

## الفصل الأول

### الخصائص والوظائف العامة للدم

يعتبر الدم من أكثر الأنسجة سهولة ويسرا في الحصول عليه، إذ يمكن الحصول عليه إما مباشرة، من خلال عمليات النقل من المتبرعين، وأما من بنوك الدم المنتشرة في المستشفيات والعيادات المتخصصة، وبالمواصفات المطلوبة، في أي وقت من الأوقات. فواقع الأمر أن الدم عبارة عن نسيج حي على هيئة سائلة؛ إذ إن خلايا هذا النسيج تسبح معلقة في سائل لزج، يسمى «بلازما الدم» blood plasma. والدم على هذه الهيئة السائلة يتمكن من الدوران داخل جهاز مغلق، يعرف بالجهاز القلبي الوعائي cardiovascular system. وقد تمت دراسة الدم دراسة مستفيضة، أدت إلى معرفة كثير من الحقائق والخصائص، التي تصفه وتميزه. ومن هذه الحقائق والخصائص:

- أن الحجم الكلي للدم في شخص يزن حوالي ٧٠ كيلو جراما (كشخص مرجعي a reference man) يقدر بحوالي ٥.٥ لتر.

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

ولتيسير دراسة الدم، يمكن تقسيم مكوناته إلى الجزء الخلوي والجزء البلازمي، والجدول التالي (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	4.4 - 5.5 مليون / مم <sup>3</sup>
- كريات الدم البيضاء	5.000 - 10.000 / مم <sup>3</sup>
- الصفائح الدموية	150.000 - 300.000 / مم <sup>3</sup>

وهذا النسيج الدموي يدور في جهاز مغلق من الأوعية الدموية؛ وبذلك فإنه يعد بمثابة وسيلة نقل لمختلف أنواع المواد في جميع أجزاء الجسم؛ وبناء على ذلك، فإن بعض المواد يعاد توزيعها في أجزاء الجسم المختلفة عن طريق الدم. ومن ناحية أخرى، فإن الدم أيضا يعتبر الوسيلة التي تتلقى النفايات المختلفة من سائر أنسجة الجسم لكي توصلها إلى أعضاء الإخراج المختلفة كالكلبتين والأسعاء والجلد والرتنين. هذا. ويمكن تلخيص وظائف الدم المختلفة فيما يلي:

## أولا: وظيفة النقل

### ١ نقل الغذاء:

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

### ٢ نقل النفايات:

ينتج عن التمثيل الغذائي (الأبيض)، في 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 الكلبتين

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

#### ٣ - نقل غازات التنفس:

ترتبط جزيئات غاز الأكسجين، الموجودة ضمن مكونات الهواء الذى نتنفسه، بهيموجلوبين كريات الدم الحمراء لتكوين ما يعرف بالأكسيهيموجلوبين أى 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<sub>2</sub> فيتم التقاطها عن طريق الدم أيضاً 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 تنفع 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 مثلاً لا يؤدي 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 أيضاً لتكسير الصلابة فى أثناء عملية الانسلاخ فى القشريات، كما يتمثل ذلك أيضاً فى

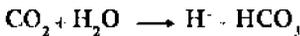
الحركة الوظيفية لبعض الأعضاء كالقضيب فى الثدييات والسيفون فى القواقع ذات المرعين، كما تتضح هذه الوظيفة أيضا فى امتداد الأرجل فى العناكب، كما تبدو هذه الخاصية بجلاء فى الترشيح على الكفاءة، فى الشعيرات الدموية فى الكلى، فى أثناء عملية إفراز وإخراج البول.

## ثانيا: وظيفة التنظيم

### ١ - تنظيم درجة الأس الهيدروجيني:

تتضمن العمليات الكيميائية الداخلة فى أيض أو استقلاب metabolism المواد الغذائية، فى أنسجة وخلايا الجسم، إنتاج غاز ثانى أكسيد الكربون وغيره من المواد الأخرى، التى تنزع نحو تغيير درجة الأس الهيدروجيني (pH) فى سوائل الجسم. ومن ناحية أخرى، فإن أنواعا عديدة من المواد الغذائية وسوائلها الأيضية كحمض اللبنيك (اللاكتيك lactic acid)، وحمض الليمونيك (الستريك citric acid)، وبعض الكيماويات الأخرى مثل بيكربونات الصوديوم وكلوريد الأمونيوم- كل هذه المواد تعمل على خفض أو رفع درجة الأس الهيدروجيني، وبمعنى آخر تؤدى هذه المواد إلى زيادة درجة حموضة الدم والأنسجة أو تقليلها، عند دخولها إليها. ولما كانت حياة الكائن الحى، ووظائف أعضائه، تستقيم فقط حينما يكون التغير فى درجة الأس الهيدروجيني الخاص بالأنسجة وسوائل الجسم- ومنها الدم- يتم فى أضيق الحدود، فإنه يصبح من الأهمية بمكان الحفاظ على درجة الأس الهيدروجيني، والعمل على بقاءه ثابتا نسبيا؛ ولذلك فإن كلاً من الدم والأنسجة تحتوى على أنظمة، تساعد على حفظ درجة الأس الهيدروجيني وبقائها ضمن هذه الحدود.

ومن المواد التى تقوم بالشاركة 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 السريع لجزيئات ثانى أكسيد الكربون، وهى عملية مهمة تسهم- إلى حد كبير- فى نقل جزيئات هذا الغاز:



وبناء على ما تقدم، فإن أيونات الهيدروجين الناتجة في التفاعل السابق يتم تنظيمها عن طريق كل من الهيموجلوبين (Hb) والأكسيهيموجلوبين ( $HbO_2$ )، وتعتبر كل واحدة من هاتين المادتين حمضاً ضعيفاً، ومن ثم يعتبر كل منهما منظماً جيداً، وعلى سبيل المثال فإن القوة التنظيمية للهيموجلوبين تساوي ٦ أمثال القوة التنظيمية لبروتينات بلازما الدم، ويرجع ذلك إلى ما يلي:

○ التركيز العالي للهيموجلوبين، حيث يصل تركيزه إلى ١٦٠ جراماً/لتر، بينما يصل تركيز البروتينات (في الدم) إلى ٧٣ جراماً/لتر.

○ يحتوى كل جزء من جزيئات الهيموجلوبين على ٣٨ جزيئاً من الهستيدين (أحد الأحماض الأمينية التي تسهم في تكوين البروتينات)، وهذا الحمض يحتوى على مجموعة إيميدازول. وهى المسؤولة عن القوة التنظيمية للهيموجلوبين.

## ٢ - تنظيم التوازن بين الدم والأنسجة:

من الحقائق التي باتت واضحة للمتخصصين، في مجال علم وظائف الأعضاء، أن الضغط الأسموزي الغرواني للدم يفوق مثيله في الليمف، الذي يفيض على الأنسجة والخلايا. ولعل هذا من العوامل القوية، التي تعمل على انتقال السوائل وفيضائها، من الليمف إلى بلازما الدم، عبر الشعيرات الدموية، بينما يعمل ضغط الدم الشرياني العائى في الشعيرات الدموية الشريانية على دفع وفيضان السوائل، من بلازما الدم إلى الليمف. وعلى ذلك، فإن استقرار التوازن القائم بين بلازما الدم والليمف، إنما يحدد بالتوازن القائم بين الضغط الأسموزي الغرواني في بلازما الدم، وضغط الدم في الشعيرات الدموية الشريانية. وهكذا، فإن ذلك يعمل على تبادل المواد فيما بين الدم، المحصور في الدورة الدموية، والليمف الذى يحيط بالخلايا والأنسجة، والذى يترشح من الدم ويعود إليه بشكل مستمر، ليتم التواصل بين الدم وأنسجة وخلايا الجسم.

## ٢ - تنظيم درجة حرارة الجسم:

نظراً لارتفاع الحرارة النوعية للماء، فإن دروان الدم في حد ذاته يعتبر من الآليات الفعالة في التوزيع المتجانس لحرارة الجسم؛ وذلك بنقله لكميات من الطاقة الحرارية من المناطق ذات درجات الحرارة المرتفعة (كالكبد والعضلات) 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 large mononuclear leukocytes ويقوم هذان النوعان من الخلايا بالقيام أنقاض الخلايا المتهاكلة 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 - اللزونات 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 :

وهي أجسام مضادة تسبب تحلل كريات الدم الحمراء، أو تحلل خلايا الأنسجة الأخرى، التي تعمل كمستضدات.

٣ - المرسبات precipitins :

وهذا نوع آخر من الأجسام المضادة يعمل على ترسيب البروتينات التي لها صفة التضاد المناعي (أى التي 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.

## رابعاً: 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 بقاء الحياة. ومن خلال هذا الدوران تؤدى جميع الوظائف الحيوية الخاصة بالدم.

أما فى حالة حدوث بعض الإذاعات أو الجروح، التى تسبب تهتكاً فى الأوعية الدموية، فقد يؤدى ذلك إلى نزف كمية هائلة من الدم. مما يشكل خطورة كبيرة على حياة الكائن الحي. 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، هي عملية تسيير وفق ضوابط عالية من التنظيم والإحكام، بحيث إنها لا تتم طالما ظل الدم داخل الأوعية الدموية. وفي واقع الأمر، فإن الدم يحتوي على مادة طبيعية، تحول دون تجلطه داخل الجهاز الدوري تعرف بالهيبارين.

وهذه العمليات التي تؤدي إلى تجلط الدم، هي - كما ذكرنا - على درجة عالية من التخصص والتعقيد، إلا أنه يمكننا مع ذلك تلخيص النقاط الأساسية التي تتضمنها على النحو التالي:

تتم عملية التجلط في بلازما الدم، وترتكز أساساً على تأثير بروتين الثرومبين thrombin في بروتين آخر يعرف بالفibrinogen (وهو نوع من البروتين الذائب في بلازما الدم) ليصنع منه الفيربرين غير الذائب (وهو في هذه الحالة عبارة عن بروتين على هيئة ليفية). فينفصل هذا النوع من البروتين غير الذائب كخيوط طويلة تعمل على اصطياح خلايا الدم، فتصنع ما يشبه السدادات، التي تسد الأوعية الدموية النازفة، وبهذا يتوقف النزيف.

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

والمادة التي يتم تصنيع الثرومبين منها، والتي توجد بشكل طبيعي في بلازما الدم، حتى تكون على أهبة الاستعداد - عند اللزوم - للتحويل إلى الثرومبين. هي مادة البروثرومبين. ويتم تنشيطها عن طريق أيونات الكالسيوم ( $Ca^{++}$ )، مروراً بسلسلة من التفاعلات التي ما إن يحدث النزيف، حتى تشرع في الحدوث على الفور. ولهذا، فإن إشارة البدء لحدوث مثل هذه التفاعلات هو خروج الدم من الأوعية الدموية، حال حدوث أي تلفيات من شأنها حدوث النزيف، وذلك بهدف وقف هذا النزيف.

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

١- تنشيط البروثرومبين:

بروثرومبين + بعض عوامل التجلط +  $Ca^{+2}$  ← 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 في بلازما الدم ينتج عنها تلزن وتكتل كريات الدم الحمراء ، ولهذا تعرف هذه المستضدات بمولدات اللزنتات . أما الأجسام المضادة فتعرف بالملزنتات .

