فسلجة الدم واللمف

يكون الدم اللمف والسائل النسيجي الوسط الداخلي للجسم ، ويتحقق الترابط بين الوسط الخارجي وخلايا الجسم في الحيوانات الراقية عن طريق الدم لا تكون الخلايا الجسمية على اتصال مباشر مع الدم بل مع السائل النسيجي المترشح من الدم خلال جدران الشعيرات الدموية والموجودة في الفراغات البينية الخلوية وينجز التبادل في المواد بين الأنسجة ، ويتضح هذا بشكل كامل في الجهاز الشعيري الدموي الذي يحصل فيه تبادل الغازات والمركبات الغذائية الممتصة عبر الجهاز الهضمي ونواتج أيض المواد في الخلايا الجسمية ، ويعزى التبادل لسريع للمواد بين الدم والأنسجة ، إلى الكريات الحمراء التي يعود الفضل إلى شكلها وعددها الضخم في تكوين مساحة كبيرة قادرة على حمل مختلف المواد الواصلة إلى الدم حيث الفعل الأساس للكرية الحمراء **Red blood cell** هو في نقل الأوكسجين بدرجة كبيرة وثاني أوكسيد الكاربون وكذلك فأن الكريات الدموية الحمراء تقوم بامتصاص المواد الغذائية وتحملها على سطحها الخارجي نحو مختلف الأنسجة والأعضاء وبالمقابل فأنها تستلم المواد الخارجة من تلك الأنسجة والأعضاء.

يظهر الدم كسائل خاص في الحيوانات التي هي في مرحلة متدنية من التطور ، مثال ذلك وحدية الخلية حيث تلعب عملية الانتشار دوراً مهماً في نقل المواد الغذائية في الجسم ، وتنقل المواد في الفطريات بواسطة الخلايا المتنقلة ، أما في الديدان الحقلية فتنجز العملية عن طريق سائل يتحرك في نظام مغلق من الأوعية ، في حين يكون ذلك من خلال جهاز مفتوح الأوعية في الرخويات والمفصليات.

وفي حالة الفقريات الدنيا يكون النقل عن طريق سائل يتحرك داخل أوعية مغلقة ومعزولة ، والسائل لوحده ليس تركيب عضوي ثابت حيث هو على اتصال مع الوسط الخارجي ، ويدعى هيدرولف Hydrolymph ولا يقوم بنقل الأوكسجين وفي المراحل التالية من التطور الحيواني فأن السائل هذا انفصال عن الوسط الخارجي وكون الوسط الخاص للحجم وبهذا فقد سمي بالسائل الدموي اللمفي Hemolymph وهذا السائل يكون غني بالمواد العضوية ويحمل المواد الغذائية ونواتج الفضلات والأوكسجين ، ولهذا ففي السائل توجد مواد صبغية خاصة (الصبغات الدموية) وفي المراحل التالية من تطور الحيوانات فقد تخصص الدم واللمف بهذا فأن الدم يوجد في جميع الفقرات وكذلك في بعض الديدان الحلقية.

الوظائف الرئيسية للدم :

يقوم الدم بالوظائف الفسلجية الرئيسية التالية :

1 - **التنفسية Respiration :** حمل الأوكسجين من الرئتين نحو الأنسجة وثاني أوكسيد الكاربون من الأنسجة إلى الرئتين.
2 - **النقل Transportation :** يستلم الدم المواد الغذائية Nutrients من القناة الهضمية ويحملها إلى الأنسجة والأعضاء وبنقل المؤيضات Metabolits (مثل حامض اللبنيك من العضلات إلى الكبد).

3 - **الإفرازية Excretion :** يستلم الدم النواتج النهائية للعمليات الحيوية ويحملها إلى الأعضاء الإفرازية (الكلى والرئتين ، الكبد ن الأمعاء ، الجلد) لطرحها خارج الجسم.

4 - **التنظيمية :** يجهز الدم الأنسجة والأعضاء بالهرمونات المرزة من الغدد الصماء وكذلك الفيتامينات وينظم الضغط التناضحي Osmotic Pressure والمحتوى الطبيعي للماء ويحافظ على تركيز ثابت لأيونات الهيدروجين (H^+) ويشترك في تنظيم درجة حرارة الجسم عن طريق نقل الحرارة من الأعضاء الداخلية إلى سطح الجسم.

5 - **دفاعية :** ينجز الدم عدة وظائف دفاعية من خلال عملية الالتهام Phagocytosis التي تقوم بها بعض الخلايا المتخصصة Phagocyte ووجود بعض المواد الخاصة مثل الأجسام المضادة antibodies ، مضادات الإنزيمات antienzymes وأنظمة الدارئ Buffer systems وبهذا يحافظ على الجسم من الإصابة بالأمراض والالتهابات وكذلك فأن عملية تخثر الدم عند النزف تعتبر أيضاً أحدى الوظائف الدفاعية.

6 - **ميكانيكية :** يوفر الدم الضغط الضروري في التجاويف والأعضاء لتأدية مختلف الوظائف في الجسم مثل انتصاب القضيب.

كمية الدم Blood Volume :

تختلف كمية الدم باختلاف أنواع الحيوانات وتكون ثابتة نسبياً في حيوانات نفس النوع (الجدول 1) ، وتعتمد كمية الدم على عدة عوامل منها العمر Age ، الجنس Sex ، التدريب Exercise ، الفصل Season ، والتغذية Nutrition والارتفاع عن مستوى سطح البحر Altitude.

الجدول (1) يبين نسبة كمية الدم إلى الوزن الكلي لجسم بعض الحيوانات الزراعية

نوع الحيوان	كمية الدم (%) من وزن الجسم
الحصان	9.8
الأبقار	8
الأغنام والماعز	8.1
الخنازير	4.6
الدجاج	8.5
الأرنب	5.5
الإنسان	7 (9 – 5)

وتحتوي الحيوانات اليافعة دم أكثر نسبياً من الحيوانات المتقدمة العمر ، ومن المعروف أن حجم الدم في الحيوانات المولودة حديثاً يمثل حوالي (100 مل / كغم) من وزن الجسم وكذلك يكون حجم الدم في الذكور أعلى منه في الإناث ، ولهذا تحتوي الحيوانات الضخمة على دم أكثر ويزداد حجم الدم في الحيوانات التي تعيش في مناطق مرتفعة عن سطح البخر نظراً لزيادة أعداد كريات الدم الحمراء في دمها ، لقد افترضت صيغ ومعادلات تعتمد على أطوال الجسم يمكن بواسطتها حساب حجم الدم وحجم البلازما ، فتكون المعادلة في الإنسان على سبيل المثال كالآتي :

حجم الدم (مل) = 43 د + 52 ط – 6250

حجم البلازما (مل) = 20د + 29 ط – 3250

حيث د تمثل وزن الجسم ، ط ارتفاعه

لقد وجد حجم الدم في الرجل الرياضي المدرب يساوي 103 مل دم / كغم وزن الجسم ، في حين الرجل غير الرياضي كان حجم الدم يساوي مل دم / وزن الجسم ، ويكون حجم الدم خلال فصل الصيف أكبر منه في فصل الشتاء ويقل الحجم الكلي للدم في حالة تجويع الحيوان بينما يرتفع حجم البلازما وهذا يدل على وصول اختزال عدد كريات الدم الحمراء وظهور حالة فقر الدم Anemia ويزداد الحجم الكلي للدم خلال فترة الحمل بنسبة **30 – 50%** ، ويؤدي حقن أي سائل في الدم إلى ارتفاع الحجم الكلي للدم لفترة مؤثتة بينما يقلل فقدان السائل (خاصة النزيف الحاد) من الحجم الكلي للدم ، ولا تكون هذه التغيرات في الحجم الكلي للدم مهمة وتكون لفترة قصيرة جداً نظراً لوجود الميكانيكية المسؤولة عن تنظيم حجم السائل في الأوعية الدموية ، ففي حالة ارتفاع كمية السائل الموجودة في الجهاز الوعائي فأن هذه الزيادة تمر من الدم إلى الأنسجة وبالعكس.

ولهذا فأن كمية بلازما الدم في الجهاز الوعائي تعوض بعد النزف بشكل سريع بكمية كبيرة من كريات الدم الحمراء ويوجد بالأوعية الدموية تحت الظروف الفسلجية الطبيعية جزء من الدم الدائر أما الجزء المتبقي والذي قد يصل إلى حوالي نصف كمية الدم فأنه يكون مخزوناً في المخازن الدموية كالكبد والجلد والطحال وتقدر استيعاباتها الخزنية إلى **20% في الكبد و16% في الطحال و10% في الجلد** ، وتكون العلاقة بين الدم الدائر والمخزون غير ثابتة وتعتمد على حالة الحيوان ، ففي حالة ارتفاع درجة الحرارة ، الجهد العضلي ، الاختناق أو حقن هرمون الادرينالين ... الخ ترتفع كمية الدم الدائر بشكل انعكاسي وتنخفض كمية الدم المخزون ، وفي حالة الهدوء التام للجسم فأن كمية الدم المخزون يرتفع ، ويمكن تقدير كمية الدم في جسم الحيوانات عن طريق الحقن السائل ملون قلوي غير ضار يمر ببطء خلال جدران الشعيرات الدموية ومن الصبغات المستعملة لهذا الغرض هي صبغة المثيل للأزرق Methylen Blue والكونغو الحمراء Cunge red حيث تنتشر هذه الصبغات بعد بضع دقائق من الحقن بالدم وتتوزع في جميع أنحاء الجسم ، ثم تؤخذ عينة من الدم ويعمل لها طرد مركزي وبواسطة قياس لون البلازما تحدد كمية الصبغة ودرجة تخفيفها التي عن طريقها يحسب حجم البلازما ، ونتيجة لمعرفتنا للعلاقة الطبيعية بين حجم البلازما وحجم الكريات الدموية الحمراء Hematocrit يمكننا حساب حجم الدم ، استعملت في السنوات الأخيرة طريقة المواد المشعة في قياس كمية الدم.

الخواص العامة وتركيب الدم :

الدم سائل خاص يتألف من جزئين الأول سائل (البلازما) والثاني خلوي (الكريات الدموية الحمراء والبيضاء والأقراص الدموية) ولونه احمر شفاف ذو طعم ملحي ورائحته خاصة تعود إلى وجود الحوامض الدهنية الطيارة ، ويتغير لون الدم اعتماداً على درجة التشبع بالأوكسجين فأن الدم المؤكسج (الدم الشرياني) Oxygenated blood فله لون أحر قاني أما

الدم غير المؤكسج de Oxygonated blood فيكون لونه أحمر غامق (الدم الوريدي) ويتغير لون الدم في حالة ارتفاع الدهون أو انخفاض الخلايا الدموية ، ويتراوح **الوزن النوعي للدم 1.053 – 1.066** ويختلف الوزن النوعي كذلك باختلاف أنواع الحيوانات ولكن ليس بدرجة كبيرة ، حيث يكون الاختلاف أكبر في البلازما والخلايا الدموية (الجدول 2).

الجدول (2) :- يبين الوزن النوعي لبعض مكونات الدم

المادة	الوزن النوعي
كريات الدم الحمراء	1.091 – 1.1141
كريات الدم البيضاء	1.068 – 1.075
الأقراص الدموية	1.036 – 1.053
البلازما	1.025 – 1.030

وترتبط التحولات التي تحصل في الوزن النوعي للدم بشكل رئيسي بتحولات إعداد كريات الدم الحمراء ولا يشير التغير في تركيب البلازما إلى أي تأثير على الوزن النوعي للدم.

وتنشأ لزوجة الدم blood Viscosity من الاحتكاك الداخلي للأجزاء الصغيرة عند حركتها وتنسب لزوجة الدم إلى لزوجة الماء هي وحدة واحدة ، وتعتمد لزوجة الدم على شكل وأعداد الكريات الدموية الحمراء ، فكلما ارتفع عدد الكريات الدموية أدى إلى زيادة اللزوجة ، وتبلغ لزوجة الدم بحدود **3.5 – 5.4** أما في السيرم بلازما **فتبلغ اللزوجة 1.9 – 2.3** وهي تعتمد على نوع وكمية البروتينات الموجودة في السيرم أو البلازما.

يكون الضغط التناضحي Osmotic Pressure للدم هو **7** ضغط جوي ويعتمد على الأملاح المعدنية وخاصة ملح الطعام Nacl وأيضاً بروتينات البلازما ويكون الضغط التناضحي ثابتاً نسبياً وليس لتغيراته النسبية أهمية كبيرة حتى في حالة وصول الماء وملح كثير إلى الدم ، حيث ينظم هذا التباين في جسم الحيوانات عن طريق انتشار المستقبلات التناضحية Osmorecepters في جدران الأوعية الدموية التي تنتبه إلى أي انحراف في الضغط التناضحي على المستوى الطبيعي ، وتحت تأثير إشارات المستقبلات التناضحية تنطلق الانعكاسات التي تساعد على مرور الماء من الأنسجة إلى الدم أو بالعكس وفي افراز أو طرح الماء والاملاح مع البول.

ويلعب الجلد دور مهم في تنظيم محتويات الدم من الماء والأملاح ، ففي حالة رفع محتوى الماء في الدم فأن الماء يمر بالنسيج الموصل Cennective للجلد وفي حالة ارتفاع تركيز الملح في الماء حديث العكس حيث يمر الماء من الجلد إلى الدم ، ويرتفع الضغط التناضحي للجلد خلال الجهد العضلي الحاد وذلك لحساب انتاج مواد ذات أوزان جزيئية منخفضة (حامض اللبنيك Lactic acid ، حامش الكاربونيك Carbonic acid ومواد أخرى) من الكلايكوجين Glycogen ومواد أخرى.

وبعد راحة قصيرة يعود الضغط إلى حالته الطبيعية ، ويرتفع الضغط التناضحي أيضاً في حالة تمثيل المواد الغذائية ذات الاوزان الجزيئية العالية إلى مواد ذات أوزان جزيئية واطئة ، ولهذا فأن الضغط التناضحي للدم في الأوردة هو أعلى منه في الشرايين ، تعرف المحاليل التي يتساوى ضغطها التناضحي مع الضغط التناضحي للدم بمتساوية التناضح – Osmotic Ise أو Isomotic أو بمتساوية التوتر Isotonic ويقدر المحلول المتساوي التوتر لحيوانات الدم الحار بـ **0.85 – 0.95%** من محلول الطعام في حين يكون ذلك لحيوانات الدم البارد مساوياً إلى **0.65%** ومثل هذا المحلول يدعى بالمحلول الفسيولوجي ويستعمل كطريقة مناسبة لحقن السوائل بالجسم أو للمحافظة لخزن الأنسجة أو الخلايا الحية لفترة زمنية محددة ، وتعرف المحاليل ذات الضغط التناضحي الأوطأ من الضغط التناضحي للدم بناقصة التوتر Hypotonic وفي حالة وضع كريات الدم الحمراء في مثل هذا المحلول فأنها تنتفخ ومن ثم تنفجر ويحدث انعتاق الخضاب من الكريات Hemolysis ، أما المحاليل ذات الضغط التناضحي الأعلى من الضغط التناضحي للدم فتعرف بالمرتفعة التوتر Hypertonic وفي حالة وضع كريات الدم الحمراء في مثل هذه المحاليل فأنها تفقد الماء وتتجمد ولا يمكن لجميع المحاليل الملحية المتساوية التوتر Isotonic أن تحافظ على نشاط الأعضاء المعزلة لفترة طويلة أو تستعمل لملأ الأوعية الدموية في حالة فقدان الدم حيث من الضروري ملائمة تركيب الأملاح والنسبة المئوية وتركيزها لكي توافق محتويات بلازما الدم ، من أجل ذلك وضعت صفات عديدة لمحاليل رنكر Ringer ورنكر – لوك Ringer – lock(الجدول3).

الجدول (3) :- تركيب محاليل فسلجية مختلفة (غم / لتر ماء مقطر)

المركبات	حيوانات الدم البارد		حيوانات الدم الحار	
	رنكر		رنكر – لوك	تيرود
Nacl	6.5		9.0	8.0
Kcl	0.14		0.42	0.2
$CaCl_2$	0.12 – 0.1		0.24	0.2
$NaGCO_3$	0.2		0.15	1.0
$MgCl_2$	———		———	0.1
NaH_2PO_4	———		———	0.05
glucose	———		1.0	1.0

يكون تفاعل الدم قاعدي خفيف ويتحدد ذلك بتركيز آيوني الهيدروجين (H^+) والهيدروكسيد (OH^-) في الدم ، وتكون الأسس الهيدروجينية (pH) للدم في مختلف حيوانات المزرعة **بحدود 7.2 – 7.6** ولهذا لا تختلف جوهرياً ، وفي حالة حصول اختلاف بسيط في الأسس الهيدروجينية للدم فأن هذا يؤثر بدرجة كبيرة في اختلال العمليات الفسلجية في الجسم ، أن التغيرات المسموح بها تقع في **حدود 0.1 – 0.2** ولفترة قصيرة في الدم وفي حالة وصولها إلى **0.3 – 0.4** وإلى وقت أطول يحدث هلك الحيوان ، ولأجل سير العمليات الفسلجية بانتظام يجب الحفاظ على الأس الهيدروجيني حدوده الطبيعية ويحصل ذلك من خلال المحافظة على العلاقة

الطبيعية بين التكافآت الحامضية والقاعدية الموجودة في الجسم والتي هي ناتجة من النشاط المستمر لعوامل الإفراز وعملية الدرء Buffering.

ويتخلص الجسم من القواعد والحوامض الفائضة عن طريق الإفراز أو عن طريق عملية الدرء يقوم بحمل الحوامض والقواعد من مكان تكوينها إلى مكان طرحها بدون تغير في الأس الهيدروجيني وتنجز عملية الإفراز بشكل رئيسي في الكليتين والرئتين وتشترك الأمعاء الغليظة بدرجة ضئيلة في ذلك وكذلك الجلد رغم أن مدى اشتراكه يكون أقل من الأمعاء الغليظة أو قد يصل إلى الصفر ، ويتم إفراز المواد الحامضية والقاعدية غير الطيارة التي تصل إلى الجسم عن طريق الطعان أو تتكون نتيجة العمليات الحيوية للمواد عن طريق الكليتين.

وبناء على ذلك تلفظ الكليتين اليوريا القاعدية والحامضية حيث تلفظ اليوريا الحامضية في حالة الجوع الطويل الأمد التي تتعرض لها الحيوانات آكلة الاعشاب في حين تلفظ اليوريا القاعدية في حالة تناول الحيوانات العليقة النباتية بدون حبوب ونخالة.

ويلفظ ثاني أوكسيد الكاربون الذي يتكون نتيجة العمليات الحيوية للمواد خلال الرئتين وبهذه الطريقة يحافظ على العلاقة المحددة بين حامض الكاربونيك المستقل في الدم الذي يحوي على ثاني أوكسيد الكاربون على هيئة مذاب فيزياوياً وبين مرتبط كيمياوياً مثل البيكاربونات وتبلغ هذه العلاقة **حوالي 1 : 20** وهي التي تحدد الأس الهيدروجيني للدم.

وتطرح (عند التغوط) الأملاح الفوسفاتية القاعدية أو الحامضية للمعادن القاعدية الثقيلة خلال الأمعاء ، وتكون أنظمة الدرء ضرورية للمحافظة على تركيز ثابت لأيونات الهيدروجين في الدم ، وهذه الأنظمة تبدا في العمل في المرحلة الأولى من عمر الحيوان وبعد ذلك يكتمل فعلها التام خلال الأشهر الأولى من العمر والتي بعدها تحافظ على تفاعل الدم بشكل مستمر ودائم.

ويعني نظام الدرء وجود محلول متكون من حامض ضعيف وملحه القاعدي زائداً قاعدة قوية ويمكن بوساطة هذا النظام ربط الحامض أو القاعدة لكي يحافظ على تفاعل الدم.

ويمكن مشاهدة أنظمة الدرء التالية في الدم :

1 - نظام الدرء الهيموغلوبيني : يتكون من هيموغلوبين حامض وملحه (ملح البوتاسيوم) $\frac{HHb}{KHb}$.
2 - نظام الدرء الأوكسي هيموغلوبيني : ويتكون من الهيموغلوبين الحامضي وملحه (ملح البوتاسيوم) $\frac{Hb\ HO2}{KHbO2}$.
3 - نظام الدرء الحامضي : ويتكون من حامض اللبنيك Lactic acid وأحماض أخرى مع أملاحها $\frac{\text{الحامض العضوي}}{\text{ملح الحامض العضوي}}$.
4 - نظام الدرء الفوسفاتي : ويتكون من الملح القاعدي الأحادي أو الثنائي لحامض الفوسفوريك $\frac{BH2PO4}{B2HPO4}$ حيث B هو الأيون الموجب للصوديوم والبوتاسيوم.

5 -نظام الدرء البروتيني : ويتكون من حامض بروتيني لبلازما وملحه $\frac{\text{بروتين}-H}{\text{بروتين}-B}$.

6 -نظام الدرء البيكاربوناتي : حامض الكاربونيك مع املاحه $\frac{H2CO3}{NaHCO3}$.

وتتوزع أنظمة الدرء الفسيولوجية في الدم وتقسم على بلازما وكريات الدم الحمراء وكالآتي :

1- في البلازما :

$\frac{H2CO3}{Na\ Hco3}$ ، $\frac{\text{بروتين}-H}{Na\ \text{بروتين}}$ ، $\frac{NaH2PO4}{Na2HPO4}$ و $\frac{\text{حامض عضوي}}{\text{ملح Na}}$.

2- في كريات الدم الحمراء :

$\frac{KH2PO4}{K2HPo4}$ ، $\frac{HHbo2}{KHbO2}$ ، $\frac{HHb}{KHb}$ ، $\frac{H2CO3}{KHCO}$ ، و $\frac{\text{حامض عضوي}}{\text{ملح K}}$.

وأهم أنظمة الدرء في الدم هو الهيموغلوبين ، واذا افترضنا أن عملية الدرءفي الدم تمثل 100 درجة فأن أنظمة الدرء المختلفة يمكن أن تشكل النسبة التالية :

الجدول (4) :- يبين نسب أنظمة الدرء المختلفة

نظام الدرء	النسبة المئوية (%)
الهيموغلوبين	82
البروتين	10
البيكاربوناتي	7
الفوسفاتي	1

وتتلخص ميكانيكية عمل نظام الدرء الهيموغلوبيني في أن أوكسجين الدم الشرياني يرتبط مه الهيموغلوبين مكونا أوكسي هيموغلوبين ، ويكون الهيموغلوبين عادة حامض ضعيف حيث يكون الأوكسي هيموغلوبين أقوى حامضية من الهيموغلوبين ونتيجة لوجود الهيموغلوبين والأوكسي هيموغلوبين في تركيب كريات الدم الحمراء تتكون الأملاح الحامضية التي تعطي نظامين درئيين هما الهيموغلوبيني والأوكسي هيموغلوبيني ، تحوي كريات الدم الحمراء الموجودة في الشعيرات الدموية على ثاني أوكسيد الكاربون الذي بمساعدة انزيم كاربونيك انهايدراز Carbonic anhydrase يتحد مع الماء مكوناً حامض الكاربونيك وفي نفس الوقت يتحرر الأوكسجين من الأوكسي هيموغلوبين نتيجة لانخفاض ضغطه الجزيئي في كريات الدم الحمراء وذوبانه في الأنسجة ويتكون الهيموغلوبين الذي يكون في هيئة هيموغلوبينات البوتاسيوم ولأجل المحافظة على كريات الدم الحمراء من زيادة حموضتها والناتجة من تجمع حامض الكاربونيك فأن هيموغلوبينات البوتاسيوم تدخل في تفاعل معه الذي عنده يتكون الهيموغلوبين الحر في حين يرتبط ملح البوتاسيوم مع حامض الكاربونيك ويكون بيكاربونات البوتاسيوم وبهذه الطريقة تنقل كريات الدم الحراء ثاني أوكسيد الكاربون من الأنسجة إلى الرئتين

في حالة بيكاربونات بيكاربونات البوتاسيوم وهيموغلوبين ونتيجة لارتفاع تركيز الأوكسجين في أوعية الدم الضيقة للحويصلات الرئوية يرتفع الضغط الجزيئي للأوكسجين ، وهذا يؤدي إلى ارتباطه بالهموغلوبين وتكون أوكسي هيموغلوبين الذي يسحب ملح البوتاسيوم من بيكاربونات البوتاسيوم وتحت تأثير انزيم كاربونيك انهيدراز Carbonic anhydrase يتحلل حامض الكاربونيك إلى ماء وثاني أوكسيد الكاربون ، والأخير يذاب في الحويصلات الهوائية للرئتين ويطرح خارج الجسم عند التنفس ، أما الأوكسجين المرتبط بالهيموغلوبين فينتقل إلى الأعضاء والأنسجة من الجسم ، ويتكون نظام الدرء البيكاربوني من حامض الكاربونيك وبيكاربونات الكالسيوم والصوديوم والتي ترتبط بالحوامض التي تظزهر نتيجة لعمليات الأيض Meatbolism التي تظهر في الجسم.

وتفوق كمية بيكاربونات الصوديوم Soduim Bicarbonate في الدم كمية حامض الكاربونيك بعشرين مرة.

عندما توجد في الدم حوامض تعطي آيونات هيدروجينية حرةفأن هذه الآيونات ترتبط مع الآيونات السالبة المتكونة من تفكك البيكاربونات والناتج هو حامض الكاربونيك الذي يتحلل إلى ماء وثاني أوكسيد الكاربون والأخير يطرح من الرئتين وبهذه الطريقة فأن الاحتياط والمخزون من البيكاربونات الموجودة في الدم تلعب دوراً مهماً في المحافظة على الدم من ظهور الحموضة فيه.

تعتبر الأملاح القاعدية للدم الاحتياطات القلوية وتقدر بعملية المعايرة Titration للدم مع حامض الكلوريك HCL بملغم % ، وتسير الاحتياطات القلوية للدم بالحدود التالية (ملغم %) في الحيوانات الزراعية المختلفة :

الجدول (5) :- يبين الاحتياطات القلوية للدم

نوع الحيوان	الاحتياط القلوي (ملغم %)
الحصان	620 – 470
الأبقار	820 -460
الأغنام	520 – 460
نوع الحيوان	الاحتياط القلوي (ملغم %)
الأرنب	680 – 480
الماعز	520 – 380

وتعتمد الاحتياطات القلوية في الدم على عدة عوامل ففي الحيوانات اليافعة نسبياً تكون هذه الاحتياطات قليلة وكذلك في حالة الجهد العضلي الحاد وتؤثر على محتوى الاحتياط القلوي في الدم ، ففي حالة سيادة وارتفاع المكافآت القلوية في الدم فأن الاحتياطات القلوية تزداد أيضاً والعكس كذلك وتشتغل الاحتياطات القلوية دائماً من قبل المتكونات الحامضية للعمليات الحيوية (اللبنيك ، لفوسفوريك في حالة العمل العضلي ، وحامض الفوسفوريك والكبريتيك في حالة تأكسد البروتينات) والحوم الدهنية والأمينية الممتصة.

يوجد في الدم التوازن الحامضي القاعدي الذي يعبر عنه في المحافظة على العلاقة الثابتة للاحتياطات الحامضية والقلوية في جسم الحيوانات ، ففي حالة ارتفاع انتاج ثاني أوكسيد الكاربون في الجسم في (جهد عضلي حاد) ، وحامض الخليك Acetic acid ونواتج حامضية أخرى ناتجة من خلل في عملية أكسدة الدهون والكاربوهيدرات وفي حالة عدم كفاية تجهيز الأنسجة بالأوكسجين وفي حالة نقل المواد الغذائية في الجسم مع الأدوية التي ترفع من الحوامض (كلوريد الأمونيوم) ، الحوامض المعدنية ، العلائق الغنية في البروتينات) وفي حالة حدوث خلل في طرح ثاني أوكسيد الكاربون من الرئتين أو الحوامض من الكليتين فأن الاحتياطات القلوية تنخفض وبهذا فأن الأس الهيدروجيني في الدم ينخفض وتظهر ظاهرة الحموضة acidosis ويمكن أن تعادل هذه الظاهرة عندما تكون الاحتياطات القلوية تحت المعدل ويحافظ على الأس الهيدروجيني على حالته في حين لا يمكن أن تعادل أو تكافئ عندما يكون الأس الهيدروجيني واطئ ، وتظهر في حالة ارتفاع الأيونات القاعدية أو انخفاض الأيونات السالبة الحامضية (فقدان حامض الكلوريك وثاني أوكسيد الكاربون) حالة القلوية Alkalosis والتي يمكن أن تكون معادلة أيضاً (في حالة ارتفاع الأس الهيدروجيني) وتؤدي الحموضة التي لا يمكن معادلتها عندما يصل الأس الهيدروجيني للدم إلى فقدان الوعي والغيبوبة Come وموت الحيوانات في حين تؤدي القاعدية التي لا يمكن معادلتها عندما يكون **الأس الهيدروجيني للدم = 7.8** إلى التكزز Tetania ومن ثم الموت.

التركيب الكيمياوي للدم Chemical Composition of blood :

يتألف الدم بشكل عام من **78% ماء** و **22% مادة جافة** وتحتوي المادة على **0.8 معادن** و **21.2% مواد عضوية** وتحوي بلازما الدم وسيرم الدم على **90 – 95% ماء** و **8 – 10% مادة جافة** منها **8.5 مواد عضوية** و **0.9% مادة غير عضوية** ، وتتكون المواد المعدنية في الدم من العناصر ذات التركيز العالي Macroelements ولعناصر ذات التركيز الواطئ Macroelements وتشمل العناصر ذات التركيز العالي على الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والفسفور والكبريت والكلور والكلوريدات وتقدر هذه بملغم % أو مل مكافئ / لتر.

أما المركبات المعدنية الموجودةفي الدم والتي تكون قيمتها أقل من **1 ملغم %** فتعرف بالعناصر ذات التركيز الواطئ وتشمل على البروم ، الزنك ، النحاس ، الحديد ، السيليكون ، الزرنيخ ، اليود ، الفلور ، الرصاص ، الألمنيوم ، المنغنيز ، الكروم ، الكوبلت ، التيتانيوم ، اليروانيوم ، المولبيديم ، النيكل والزئبق وتختلف قيك كل من العناصر العضوية في الدم ، وهناك ثلاث مجاميع بروتينية رئيسية هي الأح Albumin الكلوبيولين Globulin ومنشئ الليفين Fibrinogen ويعتبر الأح (الألبومين) بأنواعه المختلفة من أكثر أنواع بروتيان البلازما ، وتستخدم طريقة التوصيل الكهربائي electrophorises في عزل بروتينات البلازما ، والكلوبيولنات المعزولة تكون عادة على عدة أنواع هي الفا واحد α1 الفا اثنين (α2——) وبيتا($\beta^{\neg}$) وكاما(γ) والأخيرة تلعب دوراً مهماً كأنظمة تحصين دفاعية عن الجسم ضد الجراثيم Bacteria ، الحمى Virus وسمومها ، وتتكون الألبومينات ومنشأ الليفين في الكبد ويشترك نخاع العظام ، الطحال والعقد اللمفاوية في تكوين الكلوبيولين بالإضافة غلى تكونه في الكبد ، وتحدث عملية أيض بروتينات الدم بسرعة فائقة حيثتصنع حيوياً وتحلل بشكل مستمر ،

وتقدر كمية منشئ الليفين في البلازما بحدود **3.0 – 4.0%** والأح **3.2 – 7.3%** **والكلوبيولين2.2 – 2.4%** ويختلف تركيز بروتينات السيرم المعزولة باختلاف حيوانات المزرعة.

توقف النزف وتخثر الدم Hemostasis and blood Coagulation :

تخثر الدم هو عملية فسلجية دفاعية خاصة وبوجود هذه العملية يتوقف نزيف الدم في حالة الجرح ويقلل من الفقد الزائد للدم والسوائل ويحافظ بالتالي على الحيوانات من الموت ويبدأ التخثر في لحظة خروج الدم من الوعاء الدموي في الأنسجة أو يدخل في اتصال مباشر مع الوسط الخارجي ، ويمكن أن تتكون الخثرة الدموية في حالة جرح طبقة البطانة endothelium للأوعية الدموية داخل الجهاز الدموي ويساعد على التخثر كل من القلب والجهاز الوعائي الدموي فانخفاض ضغط الدم وسرعة الدم الموضعية وكذلك الانكماش السريع للوعاء الدموي Vascular Spasm.

نتيجة للانعكاس العصبي والتقلص العضلي الموضعي أهمية جوهرية في ايقاف النوف ، وتعد عملية تخثر الدم معقدة وتشترك انزيمات عديدة فيها حيث يختزل أو يحول منشئ الليفين Fibrinogen من الحالة الغروية Colloid إلى الحالة غير الذائبة وهو الليفين Fibrin ، ويكون الليفين على شكل شبكة تتجمع عليها الخلايا الدموية (كريات دموية حمراء وصفائح دموية) وفي حالة عزل الليفين من الدم وغسله من كريات الدم الحمراء يكون لونه أبيض ، وتتكون خلايا عملية التخثر طبقة هلامية مطاطية تسمى خثرة الدم وهي تتألف من خيوط الليفين تترسب حولها الخلايا الدموية الأخرى.

وتنفصل خلال عملية الترسب هذه طبقة أو سائل رائق أصفر اللون هو السيرم Serum الذي يحتوي على جميع محتويات الدم تقريباً عدا الكريات الدموية والليفين ، ويمكن لبلازما الدم أن تتخثر أيضاً ، ففي حالة عزلها بالطرد المركزي عن الخلايا الدموية وتركها تحت درجة حرارة منخفضة والتي تؤخر عملية التخثر وتسخن بعد ذلك إلى درجة حرارة **20 – 35مْ** التي تزيد سرعة التخثر ، وفي حالة التخثر يلاحظ ثلاث مراحل والتي تشترك فيها أعداد كبيرة من المواد ، هذه المواد تدعى بعوامل تخثر الدم ، وإضافة إلى هذه العوامل الموجودة في بلازما الدم والمشتركة في عملية التخثر هناك مواد تتحرر نتيجة تحطيم الصفائح الدموية أو عند تمزق الانسجة ولهذه المادة علاقة بالتخثر أيضاً ، تمتد المرحلة الأولى من تخثر الدم لبضع دقائق وتشمل تكوين الثرومبوبلاستين Thrombophlastin وهذه لا توجد في الدم الدائر ولن تتكون فقد عند تنشيط العامل المتكون نتيجة تمزق الصفائح الدموية مع العوامل الموجودة في البلازما (الخامس ، الثامن ، التاسع ، العاشر ، الحادي عشر والثاني عشر) وأيونات الكالسيوم Ca^{++} (العامل الرابع) ، وتبدأ العملية بتنشيط العامل الثاني عشر ، وهذا بدوره ينشط العوامل التاسع والحادي عشر وبجانب ذلك تحدث عملية تكوين معقد الكالسيوم من العوامل الثامن والتاسع وأيونات الكالسيوم ، ومن نشاط هذا المعقد مع العوامل المشار لها أعلاه ومع عامل التخثر المتحرر من الصفائح الدموية يتكون الثرومبوبلاستين.

وتمتد المرحلة الثانية للتخثر لبضع ثوانشي وتشمل تحويل سلف الثرومبين Prothrombin إلى الثرومبين Thrombin.

وتنجز هذه العملية تحت تأثير الثرومبوبلاستين وبالاشتراك مع العوامل السادس والعاشر وآيونات الكالسيوم لتكوين سالف الثرومبين الذي يحدث في الكبد من الضروري توفر فيتامين K ، أما المرحلة الثالثة للتخثر فتمتد لأربعة ثواني وتمثل تكوين الليفين Fibrin غير المذاب من منشئ الليفين Fibrinogen تحت تأثير الثرومبين ، وتتحقق هذه المرحلة للتخثر باشتراك أيونات الكالسيوم والعاملين الموجودين في الصفائح الدموية Throbocytes ، وإذا فقد أحد العوامل المشتركة في تكوين الثرومبوبلاستين أو الثرومبين فأن الجم لا يتخثر ، بعد تحول منشئ الليفين تتكون الخثرة Coagulant التي تتماسك باستمرار ويحصل لها انكماش نتيجة لتحرر مادة من تحلل الصفائح الدموية ، أن تحطم الصفائح الدموية يظهر كمركز تنطلق منه العملية المعقدة للتخثر حيث تتكون خيوط الليفين وكذلك يزداد سمك وتماسك الخثرة.

وقد أثبت أنه في حالة الانخفاض الحاد في أعداد الصفائح الدموية فأن ذلك يؤثر على عملية التماسك ويؤدي إلى عدم حدوثها ، ويتغير تخثر الدم ويتأثر بالجهاز العصبي حيث ذكر أن في في حالة تهيج الجهاز العصبي تتكون في الجسم مواد تسرع من عملية التخثر.

ومعلوم كذلك أن هرموني الأدرينالين Adernaline والفازيرسين Vasopressin تسرع من التخثر ، يتوقف التخثر بفعل أملاح السترات Citrate والأوكسالات Oxalate حيث يعيق ارتباطها بأيونات الكالسيوم Ca^{++} من تكوين الثرومبوبلاستين والثرومبين ، ولهذا تستعمل أملاح السترات والأوكسالات لمنع تخثر الدم خارج الجسم ، وهناك مواد تعرف بمانعات التخثر anticoagulants مثل الهيبارين Heparin المفرز من الكبد والرئتين وهذه تعيق تخثر الدم وهناك مانعات تخثر تعمل بشكل غير مباشر إذ تعيق تكوين المواد التي تشترك في هذه العملية وكما يلاحظ أن دم الحيوانات يوجد نظامين يعملان بوقت واحد هما نظامي المخثرة والمانعة للتخثر وهذان يوجدان في توازن معين منعاً من حصول تخثر الدم داخل الأوعية الدموية في الحالات الطبيعية.

الجدول (6) :- يبين سرعة تخثر الدم

الحيوان	سرعة تخثر الدم (دقيقة)
الحصان	11.5
البقرة	6.5
الغنم	2.5
الماعز	2.5
الخنزير	3.5
الأرنب	4.0
الدجاجة	15.0
الإنسان	5.0

الخلايا والكريات الدموية Blood Corpuscle's :

عند إجراء عملية الطرد المركزي للدم المضاف له الاوكسالات أو السترات فأن الخلايا الدموية تنفصل عن البلازما ، حيث تترسب الكريات الحمراء إلى الأسفل لكونها الأثقل وزناً ثم طبقة خفيفة من الكريات البيضاء فالبلازما إلى الأعلى ، ويكون حجم الخلايا الدموية Blood Cells **بحدود 32 – 46% والبلازما 54 – 68%.**

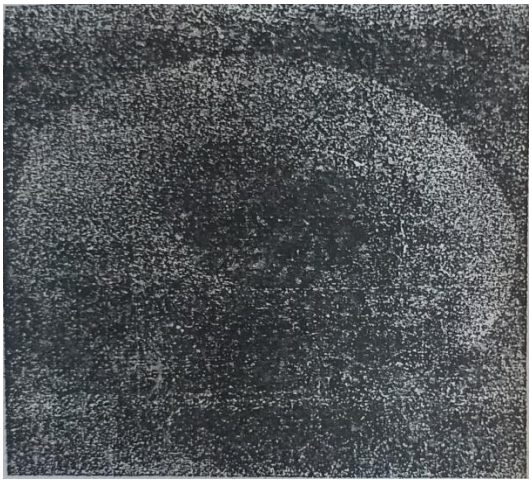
خلايا الدم الحمراء (Red Blood cells (erythrocytes :

تشكل الخلايا أو الكريات الحمراء الأساس أو الجزء الاكبر للكريات الدموية وتكون من نواة (ذات أنوية) في الطيور والأسماك والبرمائيات Amphibian والزواحف Reptilian واجنة الثدييات في المراحل الأولى من تطورها ونموها وخلايا نخاع العظام الحمراء التي تولح خلايا الدم الحمراء للحيوان البالغ ، إلا أنها تكون فاقدة للنواة في الثدييات Mammals وضمنها الانسان حيث تفقد الأنوية عند نشوئها وتطورها ، وتأخذ الكريات الحمراء شكلها وتخصصها كخلية عندما تبدأ فعلاً بنقل الغازات من الدم وتستهلك هذه الخلايا كميات قليلة جداً من الاوكسجين.

وتكون الكريات الحمراء في الحيوانات الثديية مطاطية ، قرصية دائرية مقعرة الوجهين Biconcave عند الجمال فيكون شكلها بيضوي (الشكلين 1 و 2) ، وخلال مرورها في الشعيرات الدموية يتغير شكلها إلا أنها تستعيد شكلها الطبيعي عند رجوعها إلى الأوعية الدموية الكبيرة ، ويزيد تقعر وجهي الكرية الحمراء من المساحة السطحية لها مما يسمح للهيموغلوبين أن يتوزع على مساحة أكبر وكذلك يسهل من عملية التبادل الغازي وتحتوي الكريات الحمراء على ما يقارب 60% ماء و40% مادة صلبة ويمثل الهيموغلوبين **90% من المادة الصلبة و 10% تشمل البروتينات ، الشحوم الكاربوهيدرات وأملاح معدنية.**

ويتألف غشاء الكرية الحمراء من البروتينات والشحوم Lipoide ويكون هذا الغشاء شبه نفاذ وذو اختيارية عالية فهو يطلق الآيونات الموجبة (K^+ . Na^+) بشكل ضعيف ولكنه بسهولة يطلق الآيونات السالبة (Cl^- . Hco^-_3 . So_4^-) والماء ، وتكون الكريات الحمراء ذات شحنة سالبة ويختلف حجمها باختلاف الأنواع وكذلك بين الحيوانات من نفس النوع كما هو الآتي :

الشكل (1) :- كرية الدم الحمراء A- منظر علوي، B- منظر بزاوية، C- مقطع عرضي



كرية دم حمراء ناضجة كما تظهر في صورة أخذت بالمجهر الالكتروني (9800 X)

الجدول (7) :- يبين حجم كريات الدم الحمراء

نوع الحيوان	القطر (مايكرومتر)	الحجم (مايكرومتر مكعب)
الحصان	5.5	60
الأبقار	5.7	67
الأغنام	5.1	32
الماعز	4.1	24
الخنزير	6.1	64
الأرنب	7.0	83
الدجاجة	12 – 7.5	92
الإنسان	6.3	89
الضفدع	25 – 15	750

وتكون الكريات الحمراء صغيرة نسبياً في الأغنام والماعز على الرغم من أن أعدادها تكون عالية وفي الدجاج والضفادع تكون ذات أحجام كبيرة وفي حالة تساوي الكريات بالحجم تسمى Isocytosis أما في حالة تساويها بالحجم فتسمى Anisocytosis وتكون الكريات الدموية الحمراء في الحيوانات الزراعية والإنسان في حالة عدم تساوي في الحجم وفي حالة فقدان الدم يلاحظ حالة عدم التساوي تكون ضعيفة ، ويكون حجم الكريات الحمراء اليافعة أو حديثة التكوين Reticulocyte أكبر من الكريات المعمرة وبقدر سمك الكريات الحمراء **µ2 - 1.5** وهو أصغر ثلاث مرات من قطرها ، ففي حالة الحصان يكون سمكها **1.9 ، الأبقار µ2.2 ، الأغنام µ1.8** ، والماعز تقدر أعداد كريات الدم الحمراء بالملايين بالملمتر الواحد من الدم لذلك فأعدادها في الحيوانات المختلفة تساوي :

الجدول (8) :- يبين عدد كريات الدم الحمراء

نوع الحيوان	عدد الكريات الحمراء (10^6) / 1 مل دم
الحصان	8 – 5
الأغنام	13 – 5
الماعز	19 – 10
الحصان	10 – 6
الخنزير	9 – 5
الأرنب	6.5 – 4
الدجاجة	4 – 3
الإنسان	5.5 – 4.5

ويعتمد عدد الكريات الحمراء على عدة عوامل منها : الغذاء ، الطقس ، الموسم ، الحالة الفسلجية ، العمر ، السلالة ، الحالة الانتاجية ، الجنس وغيرها من العوامل ، وهناك اختلاف في عدد الكريات بين الليل والنهار يقدر بحوالي ±10% وكذلك توفر الحديد والنحاس وبعض الحوامض الأمينية وفيتامين B_{12} و C ومواد أخرى في الغذاء لها دورها في تكوين الكريات الحمراء فنقصها يخفض أعداد الكريات في الدم وترتفع عملية تكوين الكريات الحمراء بارتفاع كميات البروتينات في الغذاء وتنخفض أعداد كريات الدم الحمراء في دم الحيوانات اليافعة من الثدييات التي لا تنتج حليباً في حين يرتفع عددها في الحيوانات الغزيرة الانتاج ، وفي الحيوانات التي تعيش في المناطق التي يكون فيها الضغط الجوي منخفض (المناطق الجبلية المرتفعة) تكون أعداد الكريات الحمراء في دمها مرتفعة ، ويعزى لك إلى انخفاض نسبة الاوكسجين في الهواء في الأماكن المرتفعة عن سطح البحر يؤدي إلى انخفاض كميته المنقولة بواسطة كريات الدم الحمراء من الرئتين إلى انسجة الجسم وبالتالي تحصل حالة نقص وصول O_2 إلى انسجة الجسم مما تحفز إفراز هرمون الأرثربويتين Erythropoitein في الكليتين أو ما يسمى Erythropoietic Stimulating factor ويحفز الهرمون المذكور صناعة وتكوين كريات الدم الحمراء Erythropoiesis في نخاع العظام لكي تزيد من إعداد كريات الدم الحمراء في الدم لأجل نقل O_2 اللازم ، وبذلك تسد النقص الحاصل بعملية وولة إلى الانسجة ، وينخفض عدد الكريات الحمراء في حالة الاقلمة بينما ترتقي عددها في الأجواء الباردة وهذا ربما يعود إلى تأثير تحفيز الإشعاع الشمسي على ال أعضاء التي يخزن فيها الدم ، وتكون أعداد كريات الدم الحمراء في العجول والأغنام والخيول مرتفعة جداً في الأشهر الأولى بعد الولادة وبعد ذلك لغاية عمر 1 – 2 سنة أحياناً تبدأ بالانخفاض وبعد هذه الفترة تبدأ الأعداد بالارتفاع من جديد ومن ثم تأخذ بالاستقرار والمحافظة على عدد ثابت تقريباً ولا يتغير الحجم الكلي لكتلة الكريات الدم الحمراء جميعها جوهرياً مع العمر ولهذا فأن الارتفاع في أعداد الكريات الحمراء في المرحلة الأولى من عمر الحيوان متوافق مع انخفاض احجامها ، وتختلف ديناميكية تغيير أعداد كريات الدم الحمراء مع العمر في الخنازير مقارنة ببقية الحيوانات ، حيث يرتفع أعداد الريات بعد اليوم السابع من الولادة ولغاية الشهر التاسع تدريجياً ، ونظراً لاحتواء حليب الأمهات على كمية قليلة من الحديد في الأيام الألى لذا فلا تتكون الكمية كافية من الهيموغلوبين مما يسبب ظهور حالة فقر الدم Anemia ، وتتأثر كذلك أعداد كريات الدم الحمراء في الدواجن بالعمر ، الجنس ، الحالة الانتاجية ، التغذية ، الظروف البيئية والإجهاد وغيرها من العوامل ، ويتصف دم الحيوانات حديثة السن بوجود أعداد كبيرة من الكريات الحمراء غير كاملة النضج وعادة تحوي الذكور على أعداد أكبر من كريات الدم الحمراء من الإناث ، ويعود ذلك بالدرجة الأولى إلى دور هرمون التستسترون Testesterone ، وبلغ متوسط حياة الكرية الحمراء Life span في **الإنسان 120 يوم** ، **الأرنب والفأر 45 – 50 يوم** ، **الكلب 124 يوم** **والدجاجة 30 يوم** ، ويعود سبب قصر متوسط حياة الكرة الحمراء في الدواجن إلى ارتفاع كل من درجة حرارة الجسم ومعدل الأيض الغذائي.