فسلجة الدم واللمف

ترسب الكريات الحمراء (ESR) Erythrocyte Sedimentation Rate :

عند وضع مضادات التخثر في دم طازج ويترك في اسطوانة تترسب الكريات الحمراء ، وتختلف سرعة الترسيب باختلاف الحيوانات أو الحالة الصحية للحيوان ، فقد يرتفع في حالة وجود التهابات في الجسم ، ولهذا فقياس سرعة الترسب له أهمية في الفحص السريري والتشخيص ، ومعدل الترسب على قوتين رئيسيتين هما قوة الجذب الأرضي التي تسبب ترسب الكريات إلى الأسفل وقوة مقاومة الاحتكاك الناتجة من إحاطة البلازما بالكريات الحمراء التي تحاول إبقاء الكريات عالقة فيها ، وتعتمد سرعة الترسيب على عوامل عديدة منها الوزن النوعي للكريات والبلازما ، حجم وشكل وأعداد الخلايا والتركيب الكيمياوي للبلازما ، فالزن النوعي للكريات الحمراء يكون أعلى من البلازما ، ولهذا فهي تترسب وسرعة الترسيب للكريات الحمراء **(ملم / 1 ساعة)** في مختلف الحيوانات الزراعية وهي :

الجدول (9) :- يبين سرعة ترسيب كريات الدم الحمراء

نوع الحيوان	سرعة الترسيب (ملم / 1 ساعة)
الأبقار	0.62 – 0.56
الأغنام	1.0 – 0.7
الماعز	1.0 – 0.3
الحصان	65.0 – 62.0
الخنزير	35.0 – 20.0
الأرنب	2.0 – 1.0
الدجاجة	30.0 – 20.0
الإنسان	10.0 – 8.0

وعندما توضع كريات الدم الحمراء في محلول فسيولوجي فأن سرعة ترسيبها تكون بطيئة هذا ما يعطي دليل على أن لزوجة البلازما لا تعتبر من العوامل ذات التأثير الكبير في سرعة الترسيب ، ويزداد الترسيب في حالة ارتفاع منشئ الليفين Fibrinogen والكلوبيولين Globulin في الدم ، وبما أن الكريات الدموية الحمراء تمتلك شحنة سالبة على سطحها ، لذلك فهي تتنافر مع بعضها البعض وتكون بحالة عالقة في بلازما الدم ، وبما أن منشئ الليفين Fibrinogen والكلوبيولين تمتلك شحنات موجبة لذلك فهي تمتص adsorption من على سطح الكريات الدموية الحمراء وتحل محل الألبومين Albumen ونتيجة لذلك فهي تعادل جزء من الأيونات السالبة لكريات الدم الحمراء.

وفي حالة فقدان كريات الدم الحمراء لشحناتها الكهربائية فأنها تتخثر ، ويكون ترسيب كريات الدم الحمراء في الخيول أسرع منه في الأبقار وهذا يعود إلى احتواء بلازما دم الخيول على كلوبيولين أعلى من بلازما دم الأبقار ، في حين الابقار تحوي على البومينات أعلى في

بلازما دمها ، ويزداد معدل ترسيب الكريات الدموية الحمراء عندما يزداد تحلل البروتينات في الجسم بشكل حاد.

وتزداد سرعة الترسيب عندما يكون الدم قاعدي وارتفاع الكوليسترول في الدم الحيوانات الحديثة وكذلك الحوامل.

ويمكن تقدير الموازنة البروتينية في بلازما الدم بصورة غير مباشرة بواسطة معدل سرعة الترسيب.

تحلل الدم Hemolysis :

عند تحلل الدم يحصل تمزق لغشاء الكريات الدموية الحمراء red blood cell membrane وخروج الهيموغلوبين Hemoglobin إلى بلازما الدم ، ويعقب ذلك أن يتحول الدم من الحالة غير الشفافة إلى الحالة الشفافة نتيجة لذوبان الهيموغلوبين في بلازما الدم ، ويعزى سبب تحلل كريات الدم الحمراء لعدة عوامل منها الحرارة ، التجميد Freezing ، الإسالة Thwing عوامل ميكانيكية ، عوامل كهربائية ، أصوات عالية التردد Super sonic والنشاطات الإشعاعية التي تسبب تلف الغشاء ، من التأثيرات الكيماوية أو الكيمفيزياوية (الأيثر ، الكلورفورم ، الكحول ، الصوديوم أملاح الصفراء ومواد أخرى) التي تعطل أو تحلل مركبات الغشاء ، كذلك المواد السامة (سموم الافاعي ، النحل ، العنكبوت) والمحاليل ذات التراكيز المختلفة ، ويمكن أن تتغير خواص غشاء الكريات الدموية الحمراء مما يؤدي إلى تغيرات في ثبات (مقاومة) الكريات الدموية الحمراء إلى نشاط أو تأثيرات عوامل تحللها (تحلل الدم).

ويمكن قياس هذا الثبات أو المقاومة بنقل الكريات الحمراء إلى محاليل ملحية لملح الطعام Nacl ذات تراكيز مختلفة وبواسطتها يمكن تقدير المقاومة التناضحية لكريات الدم الحمراء ، وتختلف المقاومة الدنيا (بداية التحلل) والعليا (نهاية التحلل) في كريات الدم الحمراء فالأولى تشير إلى أقل ثبات أو مقاومة للكريات التي تحلل في محاليل ذات تراكيز أعلى نسبياً والثانية تشير إلى أي تخفيف لمحلول يبقي الكريات الحمراء في حالة مقاومة أو ثبات ، ويعرف الفرق بين التركيز الذي عنده يبدأ تحلل الدم أو تحليل كريات الدم الحمراء والتركيز الذي عنده ينتهي هذا التحلل بحدود المقاومة.

المقاومة التناضحية Osmoic Resistance لكريات الدم الحمراء المعبر عنها كنسبة مئوية لمحلول ملح الطعام لبعض الحيوانات المختلة والإنسان هي كما يلي :

الجدول (10) :- يبين النسبة المئوية لمحلول ملح الطعام

نوع الحيوان	المقاومة التناضحية الدنيا	العليا (% Nacl)
الحصان	0.59	0.39
الأبقار	0.59	0.42
الأغنام	0.60	0.45
الماعز	0.62	0.48
الخنزير	0.74	0.45
الأرنب	0.57	0.45
الدجاجة	0.40	0.32
الإنسان	0.44	0.32

الهيموغلوبين Hemoglobin :

يعتبر الهيموغلوبين من أهم تراكيب كريات الدم الحمراء ويقع ضمن البروتينات المعقدة وله وزن جزيئي 68.000 والبناء التقريبي له هو ($C_{636}H_{1025}N_{164}FeS_3O_{181}$) ويشير إلى وجود ذرة حديد واحدة محاطة بأكثر من 2000 ذرة أخرى ، ويتألف الهيموغلوبين من جزء بروتيني غير ملون هو الغلوبيولين (96%) ومجموعة هيم (4%) التي تعطيه اللون الخاص وتحدد الصفة الخاصة لنوع الهيموغلوبين من قبل الغلوبيولين في حين هيم هو نفسه في جميع الثدييات.

وقد وجدت بعض أنواع الهيموغلوبين في الإنسان والحيوانات ، وفي المرحلة الجنينية تبنى هيموغلوبينات الجنين Fatel Hemoglobins وهذه تكون أكثر ثباتاً بالنسبة إلى القواعد والحوامض وهي في حالة يمكنها أن تأخذ وتعطي الأوكسجين حتى في ظروف التنفس السخدي Placental Respiration للجنين.

اكتشفت أنواع مختلفة من الهيموغلوبين الناضجة في مختلف الحيوانات والإنسان ، ففي الأبقار اكتشف هيموغلوبين A وآخر B والتي تكون بدرجات متباينة وهنالك ابقار تحوي النوعين معاً وكذلك يوجد النوعان في الحصان ، والجاموس ، والقطط ، والأرنب الناضج ، وخنازير البحر ، والجرذان والحمام ، وهنالك تخليق وتحطيم مستمرين للهيموغلوبين تجري في جسم الحيوانات وعادة يرتبط ذلك بتخليق وتحطيم الكريات الحمراء ، وينجز تخليق الهيموغلوبين في أرومات الحمراء erythroblasts لنخاع العظام الحمراء والتحكم يجري في جهاز البطانة الشبكي Reticulum endothelial system وبشكل رئيسي في الكبد والطحال ويتحطم خلال 24 ساعة ما يربو على 1% من الهيموغلوبين الكلي ، وبتحطيم الكريات الحمراء وتحلل الهيموغلوبين المتحرر يتحول إلى Verdoglobin وهذا يتحلل إلى بليفردين Biliverdin وحديد وكلوبين Globin فيتراكم الحديد في الأعضاء تحت شكل فيرتن Frritin وهيموسدرين Hemosiderin التي تستخدم في إعادة تخليق الهيموغلوبين الجديد والبليفردين يتحلل إلى

بيليروبين Bilirubin في الدم ، ويمكن مشاهدة محتوى الهيموغلوبين في غم / 100 مل دم لمختلف الحيوانات الزراعية :

الجدول (11) :- يبين محتوى الهيموغلوبين في الدم

نوع الحيوان	الهيموغلوبين (غم / 100 مل دم)
الحصان	14 – 8
الأبقار	14 – 9
الأغنام	15 – 10
الماعز	14 – 7
الأرنب	15 – 8
الدجاجة	12 – 8
الخنزير	15 – 14

يعتمد محتوى الهيموغلوبين في الدم على عدة عوامل وهي تقريباً نفس العوامل المؤثرة على عدد كريات الدم الحمراء (السلالة ، الجنس ، العمر ، الغذاء ، الموسم ، الحالة الانتاجية ، الحالة الفسيولوجية ... الخ) ، في الحيوانات ذات الانتاجية العالية تكون كمية الهيموغلوبين مرتفعة وكذلك في الذكور تكون الكمية أعلى مما في الإناث وأيضاً في الحيوانات حديثة الولادة تحوي هيموغلوبين أعلى من الحيوانات البالغة ، ويعقب نقص الحديد في حليب أمهات الخنازير في فصل الصيف إلى حدوث نقص في كمية الهيموغلوبين في الخنازير حديثة الولادة.

وترتفع كمية الهيموغلوبين خلال فترة الحمل والجهد العضلي وعند العمل المستمر ، أن الوظيفية الرئيسية للهيموغلوبين هي تحقيق نقل الغازات في جسم الحيوان من خلال حمل الأوكسجين من الرئتين إلى الأنسجة ونقل ثاني أوكسيد الكاربون من الأنسجة إلى الرئتين.

ويتكون عند ارتباط الهيموغلوبين بالأوكسجين مركب الأوكسي هيموغلوبين Oxyhemoglobin ويكون هذا المركب قلقاً وذو لون أحمر قاني فاتح وهو الارتباط يكون عكسي ، ويتحدد عدم ثبات الأوكسي هيموغلوبين من قبل الغلوبين Globin ، فحديد جزيئة الهيم يحتفظ بالتكافؤ الثنائي وتعتمد فترة بقائه على الضغط الجزيئي للأوكسجين.

ويكون الضغط الجزيئي في الرئتين حول **100 ملم** زئبق وتمثل **96 – 98%** منه هيموغلوبين التي هي على هيئة أركسي هيموغلوبين أما في الانسجة التي يكون الضغط الجزيئي حوالي صفر ملم زئبق فيتحلل الأوكسي هيموغلوبين إلى هيموغلوبين وأوكسجين.

وفي حالة ارتباط الهيموغلوبين بثاني أوكسيد الكاربون يتكون مركب الكاربوكسي هيوغلوبين Carboxy Hemoglobin الذي يكون قلق وحال وصوله إلى الرئتين يتحرر ثاني أوكسيد الكاربون.

ويكون اتحاد الهيموغلوبين مع ثاني أوكسيد الكاربون أسهل بكثير مع اتحاده مع الاوكسجين ، لذلك من الضروري أن يكون الأوكسجين أعلى **100 مرة** من ثاني أوكسيد الكاربون من جهة ومع الهيموغلوبين من الجهة الأخرى وينشأ النشاط السمي لثاني أوكسيد الكاربون في حالة ارتباطه مع الهيموغلوبين حيث يجرد الهيموغلوبين من امكانية اتحاده مع الأوكسجين وبالتالي نقله إلى الانسجة ، إذ يكفي **51%** من ثاني أوكسيد الكاربون فقط في الهواء المحيط لكي ترتبط معه **80%** من الهيموغلوبين وهذا يقود إلى انقطاع عملية التنفس في الأنسجة (الأكسدة) وبالتالي هلاك الحيوان.

وعندما يصل تركيز ثاني أوكسيد الكاربون إلى **0.04%** في الهواء المحيط بالحيوان فأنه يؤدي إلى حالة التسمم الحادة وكذلك التفاعل بين الهيموغلوبين وثاني أوكسيد الكاربون يكون عكسي ولكن مركب الكاربوكسي هيموغلوبين أكثر ثباتاً من مركب الأوكسي هيموغلوبين وانفصال الكاربوكسي هيموغلوبين يكون **300 مرة** أبطأ من انفصال الأوكسي هيموغلوبين.

في حالة العمل مع مواد ات تأكسد عالي مثل الأوزون أو عند التسمم بالمركبات السامة أو النتروبنزول فأن الحديد الموجود في جزيئة الهيم يمكن أن تتحول إلى حديد ثلاثي التكافؤ F^{+++} عندها ينتج هيموغلوبين واوكسجين ذو لون قهوائي ، وفي حالة احتواء الدم على هيموغلوبين أعلى من الحد المقرر **(لغاية 70%)** فأن تحرير الأوكسجين إلى الانسجة يتوقف ويحصل الموت نتيجة الاختناق ، وفي حالة كون الميثوموغلوبين قليلة فأنها تختزل باستمرار إلى هيموغلوبين ويوجد في العضلات القلبية والجسمية هيموغلوبين العضلات الذي يدعى المايوغلوبين Myoglobin الذي يكون جزءه البروتيني (غلوبين) أقل بوزنه الجزيئي من القسم البروتيني للهيموغلوبين ، ويلعب المايوغلوبين دوراً مهماً في تجهيز العضلات العاملة بالأوكسجين ففي حالة تقلص العضلات فأن الأوعية الدموية الشعرية تضيق ويتوقف تدفق الدم في بعض أقسام العضلة ومن النعم وجود الأوكسجين المرتبط مع المايوغلوبين حيث يقوم بتجهيز الألياف العضلية بالأوكسجين لفترة مؤقتة كذلك يلعب دوراً مهماً وكبيراً في عملية غوص الثديات البحرية مثل الدلفين ، الحوت ، وعجل البحر.

كريات الدم البيضاء Leukocytes :

تلعب دوراً مهماً في الوظائف الدفاعية واستعادة الشفاء في جسم الكائن الحي ووظائفها الرئيسية هي الالتهام Phagocytosis وانتاج الأجسام المضادة Antibody وافراز وتحطيم السموم من المصدر البروتيني وتكون الكريات البيضاء أكبر من الكريات الحمراء حيث تتراوح قطرها **من 5 – 20 مايكرون** وليس لها لون وتمتلك كل المواصفات الشكلية والوظيفية للخلية من محتويات عضوية وبروتوبلازم ذو تركيب خاص ، وللكريات البيضاء القدرة على الحركة والمرور خلال الجدران الرقيقة للشعيرات الدموية حيث تدخل في الفراغات بين الأنسجة وذلك عن طريق تكوينها الأرجل الكاذبة Pseudopod التي هي عبارة عن نموات بروتوبلازمية رقيقة تنفذ خلال جدران الشعيرات الدموية وخلالها تخرج محتويات كريات الدم بكاملها.

ولبعض أنواع الكريات الدموية البيضاء القابلية على التقبل والأخذ وكذلك حمل ونقل وتحطيم المواد الغريبة الداخلة في الجسم وكذلك المواد المنتجة التي أصبحت ضارة وهكذا فهي تحطم أجزاء وأقسام محددة من النسيج العظمي عند تكون العظام الطويلة.

وتشترك الكريات الدموية البيضاء في نكوص Involution أعضاء مختلفة مثل الغدة اللبنية وبمساعدتها يتم تحطم النظف Sperms الفائضة التي تتجمع في الجهاز التناسلي الأنثوي الناقل بعد عملية الجماع.

تطلق الكريات الدموية البيضاء أقدامها الكاذبة عند عملية الالتهام وتمس المكروبات أو أي جسم غريب وتربطها بجسمها وتفرز مجموعة من الانزيمات الموجودة لديها مثل البروتيز Protease ، اللايبيز ، تربسين Trypsin ببيتايديز Peptidase كاربوكسي بيتايديز Carboxy Peptidase والخ ، وتحتوي كريات الدم البيضاء على مواد لها صفات مضادات البكتريا Bactericidus ويكون استهلاكها من الأوكسجين عالياً نسبياً حيث تستخدم الكلوكوز وذلك بتحليله إلى حامض اللبنيك Lactic acid.

ويوجد في كريات الدم البيضاء إضافة إلى المركبات العضوية الاعتيادية بعض المركبات مثل Glutathione ، هستامين Histamine ، والكلايكوجين Glycogen.

وتساعد كذلك على عملية أيض الدهون وامتصاصه في الأمعاء وتحمل بعض العناصر الضرورية لبناء النسيج العظمي وهي تشترك كذلك في المحافظة على التركيب الطبيعي لبروتينات البلازما.

أن عدد كريات الدم البيضاء في 1 مل^3 دم لمختلف الحيوانات الزراعية هو :

الجدول (12) :- يبين عدد كريات الدم البيضاء

نوع الحيوان	عدد الخلايا (10^3)
الأبقار	8 – 5
الأغنام	12 – 6
الماعز	16 – 8
الخيل	12 – 7
الخنزير	21 – 10
الأرنب	12 – 6
الإنسان	8 – 5
الدجاج	30 – 20

ويعتمد عدد الكريات الدموية البيضاء على نوع الحيوان ، السلالة ، العمر ، التغذية ، الحالة الفسيولوجية ، المرض ... الخ ، وتعرف زيادة أعداد كريات الدم البيضاء عن الحد الطبيعي باللليكوسايتوسس Leucocytosis والنقصان باليكوبينية Leucopenia.

ويرتفع عدد كريات الدم البيضاء خلال وبعد تناول الحيوان للطعام Nutritional Leucocytosis خلال الحمل ، الحلب ، الإجهاد العضلي الحاد ، التحفيز ، الخوف ، حالات الالتهاب ... الخ.

ويمكن تقسيم كريات الدم البيضاء اعتماداً على أصل ومنشأ تركيب النواة والبروتوبلازم إلى حبيبية Granulocyte وغير حبيبية aGranulocyte ويوجد في بروتوبلازم الكريات الحبيبية حبيبات متميزة التي تصطبغ بالصبغات القاعدية ، الحامضية ، أو المتعادلة واعتماداً على الصبغات تقسم كريات الدم البيضاء الحبيبية إلى :

الكريات القاعدية Basophili granulocytes :

وتمثل خلايا كروية أو بيضوية الشكل يتراوح من **8 – 15** وعددها في الحيوانات يكون قليل ، ففي الدواجن والأرانب تمثل **2 – 4%** من المجموع الكلي للخلايا البيضاء وفي بقية الحيوانات **تمثل 0.5 – 1%** ولا تقوم بالالتهام ولكن تحمل المواد الغذائية وتشترك في تكوين الهيبارين Heparin وفي معادلة وموازنة البروتينات المنقولة من الخارج وكذلك عند تجديد الأنسجة.

الكريات الحامضية Eosinophil Granulocytes :

تكون كروية كبيرة يتراوح قطرها من **11 - 20µ (مايكرون)** وعددها قليل ، **ففي الحصان تمثل 4% من المجموع العام للكريات الدموية البيضاء وفي الأبقار 7% والأغنام 5% والماعز 3%والخنازير 2.5% والدواجن 12%** والبروتوبلازم أما يكون بدون لون أو أزرق فاتح ومملوء بالحبيبات التي تكون كثيفة وتتقبل الصبغات الحامضية الأيوسين eosin ذات اللون الأحمر.

وما يتعلق بحجمها فأكبرها توجد في الحصان ثم الخنازير والكلاب وأصغرها في الماعز ، الأغنام ، الأبقار ، والقطط ، وتصطبغ نواتها باللون البنفسجي وتكون أقل تخصصاً من نواة الخلايا القاعدية Basophil ، وللخلايا الحامضية نشاط التهامي ضعيف وهي تفرز انزيمات خارج جسمها مشابه إلى الانزيمات الداخلية التي تحيط الاجسام الغريبة وذلك بالتأثير عليها من الخارج.

الكرويات المتعادلة Neutrophil granulocytes :

وهي تشكل أعلى نسبة من الخلايا الحبيبية ، ففي الحصان تكون **النسبة 57% من المجموع العام للخلايا وفي الأبقار 28.5%، الأغنام 35% ، الماعز 42.5% والخنازير 38%** ، وتسمى الكريات المتعادلة Neutrophil في الطيور باسم هيتروفيل Heterophil نظراً لاصطباغها بالصبغات الحامضية وتكون نسبتها في الدجاج 26% من المجموع العام للخلايا الدموية البيضاء ، ويكون قطرها **7 - 15µ (مايكرون)** والسايتوبلازم محبب بشكل جلي وقوي وتقبل حبيباتها الصبغات القاعدية والحامضية.

نواة هذه الكريات الصغيرة تشبه حدوة الفرس Metamyelocyte والخلايا هذه نادراً ما توجد في الدم المحيطي Peripheral Blood وفي المرحلة التالية تطول النواة تدريجياً وتأخذ شكل العصية الصغيرة والأخيرة هذه تكون بكميات غير كبيرة في الدم ، ويعتبر ارتفاع أعداد هذه الخلايا وكذلك ظهور الخلايا اليافعة في الدم دليل على ارتفاع النشاط الوظيفي لتكوين الدم وبعد فترة تأخذ النواة الشكل المفصص وترتبط هذه الفصوص فيما بينها بواسطة خيوط غير مرئية تتكون من مادة النواة ، هذه هي القاعدة الرئيسية التي تمثل كريات الدم البيضاء في الحيوانات البالغة.

وتمتلك بعض الخلايا المتعدلة لإناث الثدييات امتدادات نووية تشبه العصا ومضرب التنس وهذه احدى علامات الجنس وتلعب الخلايا المتعادلة دوراً فسيولوجياً مهماً في جسم الحيوان ،حيث تمتلك انزيمات أكسدة وانزيمات محللة البروتينات ولها القدرة على التحرك والتنقل بشكل عالي ، حيث تهاجر بسهولة داخل الانسجة وكما هي في الدم كذلك في الانسجة فهي معروفة بأنها من الخلايا الملتهمة ولهذا فهي تعرف بأنها الخلايا الملتهمة الصغير للمواد Micro phagocyte.

الكريات اللا حبيبية Agrauio cytes :

لا تمتلك في سايتوبلازمها حبيبات وتكون نواتها كروية كبيرة ، وتشمل كل من اللمفية Lymphocyt وحيدة النواة Monocyte والبلازمية Plasmacyte.

الخلايا اللمفية Lymphocytes : تتكون في العقد اللمفاوية والطحال وتكون نموذجية بالنسبة إلى الخلايا اللا حبيبية من حيث عدم احتوائها على أي حبيبة في السايتوبلازم وهي تشكل جزء مهم من الكريات البيضاء **ففي الحصان 35.5%** ، **الأبقار 57%** ، **الأغنام 56.5%** ، **الماعز 50%** ، **الخنازير 55%** **والطيور 48.5 – 56%** ، وتكون أما صغير الحجم (**5 - 11 µ**) أو كبيرة (**9 – 19 µ مايكرون**) وكروية ذات نواة بيضوية محاطة بغشاء سايتوبلازمي رقيق أزرق شاحب اللون والخلايا اللمفية تحتوي على انزيم Lipase التي ربما لها علاقة في عملية امتصاص المواد الغذائية من الأمعاء وتشترك في تكوين الكلوبيولين الموجود في الدم ($\beta.\gamma$ globuin) وفي السايتوبلازم الكثير من البروتينات النووية التي تنتج كميات كبيرة من المضادات الجسمية Antibodies وللخلايا هذه القدرة على الحركة الأميبية إلا أن قدرتها على الالتهام ضعيفة حيث تقوم بهذه الوظيفة الخلايا الكبيرة فقط.

وحيدة النواة Mono cytes : تعتبر أكبر الخلايا الدموية **1 – 20 µ مايكرون** وشكلها مروي وقد لا يكون لها شكل ثابت ونواتها تشبه شكل الكلية وتقع خارج مركز الخلية التي تصطبغ بالصبغة القاعدية ولون السايتوبلازم يكون رمادي والخلايا هذه تحتوي على الخمائر المحللة بالبروتينات Proteolytic enzymes التي من نوع Cathepsin ، وتمتاز كذلك بقدرتها على ابتلاع الأجسام الغريبة المتحللة وخاصة خلايا وحيدة النواة الكبيرة الحجم ، ووحيدة النواة تقوم بتحطيم الكريات الحمراء الميتة وتعزل كذلك خلايا الأنسجة الميتة التالفة وعددها **يتراوح 2 – 8%.**

الخلايا البلازمية Plasmocytes :

نواتها تكون أما كروية أو بيضوية ويصطبغ السايتوبلازم بالصبغات القاعدية ولها القدرة على تخليق البروتين وهي تشترك بشكل فعال جداً في تكوين الأجسام المضادة وتوجد في الدم المحيطي في حالة المرض ويمكن أن يرافق ارتفاع أو انخفاض أعداد الكريات البيضاء ، أما بزيادة أو نقصان في عدد مختلف أنواع الكريات البيضاء والعلاقة بين الأنواع المختلفة للخلايا البيضاء يعبر عنها في نسبة تدعى Leucocyte formula وتحديد هذه النسبة له أهمية كبيرة في دراسة الحالة الفسيولوجية للحيوان فبالنسبة هذه تختلف باختلاف عمر الحيوان لذا نلاحظ في الحيوانات حديثة الولادة يكون عدد الخلايا المتعادلة كبيراً.

وتنخفض أعداد هذه الخلايا في الأيام الأولى من عمر الحيوان وبعد ذلك ترتفع من جديد ، اما الخلايا اللمفية فتكون أعدادها قليلة في الحيوانات الحديثة الولادة وتبدأ أعدادها بالارتفاع بشكل كبير منذ اليوم الرابع بعد الولادة ولغاية السنة الرابعة وبعد ذلك العمر تبدأ أعدادها بالانخفاض ، ويلاحظ كذلك في الحيوانات اليافعة وجود أعداد كبيرة من الخلايا المتعادلة غير مكتملة النمو وانخفاض أعداد الخلايا الحامضية ، أما في الأبقار ذات الانتاجية العالية من الحليب فيلاحظ ارتفاع في الخلايا المتعادلة وانخفاض في الخلايا الحامضية عن المعدل الطبيعي ، واثبت كذلك أن في حالة إثارة الجهاز العصبي السمبثاوي فأن عدد الخلايا المتعادلة يرتفع في الدم ، أما في حالة إثارة العصب التائه VAGUS NERVA فترتفع الخلايا الحامضية وكذلك إثارة مختلف المستقبلات Receptors الجسمية حفز تغيير في نسبة الكريات البيضاء في الدم في حالة إثارة مستقبلات المعدة حصل زيادة في إعداد الخلايا البيضاء المتعادلة في حين انخفضت الخلايا اللمفية ، وتؤثر هرمونات الغدة الدرقية والنخامية على الخلايا الدموية البيضاء حيث عند عمل هرمون مغذي قشرة الكظرية Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH) وهرمون النمو Growth Hormone يرتفع عدد الخلايا المتعادلة وينخفض عدد الخلايا الحامضية في الدم.

وخلال فترة المرض يرتفع نوع أو أكثر من الخلايا البيضاء وبالتعاقب التالي ، الخلايا المتعادلة ، الحامضية ، القاعدية ، اللمفية ، ووحيدة النواة.

الصفيحات الدموية (Thrombocytes) Blood Platelets :

عبارة عن صفيحات مغزلية أو كروية وبدون نواة ذات حجم يتراوح بين **2 – 4 (مايكرون)** ويمكن أن يشاهد منطقتين مختلفتين فيها الأولى بروتوبلازمية محيطية والثانية ذات حبيبات صغيرة تشبه النواة تدعى كراينلومير granulomere التي تتكون من **5 – 10 حبيبات عصوية أو كروية** وتتلون الصفيحات باللون البنفسجي ولها وظيفة دفاعية مهمة خاصة في عمليات تخثر الدم وذلك عندما تتجمع على سطح المنطقة المجروحة أو المقطوعة خارج الوعاء الدموي ، وهي تتحطم بسرعة ونتيجة لذلك تبدأ عملية التخثر وتتكون خيوط الليفين Fibrin المكونة المخثرة وتفرز منها مادة Retactosin التي تحفز على انكماش تخثر الدم ، وفي حالة تفكك الصفيحات تفرز مادة السيروتنين Serotonin التي تساعد على ايقاف الدم النازف من خلال تقلص الوعاء الدموي ، وتحصل الصفيحات الدموية على طاقتها من خلال تحلل السكر

glycolysis حيث يتحلل جزء كبير من الكلوكوز إلى بايروفيت Pyruvate ولاكتيت Lactate وكمية قليلة فقط تتحول إلى ثاني أوكسيد الكاربون وماء ، وهذا يحدث في المتقدرات Mitochondria التي تكون قليلة وصغيرة في الصفيحات الدموية ، وتمتلك الصفيحات الـ ATP عالي النشاط الذي يكون مرتبط بالبروتين Thrombostenin ومن هذا البروتين وعند تفكك الصفائح تتحدد كمية كبيرة من الطاقة وهذه الطاقة تستخدم للتقلص والانكماش وتحوي الصفيحات الدموية على فوسفوليبيدات Phospholipides ، سفنكومايلين sphingomyelin ، ليسثين Lecithin واستيل فوسفاتايدز Acctyiphos phatides ويكون عددها في الحيوانات المختلفة على الوجه الآتي :

الجدول (13) :- يبين عدد الصفائح الدموية في الدم

نوع الحيوان	عدد الصفيحات الدموية بالآلاف / ملم^3 دم
الحصان	900 – 200
الأبقار	700 – 200
الأغنام	980 – 170
الماعز	1020 – 310
الخنزير	250 – 130
الطيور	210 – 22.9
الإنسان	400 – 150

في الدواجن يلاحظ أن الصفيحات الدموية يكون شكلها مغزلي ذات حجم **9 مايكرون** ويكون عددها في الحيوانات حديثة الولادة قليل وتدعى زيادة الصفيحات الدموية في الدم بثرمبوسايتوسي Thrombocytosis ويحدث ذلك أثناء الحمل وخلال فترة هضم الغذاء وامتصاصه ، ونقص فيتامين A يخفض عددها ومتوسط عمر الصفيحات الدموية يتراوح **3 – 5 يوم** تتحطم في الدم أو في خلايا الشبكة البطانية (RES) reticuloenddothelial cells للطحال.

تكون الدم Blood formation :

لا تتكون الخلايا الدموية في الدم الدائر Circulating blood ولكنها تتكون في أعضاء مولدات الدم haemato genes في الجسم والتي هي نخاع العظم Bone norrow ، العقدة اللمفاوية lymph genes الطحال Spleen وجهاز البطانة الشبكية (RES) وتتكون الخلايا الدموية من خلايا النسيج الرابط للأعضاء المذكورة أعلاه وكذلك من خلال جهاز البطانة (RES) للكبد والطحال ، وينتج نخاع العظم كريات الحمراء والبيضاء (المحببة) والصفيحات الدموية بينما ينتج الطحال العقد اللمفاوية وخلايا جهاز البطانة الشبكية تنتج وحيدة النواة ، ويعتبر نخاع العظم من أهم الأعضاء المولدة للخلايا الدموية وقد أثبت أن 1 مللتر من نخاع العظم الأحمر يمكنه أن ينتج كريات دموية تكفي 4 مللتر دم.

تتكون الكريات الدموية الحمراء في بداية فترة التطور الجيني من خلايا الأديم المتوسط Mesoderm لكيس الصفراء yolk sac وبعد ذلك من خلايا الأديم المتوسط للجنين ، ويكون المكان الرئيسي لتكوين كريات الدم الحمراء في المرحلة اللاحقة من التطور الجيني هو الكبد والطحال وبعد ذلك يشترك نخاع العظام ، ويتقدم عمر الحيوان فأن نخاع العظم الأحمر وخاصة في العظام المجوفة يتبدل بنخاع أصفر وبذا تكون خلايا الدم الحمراء يتم في العظام الصفائح الاسفنجية (كالجمجمة ، عظام الصدر ، الفقرات ، الأضلاع) وفي أعمدة بعض العظام الطويلة ، وعند الضرورة يمكن لنخاع العظم الأصفر أن يستعيد قدرته وبغضون **2 – 4 يوم** على تكوين كريات الدم الحمراء ويتحول إلى نخاع أحمر وفي هذه الحالة ممكن أن يشترك من جديد كل من الكبد والطحال في عمليات تكوين كريات الدم الحمراء.

وتتكون كريات الدم الحمراء داخل خلايا جدران الشعيرات الدموية التي تكون مغلقة ولم يجري بداخلها الدم فترة تمون كريات الدم الحمراء ، الخلايا الأولية المتكونة هي سلف الأرثروبلاست Proerthreblastes تمتلك نواة ولكنها لا تحوي على هيموغلوبين في السايتوبلازم وعند نضوج هذه الخلايا تتحول إلى خلايا حاوية على الهيموغلوبين ، وتزداد كمية الهيموغلوبين عندما تصل الخلية الحمراء إلى مرحلة نورموبلاست Normo Plastes وبعد ذلك تقذف النواة خارجاً أو تذوب وبذلك فأن كرية الدم الحمراء التي بدون نواة Normocytes تدخل مجرى الدم بعد أن تنتفخ الشعيرة الدموية التي كانت مغلوقة خلال فترة تكون خلية الدم الحمراء.

بعض الخلايا الدموية الحمراء تحوي كميات قليلة من المواد القاعدية على شكل حبيبات منقطة وتدعى هذه الخلية الشبكية reticulocytes يلعب دوراً مهماً في عملية تكوين كريات الدم الحمراء وبناء الهيموغلوبين كل من الحديد ، المنغنيز ، الرصاص ، النحاس ، الكوبلت ، فيتامين B_6 ، B_{12} ، فيتامين C ، فوليك أسد Follic acid ووجود الحوامض الأمينية.

ولأجل سير عملية تكوين كريات الدم الحمراء بشكلها الطبيعي يجب أن تتوفر المواد الغذائية باستمرار وخاصة البروتينات الحاوية على الحوامض الأمينية (فنيل الأنين Phenal alanine ، برولين Prolil ، والتايروسين Tyrosin) وكذلك تؤثر بعض الغدد الصماء التي لها دورها في عملية تكوين كريات الدم الحمراء مثل الغدد النخامية Hypophysis ، الدرقية Thyroid ، والمبايض Ovaries وتعمل الكمية غير الكافية من الأوكسجين وكذلك نزف الدم كمحفزات على تنشيط تكوين كريات الدم الحمراء.

ويكون القسم النمائي Vegatative Port من الجهاز العصبي المركزي المسؤول عن التنظيم والمحافظة على العدد الطبيعي لكريات الدم الحمراء في الدم.

تتحطم كريات الدم الحمراء الهرمة بدرجة رئيسية في خلايا البطانة الشبكية للطحال والكبد أيضاً يمكنها أن تتحطم بواسطة نفس خلايا البطانة الشبكية لأعضاء الجسم المختلفة ، وتقوم خلايا البطانة الشبكية بالتهام كريات الدم الحمراء فالحوامض الأمينية المحررة من تحلل الغلوبيولين تستعمل في عملية أيض البروتينات ، أما الحديد المتجمع الذي يرتبط بالبروتينات على هيئة حديدين ferritin في الطحال والكبد أو مرة أخرى يحمل على هيئة مرتبطة مع البروتين transferritin إلى نخاع العظم لاستخدامه في صناعة كرية حمراء جديدة.

وهناك حالة توازن نسبي بين ما ينتج من كريات الدم الحمراء وبين ما يتحطم ، ويتم هدم كريات الدم الحمراء للإنسان في الطحال أما بالنسبة إلى الكلاب فيتم ذلك في نخاع العظم في حين يتم ذلك في الكبد بالنسبة إلى الدجاج ، وما يتعلق بعملية تكوين وتحطيم كريات الدم البيضاء فأن المحافظة على الثبات النسبي لعددها يرتبط بالمحافظة على عمليتي تكوينها وتحطيمها ، أن متوسط طول حيات الكريات البيضاء قصير جداً فالحبيبة **3 أيام واللمفية 8 ساعات فقط** ، وفي حالة المرض يمكن أن تهلك جميع الخلايا البيضاء في ليلة واحدة ، وتعزل الكريات الميتة والأجزاء المتكونة نتيجة تحليلها في الكبد والطحال وجهاز البطانة الشبكي ، وعدا ذلك فأن الكريات البيضاء مضافاً لها المواد الملتهمة من قبلها ممكن أن تدخل التجويف المعوي وتهضم هنا وبهذه الطريقة تعزل المواد والأجسام الغريبة الملتهمة من قبل الكريات البيضاء ويستفاد أيضاً من الحوامض النووية لبروتينات الكريات البيضاء في صناعات جديدة ، والكريات البيضاء تشبه الحمراء من حيث أنها تتطور من نفس الخلايا الدموية الأولية heamocytoblasts إلا أنه يتم ذلك خارج الأوعية الدموية ، فالخلايا الحبيبية تتكون في نسيج نخاع العظم أما اللمفية تتكون بشكل رئيسي في الطحال (العقيدات الثانوية) ، وكذلك في العقد اللمفاوية هناك مجموعة من العوامل تؤثر على تكوين الكريات البيضاء منها ظهور الأجسام الغريبة ، المواد المهيجة ، البكتريا ونواتجها ، نواتج الخلايا ، **الفيتامينات (B_2 ، B_1) حامض الفوليك Follic acid** وهرمونات الغدة الكظرية ، الدرقية ، الغدد التناسلية وكذلك التغذية ، الحمل ، العمل العضلي ، العمر ... الخ ، ان المحفزات أو المهيجات المباشرة مثل البكتريا ونواتجها البروتينات الغريبة ونواتج النيوكليوتيدي بجميع الاحتمالات تحفز عن الطريق العصبي خلايا محددة في الدماغ المتوسط Diencephalon الذي من خلال الأعصاب السمبثاوية ترسل تحفيزاتها إلى الكبد الذي ينتج فيه مواد تدعى Leucopoieten وهذه المواد تحفز نخاع العظام عن طريق الدم وتنشط عملية تكوين الخلايا البيضاء وإرسالها إلى الدم ، وتكون الصفيحات الدموية في الخلايا العملاقة أو الكبيرة megakaryocyte الموجودة في نخاع العظام والصفيحات الدموية تمثل جزئيات أو قطعيات من السايتوبلازم التي تنفصل من هذه الخلايا.

المجاميع الدموية Blood groups :

عند مزج دم من نوع معين مع دم حيوان من نوع آخر فأن الخلايا الدموية الحمراء للدم الغريب تتلازن فيما بينها agglutination ويتحلل الدم hemolysis ويحدث اختلاف في التلازن heteroagglut ination وممكن أن تحدث هذه العمليات عند اعطاء دم حيوان إلى آخر من نفس النوع أو من شخص إلى آخر iso aggluitanation ، ان سبب التلازن هو وجود كلوبيولينات خاصة في الكريات الحمراء تمتلك صفات وخواص المستضدات antigens وهذه الكلوبيولينات تحفز تكوين مضادات الاجسام antibodies ، هناك أربعة تراكيب دموية في الإنسان تكون المجاميع الدموية التالية :

المجموعة A : تحوي على لزين A (A – agglutiongen) في الكريات الحمراء والملزن (agglutinin –) في البلازما.

المجوعة B : تحوي على لزين -B في الكريات الحمراء والملزن α في البلازما.

المجموعة AB : تحوي على لزين -AB في الكريات الحمراء وليس لها ملزن في البلازما.

المجموعة O : لا تحوي على لزين في الكريات الحمراء في البلازما يوجد الملزن -B ، X.

وقد اثبت أن حوالي **40%** من الناس يحملون دم من المجموعة O و **30%** من المجموعة A و **15%** من المجموعة B و **6%** من المجموعة AB ، وتكون الانتماءات إلى المجاميع السابقة نتيجة التوارث على أساس التغلب الوراثي المرتبط بالجنس وفي حالة نقل دم من شخص لآخر فأن الشخص المعطي يدعى الواهب donor ومستقبل الدم يسمى المستلم receptor ، ويمكن لكل مجموعة أن تعطي الدم إلى نفس مجموعتها بحرية تامة وتعتبر المجموعة O واهب عام وذلك لعدم وجود اللزين في كريات الدم الحمراء لديها ، والمجموعة AB تعتبر مستلك عام وذلك لعدم وجود الملزن في السيرم Serum (مصل الدم) ، وفي حالة نقل الدم بين المجاميع المختلفة المنشأ heterogeneous فأن الكمية المعطاة يجب أن لا تتجاوز **300 مللتر** ، وإضافة إلى ما سبق من المجاميع الدموية فأن كريات الدم الحمراء لـ **85%** من الناس تحوي على عامل آخر يدعى بالعامل الريصي Rhesus – factor أو يدعى Rh – factor الذي يوجد في ثلاثة أشكال مختلفة هذا وقد تعقدت المجاميع الدموية في السنوات الأخيرة نتيجة لاكتشاف لزينات جديدة ، ففي كريات الدم الحمراء التي لا تحوي على Rh – factor اكتشف وجود Hr – factor الذي يكون متضاد متضاد مع Rh – factor وهذا أيضاً يكون على ثلاثة أشكال مختلفة ما عدا ذلك فقد وجد العديد من اللزينان مثل . Zk . Fy . Le . IN . K . D M . N . S . P وغيرها ، وبهذا فأن الخلط أو الدمج بين هذه العوامل أعطت رقماً كبيراً جداً وعموماً عند إجراء عملية نقل الدم يكفي فقط تحديد المجاميع الدموية الأربعة الرئيسية عن طريق اللزينات A . B وكذلك Rh . Hr – factor.

كذلك هناك مجاميع دموية في الحيوانات الزراعية ولكنها لم تكن مطابقة إلى المجاميع الموجودة في الإنسان بالرغم من تسميتها بنفس الأسماء اللاتينية وهذه خاصة لكل نوع من الحيوانات.

ولقد تم نجاح استخدام المجاميع الدموية في الحيوانات في عملية التحسين الوراثي عند الكشف والمحافظة على الخطوط الدموية وكذلك التجهيز المنتجين بالمعلومات عن أصل ومنشأ الأنواع وذلك بفحص الأجيال عن طريق النسل وغيره ، وبهذا فالعلم الخاص بالمجاميع الدموية ظهر كعامل مهم في تربية وتحسين الحيوانات الحديثة.

وباستخدام الطريقة المناعية Lmrnunization عن طريق معاملة حيوانية التجربة بكريات دم حمراء للأبقار ثم اكتاب عدد ضخم من العوامل الدموية التي تشابه بخواصها الكيمياوية السكريات المتعددة المخاطية Mucopoly saccharides وبهذه الطريقة تم إثبات 51 عامل دموي Blood factor (مستضدات) لحد الآن في دم الأبقار وبسبب الصعوبة في تسميتها فقد دمجت في أحد عشر مجموعة دموية مختلفة الأنظمة ، وفي الحصان فأن اكتشاف الأضداد النشطة قاد باستمرار إلى إثبات 10 عوامل دموية مختلفة وهي :

.K . J . I . H . G . F . E . D . C . B . A

ولكن عن طريق المناعة اكتشف أكثر من 19 عامل ، واكتشف في الخنازير 15 عامل أما في الكلاب فقد أثبت وجود الملزنات الطبيعية التي تدعى ملزنات Anti – J وملزنات Anti – I باستخدام الطريقة المناعية في الدواجن فقد تم اكتشاف 7 أنظمة دموية لحد الآن التي تمثل بأحرف C . B . A . N . L . E . D وكل من هذه الأنظمة ممكن أن تحوي على مجموعة من العوامل ، فعلى سبيل المثال النظام الدموي A يحوي على العوامل A_1 . A_2 . A_3 وهكذا فقد أثبت في الدواجن أن النظام الدموي A يشمل 9 عوامل مختلفة ، أما النظام B فيسمل 5 عوامل مختلفة.

اللمف تكونه وحركته Lymph its formation and movement :

يكون الدم على اتصال مباشر مع خلايا الأنسجة في الكبد والطحال فقط ، أما في باقي انحاء الجسم الأخرى فأنه الوسيط الرئيسي بين الخلايا والدم وهو السائل النسيجي ومن خلال تنقل المواد الغذائية وبقية المواد المحمولة مع الدم إلى الخلايا ويؤخذ عن طريق المواد المتكونة نتيجة الفعاليات الحيوية للخلايا.

إن كمية السائل النسيجي في الجسم كبيرة وهي أكثر من الدم وتصل حوالي **%50** مجمل كمية الماء الكلية الموجودة في جسم الكائن الحي ، وينتقل السائل النسيجي باستمرار من خلال الفراغات بين الخلايا في داخل الشعيرات اللمفاوية المغلقة النهايات وعليه فأن الشعيرات اللمفاوية تبدأ من الفراغات بين الخلايا ، وتمتاز جدران الشعيرات اللمفاوية بأنها ذات نفاذية عالية لمختلف المواد كذلك فهي تمتص السوائل الغروية وغيرها بسهولة.

ويتجه السائل النسيجي نحو الأوعية اللمفاوية الأكبر ويختلط هناك مع سوائل نسيجية أخرى قادمة من أعضاء مختلفة ويكون بذلك سائل عام يدعى اللمف ، تتجمع الأوعية اللمفاوية في أوعية أكبر فأكبر فحين تكوين الوعاء اللمفاوي الصدري والوعائين اللمفاويين الايسر والأيمن للقصبة الهوائية ، ومن خلال هذه الأوعية يصل اللمف إلى الوريد الأجوف العلوي Superior vena cave ويختلط بالدم ، وللمف الجاري من الأعضاء المختلطة صفات تعكس خواص عمليات الأيض المختلفة في كل عضو ولهذا فاللمف المقاوم من الكبد يحتوي على بروتينات اكثر واللمف القادم من الأوعية اللمفاوية للغدد الصماء يحوي على هرمونات أكثر وهكذا.

وتنتشر الغدد أو العقد اللمفاوية Lymphatic nodes على طول مسار الأوعية اللمفاوية ، ولهذه العقد وظائف دموية مثل انتاج الخلايا اللمفية Lymphocytes وكذلك تلعب دوراً دفاعياً مهماً في تمثل الحاجز أو العائق لمختلف الأحياء الدقيقة Micro organism والسموم القادمة مع اللمف الجاري من الأنسجة في منطقة العقد اللمفاوية الخاصة ، كذلك تتجلى أهمية الجهاز اللمفاوي في الوظيفة الهضمية ، حيث تمتلك الزغابات المعوية Intestinal Villosity أوعية لمفاوية Lactreal متطورة بشكل جيد وبواسطها يتم امتصاص الدهون بشكل خاص.

تركيب اللمف :

اللمف سائل عديم اللون أو أصفر فاتح وهو بتركيبه وخواصه يشابه بلازما الدم ، الوزن النوعي للمف هو **1.023 – 1.026** وأسه الهيدروجيني PH يكون مقارباً إلى ما هو عليه في الدم ، أما محتوياته من البروتينات (الأح albumin والكلوبيولين globulin) فهو **0.3 – 0.5%** ، وبمقارنتها مع بروتينات البلازما التي تحوي على **6 – 8%** فأنها تكون بأقل بكثير وتكون نفاذية جدران الشعيرات اللمفاوية إلى البروتينات ضعيفة ، وهذه الظاهرة أو التكيف الفسيولوجي مهمة لأن كمية السائل النسيجي في الجسم كبيرة جداً ولو حدث وسمح للبروتينات بالنفوذ عبر جدران الشعيرات اللمفاوية فأنه سيحصل أن يمتلك الجسم مصادر ضخمة جداً من البروتينات موجودة داخل السائل النسيجي.

يحوي اللمف عل كميات قليلة من منشئ الليفين Fibrinogen وهو يشابه بلازما الدم في قدرته على التخثر ويحتوي على كميات قليلة من الدهن والتي تعتمد على الحالة الغذائية لأن امتصاص الدهون يتم عن طريق اللمف وترتفع كميتها بعد التغذية لتصل إلى **3 – 4%** خاصة عندما يحوي الغذاء نسبة عالية من الدهون ، وفي هذه الحالة فأن اللمف السائر مع الأمعاء خلال فترة التغذية يكون غني بقطيرات دهنية وهو يشابه الحليب بذلك يسمى ذلك اللمف بعصير الحليب Succus Milk وتتراوح كمية سكر الكلوكوز ، الانزيمات والأجسام المضادة Antibodies بحدود **0.6 – 0.16%** في اللمف.

ويكون تركيز الأملاح المعدنية في اللمف مقارباً إلى تركيزه في بلازما الدم 0.8 – 0.9% ويمثل ملح الطعام Nacl أعلى نسبة ، وتوجد في اللمف الكريات الدموية البيضاء والجزء الأكبر منها يكون خلايا لمفية والبقية تكون خلايا حامضية ووحيدة النواة ولا يوجد في اللمف خلايا دموية حمراء.

تكون اللمف Lymph formation :

تكون عملية تكوين اللمف معقدة ومرتبطة عبور الماء ومجموعة من المواد الغذائية في بلازما الدم من الشعيرات الدموية إلى الأنسجة وبعد ذلك من الأنسجة إلى الأوعية اللمفاوية.

وأعطي التوضيح الأول لميكانيكية تكون اللمف العال لودفيج K. Lodveg الذي اكتشف نظرية الترشيح Filtration theory والتي تقول بأن اللمف يتكون نتيجة ترشيح بلازما الدم خلال جدران الشعيرات الدموية الموجودة في فراغات بين الأنسجة تحت تأثير ضغط الهايدروستاتك Hydrestatic pressure في الشعيرات.

وتمثل جدران الشعيرات الدموية أغشية نصف نفاذة وذات ثقوب صغيرة جداً تنجز من خلالها عملية الترشيح ، وبما أن أحجام هذه الثقوب تكون مختلفة باختلاف الأعضاء فالمتوقع هو اختلاف نفاذيتها ، وعلى سبيل المثال تمتلك الشعيرات الدموية للكبد نفاذية عالية ، فالكبد يمكن أن ينتج **0.5 مل لمف لكل 1 كغم من وزنه لكل دقيقة** ، وهذا يعني أن الكبد له قدرة مقدارها عشرات المرات أعلى من بقية الأعضاء في انتاج اللمف ولهذا فأكثر من نصف اللمف المار خلال القناة الصدرية يتكون في الكبد ، ويتصف اللمف المتكون في الكبد بارتفاع البروتينات فيه فهي تمثل حوالي **90% من بروتينات البلازما**.

بعد ذلك أوضح العالم ستارلنك Starling أنه إضافة إلى أهمية الضغط الهيادردستايتكي hedro static pressure في عملية الترشيح هناك أهمية الفرق الضغط الغروي – التناضحي colloid – Osmotic pressure بين بلازما الدم وبين السائل النسيجي ، وبالنسبة إلى العالم المذكور فأن العلاقة بين الضغط الهايدروستاتيكي والضغط الغروي – التناضحي تعتبر عامل (كيمياوي وفيزياوي) أساسي ، حيث تحدد انتقال السائل من الشعيرات الدموية إلى الأنسجة وبالعكس ، ويتحدد الضغط الغروي – التناضحي بشكل رئيسي من قبل البروتينات ولهذا فهو يكون أعلى في بلازما الدم نتيجة لارتفاع البروتينات من جهة وعدم امكانية عبورها خلال جدران الشعيرات من جهة ثانية.

ويترشح تحت تأثير الضغط الهايدروستاتيكي قسم من بلازما الدم خلال جدران الشعرات الدموية ويدخل في الفراغات بين الخلايا ويملئها على هيئة سائل نسيجي ، ويعمل الضغط الغروي – التناضحي لبلازما الدم على منع خروج السائل من الشعيرات الدموية ، أن الفرق بين الضغطين (الهايدروستاتيكي والغروي – التناضحي) هو الذي يحدد حجم الترشيح ، وقد أثبت أن عملية الترشيح تنجز في نهايات الشرايين في منطقة الشعيرات الدموية فقط ويكون الضغط الهايدروستاتيكي في هذه المنطقة مساوياً إلى **32 ملم زئبق** ، وهو يتجاوز بذلك الضغط الغروي – التناضحي بشكل واضح والذي يساوي 25 ملم زئبق ، وبهذا ففي هذه المنطقة تتغلب عملية الترشيح ، وفي الطرف الوريدي للشعيرات الدموية يضبح الضغط الهايدروستاتيكي **أقل (10 ملم زئبق)** ، بينما يحافظ الضغط الغروي – التناضحي على مستواه أو يرتفع قليلاً نتيجة للسائل الخارج في الطرف الشرياني ، وفي هذه الحالة يحدث أن يدخل السائل النسيجي في الطرف الوريدي للشعيرات ، وعموماً في الحالات الطبيعية تكون الكمية الخارجية من السائل في الطرف الشرياني للشعيرة أكثر من الكمية العائدة في الطرف الوريدي لها وبهذا يتكون اللمف باستمرار ويتحرك في الجسم.

ويحفز ارتفاع ضغط الدم وانخفاض الضغط الغروي – التناضحي في الشعيرات الدموية عملية الترشيح وتكوين اللمف والعكس صحيح ، فانخفاض الضغط الأول وارتفاع الثاني يقلل من تكوين اللمف ، ويمنع ارتفاع الضغط الهايدروستاتيكي داخل الأنسجة عملية الترشيح أما ارتفاع الضغط الغروي – التناضحي فيزيدها. ويزداد تكوين اللمف في حالة العمل والنشاط العالي للأعضاء وكذلك في حالة إفراز النواتج النباتية لعمليات الأيض ويمكن زيادة تكوين اللمف في حالة زيادة نفاذية جدران الشعيرات الدموية تحت تأثير الهستامين histamine والببتون Peptones أو مستخلصات بعض القشريات Crustaceus والطفيليات وغيرها.

وحقن الدم بكميات كبيرة من السكر ، الملح ، الكاربامايد يزيد من تكوين اللمف نتيجة ارتفاع الضغط الهايدروستاتيكي وانخفاض الضغط الغروي – التناضحي في الأوعية الدموية ، وتلعب الخلايا الطلائية endothelial cells لجدران الشعيرات الدموية دوراً مهماً في عملية تكوين اللمف والترشيح من خلال المميزات الخاصة لتركيبها والنفاذية الاختيارية لها وفي الحالات الاعتيادية للجسم يوجد ترافق بين عملية تكوين اللمف ودورانه فعندما تكون عملية تكوين اللمف أعلى من اللف السائر أو اللمف السائر يتأخر في الأنسجة فأن تكوين اللمف يتوقف ويتكون ما يسمى الانتفاخ أو التورم Tume faction ، وينتقل اللمف باستمرار من الأنسجة نحو الأوعية اللمفاوية الكبيرة ومن هناك إلى الوريد الأجوف العلوي والقلب ، وتتحدد هذه الحركة من

الفرق في الضغط بين القسم البدائي والنهائي للجهاز اللمفاوي فيكون في اللمف أعلى في القسم البدائي وأقل حركة في القسم أو منطقة اتصال الأوعية اللمفاوية بالوريد. ويساعد السير المستمر للسائل اللمف في حركته ويساعد أيضاً من قبل الألياف العضلية الواقعة في الأوعية اللمفاوية الصغيرة والتي تنجز حركات منتظمة **(8 – 22 في الدقيقة)** وتكون حركة اللمف باتجاه واحد نحو الوريد الأجوف العلوي نتيجة لوجود الصمامات التي تمنع رجوعه ، وحركة اللمف نحو القلب يساعد من قبل قوة السحب للقلب نتيجة لتقلصه وانبساطه.

وسرعة اللمف بطيئة جداً **(240 – 300 ملم / الدقيقة)** (في الأوردة المسافة هذه تقطع من قبل الدم بثانية واحدة فقط) ، ويمر اللمف عند رجوعه إلى الدم خلال العقد.