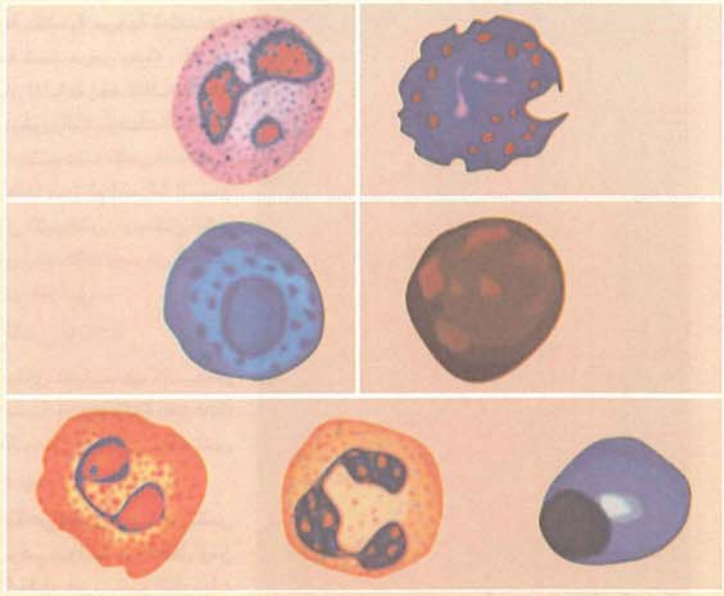


خلايا الجهاز المناعي

د. فاتن الزامل

يحتوي جسم الإنسان على وسائل دفاع وحماية مختلفة يستطيع من خلالها وقاية نفسه والحفاظ عليها ضد خطر الأجسام الغريبة (المستضدات) من فيروسات وفطريات وبكتيريا وغيرها . تبدأ وسائل حماية الجسم بالجلد ، والأغشية المخاطية المبطنة للأنف ، وأهداب الخلايا المبطنة للقصبة الهوائية ، والسائل الحامضي بالمعدة ، والعصارة الصفراوية بالأمعاء . وإذا استطاعت هذه الأجسام الغريبة عبور وسائل الحماية السابقة فإنها تواجه بوسائل حماية أخرى ، تتمثل في الجهاز المناعي الذي يتكون من عدة أعضاء وأنسجة يتم فيها إنتاج ونمو وانقسام عدد من الخلايا التي تقوم إما بالتهام الكائنات الضارة وتكسيرها أو تكوين أجساماً مضادة لها للحد من نموها وتكاثرها ووقف ضررها وتأثيرها والقضاء عليها .

تعد الخلايا الدموية الجذعية (Stem Cells) الموجودة في نخاع العظام أصل جميع خلايا الجهاز المناعي (كريات الدم البيضاء) بالإضافة إلى الصفائح الدموية ، وكريات الدم الحمراء ، شكل (١) ، وسيتم في هذا المقال ـ بمشيئة الله ـ التركيز بصفة أساس على خلايا الجهاز المناعي التي تقسم إلى نوعين من الخلايا هما الخلايا الليمفاوية الأولية (Lymphoid Progenitor) ، والخلايا النخاعية الأولية (Myeloid Progenitor) .

الخلايا الليمفاوية الأولية

تشتمل الخلايا الليمفاوية الأولية على ثلاثة أنواع من الخلايا هي :

● خلايا « ب »

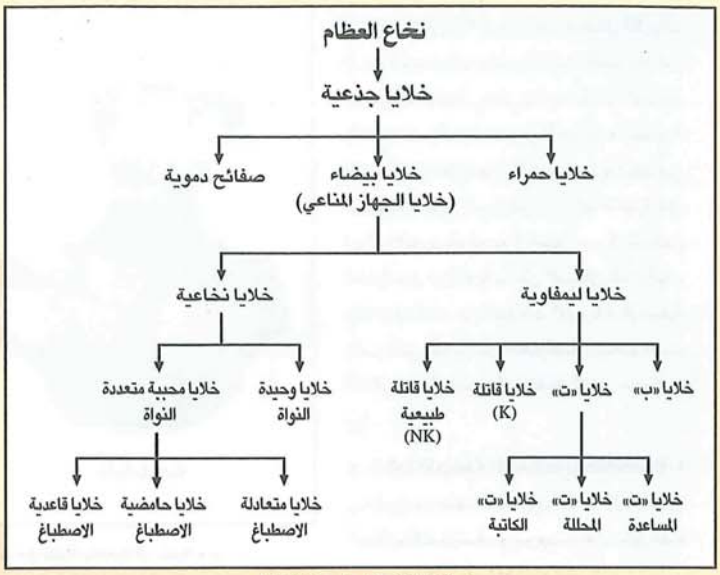
تتكون خلايا « ب » (B. Lymphocytes) في نخاع العظام وتبقى فيه إلى أن يكتمل نموها وتصبح خلايا فعّالة يمكنها أن تشارك في مهاجمة الأجسام الغريبة ، وعندئذ تترك نخاع العظام وتنتشر في جميع أجزاء الجسم المختلفة ، إلا أنها تتركز في الدم والطحال واللوزتين والعقد الليمفاوية . وعند تعرض الجسم لأجسام غريبة يتم إثارة خلايا « ب » لإنتاج أجسام مضادة تعرف باسم الأجسام المناعية (Imunioglubins-Ig) . وتشمل هذه الأجسام خمسة أنواع هي (IgM, IgG, IgA, IgE, IgD). والتي سيتم تناولها بالتفصيل في مقال آخر.

● خلايا « ت »

تتكون خلايا « ت » (T. Lymphocytes) في نخاع العظام إلا أنها تتركه قبل أن يكتمل نموها (Pre-mature) ولذا لايمكنها المشاركة في أي من عمليات جهاز المناعة ، ثم تتجه إلى الغدة الصعترية (Thymus) ـ بواسطة مواد جاذبة معينة تفرزها هذه الغدة ـ وتبقى فيها حيث يتم انقسامها ويكتمل نموها ، ومن ثم تتركها وتنتشر في أجزاء الجسم المختلفة لتشارك في الاستجابة المناعية .

وتنقسم خلايا « ت » الناضجة إلى ثلاثة أنواع هي :ـ

* **خلايا « ت » المساعدة (Helper T Cells - Th) :** وتحمل دلالات سطحية من نوع CD_4 (CD) عبارة عن جليكوبروتينات ملتصقة بالغشاء الخارجي للخلايا ويرمز لها بأرقام مختلفة للتمييز بين أنواعها العديدة) تميزها عن باقي أنواع خلايا « ت » الأخرى . وتقوم هذه الخلايا بدور رئيس في تنشيط وتنظيم عمل خلايا جهاز المناعة عن طريق إفراز عدد من المواد البروتينية تعرف بمحفزات الخلايا (Cytokines) مثل الأنترلوكين (Interleukin) والأنترفيرون (Interferon) التي تساعد على انقسام ونمو وتكاثر الخلايا المختلفة لجهاز المناعة وتنشيطها حتى تُصبح في حالة تأهب دائم للمشاركة في عملية الدفاع عن الجسم . ويوضح الجدول (١) بعض محفزات الخلايا ، ومصادرها ، وتأثيرها .



● شكل (١) خلايا جهاز المناعة.

* خلايا « ت » المحللة للخلايا (Cytotoxic T cells-Tc) : وتحمل دلالات سطحية من نوع CD_8 ، وهي تقوم بدور المراقب في الجسم نظراً لقدرتها على التعرف على الخلايا المريضة أو المصابة التي تعرف بالخلية الهدف (Target Cell) حيث يوجد على سطحها مواد غريبة تميزها عن الخلايا السليمة الأخرى . ويوضح الشكل (٢) كيفية التحام وقتل خلايا « ت » المحللة للخلايا المصابة ، حيث تقوم كل خلية « ت » بالالتحام بخلية مصابة ، ثم تفرز مادة البيرفورين (Polymerization) لتكوين عديد البيرفورين (Polyperforin) ، وهي مادة صلبة اسطوانية الشكل تخترق سطح الخلية المصابة مما يؤدي إلى قتلها والتخلص منها ، وتترك الخلية «ت» المحللة الخلية المصابة ـ قبل قتلها كلية ـ لتموت وحدها وتبحث عن خلايا أخرى مصابة لتلتحم بها وتبدأ في قتلها ... وهكذا .

* خلايا « ت » الكابتة (Suppressor T Cells - Ts) : ويطلق عليها أيضاً الخلايا القامعة ، وهي تحمل دلالات سطحية من نوع CD_8 ، وتشارك في تنظيم عملية الدفاع التي تقوم بها خلايا جهاز المناعة ، حيث يأتي دورها في نهاية فترة المرض عندما يتخلص الجسم من الجراثيم ، وذلك بإفراز عدد من المواد المثبطة التي تؤثر على خلايا المناعة المشاركة في محاربة الأجسام الغريبة ، وتحولها من الحالة الفعّالة أو النشطة إلى الحالة الطبيعية الخاملة (Resting Form) في نهاية فترة الالتهاب .

وبعض الإنزيمات التي تعمل على بلمرة

المحفز	خلايا المصدر	الخلايا المُنشطة
انترفيرون ـ جاما	«ت» المساعدة ، والقاتلة الطبيعية	الملتهمة ، والليمفاوية
انترلوكن ـ ٢	«ت» المساعدة	الملتهمة ، والليمفاوية
انترلوكن ـ ٤	«ت» والبدينة	الملتهمة ، والليمفاوية
انترلوكن ـ ٥	«ت» والبدينة	حامضية الاصطباغ
انترلوكن ـ ٦	«ت» وخلايا أخرى	الليمفاوية والصعترية
انترلوكن ـ ١٠	«ت» والملتهمة	الملتهمة ، والبدنية ،والقاتلة الطبيعية
انترلوكن ـ ١٢	«ت» ، «ب»	تاء ، والقاتلة الطبيعية

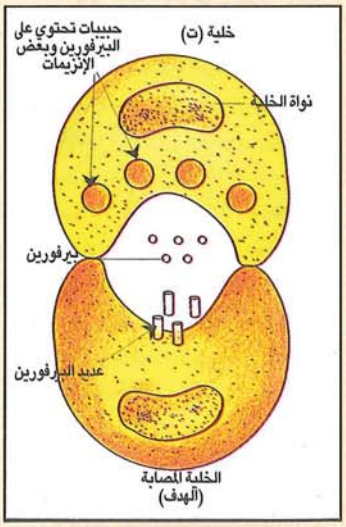
● جدول (١) بعض أنواع محفزات الخلايا ، ومصادرها ، وتأثيرها .

● الخلايا القاتلة والقاتلة الطبيعية

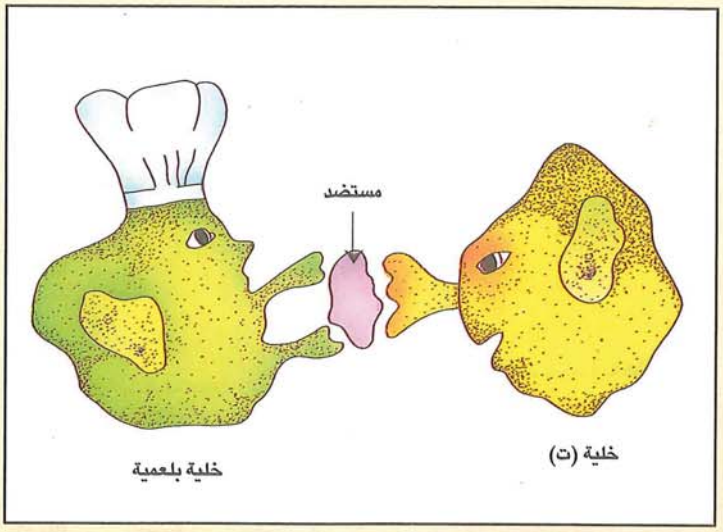
تساعد الخلايا القاتلة والقاتلة الطبيعية (Killer (K) and Natural Killer - NK) الجهاز المناعي على مواجهة وتحطيم الخلايا المصابة بالفيروسات والخلايا السرطانية . وتتميز الخلايا القاتلة بسهولة تنشيطها بمواد تفرزها خلايا « ت » الليمفاوية فتحولها إلى خلايا قاتلة منشطة (Lyemphocid Activated killer Cells-LAKC) . بينما تعمل الخلايا القاتلة الطبيعية دون تنشيط أو تحول إلى نوع آخر من الخلايا .

الخلايا النخاعية الأولية

تنقسم الخلايا النخاعية الأولية (Myeloid Progenitor) إلى عدة أنواع من الخلايا أهمها : ـ



● شكل (٢) عملية إلتحام وقتل خلايا « ت » المحللة لخلية مصابة.



● شكل (٣) عملية إبتلاع وتكسير وتقديم مستضد من خلية بلعمية إلى خلية « ت » .

● خلايا وحيدة النواة

توجد الخلايا وحيدة النواة (Monocytes) في الدم ولها القدرة على النفاذ من خلال جدران الأوعية الدموية لتصل إلى الأعضاء والأنسجة المختلفة للجسم ، حيث تصبح أكثر نضجاً ونمواً وتسمى حينئذ بالخلايا البلعمية (Phagocytic Cells) أوالخلايا المقدمة أو العارضة للأجسام الغريبة (Antigen Presenting Cells - APCS). وتتمثل مشاركة الخلايا البلعمية في عمل الجهاز المناعي للجسم في ابتلاع المواد الغريبة (المستضدات) وتكسيرها وإعادة عرضها على سطح الخلية في صورة مواد بروتينية بسيطة يمكن تقديمها إلى خلايا « ت » الليمفاوية ، شكل (٣) ، التي لايمكنها التعرف على المواد الغريبة في الجسم إلا في هذه الصورة ، وذلك على العكس من خلايا « ب » الليمفاوية التي يمكنها التعرف على المواد الغريبة بشكلها الطبيعي وهي تسبح حرة الحركة في جسم الإنسان .

● خلايا محببة

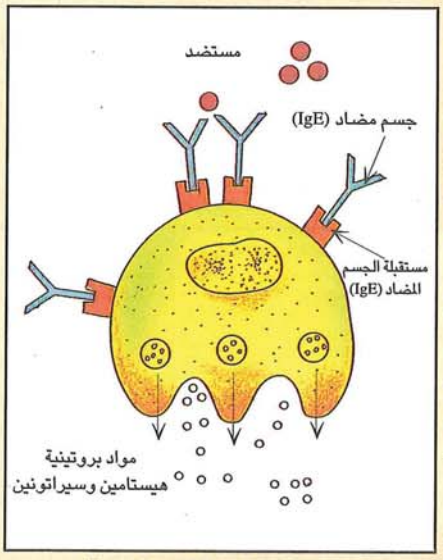
تحتوي الخلايا المحببة (Granulocytes) على نواة مفصصة (Polymorphonuclear) وعدد من الحبيبات في السيتوبلازم ، وتتراوح نسبتها في الدم من ٦٠ ٪ إلى ٧٠٪ من العدد الكلي لكريات الدم البيضاء ، وتُنْتَجُ هذه الخلايا في نخاع العظام بأعداد هائلة تصل إلى حوالي ٨٠ مليون خلية / دقيقة ، وقد يرجع ذلك إلى قصر عمرها - لايزيد عن ٣ أيام — مقارنة بعمر باقي الخلايا الأخرى .

تنقسم الخلايا المحببة إلى ثلاثة أنواع - تبعاً لتفاعل الحبيبات مع الأصبغة النسيجية الحامضية والقاعدية - وهي كما يلي : -

* **خلايا متعادلة الاصطباغ (Neutrophils)** : وتصل نسبتها إلى حوالي ٩٠٪ من العدد الكلي للخلايا المحببة ، وتقوم هذه الخلايا بإفراز عدد من الإنزيمات - من الحبيبات الموجودة في السيتوبلازم - إما داخل الخلية لتحليل المواد المبتلعة صغيرة الحجم وإما خارج الخلية لتحليل المواد كبيرة الحجم التي يتعذر على الخلية ابتلاعها .

* **خلايا حامضية الاصطباغ (Eosinophils)** : وتبلغ نسبتها في الدم من ٢٪ إلى ٥٪ من العدد الكلي لكريات الدم البيضاء ، وتزداد هذه النسبة عن معدلها الطبيعي عند إصابة الجسم بالحساسية ، وتحتوي الخلايا حامضية الاصطباغ على نواة ذات فصين وعدد من الحبيبات التي تفرز إنزيمات لها القدرة على تحلل الأجسام كبيرة الحجم - لا تتمكن الخلية من ابتلاعها - مثل الديدان الطفيلية ، ولذا نجد أنه من الدلالات المميزة للإصابة بأمراض الديدان الطفيلية زيادة عدد الخلايا حامضية الاصطباغ عند المصابين بها .

* **خلايا قاعدية الاصطباغ (Basophils)** : وتتراوح نسبتها ما بين ٠,٥٪ إلى ١٪ من الخلايا المحببة ، ويوجد على سطحها مستقبلة الأجسام المضادة ، شكل (٤) ، من نوع (IgE) التي تسبب عند اتحادها مع الأجسام الغريبة الخاصة بها قيام الخلية بإفراز عدد من المواد الفعَّالة الموجودة في حبيبات السيتوبلازم مثل الهستامين والسيراتونين حيث تعمل هذه المواد على زيادة الإفرازات المخاطية في القصبة الهوائية ، و انقباض عضلات الجهاز التنفسي ، وزيادة نفاذية الأوعية الدموية



● شكل (٤) خلية محببة قاعدية الإصطباغ.

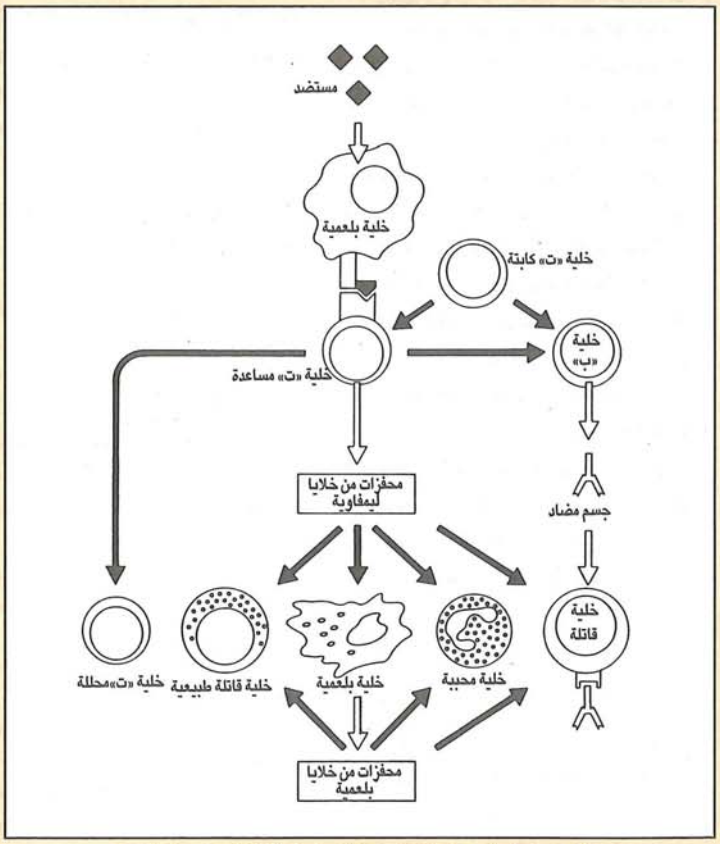
حتى تسمح بعبور بعض الخلايا التي لا تستطيع عبور جدران الأوعية الدموية في الحالة الطبيعية كما هو الحال في الخلايا الحامضية أو متعادلة الاصطباغ . وتؤدي هذه الأعراض في مجملها إلى ظهور أعراض مرض الحساسية ، ولذا يتضح أهمية دور هذه النوعية من الخلايا عند الأشخاص المصابين بالحساسية .

طريقة عمل خلايا المناعة

تتعاون وتتفاعل خلايا جهاز المناعة بأنواعها المختلفة بعضها مع بعض لمواجهة ومحاربة الأجسام الغريبة التي تحاول دخول جسم الإنسان ، وتبدأ عملية المواجهة ، شكل (٥) ، بقيام الخلايا الملتهمة بالتهام وابتلاع الأجسام الغريبة وتكسيرها وإعادة عرضها على سطح الخلية مرة أخرى في صورة مواد بروتينية بسيطة لتقديمها إلى خلايا « ت » الليمفاوية المساعدة (Th) التي تتحد بها ، وينتج عن ذلك الاتحاد قيام خلايا « ت » بإفراز محفزات الخلايا التي تعمل على تنشيط خلايا جهاز المناعة المختلفة ، شكل (٥) ، لكي تشارك كل منها ـ حسب دور ووظيفة كل نوع ـ في درء الخطر عن الجسم . وعلى سبيل المثال تقوم كل من خلايا « ت » المحللة (Tc) ، والخلايا القاتلة (k) والخلايا القاتلة الطبيعية (NK) بالتعرف على الخلايا المصابة في الجسم ـ بما يوجد داخلها من أجسام غريبة ـ وتدميرها . وتقوم الخلايا المحببة بأنواعها الثلاثة (متعادلة ، حامضية ، وقاعدية الاصطباغ) عند تنشيطها بإفراز إنزيمات مختلفة تعمل على استدراج واستقطاب خلايا جهاز المناعة إلى مكان الالتهاب . كما تؤدي محفزات الخلايا إلى تنشيط خلايا « ب » الليمفاوية وحثها على الانقسام والتكاثر وإفراز الأجسام المضادة المختلفة التي تسهل ـ عند اتحادها مع الأجسام الغريبة ـ عملية ابتلاعها بواسطة الخلايا الملتهمة ، كما تعمل تلك الأجسام المضادة على تنشيط الجهاز المتمم (Complement) الذي يعمل على تحلل الأجسام الغريبة .

وفي نهاية الالتهاب يأتي دور خلايا « ت » المثبطة أو الكابتة (Ts) ، شكل (٥) ، التي تؤثر على كل من خلايا « ب » و« ت » الليمفاوية وتوقف إفرازات كل من محفزات الخلايا التي تفرزها خلايا « ت » المساعدة (Th) ، والأجسام المضادة التي تفرزها خلايا « ب » ، ومن ثم يتوقف تأثيرهما المنشط على خلايا جهاز المناعة المختلفة وتعود إلى حالتها الطبيعية غير النشطة .

ومما يجدر ذكره أنه من حكمة الخالق سبحانه وتعالى أن كل خلية ليمفاوية (« ب » أو « ت ») ، تحمل على سطحها مستقبلاً (Receptor) خاصاً يمكنها من التعرف على جسم غريب (Antigen) واحد فقط ، ويتكون المستقبل في خلايا « ب » من أجسام مضادة من النوعين IgM,IgD ، بينما يتكون في خلايا « ت » من سلسلتين ببتيديتين . وعند دخول أي جسم غريب إلى جسم الإنسان تنشط الخلايا الليمفاوية (« ب » ، و« ت ») التي تحمل فقط المستقبل الخاص لذلك الجسم ، وتتعرف عليه وتلتحم به وتتكاثر بالانقسام وتكون جيشاً كبيراً من الخلايا المناعية . أما باقي الخلايا الليمفاوية الأخرى التي تحمل مستقبلات مختلفة فلا تقوم بالمشاركة في عملية الدفاع ، وتبقى إلى أن يأتي الجسم الغريب الذي يتفق مع مستقبلها .



● شكل (٥) طريقة عمل خلايا جهاز المناعة في بداية الإلتهاب وفي نهايته.