فيزيولوجيا الدم واللمف

يعتبر الدم نوعاً من أنواع النسيج الضام ، **ويتكون من جزأين :**

أ- مكونات خلوية تشكلت من نقي العظام الأحمر: وهي خلايا متخصصة تضم كريات الدم الحمراء Erthrocytes ، وكريات الدم البيضاء Leucoctyes ، وقطع هيولية صغيرة هي الصفائح الدموية Platelets .

ب- مكونات لا خلوية: وهي عبارة عن السائل الذي تسبح فيه تلك المكونات الخلوية . ويدعى هذا السائل المصورة الدموية (البلازما) ، ويعتبر الإمداد المستمر لكل أعضاء جسم الإنسان بالدم شرطاً أساسياً وضرورياً لنشاطها الطبيعي .

- **يقوم الدم بوظائف هامة وضرورية للحياة منها :**

١. **الوظيفة التنفسية :** يقوم الدم بنقل الأوكسجين من الرئتين إلى الأنسجة المختلفة للجسم. كما يقوم بنقل ثاني أوكسيد الكربون المتشكل في هذه الأنسجة إلى الرئتين ، ومن هناك يطرح أثناء عملية الزفير إلى الوسط الخارجي. وحجم الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون المنقولين بالدم تابع لشدة استقلاب المواد بالجسم .

٢. **الوظيفة الغذائية :** وهي توصيل المواد الغذائية المختزنة في الجسم او الواصلة إلى الدم باستمرار من جهاز الهضم / الحموض الأمينية ، الغلوكوز ، الحموض الدهنية ، الأملاح المعدنية ، الفيتامينات ، والماء / إلى كل أنسجة الجسم وخلاياه ، وهذه المواد تعد ضرورية للنسج والخلايا كمادة بنائية ولتأمين طاقة نشاطها الخاص .

٣. **وظيفة الدم في تنظيم درجة حرارة الجسم :** نتيجة الدوران المستمر في أنسجة الجسم المختلفة ، فهو يساعد في موازنة حرارة الأعضاء الداخلية للجسم مع حرارة سطح الجسم

والحفاظ على حرارة البدن الثابتة ، اضافة إلى ان الدم يحتوي على مواد حيوية خاصة مثل الهستامين والبراديكينين الموسعة للأوعية الدموية لسطح الجلد ومنشطة للغدد العرقية مما يساعد على فقدان الحرارة الزائدة عن الجسم ، وبذلك يحافظ على حرارة الدم الثابتة ، كما يقوم الدم أيضاً بتلطيف حرارة أعضاء الجسم عندما ترتفع او تنخفض .

٤. **الوظيفة الإطراحية (الافراغية) للدم** : يقوم الدم بنقل نواتج الاستقلاب النهائية المتولدة في أنسجة الجسم (الأمونيا، حمض البول ، الكرياتينين ، الأملاح المختلفة ، ثاني أوكسيد الكربون وغيرها) الضارة وغير الضرورية إلى أجهزة الإطراح (الرئتين والكلي) لتطرح إلى الوسط الخارجي .

٥. **وظيفة الربط والتنظيم** : يؤمن الدم بتحركه الدائم في جملة وعائية مغلقة عملية الربط بين الأعضاء المختلفة بالجسم ، لذلك يعمل الجسم كجملة واحدة متكاملة . ويتحقق هذا الترابط بمساعدة المواد الواصلة إلى الدم /الهرمونات ، والنواتج الاستقلابية وغيرها / التي يحملها الدم إلى النسيج المستهدفة (Target Tisses) لتقوم بتأثيراتها المختلفة وتساعد على انجاز الوظائف العديدة في الجسم . وبهذا الشكل يشارك الدم في التنظيم الخلطي لوظائف الجسم .

٦. **الوظيفة الدفاعية:** يؤمن الدم المناعة للجسم وحماية الخلايا ضد الأمراض المختلفة ، وذلك بتوصيله لوسائل المناعة التي يبذلها الجسم إلى مناطق الغزو والاصابة ، وأولها الكريات البيضاء التي تمتلك امكانية ابتلاع الجراثيم والفيروسات والأجسام الغريبة الداخلة إلى الجسم (البلعمة) وقد سمي النشاط البلعمي للكريات البيضاء بالتمنيع الخلوي او المناعة الخلوية Cellular Immunity ويدافع الدم عن الجسم أيضاً بتشكيل الأضداد (Antibodies) وهي مواد كيميائية خاصة تظهر في المصورة الدموية رداً على دخول المواد الغريبة إلى الجسم ، وهي أنواع : هذه الأضداد إذا أزالت ضرر المواد السامة التي تفرزها الجراثيم سميت الترياق (Antitoxin) وإذا سببت تلزن وتراص . وإذا أدت إلى انحلال الجراثيم سميت بالحالات . كذلك توجد الأضداد التي تسبب ترسب البروتينات

القريبة وتسمى المرسبات . ويؤمن وجود الأضداد في الدم ما يسمى بالمناعة الخلطية(Humoral immunity) .

٧. **حجم الدم عند الحيوانات :** يقدر حجم الدم عند الحيوانات المختلفة في الحالة الطبيعية بـ ٦-٨% أي تقريباً ١٣/١ من حجم الجسم . وتختلف هذه الكمية تبعاً للجنس والسلالة والنشاط الاستقلابي بالجسم. حيث كلما كانت عمليات الاستقلاب في الجسم أكثر نشاطاً كانت الحاجة ماسة للأوكسجين واستهلاكه أكبر ، وكانت كمية الدم عند الحيوان أكبر . وتبقى هذه الكمية الكلية للدم في الجسم على مستوى ثابت نسبياً. وفي الظروف الفيزيولوجية السوية للجسم لا يجول الدم الموجود فيه كله في الأوعية الدموية بل جزء فقط منه (حوالي النصف) أما الجزء الآخر من الدم فيوجد في ما يسمى عنابر الدم الاحتياطية /الدم الاحتياطي/ حيث يوجد في الكبد حوالي ٢٠% وفي الطحال ١٦% ، وفي الجلد ١٠% .

المبحث الأول

الخواص الفيزيوكيميائية للدم

الدم سائل ذو لون أحمر يستمد لونه من خضاب الدم الموجود ضمن الكريات الدموية الحمراء ، كثيفاً ، له رائحة خاصة وطعم مالح أثقل بـ ٣-٤ مرات من الماء ، ويُعَدّ الدم بمحتوياته غير متجانس ، فإذا أضيف إلى عينة طازجة من الدم مانع للتخثر ، وثفلت هذه العينة فإن محتوياتها تنقسم إلى طبقتين : طبقة عليا وتشكل ٥٥-٦٠% من الحجم العام للدم ، وهي سائل أصفر باهت يدعى المصورة الدموية (البلازما) ، وطبقة سفلى تشكل ٤٠-٥٠% وهي الراسب وهي طبقة سميكة حراء اللون وتضم الكريات الحمراء والبيضاء والصفيحات الدموية . وهكذا يتضح لنا أن الدم يتألف من جزء سائل هو المصورة وجزء آخر هو مكونات الدم الخلوية .

- **خصائص الدم : يتصف الدم بمجموعة من الخصائص هي :**

١. **لــون الــدم :** يتـراوح لـون الـدم بـين الأحمـر القـاني الغنــي بالأوكسـجين والأحمـر القـاتم الفقيـر بالأوكسجين والمحمل بثاني أوكسيد الكربون.

٢. **قــوام الــدم:** يجـري الـدم بصـورة سـائلة ضـمن الأوعيـة الدمويـة علـى مـدى الحيـاة؛ لأن هـذه الخاصية تمكنه من الجريان بصورة مستمرة عبر الأوعية الدموية إلى أنحاء الجسم كافة .

٣. **قابليــة التخثــر (الــتجلط)** : يتخثـر الـدم عنـدما يخـرج مـن أحـد الأوعيـة الدمويـة بالجسم بسـبب مـا . وتمـر عمليـة التخثـر بمراحـل متعـددة ومعقـدة تـؤدي إلـى إيقـاف النـزف مـن الوعـاء الـدموي الممـزق .

٤. **اللزوجــة :** الـدم سـائل لـزج ، ولزوجتـه فـي الظـروف الطبيعيـة أشـد بـ/٣-٤/ مـرات مـن لزوجـة المـاء ، وترجـع لزوجـة الـدم إلـى احتوائـه علـى كـل مـن بروتينـات المصـورة الدمويـة والمكونـات الخلويـة وخاصـة كريـات الـدم الحمـراء نظـراً لكثـرة عـددها **وتـزداد لزوجــة الــدم** عنـد الفقـدان الشـديد للمـاء مـن الجسـم ، (الاسـهال ، التعـرق الشـديد ، التقيـؤ المسـتمر) وعنـد زيـادة كميـة بروتينـات المصورة . وارتفاع عدد الكريات الحمراء **وتنخفض لزوجة الدم عند:**

أ- **تمية الدم : Hysleamia**

ب- **نقص كمية بروتينات المصورة ونقص عدد والكريات الدموية الحمراء .**

٥. الثقـل / الـوزن النـوعي للـدم : وهـو يعبـر عـن نسـبة كتلـة حجـم معـين مـن الـدم إلـى كتلـة الحجـم نفسـه مـن المـادة ، وهـو يختلـف بـاختلاف فصـيلة الحيـوان . ويتذبـذب الثقـل النـوعي للـدم الكامـل بـين ١.٠٣٥-١.٠٥٦ ، وبـالطبع فـإن الثقـل النـوعي للكريـات الحمـراء أعلـى ممـا هـو للمصـورة الدمويـة / الكريــات الحمــراء ١.٠٩ ، والمصــورة / ١.٠٢٥ -١.٠٣٤ ونتيجــة لــذلك تترســب الكريــات الحمــراء في الأسفل وتتوضع المصورة الدموية في الأعلى عند تثفيل عينة من الدم .

٦- الضغط التناضحي للدم :Blood osmotic pressure

يرتبط الضغط التناضحي للدم بشكل أساسي بمحتواه من الأملاح المذابة والتي يشكل تركيزها حوالي ٠.٩% وتكون على شكل شوارد، ويعرف الضغط التناضحي بأنه القوة المسببة لمرور الماء خلال الغشاء نصف النفوذ من المحلول الأقل تركيزاً إلى الأكثر تركيزاً .

وهذا ويعد محلول كلوريد الصوديوم ٠.٩% محلول متعادل التوتر Isotonic مع المصورة الدموية /البلازما/ وعندما تكون الهشاشة الحلولية Frsyility Osmotic طبيعية للكريات الحمر . تبدأ هذه الكريات الحمراء بالانحلال عندما توضع في محلول ملحي ٠.٥% ويحدث انحلال نحو ٥٠% من الكريات الحمر عندما توضع في محلول ملحي ٠.٤٠-٠.٤٢% ويصبح انحلالها كاملاً عندما توضع في محلول ملحي تركيز ٠.٣٥% .

ويبقى الضغط التناضحي للدم ثابتاً نسبياً على حساب الآليات المنظمة له وأهمها :

أ- إعادة توزيع الماء بين الدم والأنسجة .

ب-مقدرة الأنسجة المختلفة على حبس الأملاح ومن ثم إعطائها تدرجياً إلى الدم ومن هناك إعطائها تدريجياً إلى الدم ومن هناك إلى أعضاء الاطراح .

ج- الدور الكبير للكلي والغدد العرقية في طرح الماء والأملاح المعدنية الزائدة .

٧- **الضغط الجرمي** : تشكل بروتينات المصورة الدموية ضغطاً تناضحياً خاصاً يدعى الضغط الجرمي Oncotic Pressue وهو يساوي ٢٢٠/١ من الضغط التناضحي العام للدم ، ويتذبذب بين ٢٥-٣٠مم زئبقي . وينسب الدور الأكبر في تشكله إلى الألبومينات المالكة للزون الجزيئي الأصفر ، والمتميزة بالحركة الأكبر من الغلوبولينات ، حيث يقع على عاتقها حوالي ٨٠% من الضغط الجرمي . وتأتي أهمية الضغط الجرمي في أنه يمنع المرور الزائد للماء من الدم إلى الأنسجة – يساعد على إعادة امتصاص الماء من الفضاءات الخلوية . لذلك تحدث الوذمة Edems النسيجية عند انخفاض كمية البروتينات في مصورة الدم .

٨- تفاعل الدم /PH/ الدم :

يملك دم الانسان والحيوانات تفاعلاً قلوياً حفيفاً PH= ٧.٤ ، ويكون الدم الشرياني أكثر قلوية (PH= ٧.٣٦-٧.٤٢) من الدم الوريدي (PH= ٧.٣٥) وذلك لاحتواء الدم الوريدي على كمية أكبر من CO2 ذي الطبيعة الحامضية . أما في داخل الخلايا فيقع التفاعل في حدود /٧-٧.٢/ نتيجة للاستقلاب المرتفع للمواد وتشكل نواتج الاستقلاب الحامضية .

ويبقى التفاعل (PH) الدم على مستوى ثابت نسبياً بفضل :

١-الجمل الدارئة لمصورة الدم والكريات .

٢- نشاط أعضاء الاطراح .

٩- الجمل الدارئة للدم - Buller System

يتم تنظيم تفاعل الدم بحيث تبقى درجة الـ PH فيه ثابتة وضمن الحدود الطبيعية ومنع التذبذبات الكبيرة في درجة الحموضة فيه وذلك بفضل ما يحويه من جمل دارئة **ومنها :**

- **الجملة الدارئة الكربونية :** هذه الجملة لها المقدرة على ربط وتعديل فعل القلويات ويعتقد أنه يقع على عائق هذه الجملة حتى ٢٥% من دوارئ الدم .

- **الجملة الدارئة الهيموغلوبينية :** هي أقوى الجمل الدارئة ، حيث تشكل نحو ٧٥% من دوارئ الدم . والهيموغلوبين في حالة الارجاع يعمل كحمض ضعيف جداً ، وفي حالة التأكسد تزداد خواصه الحامضية .

- **الجملة الدارئة لبروتينات المصورة الدموية :** تتمتع بروتينات المصورة الدموية كغيرها من البروتينات بالخواص الحملقية / المذبذبة/ فهي تتفاعل مع الأحماض كقلوي ومع القويات كحمض . وبفضل ذلك فهي تشارك في الحفاظ على الـ PH الدم على مستوى ثابت نسبياً .

المبحث الثاني

مكونات الدم Components Of Blood

– المكونات الخلوية للدم : يتكون الدم من جزأين رئيسيين هما : المكونات الخلوية وهي الكريات الحمراء والبيضاء والصفيحات الدموية والمصورة الدموية ، وهي الجزء السائل من الدم.

– **المكونات الخلوية للدم** : تشمل المكونات الخلوية للدم : كريات الدم الحمراء ، والكريات البيضاء والصفيحات الدموية .

أ– كريات الدم الحمراء Erythorocytes

تشكل الكريات الحمراء الكتلة الأساسية لعناصر الدم الخلوية ، حيث تشكل حوالي ٤٠–٤٥ % من حجم الدم . وهي عند الثديات والإنسان صغيرة الحجم ، وتظهر تحت المجهر الضوئي على شكل أقراص مدورة مقعرة من الجانبين وغير منواة حيث فقدت نواتها في أثناء التطور ، وتشكل في مركز الخلية (مكان النواة) انخفاضاً أعطاها شكل القرص المضغوط من الجانبين ، كما أنها خالية من جهاز غولجي والمتقدرات ، وهي عند الطيور والأسماك والبرمائيات والزواحف خلايا كبيرة بيضوية الشكل ومحدبة من الجانبين ولها نواة . أما عند الجمال فتأخذ الشكل البيضوي المحدب من الجانبين ولكنها غير منواة. هذا ويتلاءم الشكل المقعر من الجانبين للكريات الحمراء مع الوظيفة التنفسية التي تقوم بها هذه الكريات.

وتتألف الكرية الحمراء من هيكل بروتيني يحتوي محلول مركز من الهيموغلوبين ومحاط بغشاء نصف نفوذ تبلغ سماكته ٧٥ أنغستروم يدخل في تركيبه البروتينات والشحوم الفوسفورية والكوليسترول .

ويسمح غشاء الكرية الحمراء الذي يتمتع بالمرونة وبالنفوذية الانتقائية (نصف نفوذ) بالمرور من خلاله وبسهولة للغازات والماء والغلوكوز والشوارد المعدنية ولكنه لا يسمح بمرور البروتينات من خلاله .

يشكل الماء حوالي ٦٢-٧٢% من وزن الكرية الحمراء والباقي مواد صلبة ، يشكل خضاب الدم حوالي ٩٥% منها ، وما تبقى من المواد الصلبة يضم البروتينات والشحوم والسكريات والخمائر وشوارد البوتاسيوم والكلور والمغنيزيوم والفوسفور والكبريت .....الخ .

عدد الكريات الحمراء :

يقدر عدد الكريات الدموية الحمراء عند الثديات والانسان بالمليون كرية في كل /١/ ملم٣ من الدم . ويوجد في دم الحيوانات المختلفة أعداد مختلفة من الكريات الدموية الحمراء.

جدول يظهر عدد كريات الدم الحمراء عند بعض أنواع الحيوانات مقدراً بالمليون كرية في كل ١ مم٣ دم

نوع الحيوان	الأغنام	الجمال	الماعز	الأبقار	الخيول	الكلاب	الدواجن
عدد الكريات الحمر	10-8.1	13	14	7.5-7	8.1	7	3.5

وتوجد مجموعة من العوامل تؤثر في العدد الكلي للكريات الدموية الحمراء منها : العمر، والجنس ، والتغذية ، والحمل ، والتمارين الرياضية ، التهيج والاثارة ، وفصول السنة ، وحرارة الويط ، والارتفاع عن سطح البحر .

كثرة الكريات الحمر : Polyuythemix :

- **كثرة الحمر الثانوية : عندما تصاب النسج بحالة :**

أ- نقص التأكسد نتيجة لنقص الأوكسجين في الجو كما يحدث في المرتفعات .

ب- الاخفاق في ايصال الأوكسجين إلى النسج – كما يحدث في حالة القصور القلبي .

فإن نقي العظام ينتج تلقائياً كميات كبيرة من كريات الدم الحمراء . ويرتفع عددها عند الانسان مثلاً إلى ٦-٨ مليون كرية /ملم٣ دم .

- **كثرة الحمر الحقيقية** :Verna Palycythemis : تعد كثرة الحمر الحقيقية حالة ورمية في الأعضاء المنتجة لكريات الدم . ويحدث عادة فيها :

١. زيادة في انتاج كريات الدم الحمراء والصفيحات الدموية .

٢. زيادة الكسر الحجمي للكريات الحمر .

٣. زيادة الحجم الكلي للدم .

ونتيجة لذلك يصبح الجهاز الوعائي بالكامل محتقناً وبشدة ، كما تسد كثير من الشعيرات الدموية بالدم اللزم

فقر الدم Anemix:

يلاحظ فقر الدم (العوز في كريات الدم الحمراء) عند :

١. الفقدان الكبير للدم نتيجة النزوفات المختلفة .

٢. التخرب الشديد للكريات الحمراء .

٣. تشوش شروط تشكل الكريات الحمراء .

٤. التغذيــة الفقيـرة بالبروتينــات والفيتامينــات / حمـض الفوليـك وفيتــامين B12) والمعــادن / الحديـد ، النحاس ، الكوبالت ، المغنيزيوم /

يـؤدي عـوز الكريــات الحمــراء إلــى نقـص لزوجــة الــدم إلــى النصــف تقريبــاً . وهــذا يــنقص مــن مقاومــة الجريــان الــدموي فــي الأوعيــة المحيطــة . لــذلك تــزداد كميــات العــود الــدموي إلــى القلــب كثيــراً .

وظائف الكريات الدموية الحمراء :

١. نقل الأوكسجين من الرئتين إلى الأنسجة لتأمين حاجتها منه .

٢. نقل ثاني أوكسيد الكربون من الأنسجة إلى الرئتين ليطرح إلى الوسط الخارجي .

٣. نقــل بعــض العناصــر الغذائيــة مثــل الحمــوض الأمينيــة الممتــزة علــى ســطحها مــن الجهــاز الهضمي إلى خلايا الجسم ليتم استعمالها كمواد للبناء وانتاج الطاقة .

٤. المشاركة في الحفاظ على PH الدم على مستوى ثابت نتيجة لوجود الهيموغلوبين فيها .

٥. المشــاركة فــي الــدفاع عــن الجســم ، حيــث تمتــز الســموم المختلفــة الداخلــة للجســم علــى ســطح الكريــات الحمــراء . وهــذه الســموم تتخــرب بعــدها بواســطة الكريــات البــيض وحيــدات النــوى البلعمية .

٦. تشــارك فــي عمليــة تخثــر الــدم (إرقــاء الــدم) وذلــك لاحتوائهــا علــى الكثيــر مــن العوامــل المســاعدة على تخثر الدم .

الكسر الحجمي للكريات الحمر (حجم الكريات الحمر المترسبة (P.C.V)

الكسر الحجمي للكريات الحمراء (حجم الكريات الحمر المترسبة (P.C.V)) : هو نسبة حجم الكريات الحمراء بالنسبة لحجم الدم الكلي . ويساوي عند معظم الحيوانات الزراعية /٣٨-٤٥%/ أي بمعدل ٤٠% في المتوسط من حجم الدم الكلي ، والباقي /٥٥-٦٢%/ أي في المتوسط ٦٠% تشكل المصورة الدموية ويقدم عند الإنسان البالغ بـ٤٠-٤٥% من حجم الدم الكلي . أما حجم المصورة الدموية فيصل إلى ٥٥-٦٠% من حجم الدم الكلي . وتنقص قيمة الكسر الحجمي للحمر عند :

أ- نقص انتاج الكريات الحمر .

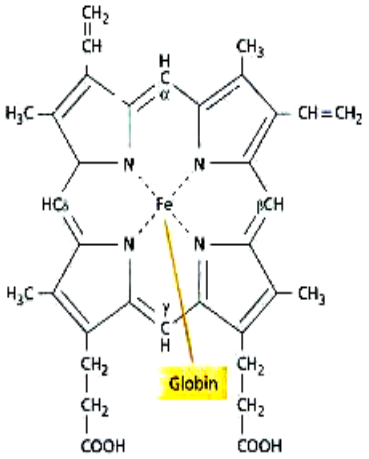
ب-تخرب الكريات الحمر نتيجة لعوامل مرضية .

جـ- الزيادة في حجم المصورة الدموية وثبات حجم الكريات الحمراء .

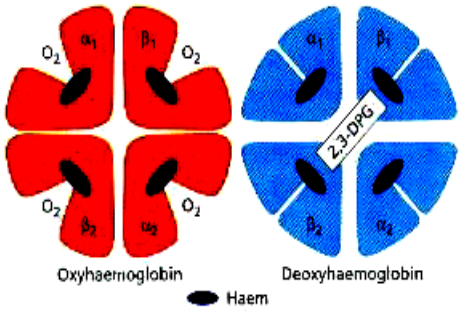
(خضاب الدم) الهيموغلوبين Hb :

الهيموغلوبين : هو عبارة عن مركب كيميائي معقد لبروتين الغلوبين ومجموعة صباغية تدعى الهيم . ويرتبط الغلوبين مع الهيم بوساطة جسور هستيدينية وتحتوي كل جزئية من الهيم على ذرة حديد ثنائية التكافؤ . أما بروتين الغلوبين فهو مؤلف من /٤/ سلاسل من الحموض الأمينية / كل سلسلة منها ترتبط بجزء من الهيم . وعلى هذا فإن الجزء الواحد من الهيموغلوبين يرتبط بـ ٤ جزيئات من الهيم ، وبذلك فهو يحتوي على /٤/ ذرات من الحديد ثنائية التكافؤ . علماً أن كل ذرة حديد ثنائية التكافؤ تتحد مع جزء من الأوكسجين ولهذا فإن الجزء الواحد من الهيموغلوبين يستطيع الاتحاد مع /٤/ جزئيات من الأوكسجين .

صورة توضيحية لبنية جزيء خضاب الدم



The structure of haem.



The oxygenated and deoxygenated haemoglobin molecule. α, β, globin chains of normal adult haemoglobin (Hb A); 2,3-DPG, 2,3-diphosphoglycerate.

Red cell metabolism

خضاب الدم المؤكسج / أوكسي هيموغلوبين Oxy hemoglobin :

يتميز الهيموغلوبين بقدرة كبيرة على الاتحاد بالأوكسجين ، حيث أن التماس البسيط للهيموغلوبين مع الهواء يكفي لتأمين تثبيت الأوكسجين وتشكيل خضاب الدم الموكسج / أوكسي هيموغلوبين ، الذي يعطي الدم اللون الأحمر القاني المحدد للون الدم الشرياني . وهذه العملية تابعة للضغط الجزئي للأوكسجين في الوسط الموجود فيه خضاب الدم .

ففي الرئتين حيث يكون الضغط الجزئي للأوكسجين /١٠٠مم/ زئبقي يتم تحول ٩٦-٩٨% من خضاب الدم إلى خضاب الدم المؤكسج (Hb+o2___Hbo2) في أثناء مرور الكريات الحمراء الحاوية على الخضاب من خلال الشعيرات الدموية الرئوية . واتحاد الأوكسجين مع خضاب الدم هي عملية أكسجة وليست أكسدة والاتحاد عكوسي

خضاب الدم المكرين : بالإضافة إلى الأوكسجين يستطيع خضاب الدم الاتحاد أيضاً مع ثاني أوكسيد الكربون CO_2 مكوناً معه خضاب الدم المكرين /كربوكسي هيموغلوبين/ وهذه إحدى طرق نقل ثاني أوكسيد الكربون من النسيج إلى الرئتين ، وهكذا نرى أن خضاب الدم يستطيع حمل كل من الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون في نفس الوقت .ولكن كل منهما يتحد مع طرف من الخضاب . حيث ان CO_2 يتحد مع الجذور الأمينية للخضاب من نوع ألفا أما الأوكسجين فيتحد مع الجذور من نوع B في هذه الحالات جميعها لا يتغير تكافؤ الحديد يبقى ثنائي التكافؤ .

تشكل خضاب الدم المكرين بأول أوكسيد الكربون : بالإضافة إلى اتحاد الهيموغلوبين مع O_2 و CO_2 فإنه يتحد مع اول أوكسيد الكربون وبشراهة كبيرة. حيث ان قدرة CO على الاتحاد مع الهيموغلوبين تفوق /٢٠٠/ مرة قدرة O_2 على الاتحاد به . إذ ان كلاهما يميل إلى الاتحاد مع نفس المستقبل الموجود على جزء الهيموغلوبين . ولذلك فإن وجود أول أوكسيد الكربون في الهواء المحيط بالانسان ولو بتركيز بسيط يقود إلى اتحاده مع الخضاب وتشكيل خضاب الدم المكربن بأول أوكسيد الكربون

- **تشكل خضاب الدم المتبدل** : إذا تعرض الدم إلى أحد المؤكسدات القوية / برمنغنات البوتاسيوم ، نتروبنزول ، إيتيلين فإن الحديد يتأكسد ويتحول إلى ثلاثي التكافؤ (Fe+++) ونتيجة لذلك يتحول الخضاب إلى خضاب الدم المتبدل الميتيمو غلوبين Methemoglobin ويكتسب اللون البني ، وهو يتمسك بالأوكسجين ولا يعطيه . لذلك لا يمكن أن يخدم كناقل له ويسيء إلى الوظيفة التنفسية للدم . ويمكن أن يؤدي إلى الموت نتيجة الاختناق ويسبب التشكل الزائد للميتوغلوبين إلى ظهور ما يعرف بالازرقاق وهو مرض يسبب تلون الجلد والأغشية المخاطية باللون الأزرق . ويوجد الميتوغلوبين عند الحيوانات السليمة بكميات زهيدة جداً. وتحدد كميات الخضاب بمقياس اللون Colorimeter ويعبر عنها بالغرام بالمئة/% أو (غ/دل) . وتختلف كمية الخضاب باختلاف نوع الحيوان، والجدول التالي يظهر كمية خضاب الدم (الهيموغلوبين) عند الحيوانات المختلفة (غ/دل)

نوع الحيوان	الأبقار	الأغنام	الخيول	الأرانب	الطيور	الأسماك
خضاب الدم غ/دل	١٤-٩	١١-٧	١٤-٨	١٢-١٠	١٣-٨	١٢-٧

خضاب العضلة (الميوغلوبين) Myoglobin

يوجد في العضلات الهيكلية والقلبية وهو يتشابه مع خضاب الدم ب:

أ- وجود الزمرة الضميميّة (الهيم) وبنفس شاردة الحديد.

ب- المقدرة على الاتحاد العكوسي مع o2 , co2.

ويختلف مع خضاب الدم ب:

أ- كتلة غلوبين خضاب العضلة القلبية المختلفة بعدد حموضه الأمينية أقل كثيراً من كتلة خضاب الدم.

ب-إن ولع خضاب العضلة ومقدرته على الاتحاد مع الأوكسجين أعلى، وسرعة تخليه عنه أكبر مما هي عليه في خضاب الدم، ولهذا أهمية كبرى في تزويد العضلات المتقلصة بالاوكسجين، فعندما تتقلص العضلة تنضغط شعيراتها الدموية وتسوء تغذيتها بالدم مؤقتاً، وفي هذه اللحظة يصبح

خضاب العضلة المصدر المهم للاوكسجين، حيث يخزن الأوكسجين في وقت استرخاء العضلة ويعطيه لها في وقت التقلُّص.

سرعة ترسب الكريات الدموية الحمراء :

إذا أضفنا لعينة طازجة من الدم أحد موانع التخثر وتركت في أنبوب اختبار ، فإن الكريات الحمراء تترسب تدريجياً وتستقر في الأسفل . وتحسب مسافة الترسيب /السرعة/ خلال أزمان مختلفة . وهي عند الحيوانات المختلفة ليست واحدة ، وحتى ضمن النوع الواحد ، فهي عند المجترات غاية في البطء اما عند الخيول سريعة جداً . والى الآن من الصعب تفسير هذا الاختلاف في الحيوانات المختلفة .

وتوجد طرق عديدة لقياس سرعة ترسيب الكريات الحمراء ، وأكثرها استعمالاً هي طريقة أنابيب وسترغرين ، وباستعمال هذه الأنابيب المفتوحة من الطرفين والمدرجة من /٠-٢٠٠مم/ من الأعلى إلى الأسفل ، وجد بأن سرعة ترسيب الكريات الحمراء عند الحيوانات المختلفة هي كالتالي :

الأبقار /٢.٤مم/ في سبع ساعات ، الخيول /١٥-٤٠مم/ / سا ، الكلاب /٥-١٠مم/ سا ، القطط /٧-٢٧مم/ سا ، الدجاج /١-٣مم/ سا ، الأغنام /١مم/ سا ، وتبلغ عند الرجال /٥-١٠مم/ الساعة الأولى ، وعند المرأة /٥-١٥مم/ في الساعة الأولى ، وعند الأطفال /٥-١٥مم/ في الساعة الأولى

انحلال الدم Hemolysis

هو تخرب غشاء الكريات الحمراء وخروج الخضاب منها إلى المحلول ، حيث يتلون الدم باللون الأحمر الياقوتي ، ويصبح شفافاً /الانحلال الكامل للكريات الحمراء/ وأسباب الانحلال عديدة وأشكاله عديدة أيضاً ومنها :

١- الانحلال التناضحي : وهو تخرب الكريات الحمراء في الماء والمحاليل منخفضة التوتر والتي يكون ضغطها التناضحي أقل مما هو عليه في المصورة الدموية . ونتيجة لذلك يمر الماء إلى داخل الكريات الحمراء ، ويزداد حجمها وتتخرب أغشيتها ويخرج الخضاب منها إلى الوسط المحيط .

٢- الانحلال الكيميائي : وهو تخرب أغشية الكريات الحمراء بالمواد الكيميائية ، حموض ، قليات ، صابونين ، حموض صفراوية ، ايتر / اسيتون ...الخ.

٣- الانحلال الفيزيائي وهو أنواع :

أ- الآلي : تتخرب أغشية الكريات الحمراء نتيجة للخض الشديد لعينات الدم .

ب- الحراري : تتخرب أغشية الكريات الحمراء نتيجة الحرارة المرتفعة او المنخفضة.

جـ- الإشعاعي (أشعة رونتجن) او فوق الحمراء .

٤- الانحلال الحيوي : ويشاهد عند إعطاء الدم غير المطابق بالزمرة الدموية وتشكل الحالة الدموية Hemolysis في المصورة الدموية ، وفي حال لدغ الأفاعي .

- **مدة حياة الكريات الحمراء** : تختلف مدة حياة الكريات الحمراء في الدم باختلاف نوع الحيوان (جدول يبين مدة حياة الكريات الحمراء عند الحيوانات المختلفة).

نوع الحيوان	**المدة / بالأيام**
الأبقار	**١٢٠-١٦٠**
الأغنام	**١٣٠**
الخيول	**١٠٠**
الأرانب	**٤٥-٦٠**

الكلاب	١٢٤
دجاج بياض	٢٨
الانسان	٩٠-١٤٠
في المتوسط	١٢٠

ومدة حياة الكريات الحمراء عند الدجاج البياض قصيرة ٢٨ يوم وذلك نتيجة لارتفاع حرارة الجسم عنده وزيادة عمليات الاستقلاب.

مصير الكريات الحمراء: من الجدول السابق نرى ان مده حياه الكريات قصيره جدا لذلك تتشكل باستمرار كريات حمراء جديده وتخرب الكريات الحمر الهرمه، ويتم ماتخرب الكريات الحمراء بالطرق التاليه:

١. التشديف: وهو تخرب الكريات الحمراء الخارجة تـوًّاً من نقي العظام اي الكريات الفتيه الاقل مقاومه، وذلك نتيجة للتخريب الآلي اثناء الدوران في الجمله الوعائيه.

٢. البلعمه: يتعرض الجزء الاكبر من الكريات الحمراء للبلعمة من قبل وحيدات النوى البلعميه في الكبد والطحال (معايير الكريات الحمراء).

وتقوم خلايا الجهاز الشبكيه البطانيه الموجود في الكبد والطحال ببلعمة وهضم الخضاب وتحويله الى جلوبين وهيم، يتحول الهيم الى حديد واصبغه تتحول في الكبد الى اصبغه

البيليـروبين والبيلفيـدرين تطـرح مـع العصـاره الصـفراويه كأصـبغة صـفراويه فـي السـبيل الهضـمي امـا الحديـد فيجـول فـي المصـورة الدمويـه علـى شـكل مركـب ترانسـفيرين، ويصـار الـى اعـاده الاسـتفاده منـه فـي بنـاء خضـاب الـدم الجديـد فـي نقـي العظـام وقـد تختـزن الكميـات الزائـده مـن الحديـد فـي الكبـد والطحـال علـى شـكل مركـب مـن البـروتين والحديـد الـذي يـدعي فـريتين، امـا الغلـوبين فهـو بـروتين قـد يتحلل الى حموض امينيه اساسيه حيث يمكن للجسم ان يستفيد منه ثانيه حسب الحاجه.