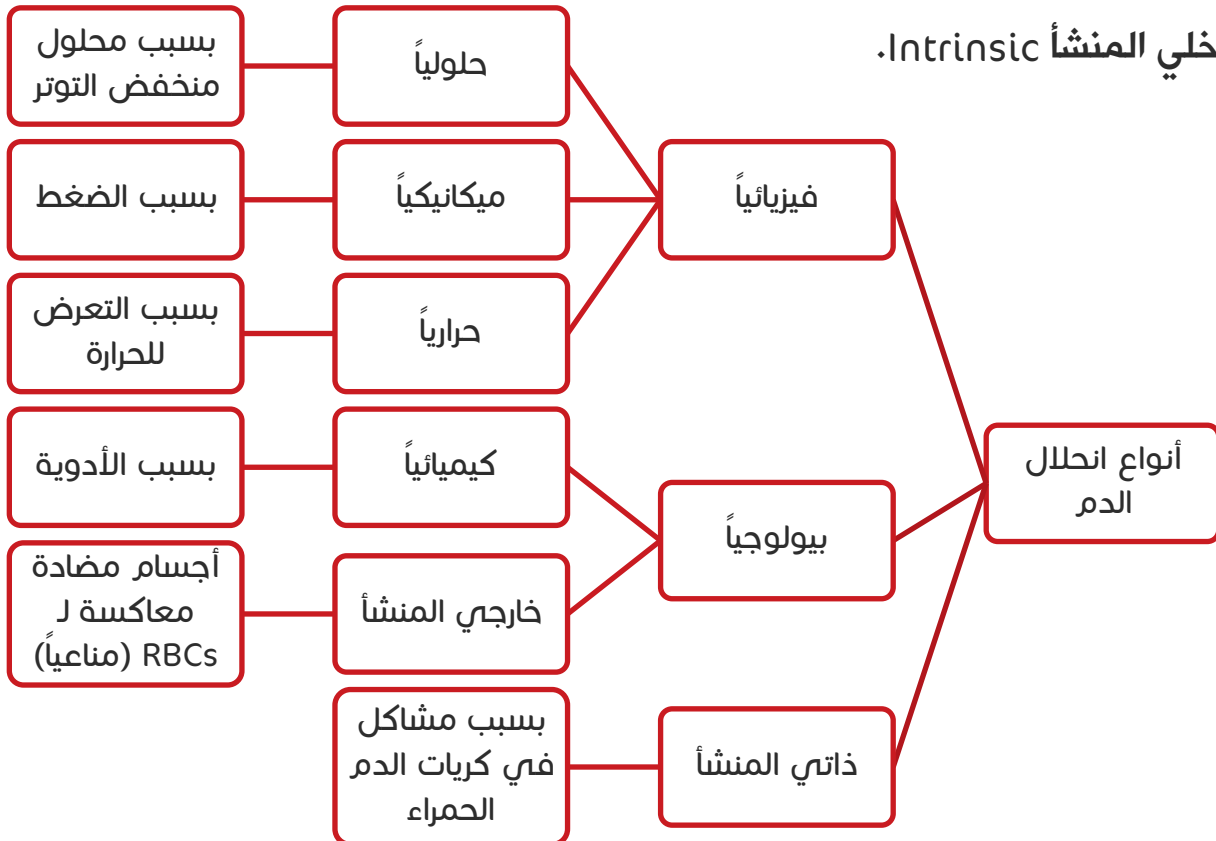
👉 انحلال الدم يمكن أن يحدث داخل الجسم أو خارجه في المختبر.

👉 الأسباب:

1. عيوب وراثية Inherited defect في خلايا الدم كما في (داء تكور الكريات الحمر الوراثي، والتلاسيميا).
2. المواد الكيميائية والسموم Venoms.
3. المنتجات السامة من الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms.
4. نقل الدم من نوع خاطئ أو تنافر الريزوس Rh Incompatibility بين دم الأم والجنين وهي حالة تدعى انحلال الدم الجنيني ¹⁶ Erythroblastosis Fetalis.

👉 أنواع انحلال الدم:

1. فيزيائياً Physical.
2. بيولوجياً Biological.
3. داخلي المنشأ Intrinsic.



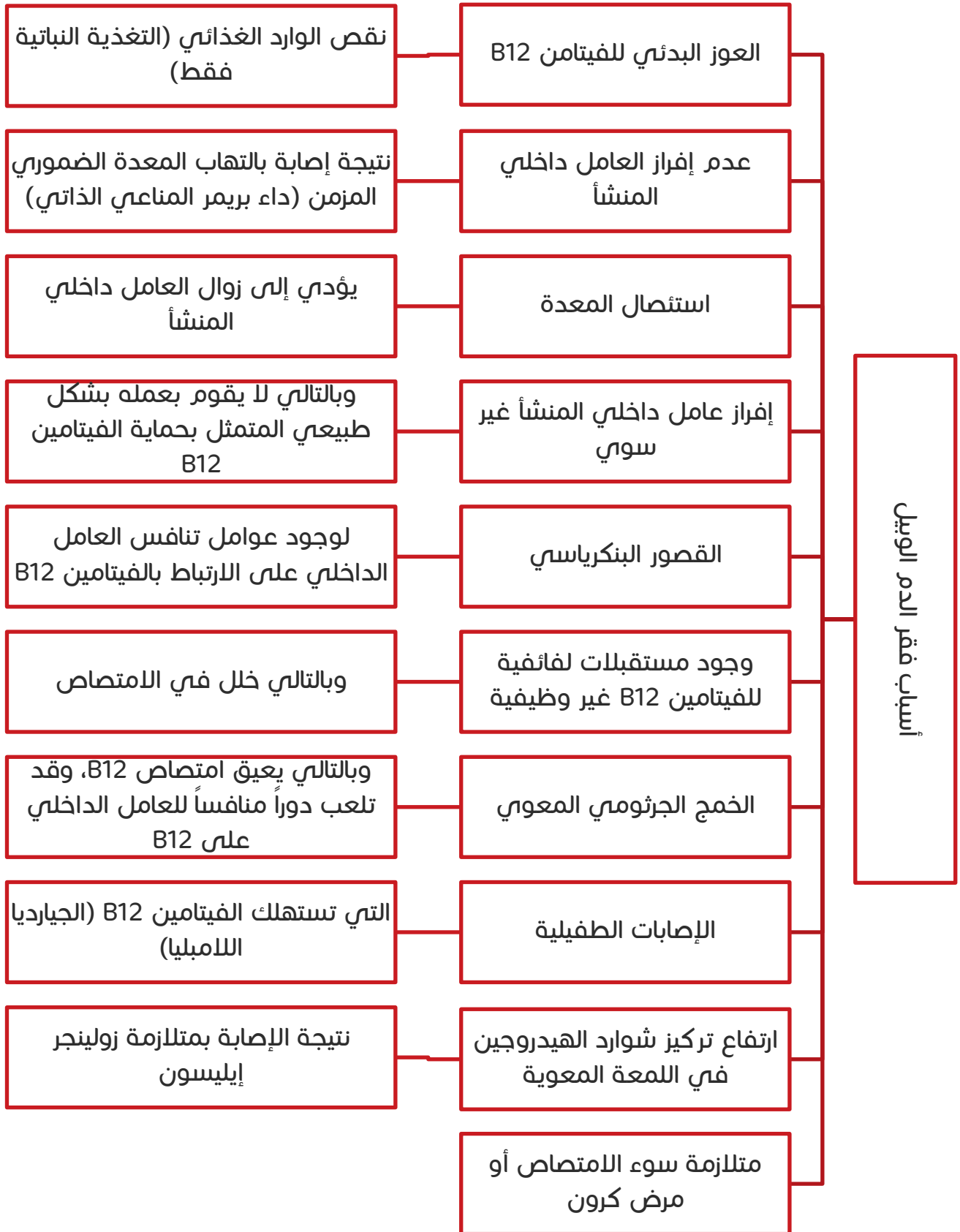
¹⁶ سنتطرق لها بعد قليل.

آثار فقر الدم على وظائف جهاز الدوران:

1. زيادة إنتاج القلب Cardiac Output.
2. زيادة عبء عمل القلب بضخ الدم.
3. خلال التمرين تزداد حاجة الأنسجة بشكل كبير للأكسجين، ونتيجة لذلك يحصل نقص أكسجة Hepoxia شديد للأنسجة وفشل قلبي حاد Acute Cardiac Failure.

Overview

النوع	النمط ¹⁷	السبب	الخلل
فقر الدم بنقص الحديد Iron deficiency Anemia	صغير الكريات ناقص الصباغ	النقص الغذائي من الحديد	نقص الهيموغلوبين
فقر الدم بخسارة الدم Blood Loss Anemia	صغير الكريات ناقص الصباغ	النزف	-----
فقر الدم اللاتنسجي Aplastic Anemia	سوي الكريات سوي الصباغ	المواد الكيميائية السامة والإشعاع	تضرر نقي العظم
فقر الدم بالقصور الكلوي المزمن	سوي الكريات سوي الصباغ	نقص إنتاج الاريثروبويتين من الكلية	خلل في إنتاج كريات الدم الحمر من نقي العظم
فقر الدم الانحلالي Hemolytic Anemia	سوي الكريات سوي الصباغ	المواد الكيميائية السامة	تخريب كريات الدم الحمر
فقر الدم الوبيل Pernicious Anemia	كبير الكريات مفرط الصباغ	عدم القدرة على امتصاص فيتامين B ₁₂	فائض من الخلايا غير الناضجة
فقر الدم المنجلي Sickle Cell Anemia	-----	خلل جيني	شكل غير طبيعي لكريات الدم الحمراء
التلاسيميا Thalassemia	-----	خلل جيني	نقص الهيموغلوبين، دورة حياة قصيرة لكريات الدم الحمراء



الزمر الدموية Blood Group System

وهناك نظامين للزمر الدموية:

1. نظام ABO.
2. نظام CDE.

نظام مجموعة الدم ABO

تبعاً لهذا النظام تنقسم الزمر الدموية إلى أربعة أنماط هي (A,B,AB,O):

نسبتها	مولد الضد (Antigen) سطح كريات الدم الحمراء	الأجسام المضادة (Antibody) في البلازما	الزمرة الدموية
% 40	لا يوجد	Anti A , Anti B	O
% 39	A	Anti B	A
% 15-10	B	Anti A	B
%5	B و A	لا يوجد	AB

المستترصات (مولد الضد أو المستضد) Agglutinogens:

المستترصات هي بروتينات توجد على سطح الكرية الحمراء.

هذه المستترصات (مولد الضد) سوف تحفز إنتاج الراصات (الأجسام المضادة) في البلازما في

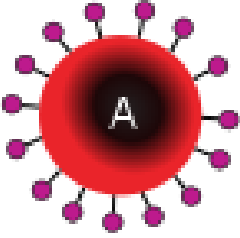
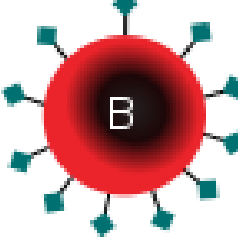
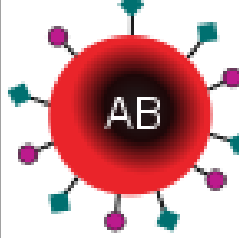
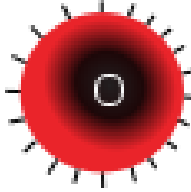
حالة نقل دم غير متوافق Incompatible Blood Transfusion.

تساعد في تحديد الزمرة الدموية للشخص.

ملاحظة هامة:

المستترصات = المستضد = مولد الضد = Agglutinogens Antigens.

الراصات = الأجسام المضادة = الضد = Agglutinin = Antibodies.

	Group A	Group B	Group AB	Group O
Red blood cell type				
Antibodies in plasma	 Anti-B	 Anti-A	None	 Anti-A and Anti-B
Antigens in red blood cell	 A antigen	 B antigen	 A and B antigens	None

جدول يوضح الزمر الدموية والأجسام المضادة
ومولد الضد الموجودة في كل زمرة دموية

لتسهيل التفريق بين الضد ومولد الضد وموقعهما; نتذكر أن الاضداد Antibodies هي غلوبولينات مناعية والتي هي من **بروتينات البلازما** وبالتالي الأضداد توجد في البلازما وليس على سطح الكريات الحمر.



نظام مجموعة الدم CDE

نظام الريزوس Rhesus (Rh) System

- ❖ يتم وفق هذا النظام تصنيف البشر إلى موجبي الريزوس وسالبي الريزوس، وذلك بالاعتماد على وجود أو عدم وجود **مولد ضد على سطح الكرية الحمراء وهو Rh-D antigen**.
- ❖ حيث إن من بين مولد الضد C و D و E فإن D هو مولد الضد الأقوى.
- ❖ ويتم الكشف عن مولد الضد Rh-D antigen باستخدام أضداد Anti Rh في المصل مخبرياً ومنه بذلك نحدد تبعاً للنتيجة فيما إذا كان الشخص سلبي أم إيجابي الريزوس.

النسبة	وجود مولد الضد D (Rh_D Antigen) على سطح الكريات الحمر	
85%	موجود	إيجابي الريزوس Rh+
15%	غير موجود	سلبي الريزوس Rh-

تراص كريات الدم الحمر Agglutination of RBCs

- ❖ عندما ترتبط الأجسام المضادة مع مولد الضد **الملائم لها** يحدث ارتصاص (تكتل) لكريات الدم الحمر فتسمى هذه الحالة بتراص الكريات الحمر Heamagglutination.
- ❖ **مثال:** ارتباط الضد A مع مولد الضد A أو ارتباط الضد B مع مولد الضد B.
- ❖ **الاستخدام:** هناك استخدامان شائعان (مخبرياً):
 1. معرفة نوع الزمرة الدموية: بالاعتماد على تراص الكريات الحمر.
 2. القياس الكمي للتخفيفات الفيروسية¹⁸ The Quantification of Virus Dilution.

¹⁸ إثراء: ترتبط بعض الفيروسات بجزيئات توجد على سطح الكريات الحمر، فنتيجة لهذا الارتباط يتم منع أو تخفيف ارتصاص وترسب الكريات الحمر في المستعلق الفيروسي ضمن أنبوب المخبر...

Rh Incompatibility عدم توافق الريزوس

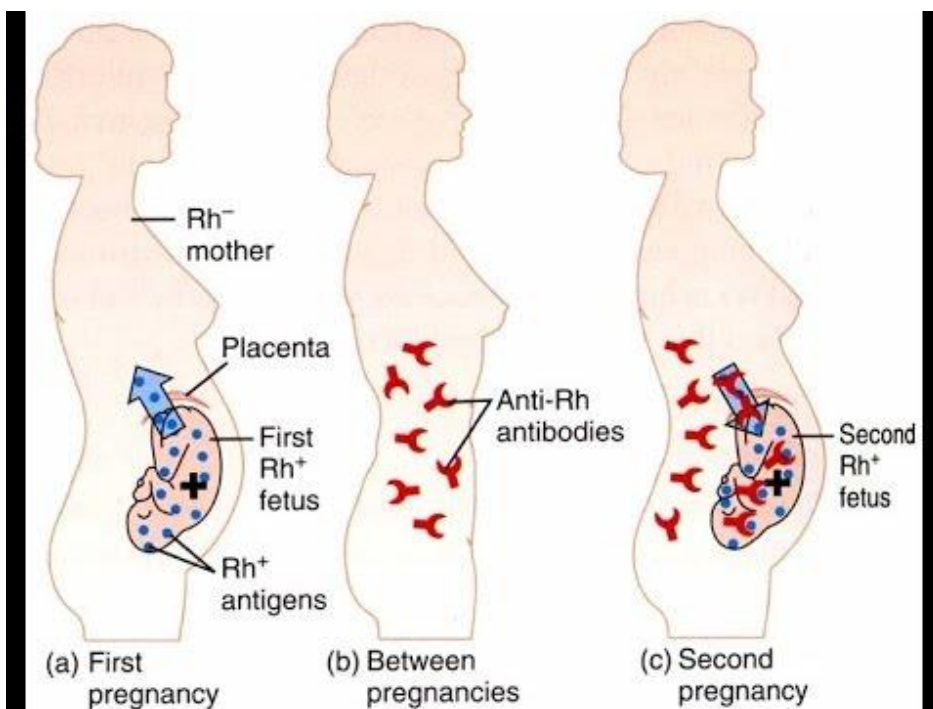
7. خلال نقل الدم:

- الشخص سلبي الريزوس لا يستطيع تلقي الدم من شخص إيجابي الريزوس.
- السبب:** إذا تم نقل دم شخص إيجابي الريزوس إلى شخص سلبي الريزوس **لأول مرة** ونتيجة التعرض لمولد الضد في دم إيجابي الريزوس، سوف يتشكل في دم الشخص سلبي الريزوس أجسام مضادة (Anti_RhD)
- وبالتالي إذا تمت عملية النقل السابقة **مرة أخرى** فإن الأجسام المضادة التي تشكلت سابقاً ستسبب ارتصاص الدم.
- بينما الشخص إيجابي الريزوس يستطيع تلقي الدم من سلبي الريزوس دون أي مشاكل.

2. حالة انحلال الدم الجنيني *Erythroblastosis fetalis*: (هام جداً)

- الشروط الرئيسة لحدوث هذه الحالة:

 1. أم سلبية الريزوس.
 2. أب إيجابي الريزوس.
 3. طفل أول إيجابي الريزوس حدث خلط للدم بينه وبين الأم أثناء الولادة.
 4. حدوث حمل ثاني لطفل إيجابي الريزوس.



صورة توضّح شروط انحلال
الدم الجنيني

عندما تكون الأم سلبية الريزوس حاملة بطفل إيجابي الريزوس،
فإن الدم لا يختلط بسبب وجود الحاجز المشيمي
Placental Barrier

ولكن أثناء الولادة سوف ينتقل بعض من دم الطفل إيجابي
الريزوس إلى الأم وبالتالي سوف ينتقل مولد ضد D من دم
الجنين إلى دم الأم

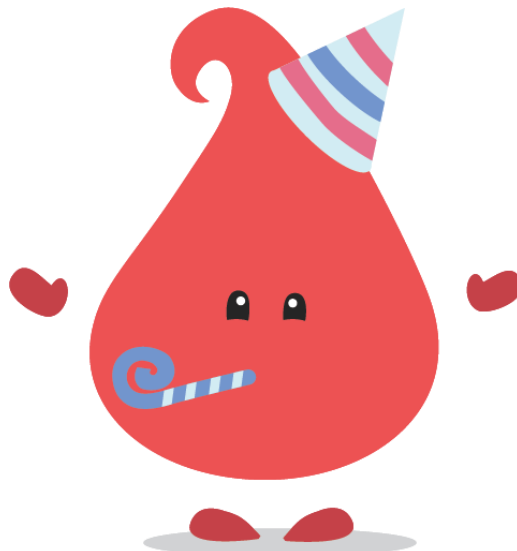
نتيجة لذلك سيتشكل في دم الأم أجسام مضادة D (Anti RhD)
رداً على دخول مولد ضد D لديها

خلال الحمل التالي في حال كان الجنين أيضاً إيجابي الريزوس، فإن
دخول الأجسام المضادة التي شكلتها الأم إلى دم الجنين

سوف يؤدي إلى تخريب كريات الدم الحمر لدى الجنين مسبباً فقر
الدم الانحلالي Haemolytic Anemia وهذا ما يدعى بانحلال الدم
الجنيني Erythroblastosis fetalis

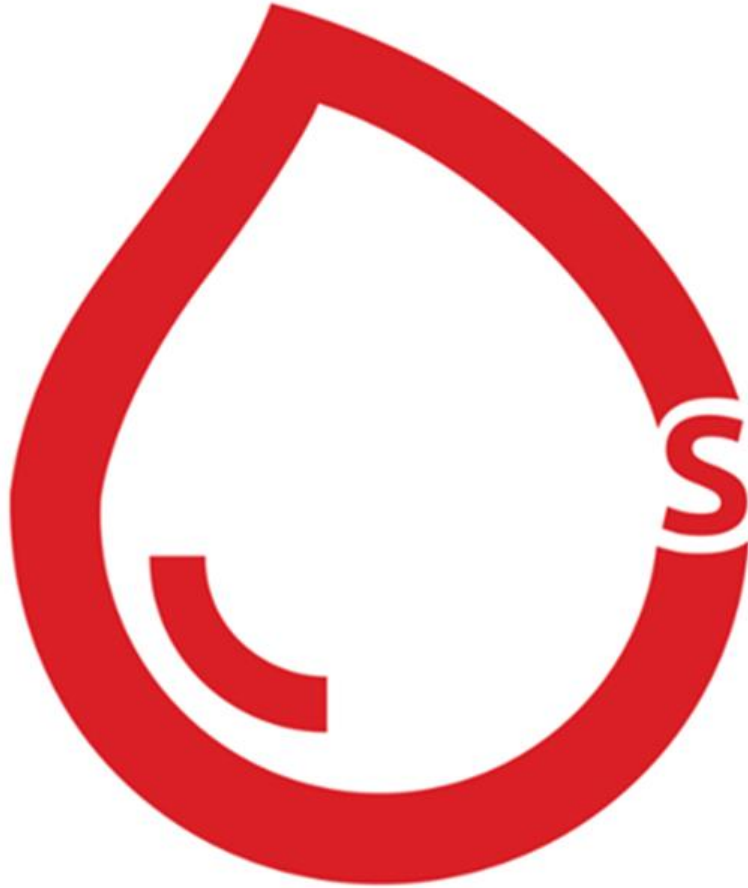
للووقاية من حدوث الحالة السابقة:

تُعطى الأم سلبية الريزوس بعد الولادة الأولى خلال 72 ساعة مصل يحوي
الأجسام المضادة D (Anti-D) لترص كل مولدات ضد D التي انتقلت من
الجنين عند الولادة ومنه نمنع بذلك تشكل أضداد طبيعياً في جسم الأم، ومنه
نمنع حدوث عدم التوافق والارتصاص بالحمل الثاني.



[illegible]

إلى هنا نصل إلى ختام القسم الأول من محاضرة الدم
نلتقاكم في القسم الثاني...
نأمل من الله التوفيق لنا ولكم ...



RBCs