

# ٣-٨ الدفاعات ضد المرض



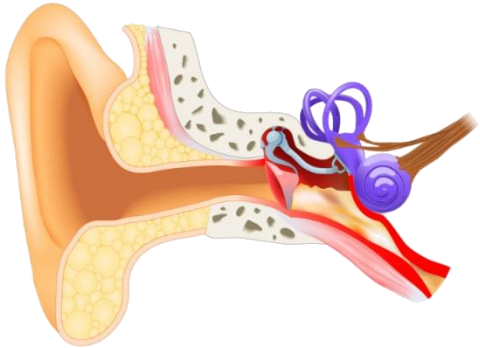
إعداد معلمة المادة :  
الاستاذة عبير البوسعيدي

يشرح المقصود بالأنتيجين ويذكر الاختلافات بين  
الأنتيجين الذاتي والأنتيجين غير الذاتي.

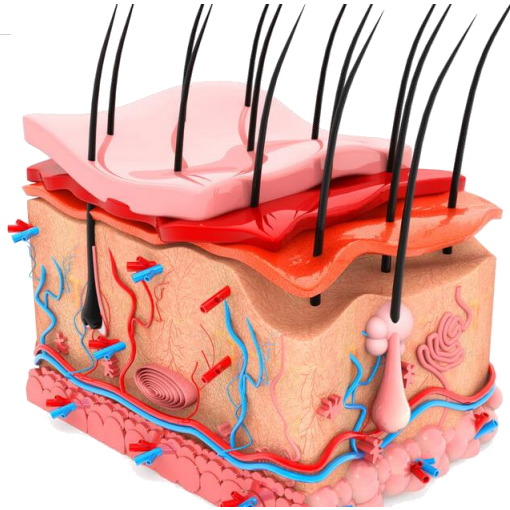
# نظام الدفاع الخارجي

توجد في جسم الإنسان مجموعة متنوعة من الآليات لحمايته من الأمراض المعدية.

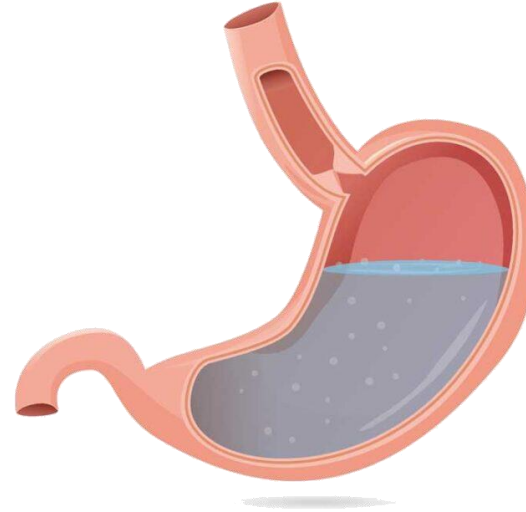
دفاعات فيزيائية وكيميائية وخلوية



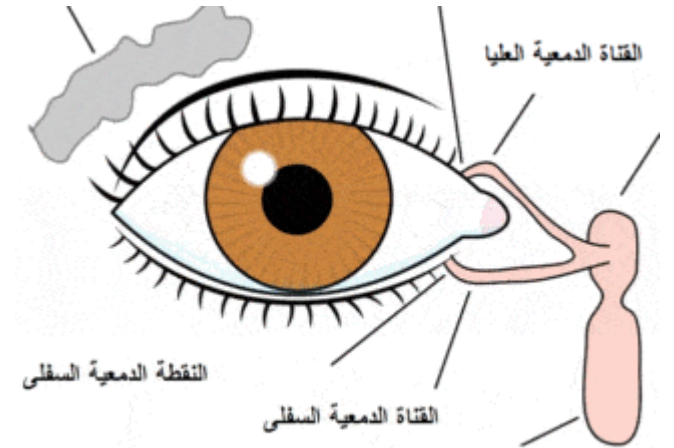
شمع الأذن



الجلد



حموضة المعدة



الدموع

## نظام الدفاع الداخلي

### مصطلحات علمية

**جهاز المناعة** Immune system :

جهاز الدفاع الداخلي للجسم.

**أنتيجين** Antigen : مادة غريبة

عن الجسم تحفز الاستجابة

المناعية (على سبيل المثال، أي

جزيء كبير مثل البروتين).

يمكن أن تمر المسببات المرضية في بعض الأحيان من خلال نظام الدفاع الخارجي وتدخل الوسط الداخلي للجسم. هنا، يبدأ نظام الدفاع الداخلي في محاربة المسبب المرضي.

تميز الأنتيجين من خلال :

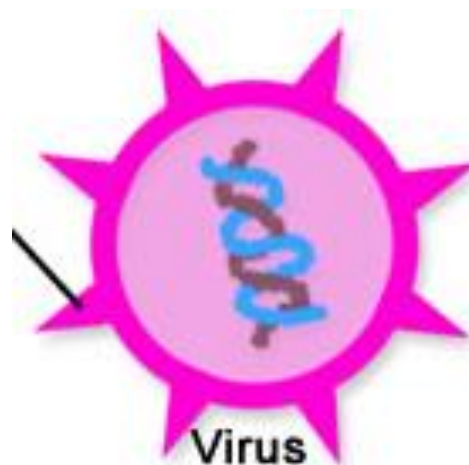
خلايا الدم البيضاء

الدهون السكرية

البروتينات السكرية

الفضلات

عديدات السكر



يمكن جهاز المناعة من التمييز بين :

الأنتيجين الذاتي

الأنتيجين غير الذاتي

مثل فصائل الدم .....

الأنتيجين الذاتي

**Self antigen** : يشير إلى المواد التي ينتجها الجسم ولا يميزها جهاز المناعة على أنها غريبة، لذا لا تحفز استجابة مناعية.

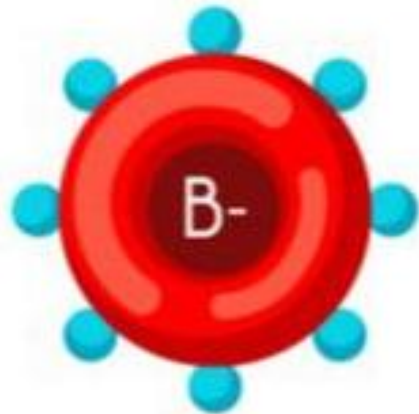
الأنتيجين غير الذاتي

**Non- self antigen** : يشير إلى أي مادة أو خلية يميزها جهاز المناعة على أنها غريبة وتحفز استجابة مناعية.

الأنتيجين الذاتي



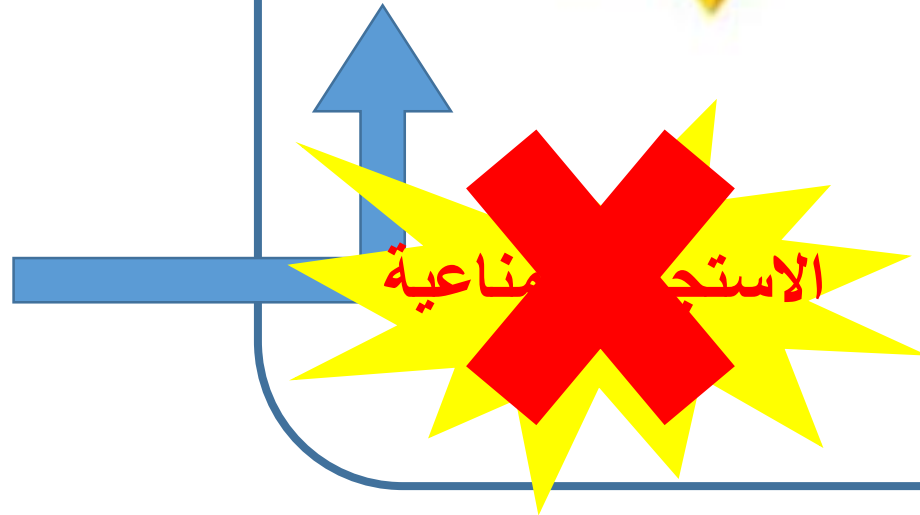
الأنتيجين غير الذاتي



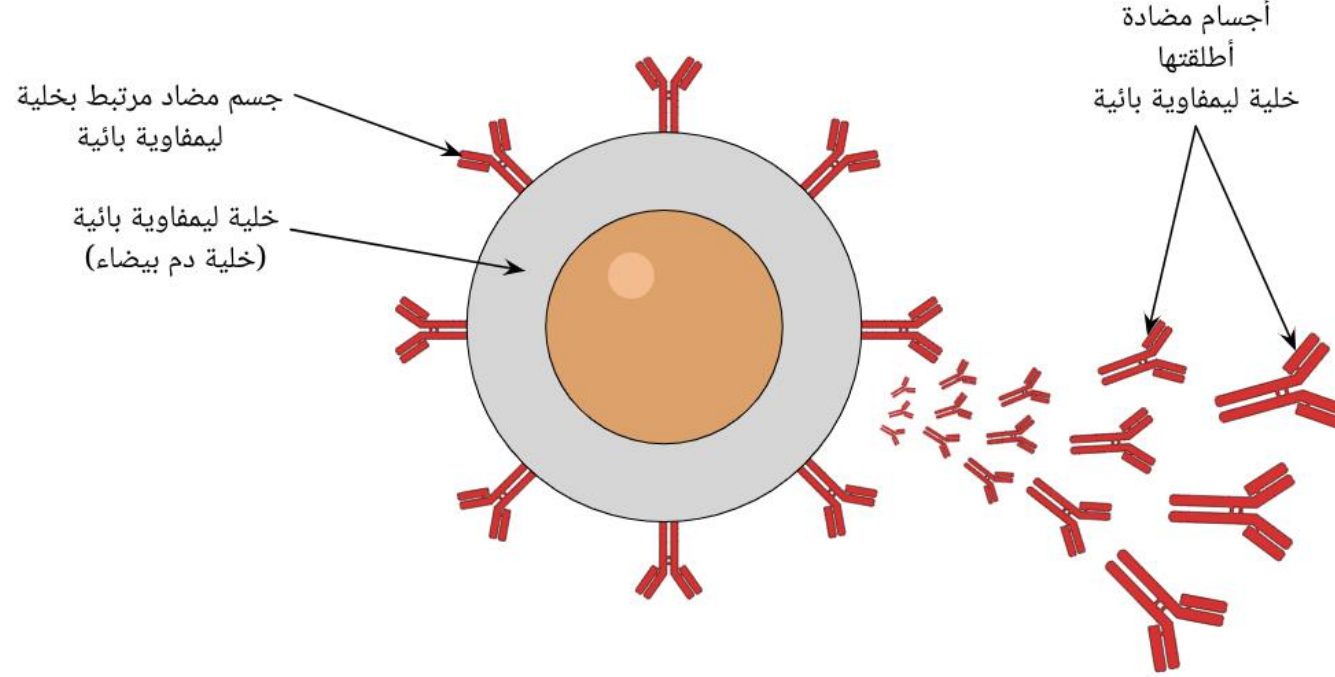
الاستجابة المناعية



الأنتيجين الذاتي



تستجيب الخلايا اللمفاوية في بعض الحالات بإنتاج الأجسام المضادة، وتستجيب في حالات أخرى بقتل الخلايا التي أصيبت بمسببات مرضية.





## سؤال

٢٠ أ. غالباً ما يتم الخلط بين الأجسام المضادة والمضادات الحيوية. اذكر الاختلافات بينهما.

ب. اشرح سبب تمييز خلايا الدم الحمراء على أنها أنتيجينات ذاتية أو أنتيجينات غير ذاتية باستخدام نظام فصائل الدم ABO كمثال.

ج. اشرح: لماذا لا يتم إعطاء دم من فصيلة دم B إلى شخص فصيلة دمه A أثناء نقل الدم؟

٢٠. أ. تنتج خلايا جهاز المناعة في الجسم الأجسام المضادة.

المضادات الحيوية هي الأدوية الطبية التي تُصنع خارج الجسم وتعطى عن طريق الفم أو عن طريق الحقن.

الأجسام المضادة هي بروتينات سكرية (جلايكوبروتينات). المضادات الحيوية ذات تراكيب كيميائية مختلفة، ولا تصنع جميعها من نوع واحد من المادة كما في الأجسام المضادة.

ب. مثال:

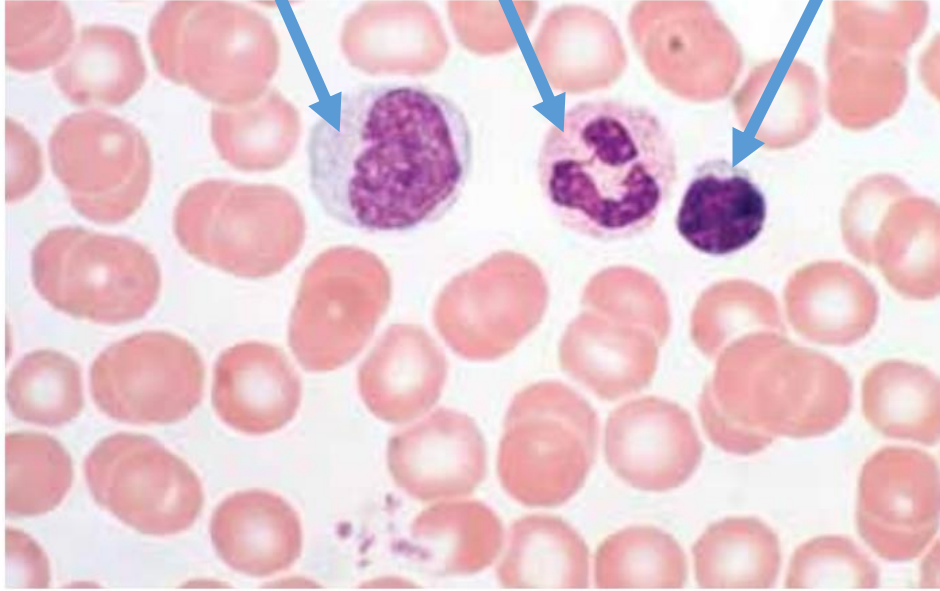
تُعدّ خلايا الدم الحمراء من فصيلة A «أنتيجينات ذاتية» في الشخص الذي فصيلة دمه A، لكنها تُعدّ في الشخص الذي فصيلة دمه B «أنتيجينات غير ذاتية».

ج. جهاز المناعة في شخص فصيلة دمه A يميز خلايا الدم الحمراء من الفصيلة B على أنها أنتيجينات غير ذاتية، وينتج أجساماً مضادة لـ anti-B/B ما يسبب تخثر الدم المنقول والذي يمكن أن يكون مميتاً.

٨-٨ يصف طريقة عمل الخلايا البلعمية (الخلايا البلعمية الكبيرة وخلايا الدم البيضاء المتعادلة).

## ٤-٨ خلايا جهاز المناعة

خلية لمفاوية      خلية دم بيضاء متعادلة      خلية بلعمية



تنتج خلايا جهاز المناعة من خلايا جذعية في نخاع العظم. توجد مجموعتان من هذه الخلايا تشارك في الدفاع:

- الخلايا البلعمية (خلايا الدم البيضاء المتعادلة والخلايا البلعمية الكبيرة).
- الخلايا اللمفاوية.

### أسئلة

٢١ صف الاختلافات بين خلية الدم البيضاء المتعادلة والخلية اللمفاوية كما تراهما في الصورة ٨-١١.

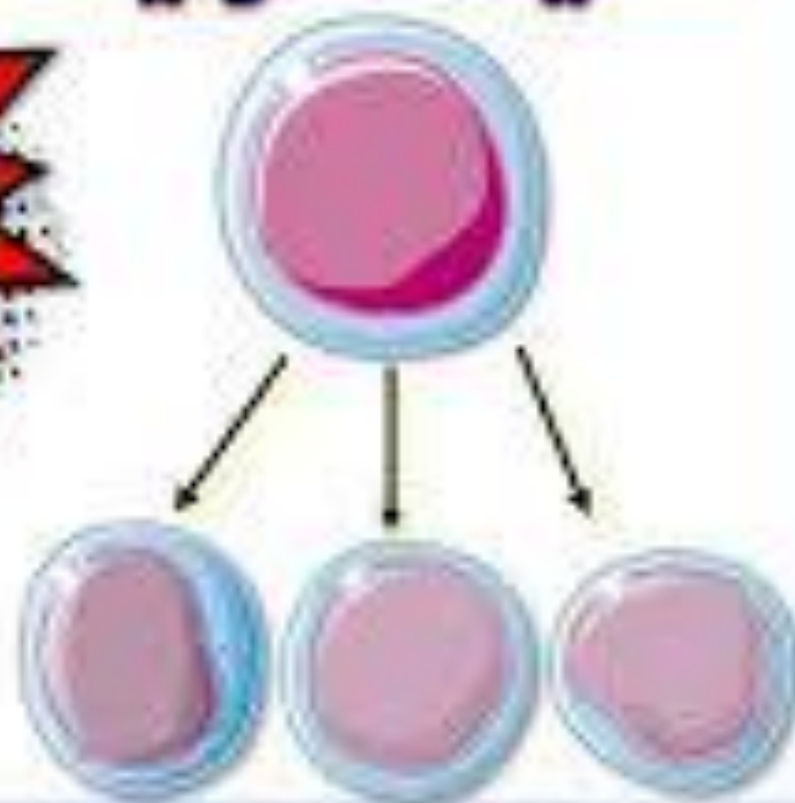
٢١. تشغل نواة الخلية اللمفاوية معظم مساحة الخلية، ويوجد سيتوبلازم قليل. تحتوي خلايا الدم البيضاء المتعادلة على نواة مفصصة مع كمية أكبر من السيتوبلازم. خلايا الدم البيضاء المتعادلة أكبر من الخلايا اللمفاوية.

# خلايا الدم البيضاء الاخرى



**VS**

# الخلايا الليمفاوية





## الخلايا البلعمية

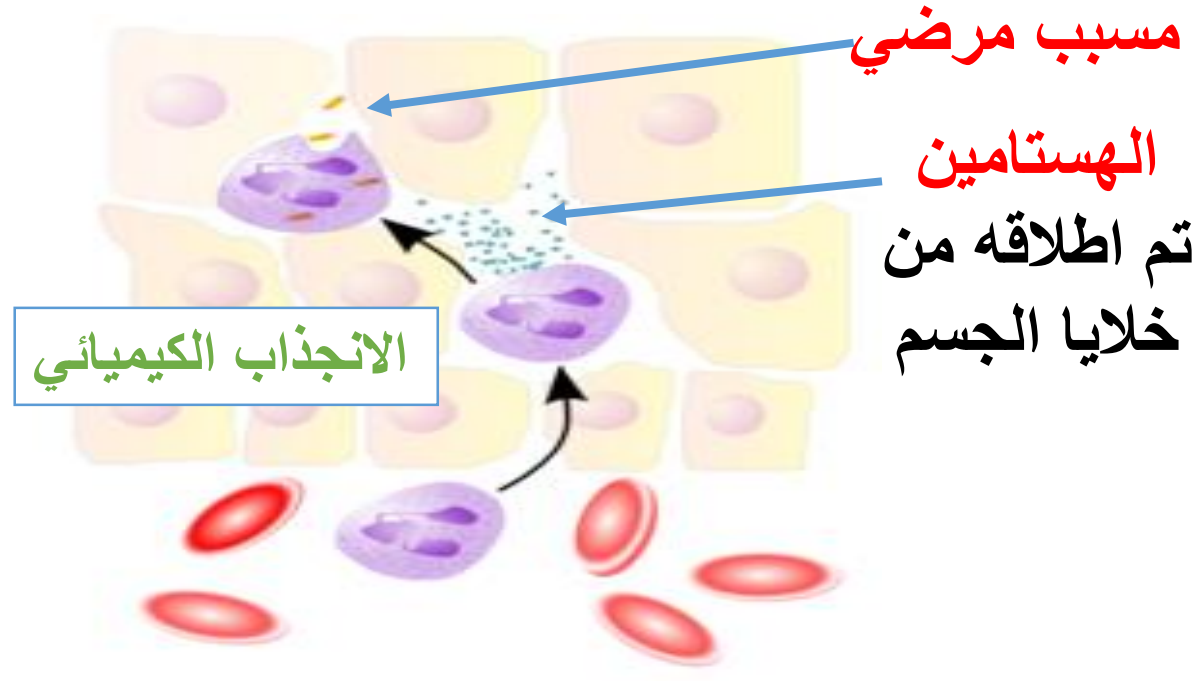
الخلايا البلعمية هي خلايا متخصصة في مكافحة العدوى، وتنتج خلايا الدم البيضاء (في المركز)، وخلايا الدم الحمراء (في اليمين)، إضافة إلى خلايا الدم البيضاء على فجوات ممتلئة بإنزيمات التحلل المائي (x1000).

تنتج الخلايا البلعمية Phagocytes طوال الحياة في نخاع العظم، وهي تخزن فيه قبل أن تنتشر في جميع أنحاء الجسم عبر الدم. وهذه الخلايا، تزيل الخلايا الميتة والكائنات الحية الدقيقة الغازية.

خلايا الدم البيضاء المتعادلة Neutrophils نوع من الخلايا البلعمية تشكل 60% تقريباً من عدد خلايا الدم البيضاء في الدم (الصورتان ٨-١١ و ٨-١٢). تنتقل هذه الخلايا في جميع أنحاء الجسم، وغالباً ما تغادر الدم عن طريق انضغاطها عبر جدران الشعيرات الدموية لتمر عبر الأنسجة لتبتلع أي مسبب مرضي تجده. وأثناء الإصابة بالعدوى، يتم إطلاق خلايا الدم البيضاء المتعادلة من مخازنها بأعداد كبيرة، لكنها خلايا قصيرة العمر.

الخلايا البلعمية الكبيرة Macrophages هي أيضاً خلايا بلعمية، لكنها أكبر من خلايا الدم البيضاء المتعادلة. توجد غالباً في أعضاء مثل الرئتين والكبد والطحال والكلى والعقد اللمفاوية، بدلاً من بقائها في الدم. بعد أن تتكوّن الخلايا البلعمية الكبيرة في نخاع العظم تنتقل في الدم على شكل خلايا وحيدة النواة Monocytes (الصورة ٨-١١)، التي تتطور إلى خلايا بلعمية كبيرة عند مغادرتها الدم والاستقرار في الأعضاء، لتزيل أي مادة غريبة تجدها فيها. الخلايا البلعمية الكبيرة طويلة العمر تؤدي دوراً حاسماً في بدء الاستجابات المناعية، لكنها لا تدمر مسببات المرضية تماماً، بل تقطعها لإبراز الأنتيجينات التي يمكن أن تميزها الخلايا اللمفاوية.

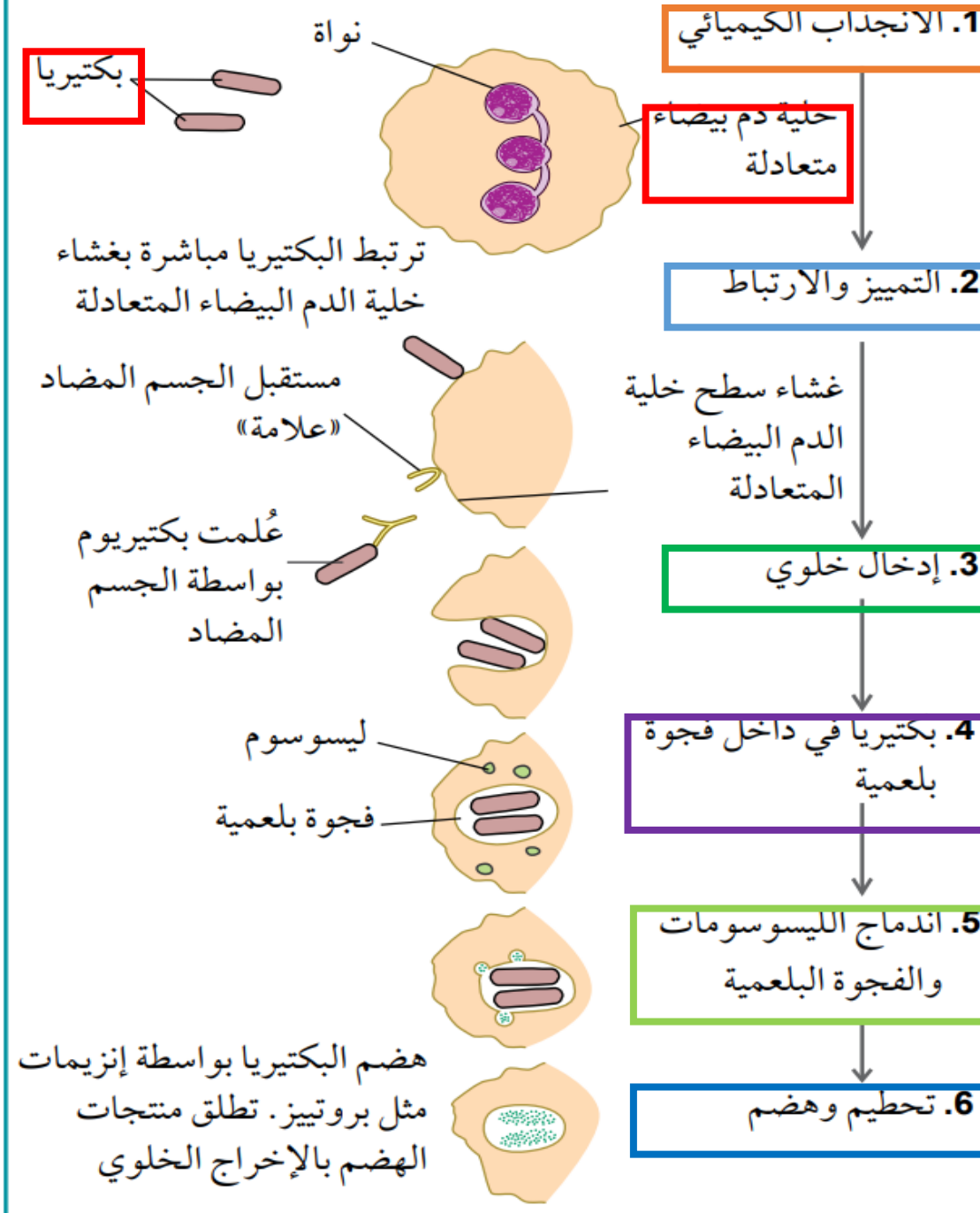




عندما تغزو مسببات المرضية الجسم وتتسبب في حدوث عدوى، تستجيب بعض الخلايا التي تعرضت للغزو بإطلاق مواد كيميائية مثل الهستامين. وتجذب هذه المواد - مع المواد الكيميائية التي يمكن أن تطلقها مسببات المرضية نفسها - خلايا الدم البيضاء المتعادلة التي قد تكون قريبة إلى الموقع (تسمى هذه الحركة باتجاه المنبه الكيميائي، الانجذاب الكيميائي Chemotaxis)، فتدمر خلايا الدم البيضاء المتعادلة مسببات المرضية عن طريق البلعمة (الشكل ٨-٧).



# الخلايا البلعمية

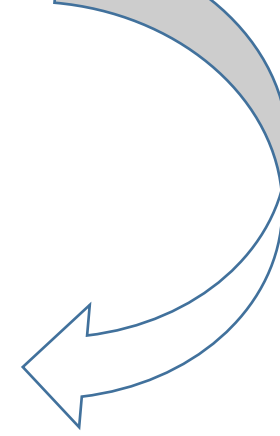


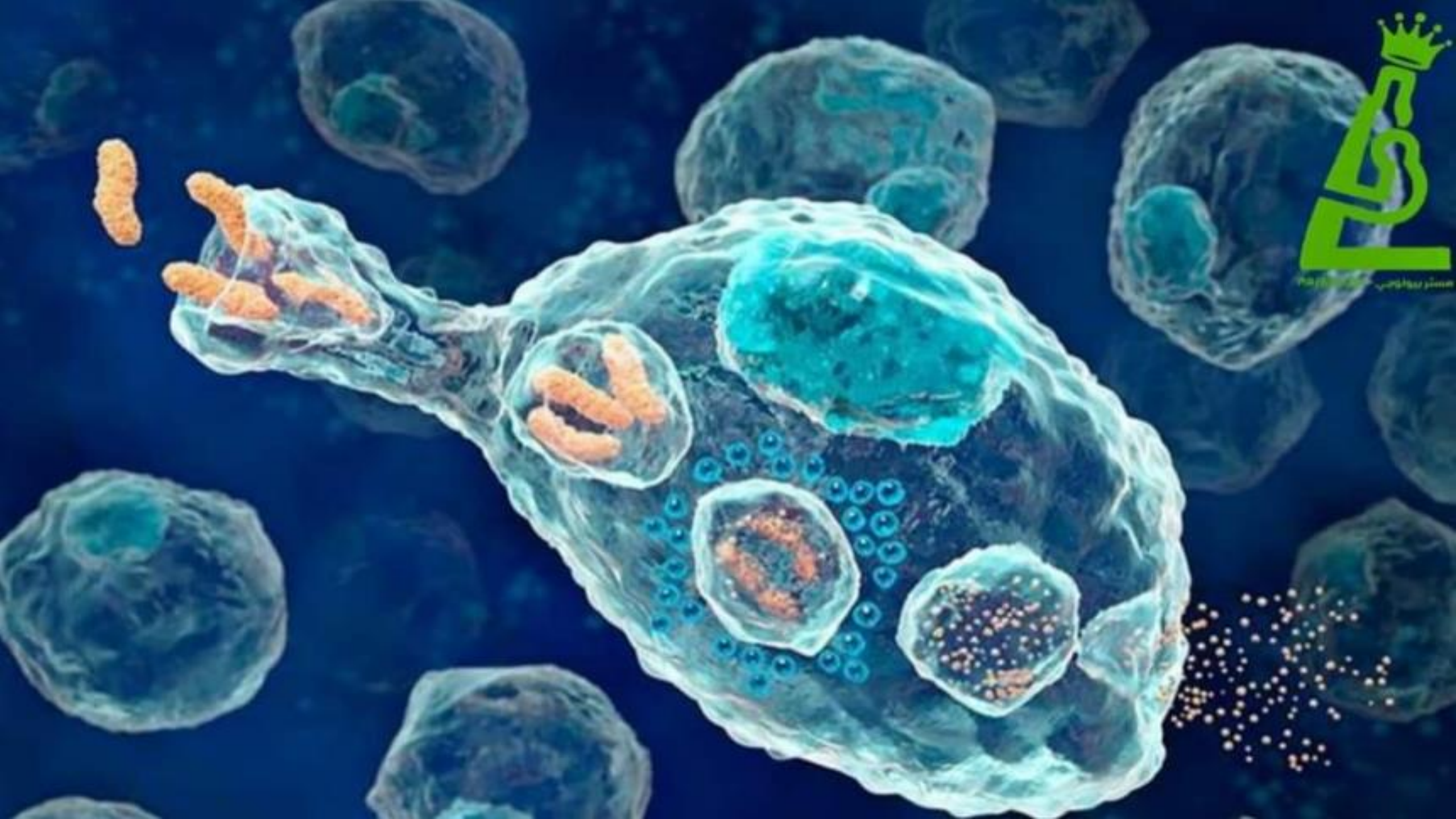
٨-٨ يصف طريقة عمل الخلايا البلعمية (الخلايا البلعمية الكبيرة وخلايا الدم البيضاء المتعادلة).

- ٩-٨ يصف تسلسل الأحداث أثناء الاستجابة المناعية الأولية مع الإشارة إلى أدوار:
- الخلايا البلعمية الكبيرة
  - الخلايا اللمفاوية البائية، بما في ذلك الخلايا البلازمية
  - الخلايا اللمفاوية التائية، مقتصرًا على الخلايا التائية المساعدة والخلايا التائية القاتلة.

تتحرك خلايا الدم البيضاء المتعادلة باتجاه مسببات المرضية، والتي يتم تجميعها معًا وإحاطتها بالأجسام المضادة ليسهل ابتلاعها. وتحفز الأجسام المضادة أيضًا خلايا الدم البيضاء المتعادلة لتهاجم مسببات المرضية، ويعود ذلك إلى وجود بروتينات مستقبلية على سطح خلايا الدم البيضاء المتعادلة تميز الأجسام المضادة وترتبط بها؛ عندها يبتلع غشاء سطح خلية الدم البيضاء المتعادلة مسببات المرضية، وتحتجزها داخل فجوة بلعمية في عملية تسمى الإدخال الخلوي Endocytosis. ثم تندمج الليسوسومات مع الفجوات البلعمية مطلقة إنزيمات تحطم مسببات المرضية.

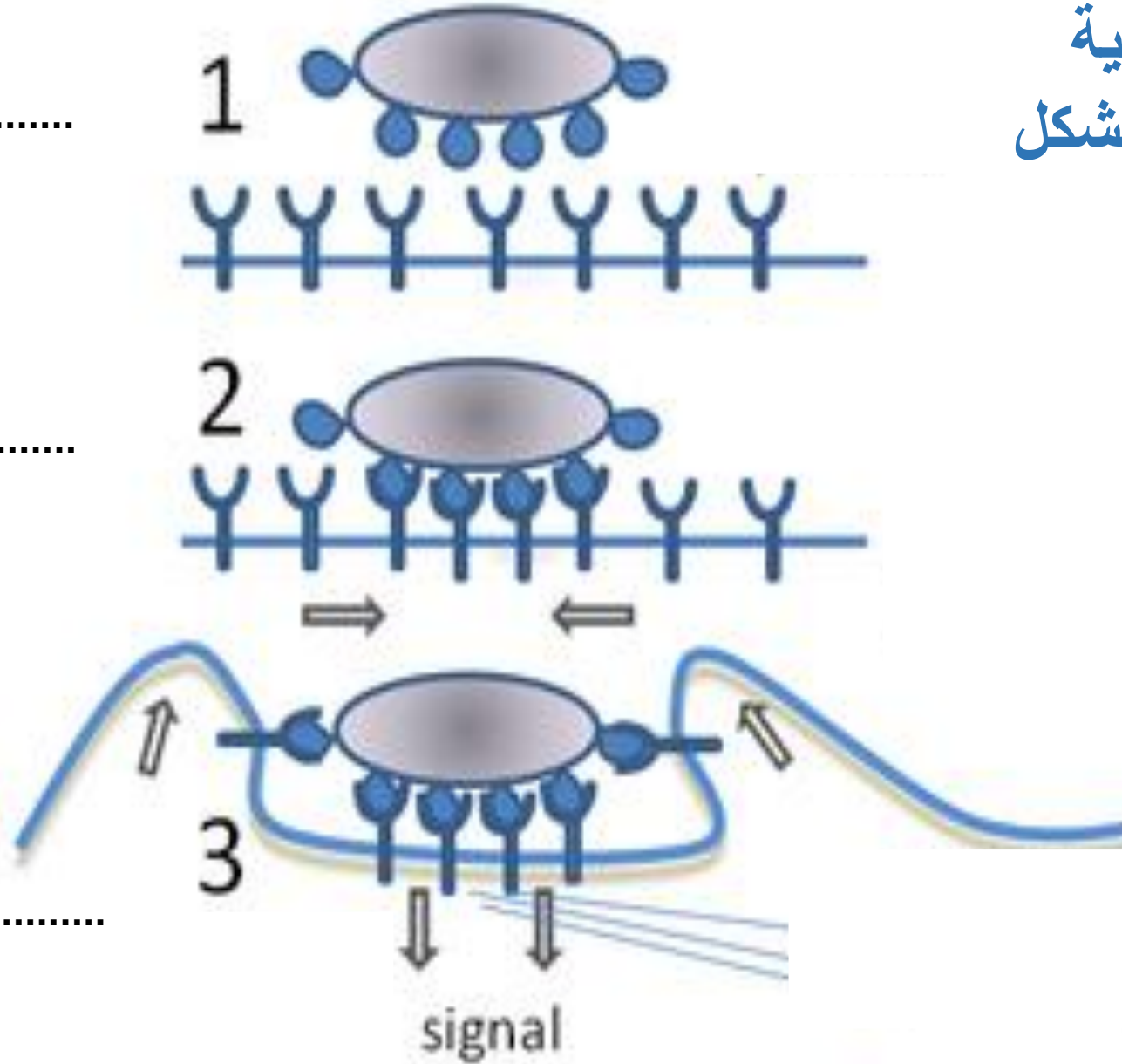
عمر خلايا الدم البيضاء المتعادلة قصير، إذ تموت بعد قتل وهضم بعض مسببات المرضية، وغالبًا ما تتجمع خلايا الدم البيضاء المتعادلة الميتة في موقع الإصابة على شكل صديد.

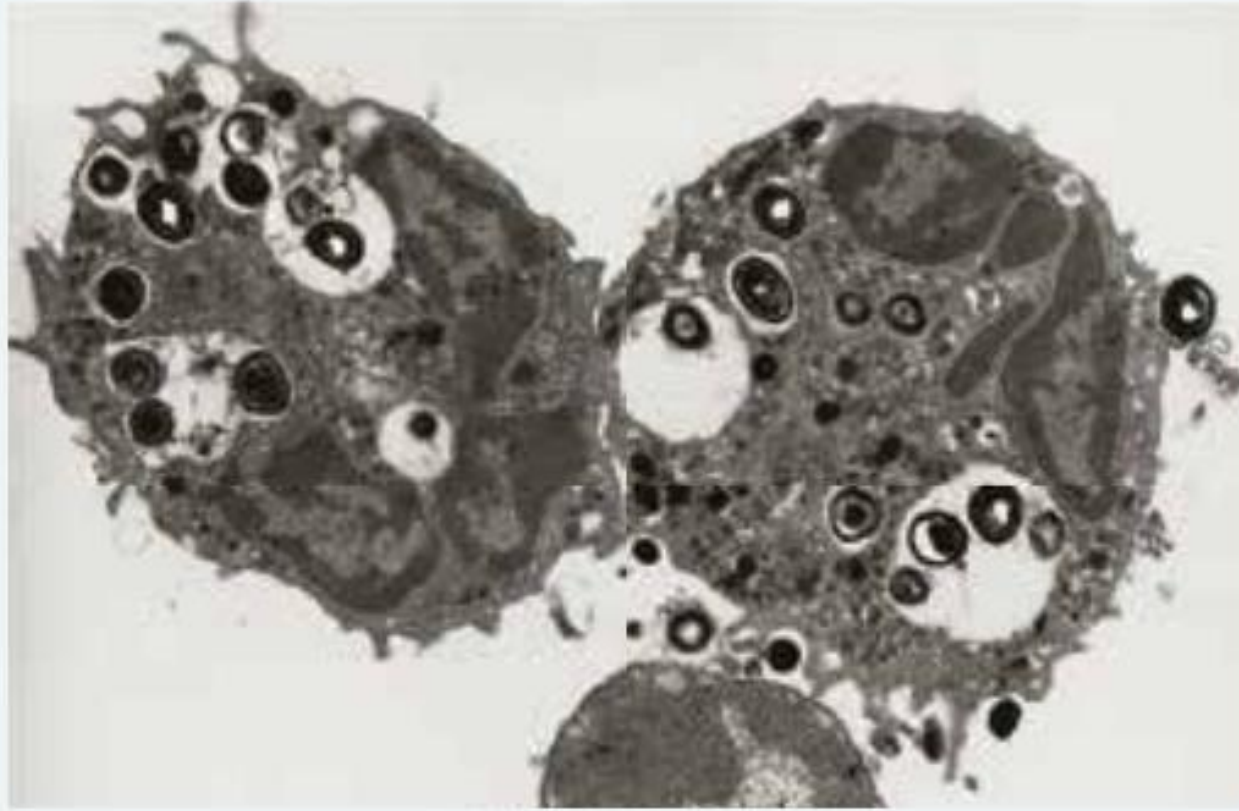




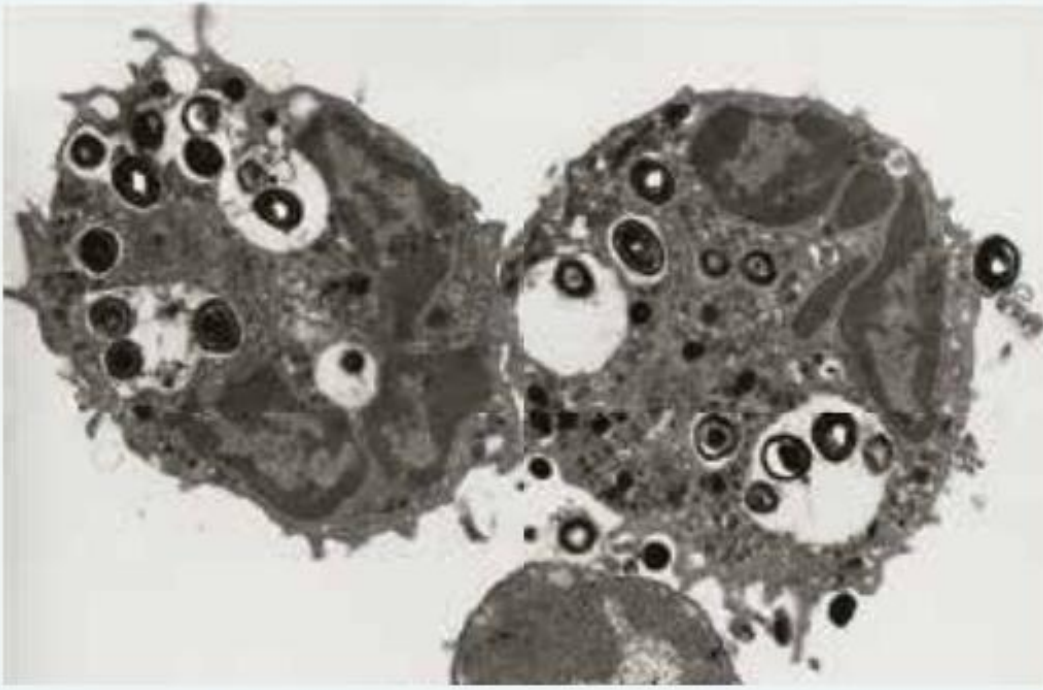


س) اكتبى خطوات عملية  
البلعمة الموضحة في الشكل  
المقابل ؟





الصورة ٨-١٢ صورة مجهرية إلكترونية (النافذ)  
لخليتي دم بيضاء متعادلتين ابتلعتا عدة خلايا من بكتيريا  
المكورات العنقودية (x6000). تبدو في أقصى اليمين خلية  
بكتيريا على وشك أن تُبتلع. قارن هذه الصورة مع الشكل  
٨-٧.



الصورة ٨-١٢ صورة مجهرية إلكترونية (النافذ)  
لخليتي دم بيضاء متعادلتين ابتلعتا عدة خلايا من بكتيريا  
المكورات العنقودية (x6000). تبدو في أقصى اليمين خلية  
بكتيريا على وشك أن تُبتلع. قارن هذه الصورة مع الشكل  
٨-٧.

٢٢ احسب من الصورة ٨-١٢ العرض الحقيقي لـ:

أ. خلية بكتيرية واحدة.

ب. خلية الدم البيضاء المتعادلة على يمين الصورة المجهرية  
الإلكترونية.

٢٣ اذكر كيف يمكن تحديد الخلايا في الصورة ٨-١٢ على أنها  
خلايا دم بيضاء متعادلة.

## الخلايا اللمفاوية

الخلايا اللمفاوية البائية B-lymphocytes (خلايا B) تبقى في نخاع العظم وتتضج فيه، ثم تنتشر في جميع أنحاء الجسم، وتتركز في العقد اللمفاوية والطحال.

الخلايا اللمفاوية التائية T-lymphocytes (خلايا T) تغادر نخاع العظم وتتجمع في الغدة الزعترية (الثيروسية) حيث تتضج.

٨-٩

يصف تسلسل الأحداث أثناء الاستجابة المناعية

الأولية مع الإشارة إلى أدوار:

- الخلايا البلعمية الكبيرة

- الخلايا للمفاوية البائية، بما في ذلك الخلايا

البلازمية

- الخلايا للمفاوية التائية، مقتصرًا على الخلايا

التائية المساعدة والخلايا التائية القاتلة.

٨-١٠

يشرح دور خلايا الذاكرة في الاستجابة المناعية

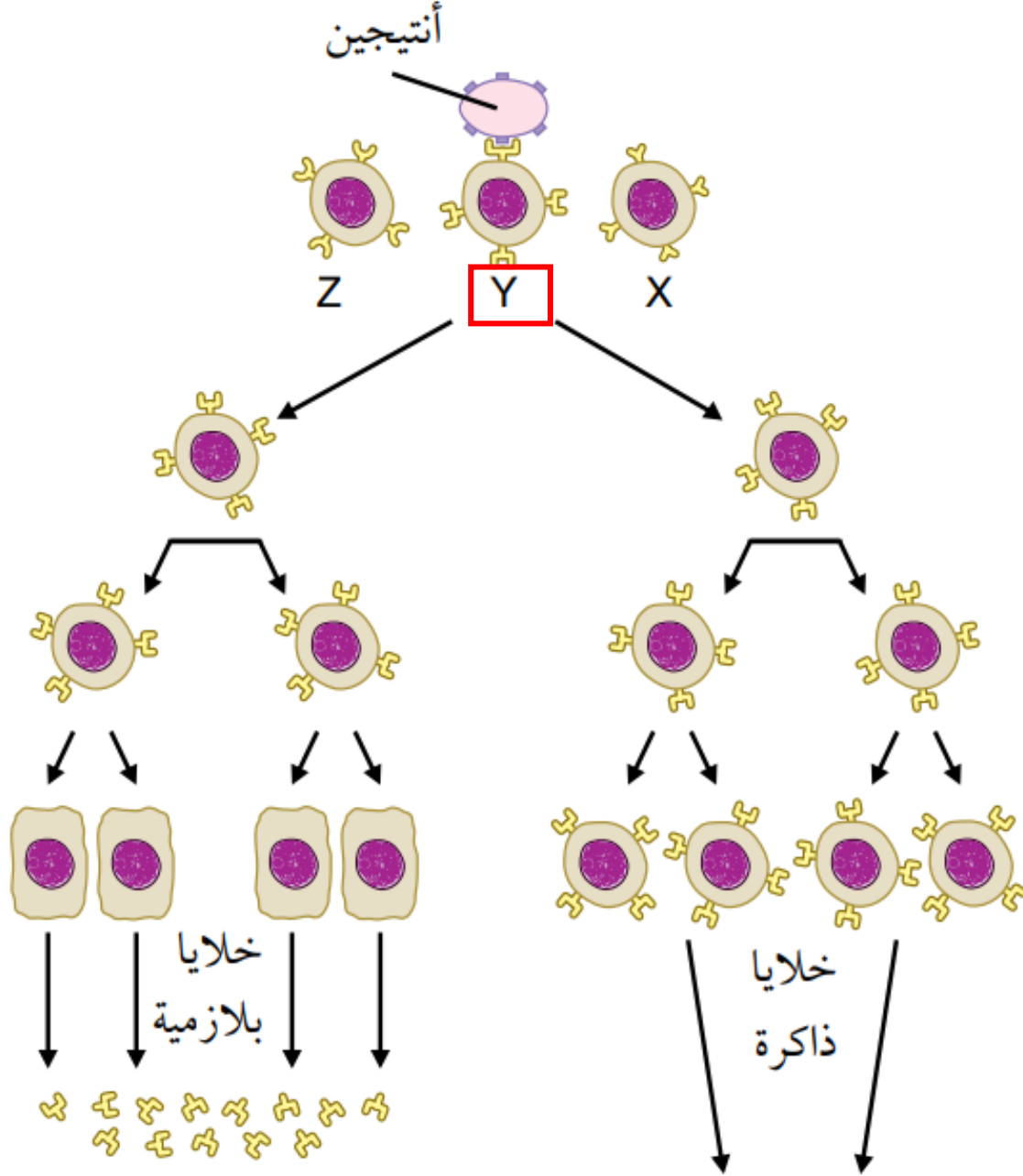
الثانوية وفي المناعة طويلة الأمد.



1. خلية واحدة فقط من هذه الخلايا البائية تحتوي على مستقبل سطح خلية بائية، وهو متخصص بشكل الأنتيجين الذي دخل الجسم.

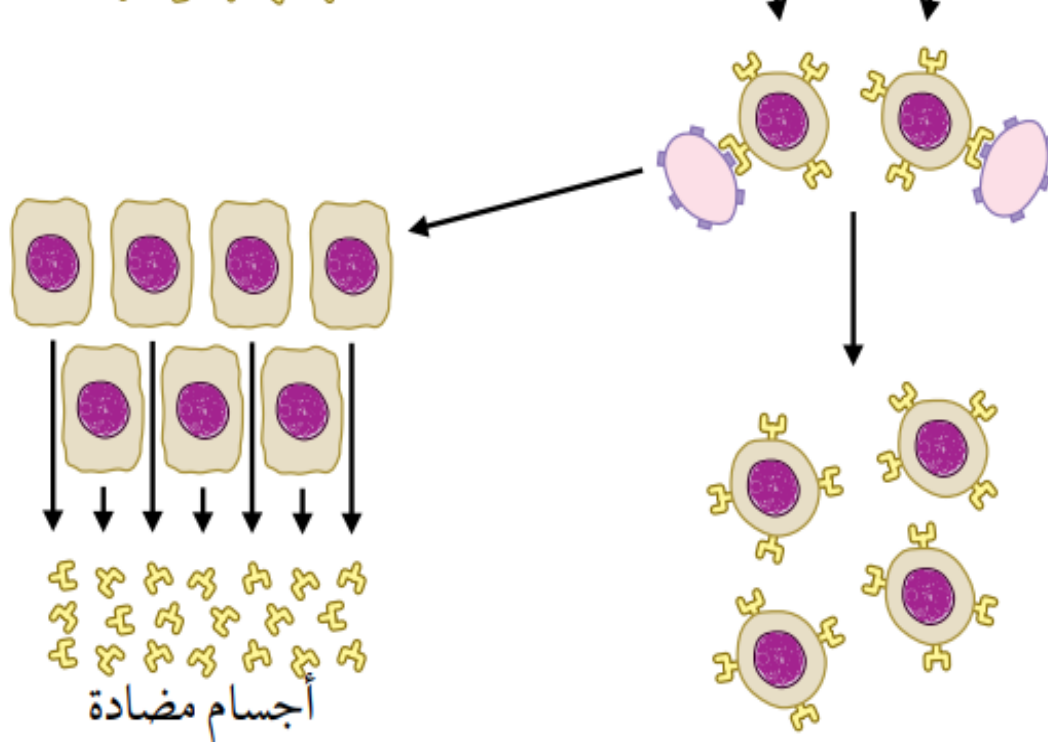
2. تنقسم الخلية البائية المتخصصة بالانقسام المتساوي. وتتمايز بعض الخلايا الناتجة إلى خلايا بلازمية، ويتميز بعضها الآخر إلى خلايا ذاكرة.

3. تفرز الخلايا البلازمية أجسامًا مضادة ترتبط بشكل خاص مع الأنتيجين الذي دخل الجسم.



في وقت لاحق...

4. يدخل الأنتيجين الجسم للمرة الثانية، فتستجيب خلايا الذاكرة التي نتجت أثناء المرحلة (2)، وتنقسم لتنتج خلايا بلازمية تفرز أجسامًا مضادة. تكون الاستجابة في المرحلة (4) أسرع بكثير من المراحل 1-3 لوجود العديد من خلايا الذاكرة من النسيلة  $\gamma$  في الجسم.



## مصطلحات علمية

### خلية بلازمية Plasma cell : خلية

لمفاوية بائية منشطة قصيرة العمر  
يتم إنتاجها أثناء التوسع النسيلى.  
تُنتج هذه الخلايا، وتطلق الأجسام  
المضادة.

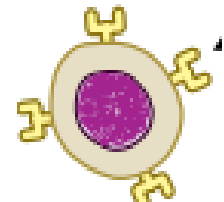
### خلية بائية ذاكرة Memory B cell :

خلية لمفاوية بائية عمرها طويل  
ومُنشّطة وخاصة لأنتيجين واحد .  
خلايا الذاكرة منشطة لتمييز  
(تتطور) إلى خلايا بلازمية أثناء  
الاستجابة المناعية الثانوية  
لأنتيجين معيّن.

الخلايا اللمفاوية

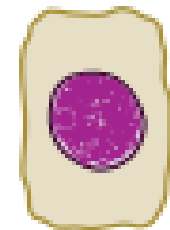
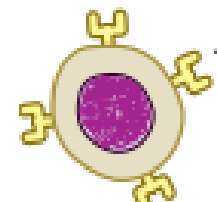
الخلايا التائية

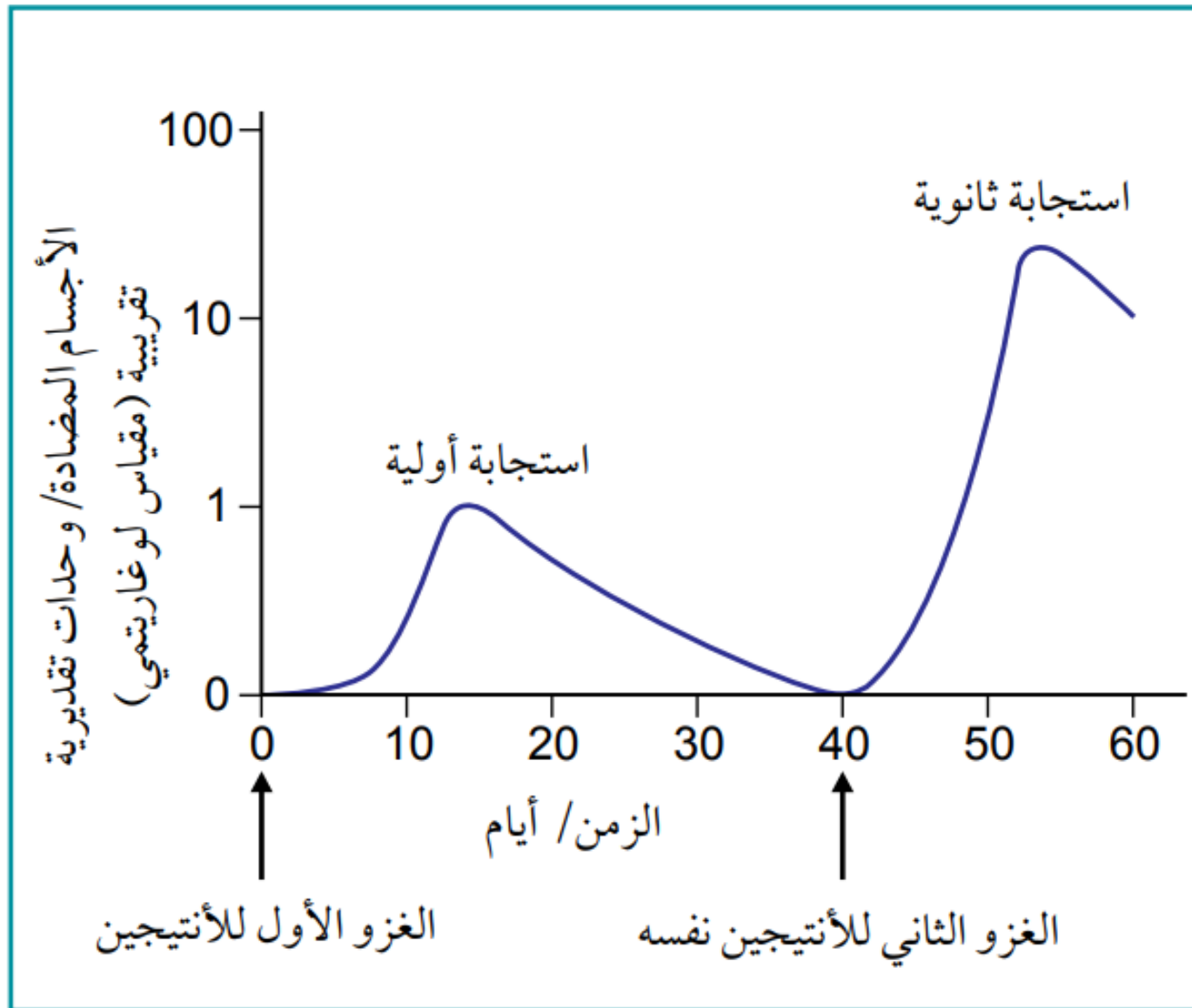
الخلايا البائية



خلايا الذاكرة

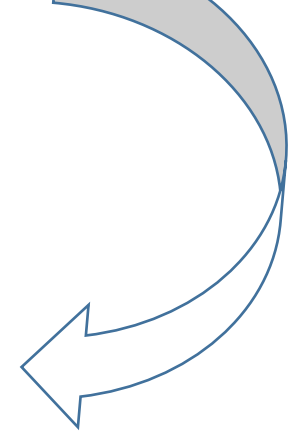
الخلايا البلازمية





الشكل ٨-١٠ التغيرات في تركيز الأجسام المضادة في الدم أثناء الاستجابة الأولية والثانوية للأنتيجين نفسه.

يبيّن الشكل ٨-١٠ التغيرات في تركيز الأجسام المضادة في الدم عندما يواجه الجسم أنتيجيناً. تكون أول استجابة **الاستجابة المناعية الأولية** Primary immune response بطيئة، لوجود عدد قليل جداً من الخلايا البائية المتخصصة بالأنتيجين هذا في هذه المرحلة. وتكون **الاستجابة المناعية الثانوية** Secondary immune response أسرع، لوجود العديد من خلايا الذاكرة، التي تنقسم وتتمايز بسرعة إلى خلايا بلازمية. يزداد عدد الخلايا في كل نسيلة منتقة من الخلايا البائية أثناء الاستجابة المناعية الأولية، حيث يوجد العديد من الخلايا البائية المتخصصة بالمسبب المرضي الذي غزا الجسم. وكما يبيّن الشكل ٨-١٠، يُنتج العديد من الأجسام المضادة في الاستجابة المناعية الثانوية، وهي تقريباً تُنتج فوراً عند الكشف عن الأنتيجين.

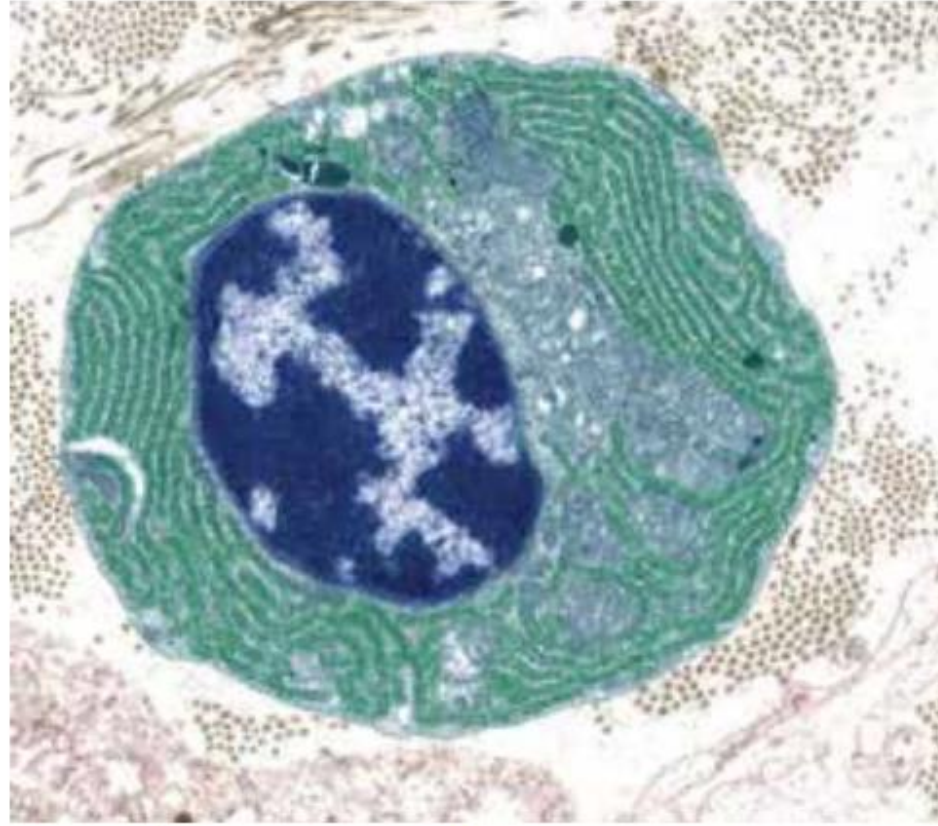


٣٢

استفد من الشكل ٨-١٠ ، واذكر كيف تختلف  
الاستجابة المناعية الثانوية عن الاستجابة المناعية  
الأولية.

الاستجابة المناعية الثانوية أسرع وتنتج تركيزاً أعلى  
من جزيئات الجسم المضاد مقارنة بالاستجابة  
المناعية الأولية.





الصورة ٨-١٣ صورة مجهرية إلكترونية (نافذ) بألوان زائفة لمحتوى خلية بلازمية (x6000). توجد شبكة إندوبلازمية خشنة واسعة في السيتوبلازم (بالأخضر) لإنتاج الأجسام المضادة، والتي تفرزها الخلايا البلازمية في الدم أو اللمف بالإخراج الخلوي. توفر الميتوكوندريا (الأزرق الفاتح) الـ (ATP) لبناء البروتين وحركة الحويصلات الإفرازية.



٣١ اشرح كيف تتلاءم الخلايا البلازمية، مثل تلك الظاهرة في الصورة ٨-١٣، لإفراز أعداد كبيرة من الأجسام المضادة.

سيتوبلازم الخلايا البلازمية مليء بالشبكة الإندوبلازمية الخشنة حيث يحدث بناء البروتين. يوجد جهاز جولجي لتعديل البروتينات لتصبح جزيئات أجسام مضادة، وتعبئتها في حويصلات للإخراج الخلوي. توفر الميتوكوندريا الطاقة لبناء البروتين وحركة الحويصلات إلى غشاء سطح الخلية لتفرز بالإخراج الخلوي.

**خلايا الذاكرة** هي أساس **الذاكرة المناعية** Immunological memory. تدوم خلايا

الذاكرة لعدة سنوات، وغالباً مدى الحياة. ويفسر ذلك سبب عدم احتمال إصابة

شخص بالحصبة مرتين. توجد سلالة واحدة فقط من الفيروس المسبب للحصبة،

وتحدث استجابة مناعية سريعة في كل مرة تصيب فيها الجسم. ومع ذلك، يعاني

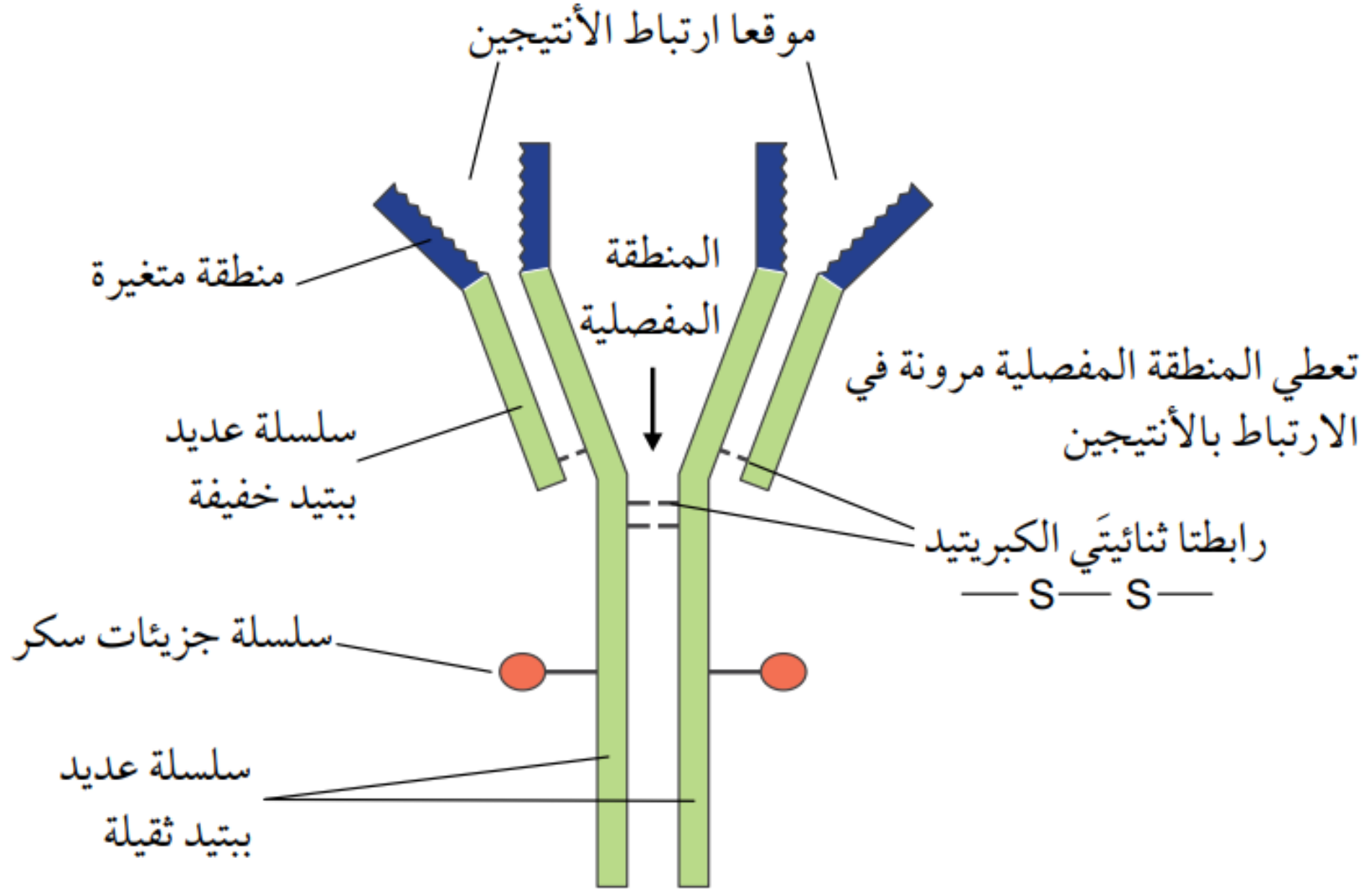
الناس إصابات متكررة بالزكام والإنفلونزا، لوجود العديد من السلالات المختلفة والجديدة من الفيروسات التي تسبب

هذه الأمراض، ولكل منها أنتيجينات مختلفة. عند إصابة شخص بمسبب مرضي يحتوي على أنتيجينات مختلفة يجب

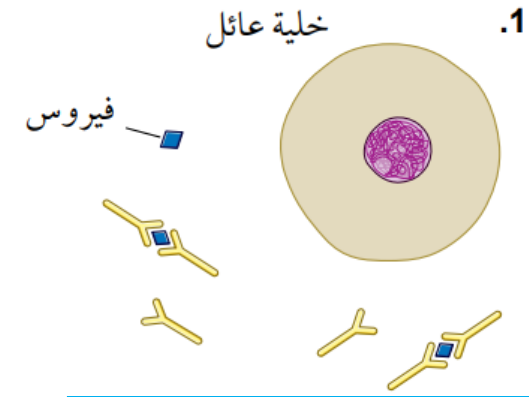
حدوث استجابة مناعية أولية قبل أن تتكوّن لديه مناعة، ومن الممكن أن يصبح مريضاً أثناء هذه الفترة.

## الخلايا البائية والأجسام المضادة

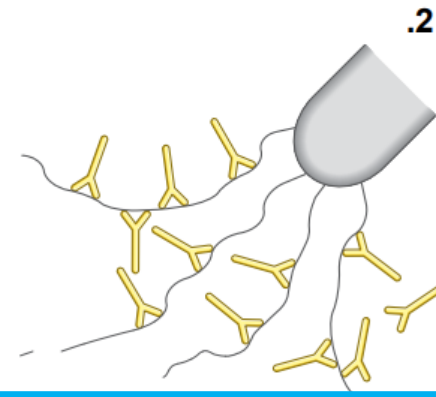
٨-١١ يربط التركيب الجزيئي للأجسام المضادة بوظائفها.



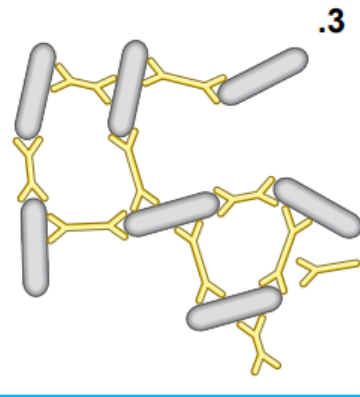
# وظائف الأجسام المضادة



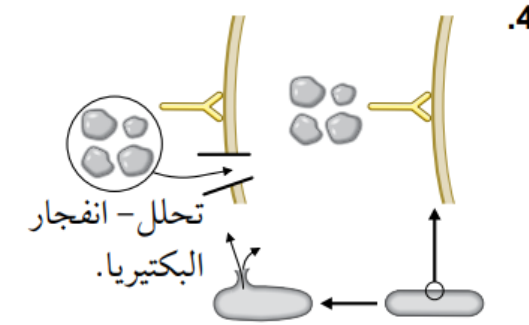
ترتبط الأجسام المضادة بالفيروسات  
فتمنعها من دخول الخلايا أو إتلافها.



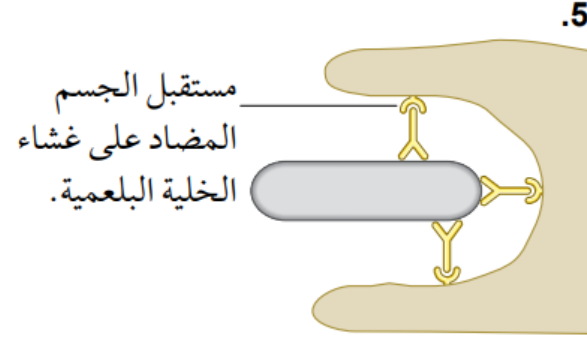
تلتصق الأجسام المضادة بأسواط البكتيريا  
فتجعلها أقل نشاطاً ويسهل على الخلايا  
البلعمية ابتلاعها.



تسبب الأجسام المضادة التي تحتوي  
على مواقع ارتباط متعددة تلازن (تكتل)  
البكتيريا بما يقلل من فرص انتشارها في  
الجسم.

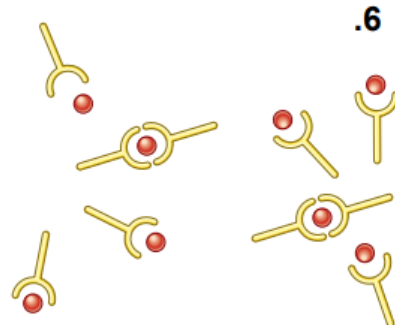


تستطيع بعض الأجسام المضادة بالتعاون مع  
بعض الجزيئات الأخرى أن تحفر ثقباً في  
جدران خلايا البكتيريا، ما يسبب انفجارها  
عندما تمتص الماء بالأسموزية.



مستقبل الجسم  
المضاد على غشاء  
الخلية البلعمية.

تغلف الأجسام المضادة البكتيريا الأمر الذي  
يسهل على الخلايا البلعمية ابتلاعها، وتحتوي  
الخلايا البلعمية على بروتينات مستقبلية  
للمناطق الثابتة من الأجسام المضادة.



تتحد الأجسام المضادة مع السموم،  
فتعادلها وتجعلها غير ضارة، تسمى هذه  
الأجسام المضادة مضادات السموم.

الشكل ٨-١٣ وظائف الأجسام المضادة. للأجسام المضادة وظائف مختلفة تبعاً لنوع الأنثجين الذي ترتبط به.

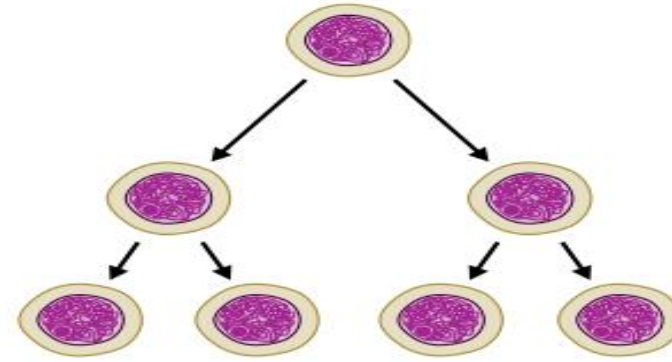
## الخلايا اللمفاوية التائية

٩-٨ يصف تسلسل الأحداث أثناء الاستجابة المناعية

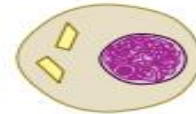
الأولية مع الإشارة إلى أدوار:

- الخلايا البلعمية الكبيرة
- الخلايا اللمفاوية البائية، بما في ذلك الخلايا البلازمية

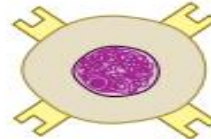
- الخلايا اللمفاوية التائية، مقتصرًا على الخلايا التائية المساعدة والخلايا التائية القاتلة.



تنقسم الخلايا  
التائية غير الناضجة  
بالانقسام المتساوي  
في نخاع العظم

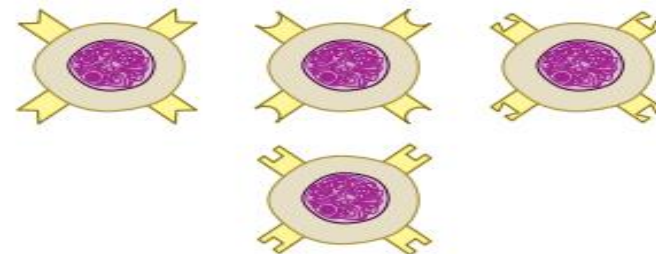


إنتاج مستقبلات الخلايا التائية



مستقبلات الخلايا التائية في غشاء سطح الخلية

تنضج كل خلية تائية  
في الغدة الزعترية

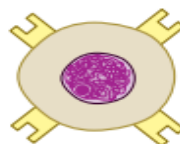


تدور الخلايا التائية  
الناضجة متنقلة في  
الجسم، بعضها  
كمساعدة، وبعضها

كقاتلة

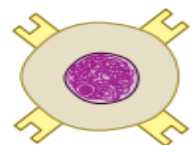
خلايا تائية ناضجة من أربعة أنواع من النسيلاات-  
تحتوي كل خلية على مستقبل خلية تائية معيّن

# الخلايا اللمفاوية

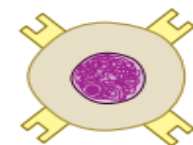


## الخلايا التائية

### الخلايا القاتلة



### الخلايا المساعدة



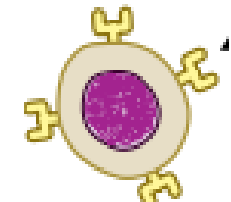
### خلايا الذاكرة

### الخلايا القاتلة

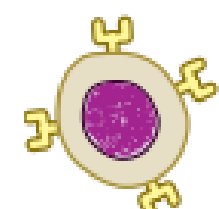
### خلايا الذاكرة

### الخلايا المساعدة

## الخلايا البائية



### خلايا الذاكرة

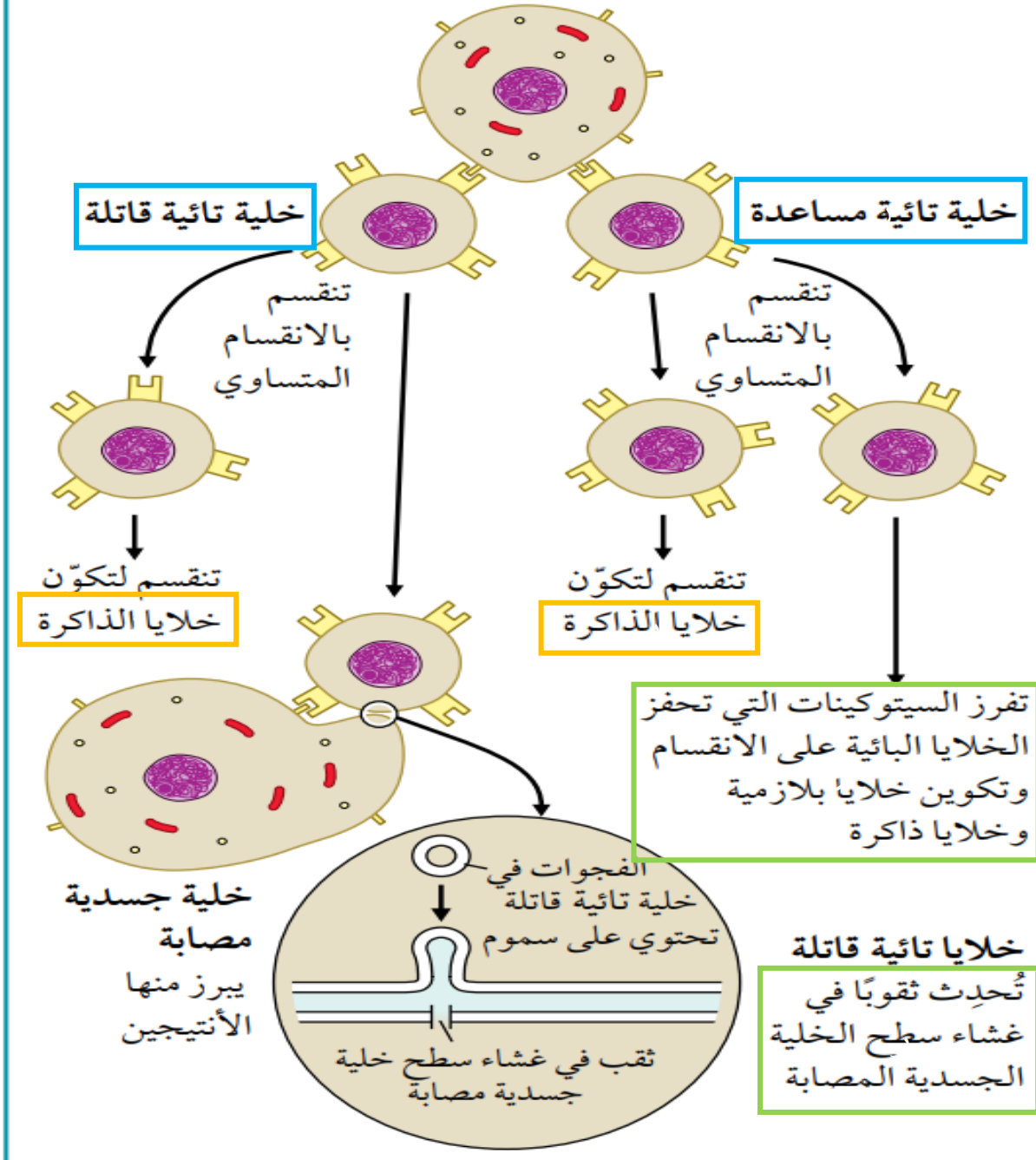


### الخلايا البلازمية





## خلية جسدية مصابة تبرز منها الأنتيجينات



### الخلية التائية المساعدة

**T- helper cell**: نوع من الخلايا  
اللمفاوية التائية يفرز سيتوكينات  
لتسيق نشاط خلايا أخرى أثناء  
الاستجابة المناعية.

### الخلية التائية القاتلة

**T-killer cell**: نوع من الخلايا  
اللمفاوية التائية ترتبط بالخلايا،  
تفرز مواد سامة لتقتل الخلايا  
المصابة والخلايا السرطانية.

