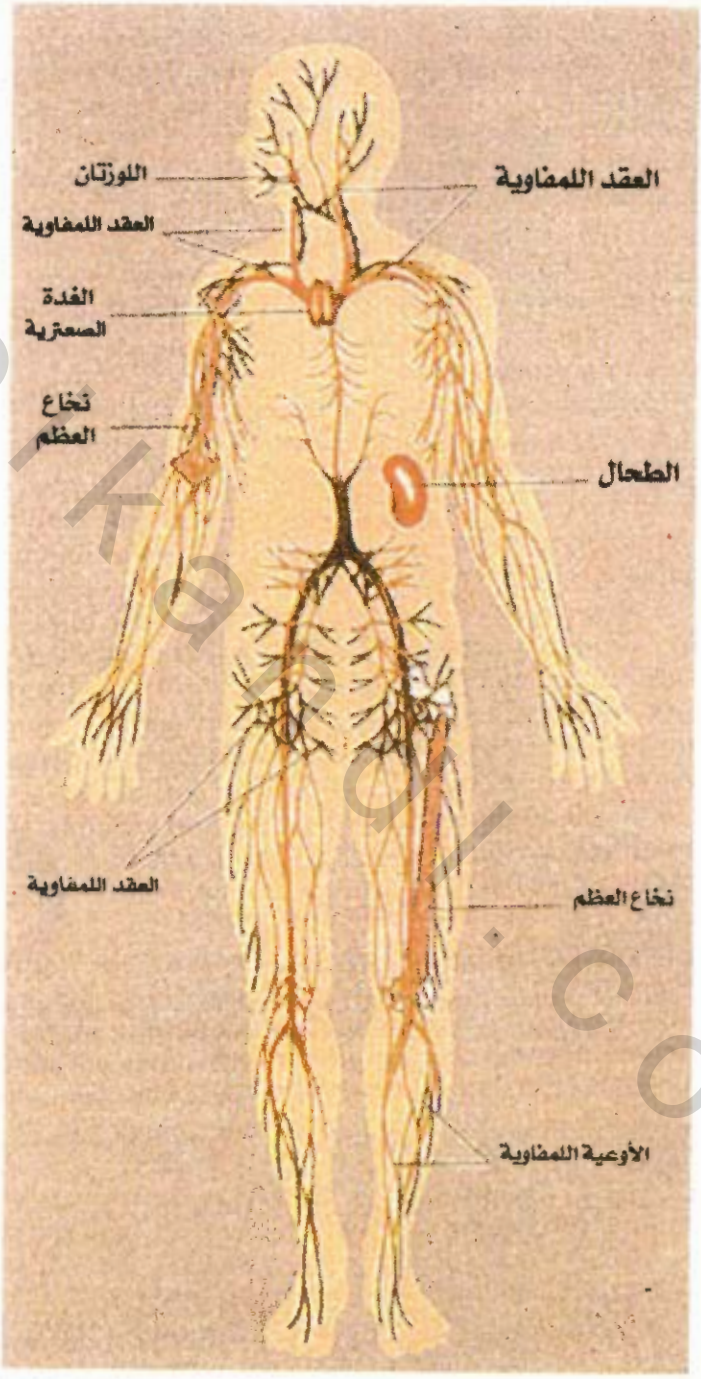
الفصل الثانى

مكونات جهاز المناعة

وهنا سأل معتز: وما هو جهاز المناعة يا أستاذى؟ فرد عليه: يعتبر جهاز المناعة واحدا من النعم العظيمة التى أنعم الخالق سبحانه وتعالى بها علينا. فمن الممكن أن نتصور هذا الجهاز وكأنه جيوش من الجنود والحراس البواسل التى تحرس الجسم وتدافع عنه ليلا ونهارا. مع ملاحظة أن هذه الجيوش لا تحرس الجسم وهى ثابتة فى مكانها، ولكنها جيوش نشيطة للغاية ومجتهدة ويقظة، فهى تتحرك فى كل ثانية، فى كل جزء من الجسم، تبحث عن أى غزاة للقضاء عليهم على الفور. كما أن هذه الجنود على درجة عالية من الفداء وتضحى بحياتها فى سبيل القضاء على الميكروبات. وتتصف هذه الجنود بالذكاء، والقدرة على استخدام أساليب الحيل والمكر لاصطياد الميكروبات الماكرة التى تتخفى منها. فرد أسامة مندهشا: يا الهى! جنود وحروب داخل جسمى، اللهم سترك! فضحك الأستاذ معروف وقال: ما ذكرته الآن هو وصفا تقريبيا ورمزيا لما يحدث فى الجسم، ولكن التعريف العلمى والدقيق لجهاز المناعة يلخص فى الآتى: جهاز المناعة عبارة عن شبكة من الخلايا الدفاعية والأعضاء التى تستجيب بسرعة فائقة وكفاءة عالية إلى وجود أى ميكروب يغزو الجسم وتقوم بالقضاء عليه. بالإضافة إلى ذلك يقوم جهاز المناعة بالمحافظة على نظافة الجسم من الداخل وذلك عن طريق التخلص من خلايا الجسم المصابة والميتة بصفة مستمرة.

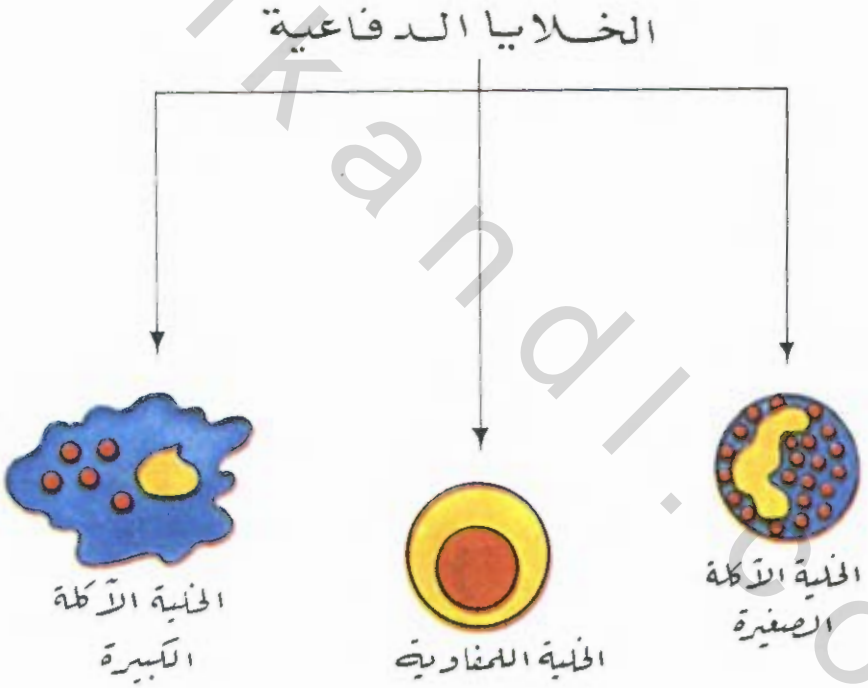
فسألت هدى: وأين توجد هذه الخلايا الدفاعية؟ فرد عليها الأستاذ معروف: توجد الخلايا المكونة لجهاز المناعة فى أنسجة كل من الطحال والغدد اللمفاوية والأمعاء واللوزتين والغدة الصعترية (غدة صغيرة قرب قاعدة العنق) والنخاع (شكل ١). كما توجد كمية كبيرة منها فى الدم واللمف لحراسة وحماية



(شكل ١) مواقع الخلايا الدفاعية فى الجسم.

obeikandl.com

الجسم. وسأله معتز: وهل يقوم نوع واحد بكل عمليات الدفاع عن الجسم؟ فرد عليه: لا يا معتز، فهذه الخلايا عبارة عن مجموعة خلايا دفاعية، ويطلق عليها بصفة عامة اسم خلايا الدم البيضاء، ولكنها تشمل ثلاثة أنواع رئيسية وهى: الخلايا الآكلة (الملتهمة) الصغيرة والكبيرة والخلايا اللمفاوية ذات الأسلحة المتخصصة (شكل ٢)، وهذا النوع الأخير هو أيضا ينقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية، كما سنرى فيما بعد.



(شكل ٢) أنواع الخلايا الدفاعية.

فسأل أسامة: وما الذى تأكله الخلايا الآكلة؟ فرد الأستاذ: أولا أود أن أذكر لكم أن هناك نوعين من الخلايا الآكلة: الخلايا الصغيرة والكبيرة. وهذه الخلايا تلعب دورا ضروريا لحياتنا ويستحق الأمر أن نتحدث عن كل نوع

obeikandl.com

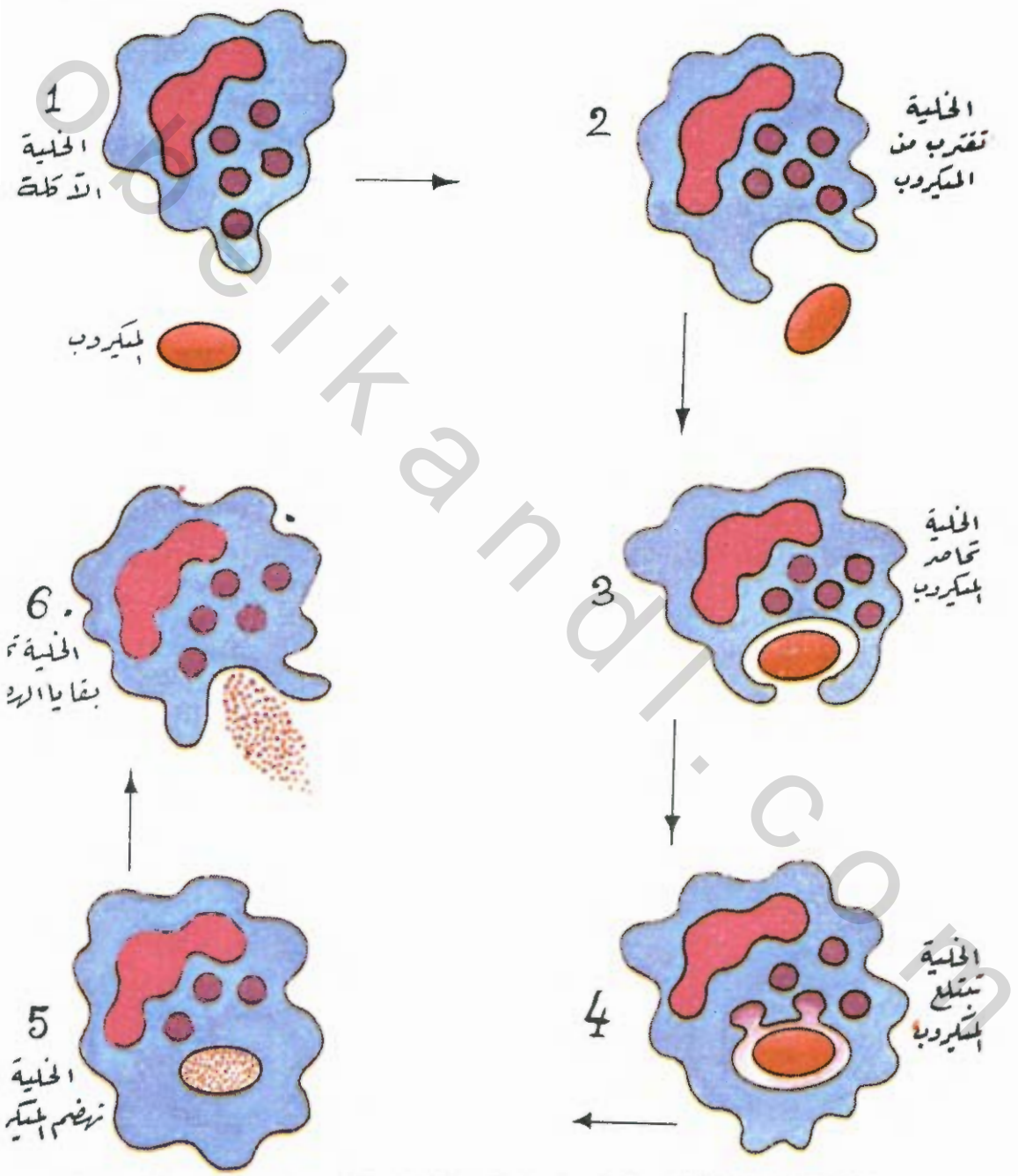
منهما على حدة. فرد معتز: هذا جميل جدا، احكى لنا يا أستاذى وكلنا آذان صاغية. اتجهت الأنظار كلها إلى الأستاذ معروف، فالكل متشوق للعلم والمعرفة، فابتسم قائلا: لنبدأ الحديث بالخلايا الصغيرة.

الخلايا الآكلة الصغيرة: تتكون هذه الخلايا فى النخاع. ومن وظائفها الرئيسية حراسة الجسم فى كل ثانية للبحث عن أى ميكروب، وبمجرد أن تعثر عليه فإنها تقوم على الفور بابتلاعه (شكل ٣).

فردت هدى: وهل هناك نوع واحد من الميكروبات؟ فرد عليها: لا يا هدى، فالميكروبات توجد فى ثلاثة أنواع رئيسية وهى الفيروسات والبكتريا والطفيليات الأخرى مثل الحيوانات الأولية. وتمثل الخلايا الآكلة الصغيرة الأغلبية بين خلايا الدم البيضاء حيث أنها توجد بنسبة ٦٥٪. هل تصدقون يا أحباب أنه فى كل يوم يغادر حوالى ١٠٠ بليون خلية آكلة من النخاع إلى الدم والأغشية لتقوم بدورية الحراسة المستمرة للجسم!!. وتعيش هذه الخلايا لمدة أيام قليلة ثم تموت. نظر الجميع إليه وعلى وجوههم ملامح الدهشة وكأن كل واحد يقول لنفسه «مش معقول! ١٠٠ بليون خلية فى اليوم!» وأكمل الأستاذ قائلا: ومن الممكن أن تبتلع الخلية الواحدة ما يقرب من خمسة وعشرين ميكروبا قبل أن تموت. فتمتمت منى: سبحانك يا الهى! ثم سألت: وماذا عن الخلايا الآكلة الكبيرة، أهل تختلف كثيرا عن الصغيرة؟ فرد الأستاذ: بالطبع هناك اختلافات بينها.

الخلايا الآكلة الكبيرة: يتكون هذا النوع من الخلايا الآكلة فى النخاع أيضا، ولكنه أكبر حجما من السابقة. كما أنه يعيش لمدة أطول قد تصل إلى شهور أو سنين. وتوجد هذه الخلايا بنسبة ٢ - ٤٪ بين خلايا الدم البيضاء. وتقيم الخلايا الآكلة الكبيرة فى مواقع دخول الميكروبات الضارة، مثل الرئة (الدخول عن طريق الهواء) والجهاز الهضمى (الدخول عن طريق الطعام). وتتميز هذه الخلايا بأن لها أطرافا طويلة تمدها لمسافة طويلة لتقتنص الميكروب

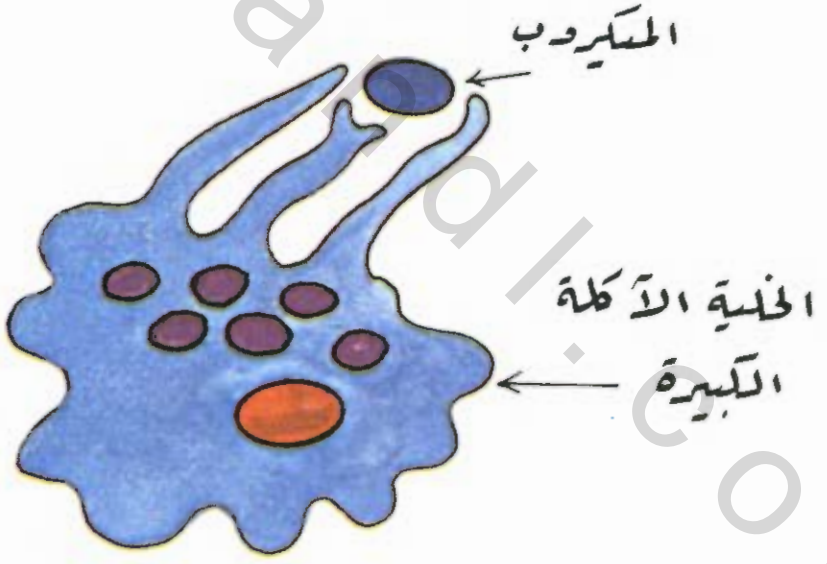
obeikandi.com



(شكل ٣) الخلية الآكلة الصغيرة تبتلع ميكروبا. تقترب الخلية من الميكروب ثم تحاصره وتبتلعه وتحيطه بفجوة. وتحتوى هذه الفجوة على انزيمات هاضمة تقوم بهضم وتحليل الميكروب إلى قطع صغيرة (فتافيت).

obeikandl.com

ثم تبتلعه (شكل ٤). وهنا علق أسامة قائلا: إذن الخلايا الكبيرة تقوم بنفس العمل الذى تقوم به الخلايا الصغيرة. فرد عليه الأستاذ معروف: ليس هذا كل شىء، فبالإضافة إلى ابتلاع الميكروبات، تقوم الخلايا الآكلة الكبيرة بوظائف أخرى فى غاية الأهمية. فبعضها يعمل مثل عمال النظافة ويقوم بالتخلص من الأنسجة المصابة والخلايا القديمة. والبعض الآخر ينظف سطح الحويصلات الهوائية من الأتربة والأجسام الغريبة التى تكون عالقة بها، كما تزيل حبيبات التبغ من أنسجة الرئة. وتستطيع الخلية الآكلة الكبيرة أن تبتلع ما يقرب من مائة ميكروب قبل أن تموت.



(شكل ٤) الخلية الآكلة الكبيرة تبتلع ميكروبا. تمد الخلية الآكلة الكبيرة أطرافا طويلة تقتنص بها الميكروب من على بعد ثم تبتلعه وتهضمه إلى قطع صغيرة.

فردت هدى: أعتقد يا أستاذى أن الخلايا الآكلة الصغيرة والكبيرة كافية لحماية الجسم، لأنها تلتهم كل ميكروب يغزوه. فلماذا إذن توجد أنواع أخرى

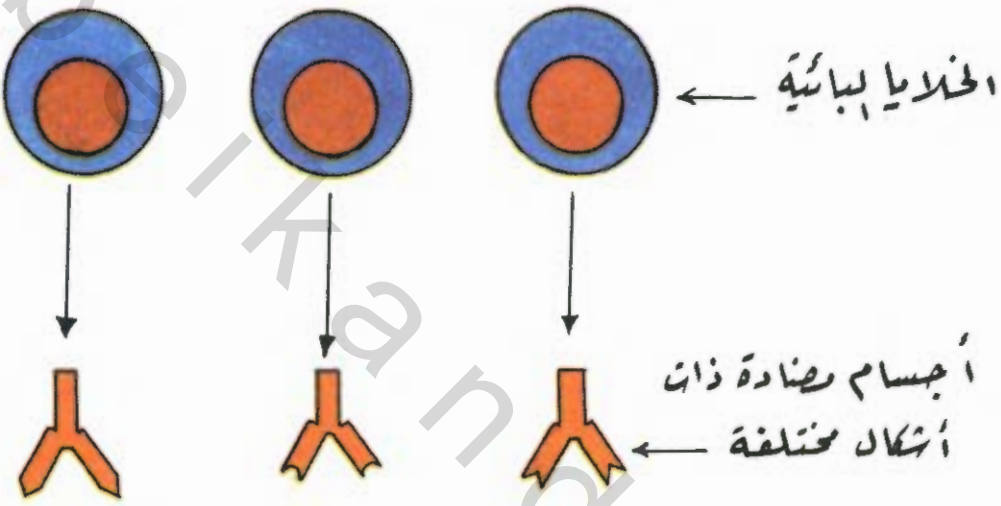
obeikandl.com

من الخلايا الدفاعية مثل الخلايا اللمفاوية التى ذكرتها؟ فرد الأستاذ: لا يا هدى، الخلايا الآكلة ليست وحدها كافية. وذلك لأن كل من الخلايا الآكلة الصغيرة والكبيرة ليست لها القدرة على التمييز بين الميكروب والآخر. فهى تتعرف على الأجسام الغريبة عن الجسم بصفة عامة ولا تفرق بين البكتريا أو الفيروسات أو الطفيليات (سوف نرى أهمية التمييز بين أشكال الميكروبات فيما بعد). كما أن بعض الميكروبات قد توجد فى الجسم مرتدية أقنعة تتخفى بها، بحيث لا تستطيع الخلايا الآكلة أن تتعرف عليها. وهنا يأتى الدور الهام الذى تقوم به الخلايا اللمفاوية.

فسأل أسامة: وما هو ذلك الدور الهام الذى تلعبه الخلايا اللمفاوية؟ فرد عليه الأستاذ معروف قائلا: تتصف هذه الخلايا بقدرتها الفائقة على التمييز بين الميكروب والآخر مهما كانت درجة التشابه بينهما كبيرة. فهى تستطيع أن تميز بين شكل الفيروس وشكل البكتريا. بل إنها تستطيع التمييز بين خلية الجسم السليمة وخلية الجسم المصابة بالميكروب وخلية السرطان. وتوجد أشكال عديدة من هذه الخلايا بحيث أن كل شكل معين يتخصص فى محاربة ميكروب ذى شكل معين. ولهذا فهذه الخلايا تحفظ فى ذاكرتها أشكال الميكروبات التى تواجهها أول مرة، ثم تعد لها أسلحة وتحفظها فى الدم لفترة قد تصل إلى سنوات. وعندما يغزو الجسم ميكروب يكون قد سبق أن غزا الجسم من قبل فإن الأسلحة التى أعدت لشكل هذا الميكروب تحاربه على الفور. فقالت منى: من الواضح يا أستاذى أن هذه الخلايا تقوم بوظائف عديدة فهل هناك أنواع عديدة من الخلايا اللمفاوية؟ فرد عليها: هناك نوعان رئيسيان من الخلايا اللمفاوية: الخلايا البائية (ب) والخلايا التائية (ت). هيا نتعرف معا على صفات كل نوع.

الخلايا اللمفاوية البائية: تولد هذه الخلايا فى النخاع العظمى ثم تسافر إلى الطحال والعقد اللمفاوية وتستقر هناك لحين استدعائها فى حالة حدوث

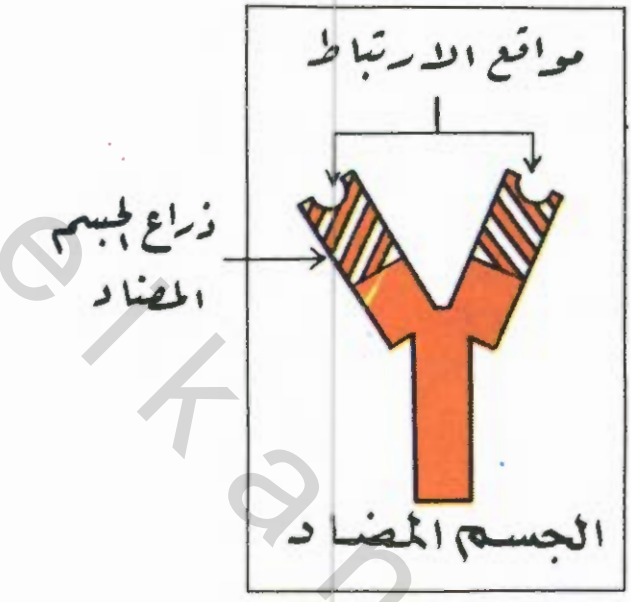
العدوى. وتتخصص هذه الخلايا فى إنتاج الأجسام المضادة وتوجد أشكال لا حد لها من هذه الخلايا بحيث أن كل شكل يتخصص فى إنتاج جسم مضاد ذى شكل معين (شكل ٥). فسأل أسامة: وما هى الأجسام المضادة؟



(شكل ٥) اشكال الخلايا البائية المختلفة. توجد الخلايا البائية فى اشكال مختلفة وعديدة. ويتخصص كل شكل فى انتاج نوع وشكل معين من الأجسام المضادة وتختلف الأجسام المضادة فى شكل مواقع الارتباط على أطراف الأذرع.

فرد الأستاذ: الأجسام المضادة هى جزيئات بروتين لها شكل مميز على هيئة حرف ال «واى» "Y" (شكل ٦) وهى مثل الأسلحة التى تنقض على الميكروب وتلتصق به وتشل حركته. فعند حدوث العدوى تقوم الخلايا البائية بإنتاج أشكال لا حصر لها من الأجسام المضادة التى تدور فى مجرى الدم، وتبحث عن الميكروبات لتلتصق بها وتشلها. ولاحظوا أن الأجسام المضادة على درجة عالية من التخصص والدقة بحيث أن كل شكل منها يتخصص فى محاربة ميكروب له شكل معين. هيا نرى كيف يحدث ذلك (شكل ٧). عندما يقابل

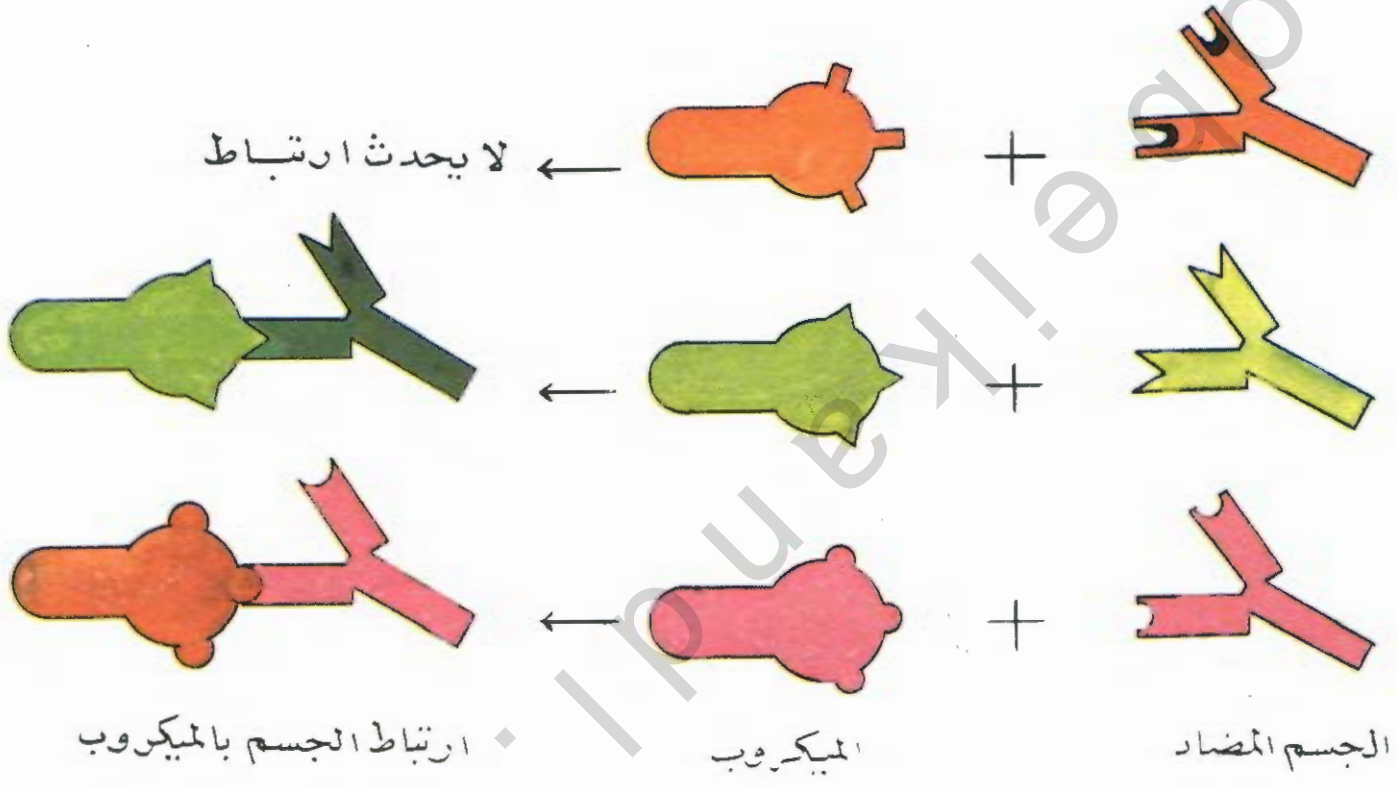
obeikandl.com



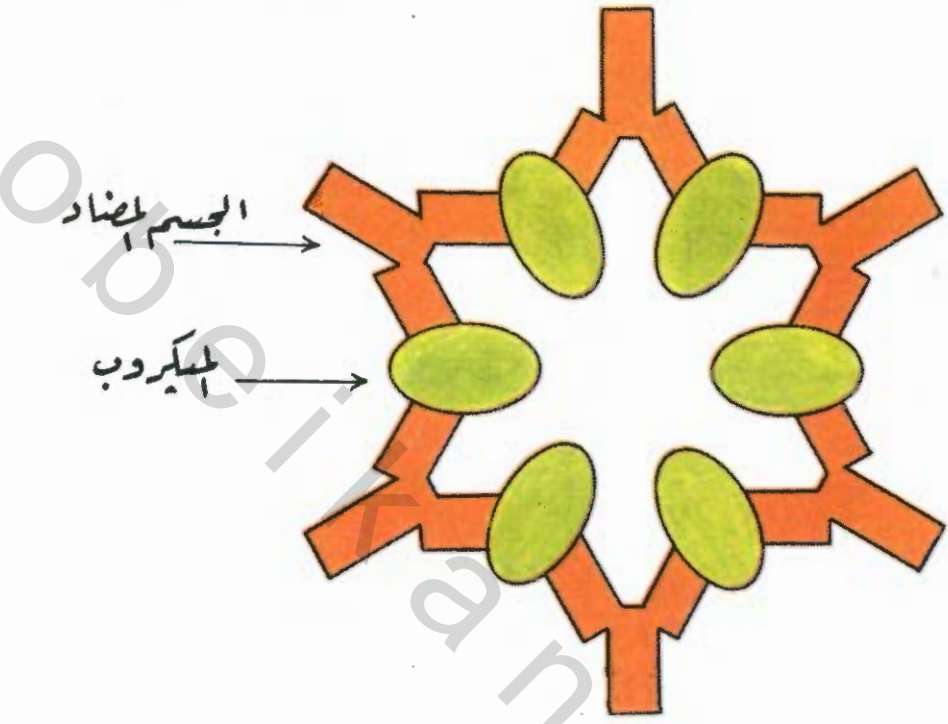
(شكل ٦) تركيب الجسم المضاد. يتخذ الجسم المضاد شكل حرف الواى (Y) فالمنطقة العليا للجسم المضاد تحتوى على ذراعين يستخدما فى الالتصاق على سطح الميكروب. ويحتوى طرف كل ذراع على موقع ذى شكل معين يسمى بموقع الارتباط. وهو الموقع الذى يرتبط بسطح الميكروب. وفى هذه الصورة يتخذ موقع الارتباط شكل نصف الدائرة.

الجسم المضاد الميكروب الذى يتوافق معه فى الشكل فإنه يلتصق به وبهذا يسبب إعاقة للميكروب وكأنه «يكلبشه». كما أن الجسم المضاد يستطيع أن «يكلبش» اثنين من الميكروبات فى وقت واحد (شكل ٨). وبذلك يوقف نشاطهما ويمنع أثرهما الضار ولكن هذا وحده لا يكفى. فالأجسام المضادة الملتصقة على سطح الميكروبات تعتبر مثل «يافطة» إنذار توجه الخلايا الآكلة إلى ابتلاع هذه الميكروبات والتخلص منها (شكل ٩).

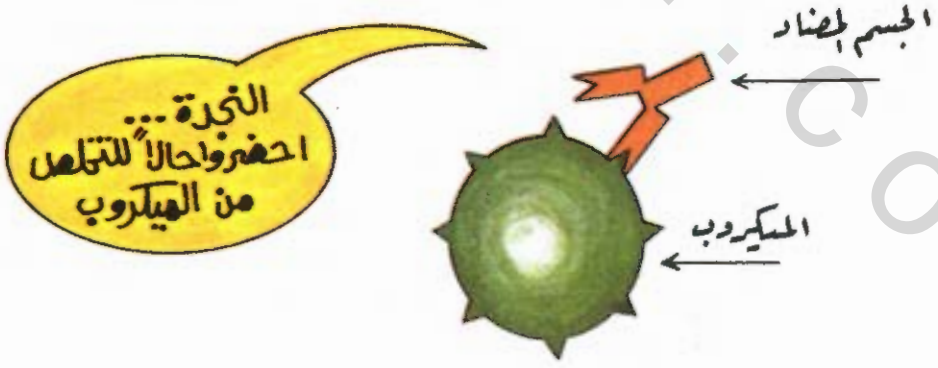
obeikandl.com



(شكل ٧) ارتباط الأجسام المضادة بالميكروبات. يتخذ موقع الارتباط فى الجسم المضاد شكلا مميزا له. ففى الصف الأول من الأجسام المضادة، يتخذ الموقع الشكل البيضاوى وفى الصف الثانى يتخذ شكل المثلث وفى الصف الثالث يتخذ شكل نصف الدائرة. ويتناسب شكل موقع الارتباط مع موقع على سطح الميكروب، بالضبط مثل المفتاح مع القفل. فالجسم المضاد يمثل المفتاح وسطح الميكروب يمثل القفل. ولهذا يكون ارتباط الجسم المضاد بسطح الميكروب ارتباطا متماسكا وقويا. وفى الصف الأول نجد أنه لا يحدث ارتباط بين الجسم المضاد وسطح الميكروب لعدم توافق موقع الارتباط (شكله بيضاوى) مع سطح الميكروب (به اشكال مستطيلة). ولكن الارتباط يحدث فى الصفين التاليين لتوافق شكل موقع الارتباط مع شكل سطح الميكروب.



(شكل ٨) الجسم المضاد يرتبط باثنين من الميكروبات. يستطيع الجسم المضاد أن يرتبط بأثنين من الميكروبات، أن يرتبط كل ذراع بميكروب واحد. وتتعاون الاجسام المضادة مع بعضها فى الارتباط بمجموعة من الميكروبات. ويؤدى ذلك إلى اعاقة و«كلبشة» هذه الميكروبات حتى لا تهرب ولا تتكاثر.



(شكل ٩) الجسم المضاد يافطة إنذار. عندما يلتصق الجسمم المضاد بسطح الميكروب فإنه يعمل مثل يافطة الانذار التى تنبه الخلايا الدفاعية إلى وجود الميكروب. وكأن الجسم المضاد يصرخ ويقول «النجدة.. احضروا حالا للتخلص من هذا الميكروب».

obeikandi.com

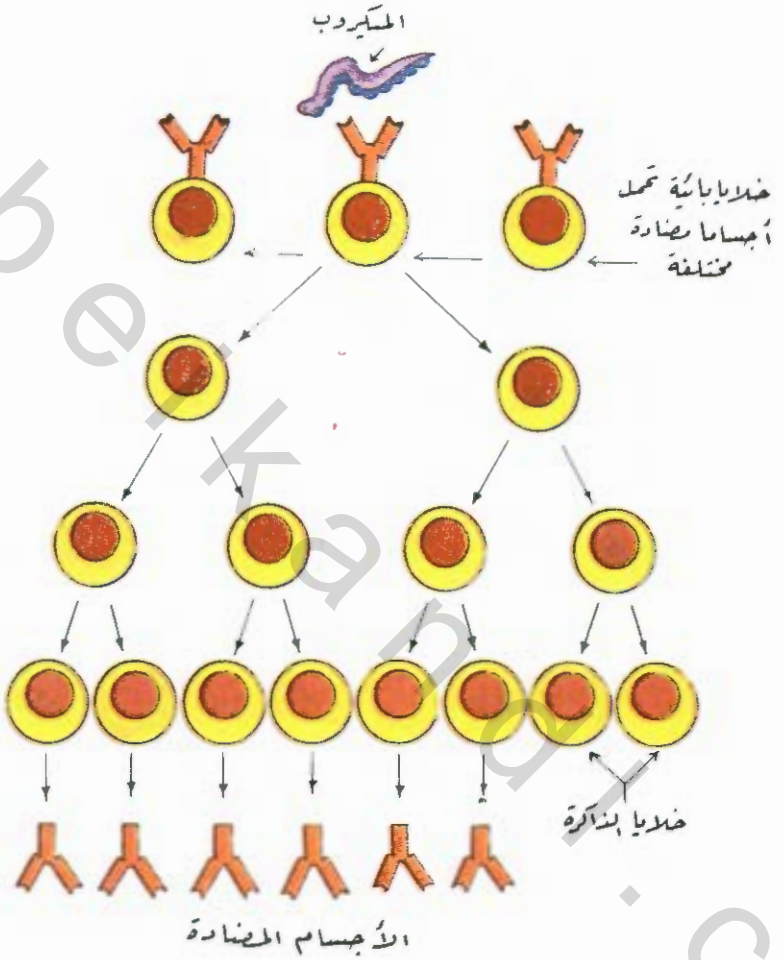
أما فى حالة السموم والفيروسات، فالأجسام المضادة تلتصق بالسموم فتعادل أثرها الضار. كما تلتصق بالفيروسات فتمنعها من الالتصاق على خلايا الجسم، وبالتالى تعوق عملية دخولها إلى هذه الخلايا.

فسألت هدى: وهل توجد كمية كافية من الأجسام المضادة لمحاربة الأعداد المهولة من الميكروبات؟ فرد الأستاذ مبتسما: بالطبع يا هدى، فبعد أيام من العدوى، تستطيع الخلايا اللمفاوية البائية أن تفرز ما يزيد عن ١٠ مليون من الأجسام المضادة فى كل ساعة. فتخيلوا العدد الناتج من ملايين الخلايا فى اليوم الواحد!!! ونظر إلى هدى قائلا: أهل هذا عدد كاف يا هدى؟ فردت عليه مبتسمة: إنه عدد كاف وكاف وكاف.. إنه كاف لأبعد الحدود. فأكمل الأستاذ: وكما قلنا قبل ذلك تستطيع هذه الخلايا أن تحفظ فى ذاكرتها شكل الميكروب الذى تقابله أول مرة، وتستمر فى إنتاج أجسام مضادة خاصة به حتى تكون موجودة وجاهزة بصفة مستمرة مثل الذخيرة المعدة للعمل فى أى وقت. وتظل الأجسام المضادة محفوظة فى الدم لفترات طويلة قد تصل إلى سنوات، بحيث أنه إذا عاد نفس الميكروب وهاجم الجسم مرة أخرى فإن هذه الأجسام المضادة تتذكره بسرعة وتجرى عليه تشل حركته ونشاطه حتى يتم قتله بعد ذلك (شكل ١٠). ولهذا فإن العدوى للمرة الثانية بنفس شكل الميكروب عادة ما تمر بسلام وبدون حدوث المرض. أى بدون أن نشعر بها. وتتخصص هذه الخلايا فى ملاحقة ومحاربة الميكروبات التى تعيش خارج خلايا الجسم أى فى الدم أو السائل الذى يحيط بخلايا الرئة.

فقال أسامة: من الواضح يا أستاذى أن هذه الخلايا ضرورية ولازمة لحياتنا. فماذا عن أهمية الخلايا اللمفاوية التائية؟

فرد عليه: الخلايا التائية يا أسامة لها ضرورة لا تقل عن ضرورة الخلايا البائية. هيا لنتعرف عليها.

obeikandl.com



(شكل ١٠) تكوين خلايا الذاكرة.نرى ميكروبا يحتوى سطحه على اشكال نصف كروية. ونرى ثلاثة خلايا بائية تحمل كل واحدة جسما مضادا. فالجسمان المضادان فى الخلية الأولى والثالثة لهما موقع ارتباط يتخذ شكل المثلث. أما الجسم المضاد على الخلية الثانية فيتخذ شكل النصف دائرة ولهذا ينجح هذا الجسم المضاد فى الالتصاق بالميكروب. وبعد الالتصاق تتنبه هذه الخلية البائية إلى وجود الميكروب وتتعلم شكله، فتنقسم إلى خليتين ثم تنقسم كل خلية جديدة إلى خليتين.

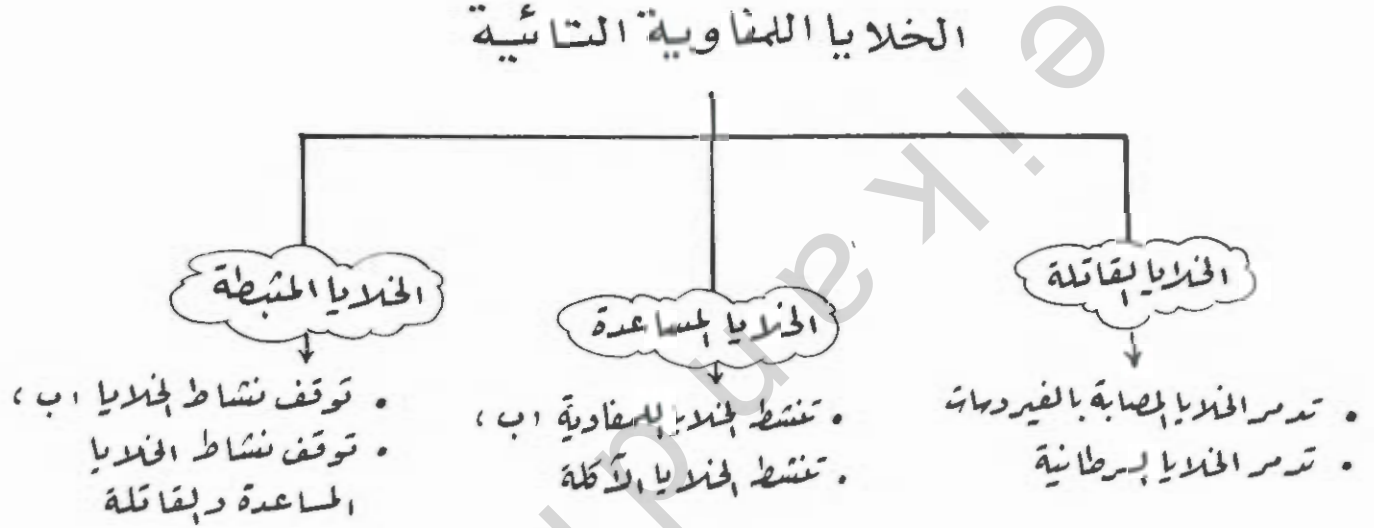
وهكذا يستمر الانقسام لتكوين خلايا بائية كثيرة العدد. وتنتج كل خلية اجساما مضادة لمحاربة هذا النوع من الميكروبات. وتتحول بعض هذه الخلايا إلى خلايا الذاكرة (الخليتان على الطرف الأيمن) فهذه الخلايا تعيش فى الجسم وتظل تحفظ شكل الميكروب وبمجرد ما أن تقابله مرة أخرى تسرع بإنتاج الأجسام المضادة ذات الأشكال التى تتوافق مع سطح هذا الميكروب.

obeikandl.com

الخلايا اللمفاوية التائية: يتم إنتاج هذه الخلايا فى الغدة الصعترية (غدة صماء صغيرة بالقرب من قاعدة العنق). وعلى عكس الخلايا البائية، نجد أن الخلايا التائية تتخصص فى محاربة الميكروبات التى تعيش داخل خلايا الجسم. ويوجد ثلاثة أنواع من هذه الخلايا (شكل ١١): نوع يسمى بالخلايا القاتلة وهى تهاجم وتدمر بعض الخلايا السرطانية وخلايا الجسم التى تم غزوها بالفيروسات. ونوع آخر يسمى بالخلايا المساعدة وهى خلايا تنبه خلايا المناعة وتنشطها فى حالة العدوى. فالخلايا المساعدة تفرز موادا كيمائية ترسلها إلى الخلايا البائية حتى تنشطها وتطلب منها إنتاج الأجسام المضادة فى وقت الحاجة، كما ترسل الرسائل الكيمائية إلى الخلايا الآكلة لتنشطها وتنبهها إلى وجود العدوى. أما النوع الثالث فهو يسمى بالخلايا الكابحة وهى تكبح نشاط الخلايا الدفاعية عن طريق إفراز رسائل كيمائية ترسلها للخلايا البائية لتوقف عملية إنتاج الأجسام المضادة. كما تبعث رسائل للخلايا المساعدة والقاتلة لإيقاف نشاطها وذلك بعد القضاء التام على الميكروبات. سألت منى: ولماذا نحتاج إلى كبح نشاط خلايا المناعة؟ فرد عليها قائلا: خلايا المناعة الدفاعية لا يجب أن تظل فى حالة نشاط مستمر إلا عند الضرورة، لأن نشاطها المستمر يسبب إرهاقا شديدا للأعضاء التى تنتجها بحيث إنها تضعف ولا تستطيع بعد ذلك أن تقوم بدورها كما يجب فى حالة أى غزو جديد للجسم. ويلاحظ أن كبح نشاط الخلايا الدفاعية لا يعنى أنها «تنام فى العسل» لأنها تكون دائما فى حالة استعداد وتأهب لمواجهة أى غزو خارجى من جديد.

وهنا نهض الأستاذ معروف وقال: والآن لنترك أسامة يسترخى فى صمت، أما نحن فهيا نذهب فى جولة قصيرة نتجول فى الحدائق ونلعب مع الأصدقاء الآخرين. فقاموا جميعا وقضوا ما يقرب من الساعة فى سباق الدراجات وركوب الخيل. وعادوا مرة أخرى واقتربوا من أسامة الذى كان مسترخيا ومستلقيا على الأرض ينعم بدفء الشمس.

obeikandi.com



(شكل ١١) أنواع الخلايا اللمفاوية التائية.

obeikandl.com

فسأله الأستاذ: كيف حالك الآن يا أسامة؟ فرد عليه: فى حالة لا بأس بها، ولكنى أريد أن أعرف عن الحروب التى تجرى الآن فى داخل جرحى.
فرد الأستاذ: حسنا يا أسامة سوف أشرح لكم ما يحدث أثناء الجروح.

□□□

obeikandl.com