المناعـــة Immunity

هي رد فعل الجسم الدفاعي «مقاومة الجسم» ضد الكائنات الحية الدقيقة وسمومها وغيرها من المركبات الغريبة عن الجسم.

وتتجلى وظيفة الجهاز المناعي:

١. منع أو الحد من الأخماج الجرثومية والفيروسية والفطرية والطفيلية.

٢. التخلص من الخلايا الشاذة «السرطانية».

وذلك عن طريق عناصر خلوية وخلطية تتفاعل مع بعضها مؤدية إلى استجابة مناعية متناسقة موجهة للقضاء على العامل المسبب أو الحد من أذيته.

تصنيف المناعـــة
Immunity Classification

تقسم المناعة إلى قسمين أساسيين هما المناعة الطبيعية «المناعة اللانوعية» والمناعة المكتسبة «المناعة النوعية».

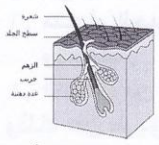
١. المناعة الطبيعية Natural Immunity:

هي مناعة متأصلة فطرية خلقية ولادية وراثية وهي تتعلق بنوع الكائن حيث نجد أن الانسان لا يصاب ببعض الأمراض التي تصيب الحيوان كالطاعون البقري وجدري الدجاج. وتختلف ضمن النوع الواحد حسب العرق فالإنسان الأبيض أكثر مقاومة للسل من الأسود، في حين تكون مقاومة السود ضد شلل الأطفال أكثر من البيض. كما تتعلق بالجنس حيث أن إصابة الذكور بالجدري أكثر من الإناث، كذلك تتعلق بالعمر وعلى مستوى الفرد.

- تشتمل المناعة الطبيعية على حواجز مختلفة ومتنوعة عند فوهات الجسم تعيق دخول الأحياء المجهرية، كما تعيق أيضاً التفاعلات الخلوية والكيميائية غير النوعية.

١- الحواجز الآلية:

- الجلد السليم يكون عادة غير قابل للاختراق من قبل الأحياء الدقيقة.
- الشعر الموجود في الأنف والسعال والعطاس والدمع وتدفق البول.
- الأغشية المخاطية سواءً الظهارة المهدبة للمجاري التنفسية أو المخاطية للمسالك الهضمية والبولية والتناسلية.



٢- الحواجز الكيميائية:

- المفرزات العرقية والزهمية «الدهنية» للجلد.
- أنزيمات الحلمهة «اللعاب، والدمع، وأنزيمات البروتينات في الأمعاء الدقيقة».
- الليزوزومات: أنزيمات موجودة في الجلد والدموع ومفرزات الأنف والأمعاء وعنق الرحم والتي تخرب الجدار الخلوي الجرثومي البروتيني السكري (Proteoglycan).

- حموضة المعدة: من خلال حمض كلور الماء والبا هاء الحامضي.
- إفراز اللاكتوفرين: يوجد في معظم الأغشية المخاطية ويعمل على امتصاص الحديد مؤدياً إلى تثبيط استقلاب الجراثيم.
- أنزيمات البيروكسيداز.
- الانتروفيرونات: غليكوبروتين ناتج عن الكريات البيض وخلايا النسج تمنع تنسخ الفيروسات داخل الخلايا، وتأثيرها غير نوعي.
- جملة المتممة: تسهم بشكل فعال في المناعة الطبيعية اللانوعية خاصة في تحرير الهستامين والاستجابة الالتهابية وزيادة فعالية البلعمة، كما تقوم بفعل مساعد لا نوعي للأضداد الحالة من أجل حل الخلايا الملائمة المستهدفة.

٣- النبيت الجرثومي الطبيعي: تتعلق الوظيفة الدفاعية للجراثيم الطبيعية بخصائصها التضادية وافرازها مضادات تجاه الجراثيم الممرضة.

❑ الآليات الخلوية المعيقة:

١. الالتهاب **Inflammation**: بعد اجتياز العامل الممرض للخط الدفاعي الأول لأنسجة الجسم تصاب الأنسجة المتأذية أو المخموجة بالالتهاب بغية توجيه مركبات الجهاز المناعي إلى الأماكن المطلوب أن تتواجد فيها. ونتيجة لتأذي النسج المخموجة تتحرر بعض الوسائط الكيميائية مثل الهستامين مؤدية إلى زيادة تدفق الدم وتوسع الأوعية الدموية وزيادة نفوذيتها للمواد الوسيطية المنحلة والكريات البيضاء، حيث يتصف الالتهاب نتيجة لذلك بالاحمرار والسخونة والتوذم والألم. بعد ذلك تلتصق الكريات الدموية البيضاء على جدران الأوعية الدموية المتوسعة، وتمر عبرها إلى أماكن الإصابة لتعزيز عملية البلعمة، كما تبدأ بعملية التحريض على انتاج الأضداد.

- ينجم عن الالتهاب أذية للنسج من خلال العدلات والبالعات التي تخرب وتحلل الأنسجة من خلال أنزيم البروتياز من الليزوزوم.
- وفي حال انتاج بعض الجراثيم لليكوسيدين تموت الكريات البيضاء وتتحول لصديد. وتقوم العضوية بانتاج مواد مضادة للعوامل الالتهابية للحد من تأثيرها الضار.

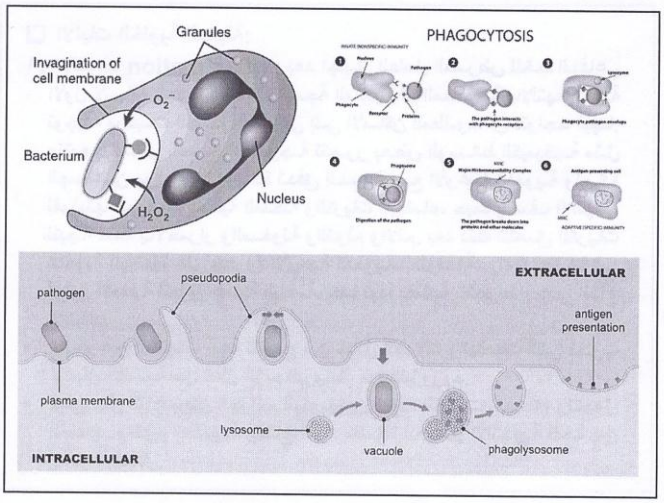
٢. البلعمة **Phagocytosis**: هي عملية دفاعية تقوم بها الخلايا البلعمية بابتلاع الجسيمات الغريبة الداخلة إلى الجسم وهضمها.

❑ أنواع الخلايا البلعمية:

- بليعمات Microphages «العدلات والحمضات والقعدات».
- بلعمات Macrophages «وحيدات النوى وبلاعم اللمف».

❑ مراحل البلعمة:

- الانجذاب الكيميائي: تنجذب البالعة إلى العامل المسبب.
- الالتصاق: التصاق البلعميات على الأحياء المجهرية الغازية.
- الابتلاع: إحاطة الجسم الغريب بأرجل كاذبة ودمجه داخل الخلية البالعة ويتشكل بذلك ما يسمى بالجسم المبلعم (Phagosome).
- الهضم: يبدأ هنا عمل الحويصلات الحالة Lysosomal Vesicles الحاوية على أنظيمات حالة للبروتين حيث تلتحم هذه الحويصلات الحالة مع الجسم المبلعم مشكلة الجسيم التحللي البلعمي، ومؤدية نتيجة إفرازها للأنظيمات إلى توليد ذرات الأوكسجين والآزوت، والتي تؤدي إلى قتل الجرثوم أو الجسيم الغريب.

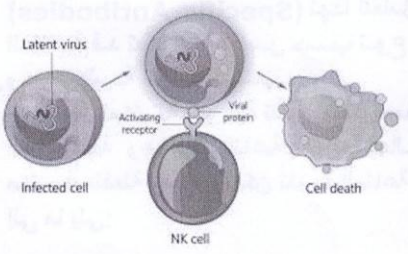


- تموت العدلات بعد البلعمة، أما البالعات فلا تموت وتعرض مستضدات العامل المسبب الذي تم بلعمته ضمن معقد التوافق النسيجي على سطحها للاستجابة المناعية النوعية.

- **العوامل الجرثومية المعدلة لعملية البلعمة:**

١- وجود المحفظة.
٢- إفراز الليكوسيدين السام للكريات الدموية البيضاء.
٣- التكاثر ضمن الخلايا عند بعض الأنواع كالمتفطرات.

٣. الخلايا القاتلة الطبيعية **Natural Killer Cells**: هي خلايا لمفية كبيرة محببة غير بلعمية ذات فعالية سمية غير نوعية تؤدي دوراً خاصاً في قتل الخلايا المخموجة بالحمات والخلايا الخبيثة وخلايا الطعوم غير المتوافقة نسيجياً عن طريق فتح ثقوب في غشاء الخلية المستهدفة من خلال افراز بروتين البيرفورين، ثم تنسحب بعد قتلها للخلية لتقتل خلية أخرى من جديد.



العوامل البنيوية المعدلة للمناعة الطبيعية

١- النوع	٥- العمر
٢- العرق	٦- التغذية
٣- الفرد	٧- التأثير الهرموني
٤- الجنس	٨- الادمان على الكحول

إن عوامل المناعة غير النوعية تؤدي دوراً فعالاً في القضاء على العامل الممرض وعندما تفشل هذه العوامل في كبح تأثيرات العامل الممرض وفي وقف الخمج فإن مستضدات (Antigens) العامل الممرض النوعية تحرض الجسم على القيام برد فعل مناعي نوعي (المناعة النوعية) والذي يعمل بدوره على القضاء على العامل الممرض وحمل الشفاء للجسم.

٢- المناعة المكتسبة **Acquired Immunity**:
هي المناعة التي يكتسبها الإنسان خلال فترة حياته نتيجة لتفاعل الجهاز المناعي في الجسم مع عامل ممرض اخترق دفاعات الجسم وسبب مرضاً، أو نتيجة للتحصين ضد الأمراض المعدية حيث يؤدي ذلك إلى ظهور أضداد نوعية **(Specific Antibodies)** لهذا العامل الممرض. وهذه المناعة قد تطول أو تقصر حسب نوع العامل الممرض وحسب طبيعة الجسم المصاب.
والمناعة المكتسبة النوعية تظهر متأخرة مقارنة مع المناعة اللا نوعية وهي إما مناعة مكتسبة فعالة (+) أو مناعة مكتسبة منفعلة (-). ويمكن تقسيم المناعة المكتسبة النوعية إلى ما يلي:

١- المناعة المكتسبة الفعالة **Active Acquired Immunity**:
هي المناعة التي يكتسبها الكائن على إثر دخول المستضد إلى العضوية نتيجة للإصابة بالأمراض أو من جراء التحصين ضد الأمراض المعدية وتحريضه على اصطناع الأضداد النوعية (مناعة خلطية) وإلى ظهور خلايا مؤهلة مناعياً (مناعة خلوية) حيث يكون هناك دور للجسم في تشكيلها لذلك سميت فعالة وهي نوعان طبيعية وصنعية.
١-١- المناعة المكتسبة الفعالة الطبيعية:
تنشأ بعد الإصابة بمرض معد سريري أو كامن قد تستمر مدى الحياة "الجدري، والنكاف، الحصبة والحصبة الألمانية، والحماق، وشلل الأطفال".
أو تكون عابرة كما هو الحال عند الإصابة بالانفلونزا.

١-٢- المناعة المكتسبة الفعالة الاصطناعية:
تنشأ هذه المناعة من جراء تحصين الانسان باللقاحات المختلفة تستمر المناعة الناجمة في الجسم لفترات متفاوتة حسب كمية ونوع اللقاح المستخدم. وتستمر هذه المناعة في الجسم لفترات متفاوتة معتمدة على كمية ونوعية اللقاح المستخدم ومقاومة الجسم.

نوع اللقاح	الاستجابة المناعية	الاستمرارية
اللقاح المضعف	٥ – ٧ أيام	لمدة عام وسطياً
اللقاح الميت	١٠ – ١٤ يوماً	لمدة ٦ أشهر وسطياً

٢- المناعة المكتسبة المنفعلة Passive Acquired Immunity:
هي المناعة التي تحدث عندما يتلقى الإنسان أضداداً جاهزة ولا يكون هناك دور للجسم في تشكيلها لذلك سميت منفعلة.
وتظهر هذه المناعة مباشرة ولا تستمر طويلاً. وهي نوعان طبيعية واصطناعية.

٢-١- المناعة المكتسبة المنفعلة الطبيعية:
هي المناعة التي يحصل فيها الجنين أو الوليد على الأضداد من الأم سواءً كانت طبيعية أو مكتسبة عن طريق المشيمة أو عن طريق الحليب بعد الولادة وتستمر هذه المناعة وسطياً لعدة أسابيع وحتى ٦ أشهر.

٢-٢- المناعة المكتسبة المنفعلة الاصطناعية:
تحدث عن طريق حقن الأمصال الضدية التي تحتوي على أضداد جاهزة وبكميات مرتفعة دون أن يكون هناك دور للجسم بتشكيلها مثل المصل الضدي للكزاز، والتسمم الوشيقي، والغلوبلين المناعي المضاد للكلب أو المضاد للحماق.

مقارنة بين المناعة الفاعلة والمناعة المنفعلة		
الخاصية	المناعة الفاعلة	المناعة المنفعلة
دور الجهاز المناعي	دور مهم	ليس له دور
التأثير	عالية أو مرتفعة	معتدلة إلى منخفضة
الطرق	عن طريق المرض، أو التلقيح (لقاحات مقتولة أو موهنة، ذوفانات)	إدخال الضد بوساطة المشيمة أثناء الحمل، حقن الأمصال الضدية
الوقت اللازم لتطورها	٥-١٤ يوماً	مباشرة بعد الحقن
فترة البقاء	لفترة زمنية طويلة نسبياً قد تصل لسنوات	قصيرة نسبيًا تصل إلى بضعة أيام أو أسابيع
وجود الذاكرة المناعية	توجد	لا توجد
تنشيطها	سهل (بوساطة الجرعة المعززة)	صعب، ومحتمل أن يؤدي إلى التآق
استعمالاتها	اتقائي	اتقائي وعلاجي

٤- المتممة Complement: يتكون الجهاز المتمم من ٢٠ بروتيناً، ويوجد في بلازما الدم وسوائل الجسم الأخرى عدا السائل الدماغي الشوكي، وتنتج بروتينات المتمم بصورة أساسية في الكبد، ويعتبر الجهاز المتمم من مكونات المناعة الفطرية، وسمي بالمتمم لأنه يتمم ويكمل عمل مكونات أخرى من الجهاز المناعي كالأجسام المضادة والخلايا البلعمية في القضاء على الميكروبات والخلايا التالفة من الكائن الحي، ويعزز عملية الالتهاب، ويهاجم الغشاء البلازمي لمسبب المرض. توجد المتممات في المصل في صورة غير نشطة، وتتألف من تسع مكونات بروتينية أساسية يرمز لها بـ (C1 - C9)، وهذه المكونات الأساسية مؤلفة أيضاً من مكونات ثانوية قد تصل إلى (٣٠) مكونة على الأقل.

ويتم تفعيلها على النحو التالي:

١- الطريقة التقليدية: يرتبط المتمم C1 مع المعقدات المناعية (مستضد - ضد من نوع IgG و IgM).

٢- الطريقة البديلة: يرتبط C3b مع مكونات جرثومية جزيئية سطحية (مثل السكر المتعدد الدهني) أو الذيفانات.

وظائف المتممة:

١- الانجذاب الكيميائي للبالعات والعدلات.

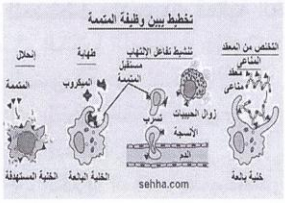
٢- تسهيل عملية البلعمة.

٣- التحلل الخلوي.

٤- تساعد في التخلص من المعقدات المناعية.

٤- تعزيز انتاج الأجسام المضادة.

٥- تسبب اطلاق الهستامين الذي له دور في الاستجابة الالتهابية.



المستضدات Antigens

المستضدات هي مواد ذات طبيعة كيميائية مختلفة، لها القدرة على تنبيه الجهاز المناعي في الجسم لإبداء استجابة مناعية نوعية نحو ذلك المستضد، وقد تكون جراثيم أو أجزاء منها أو ذيفاناتها أو حمات راشحة أو أي مادة غريبة عن الجسم لها القدرة على إحداث استجابة مناعية نوعية على شكل أضداد « مناعة خلطية» أو مناعة خلوية أو كلتيهما. حيث تتفاعل نواتج الاستجابة المناعية بصورة متلائمة مع ذلك المستضد دون غيره بشكل مشابه للتطابق بين القِفل والمفتاح.

خلايا الجهاز المناعي

تنشأ خلايا الجهاز المناعي من خلايا جذعية متجددة مكونة للدم توجد في نقي العظم وكبد الجنين وتتمايز فيما بعد إما عبر الطريق النخاعي Myeloid أو الطريق اللمفي Lymphoid.

ومن أهم الخلايا المناعية:

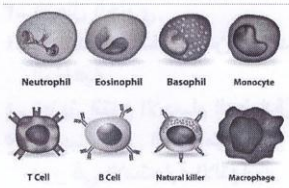
١- الخلايا اللمفاوية التائية T- Cells لها مستقبلات نوعية للمستضد وتزيد من فعالية الخلايا القاتلة والبالعات.

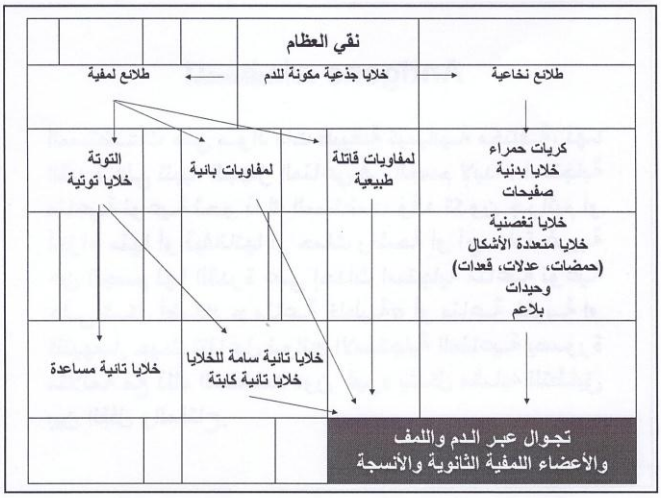
٢- الخلايا اللمفاوية B- Cells المسؤولة عن تشكيل الأضداد.

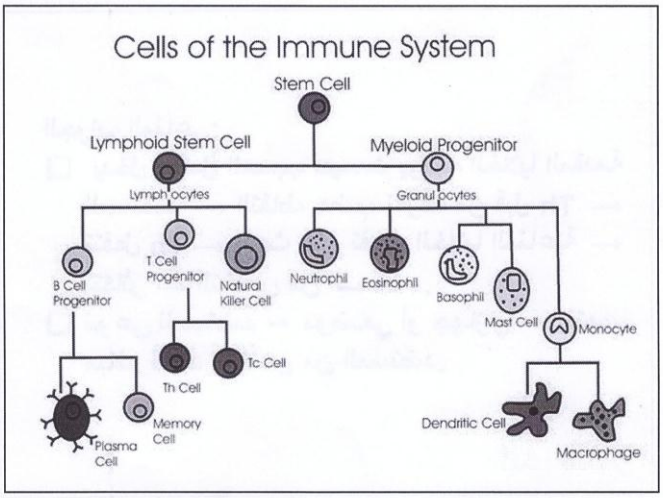
٣- الخلايا القاتلة الطبيعية.

٤- البالعات.

٥- الخلايا المقدمة للمستضد.







الاستجابة المناعية الخلوية
Cellular Immunity

تتم عن طريق الخلايا اللمفاوية التائية T- Cells:

ويوجد منها نوعان:

١- الخلايا التائيةُ المساعِدةُ T- Helper Cells (Th):

تساعد اللمفاويات البائية على اصطناع أضداد للمستضد، كما تنشط عمل الخلايا التائية الأخرى والخلايا القاتلة الطبيعية والبلاعم.

٢- الخلايا التائيةُ القاتلةُ T- Cytotoxic Cells (Tc).

يوجد على سطح الخلايا التائية مستقبلات خاصة بالمستضد، وتقوم إما بقتل الخلايا المستهدفة عن طريق الخلايا التائية القاتلة (Tc). أو من خلال اطلاق السيتوكينات عن طريق الخلايا التائية المساعدة (Th).

الجواب المناعي:

- ❑ يدخل العامل المسبب حيث يواجه الخلايا المقدمة للمستضد ← التقاط، هضم، تعرف من قبل Th ← تتفعل Th ← تحث على تفعيل الخلايا المناعية ← تتكاثر ← التخلص من المستضد.
- ❑ نوعي للمستضد – موضعي أو جهازي – ينتهي مباشرة بعد التخلص من المستضد.

الاستجابة المناعية الخلطية
Humoral Immunity

تتم عن طريق الخلايا اللمفاوية البائية B- Cells:
تنشأ وتنضج في نِقْيِ العظمِ وعندما تصبح فاعلة بوجود المستضد تتحول إلى خلايا بلازميّةٍ «مصورية» تفرز بروتيناتٍ تسمَّى بالأضداد Antibodies «الغوبولين المناعي».

الأضداد: هي بروتينات خاصة تظهر في مصل الدم وفي سوائل الجسم إثر دخول المستضدات إلى الجسم، وهذه الأضداد تتفاعل مع المستضدات التي حرضت على تكوينها بصورة نوعية. ويطلق على الأضداد اسم الغلوبولينات المناعية (Immunoglobulines) ويرمز لها اختصاراً بالرمز (Ig).

أنواع الغلوبولينات المناعية

١- الغلوبـولين المنـاعي G (IgG): يظهـر بعـد ١٥ يومـاً مـن العدوى، وقد يستمر لسنوات، ويتشكل نتيجة الاستجابة المناعية الثانوية في المصل، وهو المسؤول عن المناعة الجنينية.
٢- الغلوبولين المنـاعي M (IgM): أكبر الغلوبولينـات المناعية حجماً، ويشكل الاستجابة المناعية الأولية، ويظهر بعد العدوى بـ ٧-١٠أيام، ويستمر ٣ أسابيع.
٣- الغلوبولين المناعي A (IgA) وله نوعان:
- IgA المصلي: مسؤول عن المناعة الموضعية، ويوجد في المصل وسوائل الجسم.
- IgA الإفـرازي: يوجـد فـي المفـرزات المخاطيـة للسـبيل التنفسـي، والمعـدي المعـوي، والبـولي التناسـلي، والـدمع، واللعاب، واللبأ، والحليب.

٤- الغلوبولين المناعي D (IgD): يوجد في المصل، ويتوضع على سطح الخلايا اللمفاوية B الناضجة.
٥- الغلوبـولين المنـاعي E (IgE): يوجـد فـي المصـل، ويلعـب دوراً فـي المناعـة ضـد الديـدان، كمـا يـرتبط بالقعدات والخلايـا البدنيـة مؤديـاً إلـى تحـرر المـواد الأرجيـة لـذلك يعد مسؤولاً عن فرط التحسس الجلدي وفرط التحسس العاجل.

عمل الأضداد:

يتعلق عمل الأضداد بطبيعة المستضدات على النحو التالي:
١- الذيفانات: تعمل الأضداد على تعديلها ومنع ارتباطها.
٢- الجراثيم: تعمل الأضداد على تغليفها وتسهيل بلعمتها.
٣- الجـراثيم والفيروسـات: تعمـل الأضـداد علـى منـع ارتباطهـا بالخلية الهدف.

السيتوكينات Cytokines

هي مركبات بروتينية أو ببتيدية أو غليكوبروتينية تنتجها خلايا الجهاز المناعي وأهم مصدر لها الخلايا اللمفاوية التائية، وتقوم بتنظيم الاستجابة المناعية، ويكمن عملها في التوسط في عملية ارتباط المستقبلة النوعية على الخلية المستهدفة.

وظائف السيتوكينات:

١- تتدخل في تكون الدم بدءاً من تمايز الخلايا الجذعية.
٢- تخدم في نمو وتمايز الخلايا اللمفاوية البائية والتائية.
٣- تفعيل البالعات وتعزيز عملية البلعمة.
٤- التحريض على إفراز الانترفرون.
٥- وسيط في عملية الالتهاب.
٦- التئام الجروح.

الصفات العامة للسيتوكينات:

١- شديدة الفعالية وغير نوعية للمستضدات.
٢- تعمل كمراسيل لنقل المعلومات بين الخلايا.
٣- تعمل من خلال مستقبلات خلوية.
٤- أن لكل سيتوكين العديد من النشاطات المختلفة.
٥- يمكن أن ينجم عن سيتوكينات مختلفة ومتعددة نفس النشاط.
٦- يمكن أن تعمل بشكل متسلسل أو متتال أو متداخل أو متآذر أو متعاكس.

تصنيف السيتوكينات: تصنف السيتوكينات في ثلاث مجموعات.

١- سيتوكينات تتواسط وتنظم المناعة الفطرية.
٢- سيتوكينات تتواسط وتنظم المناعة النوعية.
٣- سيتوكينات تخدم في تكون الدم.

اللقـاحات Vaccine

هي مواد محضرة من المستضدات المختلفة جراثيم حية مضعفة أو مقتولة كانت أو ذيفاناتها أو حمات راشحة، تؤدي بعد حقنها في الكائن إلى تكوين أضداد لها تحميه من الإصابة بالمرض عند وقوعه، دون أن تسبب الذى للكائن المحقون بها. وهي قد تكون وحيدة التكافؤ أو ثنائية التكافؤ أو متعددة التكافؤ.

أنواع اللقاحات:

١- لقاحات حية مضعفة كلقاح السل والحصبة والنكاف.

٢- لقاحات مقتولة كلقاح الكلب والحمى

٣-لقاحات الذوفانات كلقاح الكزاز والتس

٤- لقاحات جزئية نقية كلقاح المستدمية

٥- لقاحات متاشبة كلقاح التهاب الكبد B

٦- الأمصال الضدية كمصل الكزاز وداء