

خصائص الاستجابات المناعية التلاؤمية

Properties of Adaptive Immune Response

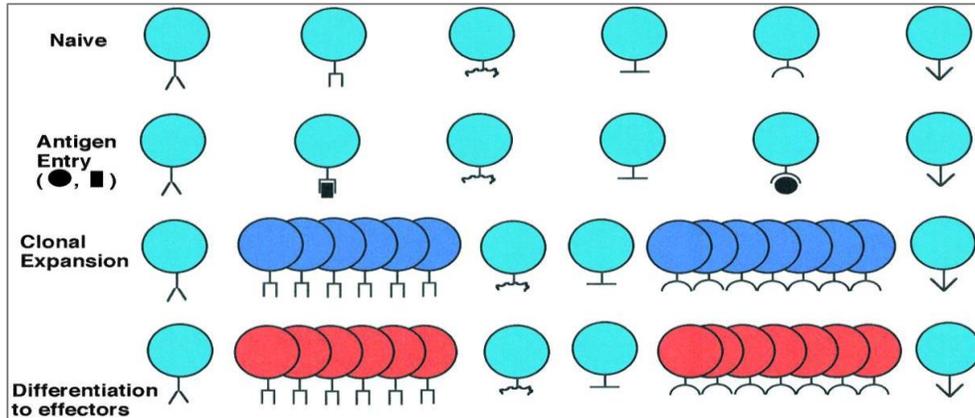
إن العديد من الخصائص المناعية التلاؤمية تكون حاسمة أو قطعية فيما يتعلق بفعالية هذه الاستجابات في استئصال الأضماج، (الجدول 1).

(الجدول 1) خصائص الاستجابات المناعية التلاؤمية

Feature	Functional significance
Specificity	Ensures that distinct antigens elicit responses that target those antigens
Diversity	Enables immune system to respond to a large variety of antigens
Memory	Leads to rapid and enhanced responses to repeated exposures to the same antigens
Clonal expansion	Increases number of antigen-specific lymphocytes to keep pace with microbes
Specialization	Generates responses that are optimal for defense against different types of microbes
Contraction and homeostasis	Allows immune system to respond to newly encountered antigens
Nonreactivity to self	Prevents injury to the host during responses to foreign antigens

النوعية والتنوع Specificity and Diversity:

يستطيع جهاز المناعة التلاؤمية أن يميز بين ملايين المستضدات أو أجزائها المختلفة. تعرف النوعية بأنها القدرة على التمييز بين المستضدات الكثيرة والمختلفة وهذا يتطلب تشكيلة شاملة من اللمفاويات المتخصصة والتي تسمى أحياناً بـ "مجموع اللمفاويات Lymphocyte Repertoire". (الشكل 1)



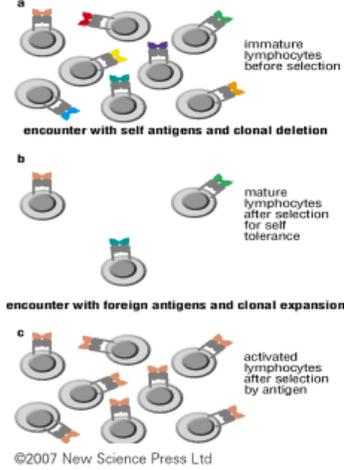
(الشكل 1) مخطط توضيحي لمجموع اللمفاويات Lymphocyte Repertoire

The Clonal Selection Hypothesis

Generation of lymphocytes of many specificities

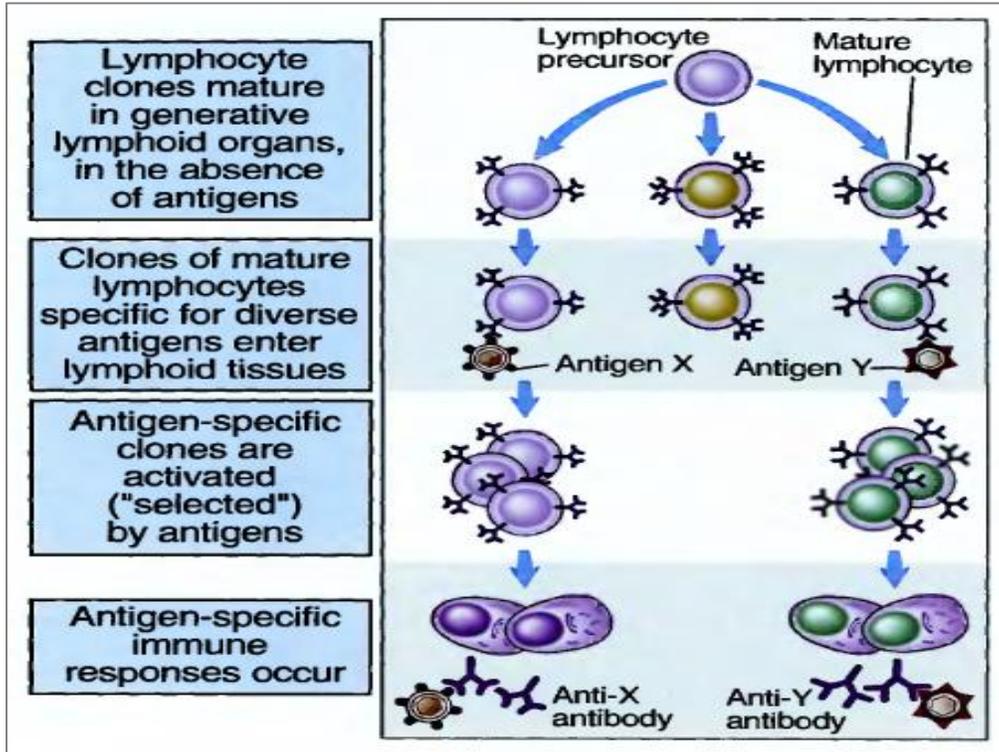
Clonal deletion to remove self-reactive lymphocytes

Clonal selection to expand pathogen-reactive lymphocytes during an immune response



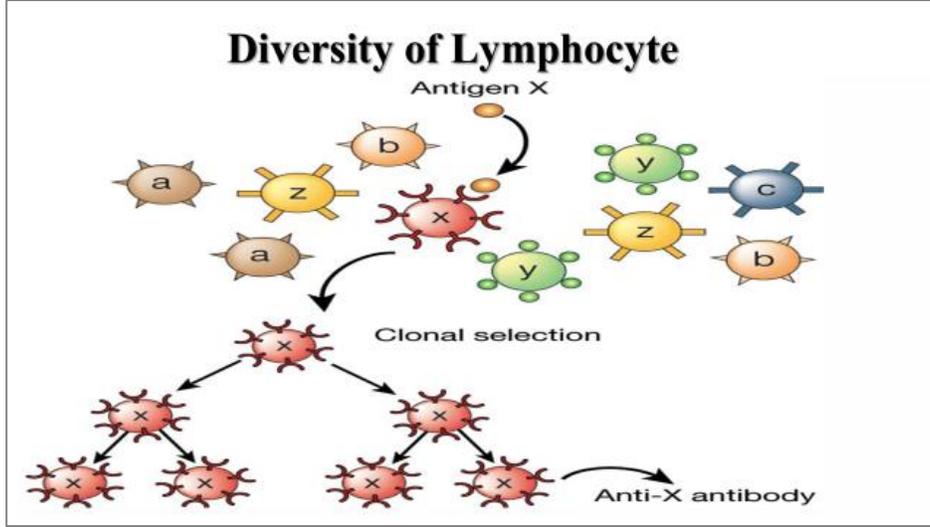
يعود الأساس في هذه النوعية والتنوع البارز في أن اللمفاويات تعبر عن مستقبيلات المستضدات التي تكون موزعة بشكل نسيلي، وهذا يعني بأن الجمهرة الإجمالية للمفاويات تتألف من نسايل كثيرة ومختلفة (تشتق جميعها من خلية واحدة)، وكل نسيلة تعبر عن مستقبيلات مستضدية مختلفة عن النسايل الأخرى. وقد تمت صياغة

نظرية الانتقاء النسيلي Clonal Selection Hypothesis في عام 1950 والتي تكهنت بأن نسايل اللمفاويات النوعية للمستضدات المختلفة تتطور قبل أن تقابل المستضدات الموافقة لها، وأن كل مستضد ينتزع استجابة مناعية خلال انتقاء وتنشيط اللمفاويات ذات النسايل النوعية (الشكل 2).



(الشكل 2) **التوسع النسيلي** إن اللمفاويات الناضجة التي تمتلك مستقبيلات لمستضدات كثيرة تتطور قبل مقابلة تلك المستضدات. يشير مصطلح نسيلة إلى مجموعة من اللمفاويات ذات المستقبيلات المستضدية المتماثلة في نوعيتها، ويحتمل أن جميع هذه الخلايا من أرومة خلية واحدة. كل مستضد (X أو Y) ينتقي نسيلة من لمفاويات نوعية موجودة مسبقاً، ويحفز تكاثر وتمايز هذه النسيلة. يوضح المخطط للمفاويات B فقط التي تتطور إلى خلايا مفرزة للأضداد، وهذه القاعدة تنطبق على اللمفاويات T. تظهر المستضدات هنا كجزينات سطحية على الميكروبات، إلا أن الانتقاء النسيلي يكون أيضاً صحيح مع المستضدات داخل الخلية والمستضدات الذوابة خارج الخلية.

إن **التنوع** في مجموعة اللمفاويات التي تمكن الجهاز المناعي في الاستجابة لأعداد ضخمة ومجموعة متنوعة من المستضدات تعني بأن خلايا قليلة جداً أو ربما خلية واحدة من 100000 من مليون خلية لمفاوية تكون نوعية تجاه مستضد واحد، وبالتالي فإن العدد من اللمفاويات الساذجة naive (غير المنشطة) التي يمكن أن تميز أي مستضد وحيد وتتفاعل ضده يتراوح بين 1000 إلى 10000 خلية، ومن أجل حماية فعالة من الميكروبات فإن هذه الخلايا القليلة يجب أن تعطي عدد ضخم من اللمفاويات القادرة على تخريب الميكروبات.



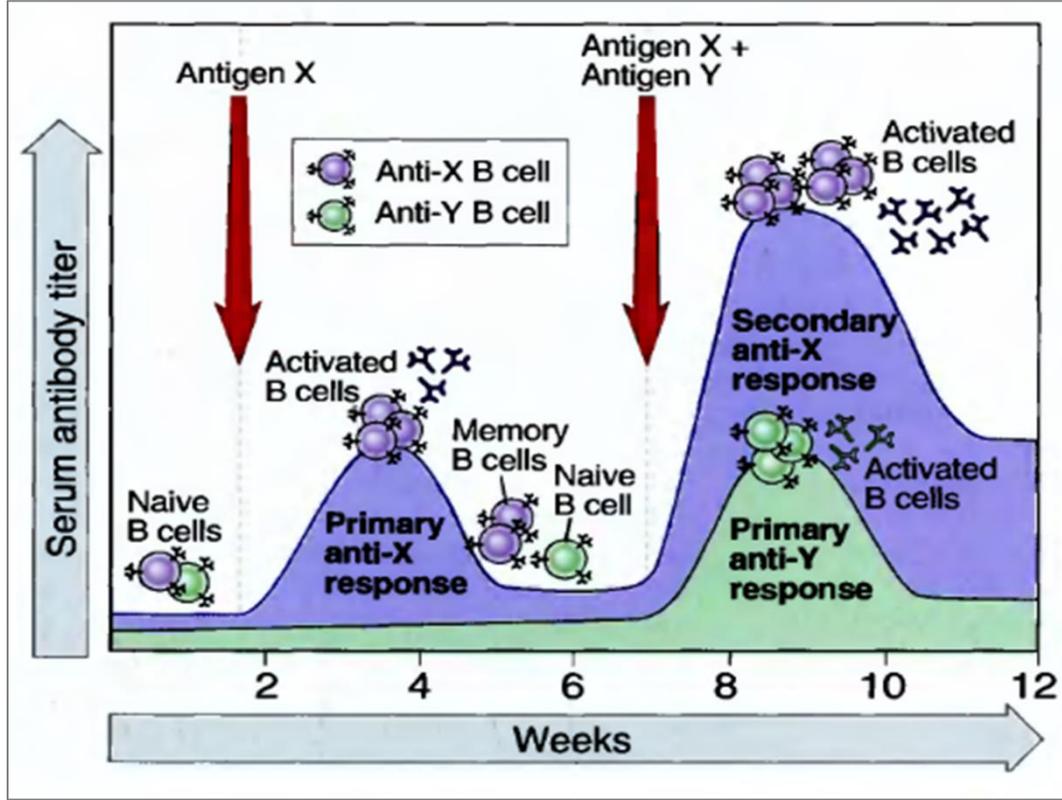
تنسب الفعالية البارزة للاستجابات المناعية إلى العديد من خصائص المناعة التلاؤمية والتي تشمل:

- (1) التوسع الواضح في تجمع (مستودع) اللمفاويات النوعية لأي مستضد عند التعرض له.
- (2) عملية الارتجاع الإيجابي Positive Feedback الذي يضخم الاستجابة المناعية.
- (3) آليات الانتقاء التي تحفظ معظم اللمفاويات المفيدة.

الذاكرة Memory:

يصعد الجهاز المناعي استجابات أكبر وأكثر فعالية في حال التعرض المتكرر لنفس المستضد. تسمى الاستجابة عند التعرض الأول للمستضد بـ "الاستجابة المناعية الأولية" وتكون متوسطة بلمفاويات تسمى اللمفاويات الساذجة التي تقابل المستضد لأول مرة (الشكل)، ويشير مصطلح ساذجة إلى أن هذه اللمفاويات قليلة الخبرة مناعياً، ولم تستجب مسبقاً لأي مستضد من قبل لهذه المستضدات. تسمى المواجهة اللاحقة مع نفس المستضد بـ "الاستجابة المناعية الثانوية" التي تكون أكبر عادة وأكثر سرعة وفعالية في التخلص من المستضد من الاستجابة المناعية الأولية.

تحدث الاستجابات الثانوية بفضل تنشيط لمفاويات الذاكرة وهي عبارة عن خلايا ذات عمر طويل نتجت في الاستجابة المناعية الأولية. تحسن الذاكرة المناعية قدرة الجهاز المناعي في مكافحة الإنتانات المتكررة والدائمة، لأن كل مواجهة مع الميكروب تنتج خلايا ذاكرة أكثر وتنشط خلايا الذاكرة المتشكلة مسبقاً. إن خلايا الذاكرة هي الهدف الرئيس لعمليات التلقيح مما يمكن الجسم من مواجهة الأحمال اللاحقة.



خصائص أخرى للمناعة التلاؤمية :Other Features of Adaptive Immunity

تمتلك الاستجابات المناعية التلاؤمية صفات أخرى مهمة لوظائفها (الجدول 1) عندما تنشط للمفاويات بواسطة المستضدات فإنها تخضع للتكاثر فتنتج آلاف من خلايا الذرية النسيجية clonal progeny cells التي تكون عندها نوعية لنفس المستضد تسمى هذه العملية بـ "التوسع النسيجي Clonal Expansion" حيث يزداد عدد الخلايا النوعية للمستضد بسرعة مما يمكن العديد من اللمفاويات النوعية من ممارسة دورها الدفاعي وضمان بأن المناعة التلاؤمية تجري التكاثر السريع للميكروبات.

تكون الاستجابات المناعية متخصصة وتكرس الاستجابات المختلفة للدفاع عن الجسم ضد الأصناف المختلفة للميكروبات إلى أبعد حد.

تكون جميع الاستجابات المناعية محدودة ذاتياً وتراجع عندما يتم التخلص من الخمج، مما يتيح للجهاز المناعي العودة إلى حالة السكون، مستعداً للاستجابة لخمج آخر.

يكون الجهاز المناعي قادراً على التفاعل ضد أعداد هائلة ومتنوعة من الميكروبات والمستضدات الأجنبية الأخرى، إلا أنه لا يتفاعل في الحالات الطبيعية مع مستضدات الجسم والتي تسمى بالمستضدات الذاتية self-antigen وتسمى عدم الاستجابة للذات بـ "التحمل المناعي Immunological Tolerance" وهذا يدل على قدرة الجهاز المناعي على التعايش مع جزيئات وخلايا نسيج الذات.

