الفصل الأول

الخصائص والوظائف العامة للدم

يعتبر الدم من أكثر الأنسجة سهولة ويسرا فى الحصول عليه، إذ يمكن الحصول عليه إما مباشرة، من خلال عمليات النقل من المتبرعين، وإما من بنوك الدم المنتشرة فى المستشفيات والعيادات المتخصصة، وبالمواصفات المطلوبة، فى أى وقت من الأوقات. فواقع الأمر أن الدم عبارة عن نسيج حى على هيئة سائلة؛ إذ إن خلايا هذا النسيج تسبح معلقة فى سائل لزج، يسمى «بلازما الدم» blood plasma. والدم على هذه الهيئة السائلة يتمكن من الدوران داخل جهاز مغلق، يعرف بالجهاز القلبى الوعائى cardiovascular system.

وقد تمت دراسة الدم دراسة مستفيضة، أدت إلى معرفة كثير من الحقائق والخصائص، التى تصفه وتميزه. ومن هذه الحقائق والخصائص:

- أن الحجم الكلى للدم فى شخص يزن حوالى ٧٠ كيلو جراما (كشخص مرجعى a reference man) يقدر بحوالى ٥.٥ لتر.

- وإن هذا الحجم يصل فى مجمله إلى حوالى ٨٪ من الوزن الكلى للجسم، بينما يصل الحجم الكلى للدم فى طفل حديث الولادة إلى حوالى ٣٠٠ جرام فقط. وبهذه المناسبة فإن الدم يمثل تقريبا نسبة ١ : ١٢ من وزن الجسم، وهذه الحقيقة يمكن الاعتماد عليها، فى تقدير حجم الدم فى الطفل والوليد، وحتى فى الإنسان البالغ أيضا.

ولتيسير دراسة الدم، يمكن تقسيم مكوناته إلى الجزء الخلوى والجزء البلازمى، والجدول التالى (رقم ١) يبين القيم الطبيعية لبعض مكونات الدم، بالنسبة لأنواع الخلايا المختلفة وبلازما الدم.

جدول رقم (١): يوضح القيم الطبيعية لبعض مكونات الدم

المؤشر	الكمية
- خلايا الدم	٤٥٪ من حجم الدم
- بلازما الدم	٥٥٪ من حجم الدم

المؤشر	الكمية
- كريات الدم الحمراء	٤.٤- ٥.٥ مليون/ مم٣
- كريات الدم البيضاء	٥.٠٠٠- ١٠.٠٠٠/ مم٣
- الصفائح الدموية	١٥٠.٠٠٠ - ٣٠٠.٠٠٠/ مم٣

وهذا النسيج الدموى يدور فى جهاز مغلق من الأوعية الدموية، وبذلك فإنه يعد بمثابة وسيلة نقل لمختلف أنواع المواد فى جميع أجزاء الجسم، وبناء على ذلك، فإن بعض المواد يعاد توزيعها فى أجزاء الجسم المختلفة عن طريق الدم. ومن ناحية أخرى، فإن الدم أيضا يعتبر الوسيلة التى تتلقى النفايات المختلفة من سائر أنسجة الجسم لكى توصلها إلى أعضاء الإخراج المختلفة كالكليتين والأمعاء والجلد والرئتين. هذا. ويمكن تلخيص وظائف الدم المختلفة فيما يلى:

اولا: وظيفة النقل

١ نقل الغذاء:

يستقبل الدم نواتج عمليات الهضم والامتصاص من الأمعاء الدقيقة، ويقوم بنقلها إلى الأنسجة والخلايا، سواء للاستفادة منها فى إنتاج الطاقة، أم لتخزينها لحين الحاجة إليها، ومن الأمثلة الواضحة للوظيفة الأخيرة: نقل المواد الغذائية إلى النسيج الكبدى أو النسيج الدهنى كما يقوم الدم أيضا بنقل الوسائط الأيضية metabolites كحمض اللاكتيك- على سبيل المثال- من العضلات إلى الكبد، فيساعد بذلك فى عملية التخصص الأيضى.

٢ نقل النفايات:

ينتج عن التمثيل الغذائى (الأيض)، فى أنسجة وخلايا الجسم، نواتج ونفايات إخراجية كالبولينا وحمض البوليك ومادة الكرياتينين، وكثير من النفايات الأخرى، فيقوم الدم بنقلها من خلايا الجسم المختلفة كالخلايا الكبدية والعضلية إلى الكليتين

وأعضاء الإخراج الأخرى؛ وذلك لتخليص الجسم منها. حيث إن تراكمها فى الجسم يسبب له إيذاءً كبيرًا، يمكن أن يفضى إلى الموت، إذا أخفقت عملية التخلص هذه.

٣ - نقل غازات التنفس:

ترتبط جزيئات غاز الأكسيجين، الموجودة ضمن مكونات الهواء الذى نتنفسه، بهيموجلوبين كريات الدم الحمراء لتكوين ما يعرف بالأكسيهيموجلوبين أىْ الهيموجلوبين المؤكسج، فى الحويصلات الهوائية للرئتين. ليتم نقله إلى أنسجة وخلايا الجسم المختلفة لتزويدها بهذا الأكسيجين، الذى يساعدها على أكسدة المواد الغذائية لإنتاج الطاقة. أما ما يتخلف عن عملية الأكسدة هذه من جزيئات ثانى أكسيد الكربون CO_2 فيتم التقاطها عن طريق الدم أيضا وذلك لتوصيلها إلى الرئتين، حتى يتم التخلص منها فى هواء الزفير.

٤ نقل الهرمونات:

تقوم الغدد الصماء، كالغدة النخامية والغدة الدرقية والبنكرياس والمبيضين والخصيتين وغيرها من غدد الجسم الصماء الأخرى، بتصنيع أنواع معينة من المواد الضرورية لأنشطة أنسجة الجسم المختلفة. وهذه المواد التى تعرف بالهرمونات Hormones تنتقل من هذه الغدد مباشرة إلى تيار الدم، حيث يقوم الأخير بنقلها وتوصيلها إلى الأنسجة التى تنفعل بها (أى الأعضاء أو الأنسجة المستهدفة).

٥ نقل الخلايا:

نقل خلايا لا تقوم بوظيفة تنفسية (كخلايا الدم البيضاء فى الفقاريات التى تتخذ من الدم وسيلة للانتقال من مكان إلى آخر فى الجسم حيث تقوم بوظائفها)، فدم الحشرات مثلا لا يؤدى وظيفة تنفسية، ومع ذلك فإنه يحتوى على أنواع كثيرة من خلايا الدم.

٦ نقل القوى:

ويتم ذلك على سبيل المثال فى دودة الأرض بهدف الحركة والتنقل، كما يتم أيضا لتكسير الصدفة فى أثناء عملية الانسلاخ فى القشريات، كما يتمثل ذلك أيضا فى

الحركة الوظيفيـــة لبعض الأعضاء كالقضيب فى التدييات والـــسيفون فى القواقع ذات المصراعين، كما تتضح هذه الوظيفة أيضا فى امتداد الأرجل فى العناكب، كما تبدو هذه الخاصية بجلاء فى الترشيح عالى الكفاءة، فى الشعيرات الدموية فى الكلى، فى أثناء عملية إفراز وإخراج البول.

ثانيا: وظيفة التنظيم

١ - تنظيم درجة الأس الهيدروجينى:

تتضمـــن العمليـــات الكيميائية الداخلة فى أيض أو اســـتقلاب metabolism المواد الغذائية، فى أنســـجة وخلايا الجسم، إنتاج غاز ثانى أكسيد الكربون وغيره من المواد الأخرى، التى تنزع نحو تغيير درجة الأس الهيدروجينى (*p*H) فى سوائل الجسم.

ومن ناحية أخرى، فإن أنواعا عديدة من المواد الغذائية ووسائطها الأيضية كحمض اللبنيك (اللاكتيك lactic acid)، وحمض الليمونيك (الـــستريك citric acid)، وبعض الكيماويـــات الأخرى مثـــل بيكربونات الصوديوم وكلوريد الأمونيـــوم- كل هذه المواد تعمل على خفض أو رفع درجة الأس الهيدروجينى، وبمعنى آخر تؤدى هذه المواد إلى زيادة درجة حموضة الدم والأنـــسجة أو تقليلهـــا، عند دخولها إليها. ولما كانت حياة الكائـــن الحى، ووظائف أعضائه، تســـتقيم فقط حينما يكون التغـــير فى درجة الأس الهيدروجينى الخاص بالأنسجة وسوائل الجسم- ومنها الدم- يتم فى أضيق الحدود، فإنـــه يصبح من الأهمية بمكان الحفاظ على درجـــة الأس الهيدروجينى، والعمل على بقائه ثابتا نســـبيا؛ ولذلك فإن كلاً من الدم والأنسجة تحتوى على أنظمة، تساعد على حفظ درجة الأس الهيدروجينى وبقائها ضمن هذه الحدود.

ومن المواد التى تقوم بالمشاركة فى هذه الوظيفة مادة الهيموجلوبين، الموجودة داخل كريات الدم الحمراء. كما تحتوى هذه الخلايا أيضا على أنزيم يسمى كاربونيك أنهيدريز carbonic anhydrase، الذى يقوم بدور مهم فى التميؤ الســـريع لجزيئات ثانى أكسيد الكربون، وهى عملية مهمة تســـهم- إلى حد كبير- فى نقل جزيئات هذا الغاز:

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

وبنـاء على مـا تقدم، فإن أيونـات الهيدروجين الناتجة فى التفاعل السـابق يتم تنظيمهـا عـن طريق كل من الهيموجلوبـين (Hb) والأكسـيهيموجلوبين (HbO_2)، وتعتـبر كل واحـدة من هاتين المذتين حمضا ضعيفا، ومن ثـم يعتبر كل منهما منظما جيدا، وعلى سـبيل المثال فـإن القوة التنظيمية للهيموجلوبين تسـاوى ٦ أمثال القوة التنظيمية لبروتينات بلازما الدم. ويرجع ذلك إلى ما يلى:

- التركيز العالى للهيموجلوبين، حيث يصل تركيزه إلى ١٦٠ جراما/ لتر، بينما يصل تركيز البروتينات (فى الدم) إلى ٧٣ جراما/ لتر.
- يحتوى كل جزىء من جزيئات الهيموجلوبين على ٣٨ جزيئا من الهيستيدين (أحد الأحماض الأمينية التى تسـهم فـى تكوين البروتينات)، وهذا الحمض يحتوى على مجموعة إيميدازول. وهى المسئولة عن القوة التنظيمية للهيموجلوبين.

٢ - تنظيم التوازن بين الدم والأنسجة:

من الحقائق التـى باتت واضحة للمتخصصين، فى مجال علم وظائف الأعضاء، أن الضغـط الأسموزى الغروانى للدم يفوق مثيله فى الليمف، الذى يفيض على الأنسـجة والخلايـا. ولعل هذا من العوامل القوية، التى تعمل على انتقال السـوائل وفيضانها، من الليمف إلى بلازما الدم، عبر الشـعيرات الدموية، بينما يعمل ضغط الدم الشريانى العالى فى الشـعيرات الدموية الشـريانية على دفع وفيضان السـوائل، من بلازما الدم إلى الليمـف. وعلى ذلك، فإن اسـتقرار التوازن القائم بـين بلازما الدم والليمف، إنما يتحدد بالتوازن القائم بين الضغط الأسموزى الغروانى فى بلازما الدم، وضغط الدم فى الشعيرات الدموية الشريانية. وهكذا، فإن ذلك يعمل على تبادل المواد فيما بين الدم، المحصور فى الدورة الدموية، والليمف الذى يحيط بالخلايا والأنسجة، والذى يترشح من الدم ويعود إليه بشكل مستمر، ليتم التواصل بين الدم وأنسجة وخلايا الجسم.

٣ - تنظيم درجة حرارة الجسم:

نظرا لارتفاع الحرارة النوعية للماء، فإن دروان الدم فى حد ذاته يعتبر من الآليات الفعالة فى التوزيع المتجانس لحرارة الجسم؛ وذلك بنقله لكميات من الطاقة الحرارية مـن المناطق ذات درجات الحـرارة المرتفعة (كالكبد والعضـلات) إلى الأماكن الأخرى

منخفضة درجة الحرارة (كالجلد وغيره)، بحيث يتم فى النهاية نوع من الاستطراق الحرارى، الذى يكفل توزيعا متجانسا للحرارة فى الجسم، وهذه الطريقة الوظيفية مهمة لاسيما بالنسبة للحيوانات التى تتميز بمعدلات أيضية عالية.

ثالثا: الوظيفة الدفاعية للدم

١ - الدفاع ضد العدوى:

يوفر الدم آليتين على درجة كبيرة من الأهمية. من حيث وظيفتيهما الدفاعية ضد العوامل المعدية. وهما:

تتمثل أولاهما فى نشاط كل من الخلايا الأميبية البيضاء الكبيرة وتعرف أيضا بالخلايا مشكلة النواة Polymorphonuclear leukocytes، ووحيدات الخلايا monocytes وتعرف أيضا بوحيدات النواة الكبيرة larg mononuclear leukocytes ويقوم هذان النوعان من الخلايا بالتهام أنقاض الخلايا المتهالكة ومن ثم تنظيف الجسم منها.

أما الآلية الثانية فتتمثل فى الأجسام المضادة، أو الأجسام المناعية الموجودة فى بلازما الدم. وهذه الأجسام عبارة عن بروتينات نوعية، يتم تصنيعها كرد فعل لدخول بروتين غريب أو بكتيريا أو أى مادة أخرى لها صفة التضاد المناعى فى الدم أو الأنسجة.

وتعرف المادة البروتينية التى تحض على إنتاج الأجسام المضادة بالمستضد antigen. أما الأجسام المضادة antibodies الناتجة عن هذه العملية فهى نوعية، أى محددة بنوع المستضد الذى يثير تكوينها وإنتاجها.

هذا، وتشمل الأجسام المضادة الأنواع الآتية:

١ الملزنات agglutinins:

وهى أجسام تعمل بصفة نوعية على تلزن وتجمع وتكتل أنواع من الخلايا (كالبكتيريا وكريات الدم الغريبة) التى تعمل كمستضدات.

٢ حالات الدم hemolysins، وتعرف أيضا بحالات الخلايا cytolysins:

وهى أجسام مضادة تسبب تحلل كريات الدم الحمراء، أو تحلل خلايا الأنسجة الأخرى، التى تعمل كمستضدات.

٣ . المرسبات precipitins:

وهذا نوع آخر من الأجسام المضادة يعمل على ترسيب البروتينات التى لها صفة التضاد المناعى (أى التى تعمل كمستضدات فى الجسم).

٤ . مضادات السموم antitoxins:

وهذا النوع من الأجسام المضادة يعمل على معادلة السموم، التى تنتجها كائنات ممرضة معينة، مثل سم البكتيريا المسببة لمرض الدفتيريا.

وكل هذه الأنواع من الأجسام المضادة، عبارة عن بروتينات نوعية تنتمى إلى القسم المعروف بجاما جلوبيولين، من بروتينات بلازما الدم.

رابعا: الوظيفة الخاصة بوقف نزف الدم hemostasis

فى كل الأحوال الطبيعية فإن الدم يبقى على صورته السائلة، حتى يتمكن من الدوران بحرية تامة فى الجهاز الوعائى، على هيئة دورة دموية دائمة الدوران، طالما أن الكائن لا يزال بقيد الحياة. ومن خلال هذا الدوران تؤدىّ جميع الوظائف الحيوية الخاصة بالدم.

أما فى حالة حدوث بعض الإيذاءات أو الجروح، التى تسبب تهتكا فى الأوعية الدموية، فقد يؤدى ذلك إلى نزف كمية هائلة من الدم. مما يشكل خطورة كبيرة على حياة الكائن الحى. ولهذا فإن ثمة آلية مهمة يقوم بها الدم، ليعفى الجسم من فقدان هذه الكمية الكبيرة من الدم، وذلك عن طريق تكوين جلطة، تؤدى إلى سد الأوعية الدموية النازفة، وبهذا يتوقف النزيف، ويتم إنقاذ المصاب.

فعند تهتك الأوعية الدموية، وفيضان الدم من الأنسجة المصابة، فإن سلسلة معقدة من التفاعلات الكيميائية تحدث فى الدم، وتؤدى فى النهاية إلى تكوين جلطة، تعمل على سد الأوعية النازفة، ومن ثم عدم تسرب الدم من الدورة الدموية.

ومن الجدير بالذكر، أن هذه الآلية الخاصة بتجلط الدم، هى عملية تسير وفق ضوابط عالية من التنظيم والإحكام، بحيث إنها لا تتم طالما ظل الدم داخل الأوعية الدموية. وفى واقع الأمر، فإن الدم يحتوى على مادة طبيعية، تحول دون تجلطه داخل الجهاز الدورى تعرف بالهيبارين.

وهذه العمليات التى تؤدى إلى تجلط الدم، هى- كما ذكرنا- على درجة عالية من التخصص والتعقيد، إلا إنه يمكننا مع ذلك تلخيص النقاط الأساسية التى تتضمنها على النحو التالى:

تتم عملية التجلط فى بلازما الدم، وترتكز أساسا على تأثير بروتين الثرومبين thrombin فى بروتين آخر يعرف بالفيبرينوجين fibrinogen (وهو نوع من البروتين الذائب فى بلازما الدم) ليصنع منه الفيبربرين غير الذائب (وهو فى هذه الحالة عبارة عن بروتين على هيئة ليفية). فينفصل هذا النوع من البروتين غير الذائب كخيوط طويلة تعمل على اصطياد خلايا الدم، فتصنع ما يشبه السدادات، التى تسد الأوعية الدموية النازفة، وبهذا يتوقف النزيف.

وجدير بالذكر، أنه بمجرد حقن بعض حيوانات التجارب، كالفئران والأرانب، فى دوراتها الدموية بمادة الثرومبين تلك، فإن هذه العملية ثبت أنها تؤدى إلى قتل هذه الحيوانات المحقونة بها، وذلك جراء حدوث جلطات داخل الأوعية الدموية، حالت دون دوران الدم بالشكل الطبيعى، وبالتالى فإن هذا المركب (الثرومبين) لا يتكون عادة إلا بعد خروج الدم من الأوعية النازفة.

والمادة التى يتم تصنيع الثرومبين منها، والتى توجد بشكل طبيعى فى بلازما الدم، حتى تكون على أهبة الاستعداد- عند اللزوم- للتحول إلى الثرومبين، هى مادة البروثرومبين. ويتم تنشيطها عن طريق أيونات الكالسيوم (Ca^{++})، مرورا بسلسلة من التفاعلات التى ما إن يحدث النزيف، حتى تشرع فى الحدوث على الفور. ولهذا، فإن إشارة البدء لحدوث مثل هذه التفاعلات هو خروج الدم من الأوعية الدموية، حال حدوث أى تلفيات من شأنها حدوث النزيف، وذلك بهدف وقف هذا النزيف.

هذا، ويتم تجلط الدم من خلال عمليتين أساسيتين تحدثان بالترتيب التالى:

١ تنشيط البروثرومبين:

بروثرومبين + بعض عوامل التجلط + Ca^{++} ← ثرومبين.

٢ - تحويل الفيبرينوجين إلى فيبرين:

الفيبرينوجين + ثرومبين ← الفيبرين المكون للجلطة.

هذا، والتفاعل بين المستضدات، الموجودة على أسطح كريات الدم الحمراء، ومقابلاتها من الأجسام المضادة فى بلازما الدم ينتج عنها تلزن وتكتل كريات الدم الحمراء، ولهذا تعرف هذه المستضدات بمولدات اللزنات. أما الأجسام المضادة فتعرف باللزنات.

□□□

obeikandl.com