

**المناعة**



**إعداد الطالب:**

**جهاز المناعة**

الجهاز المناعي أو جهاز المناعة هو منظومة من العمليات الحيوية التي تقوم بها أعضاء وخلايا وجسيمات داخل أجسام الكائنات الحية بغرض حمايتها من الأمراض والسموم والخلايا السرطانية والجسيمات الغريبة. هذه المنظومة الحيوية تقوم بالتعرف على مسببات للمرض، مثل الميكروبات أو فيروسات وتحييدها أو إبادتها. يميز جهاز المناعة السليم خلايا الجسم السليمة ووأنسجته الحيوية وبين كائنات غريبة عنه تسبب المرض.

الجهاز المناعي للجسم يستطيع التعرف على أعداد لا تحصى من الممرضات (أنتيجينات) والأجسام الغريبة بدءًا من الفيروسات والطفيليات والديدان والميكروبات؛ علما بأن هذه الممرضات يمكنها التطور بسرعة وتستطيع تجنب جهاز المناعة وتتكيف وتتكاثر في جسم المضيف بشكل ناجح . ولمواجهة هذا التحدي توجد في الجهاز المناعي آليات متطورة تستطيع التعرف على الممرضات وتحييد خطرها.

الجهاز المناعي غير مقتصر على الإنسان والحيوانات الفقارية فالميكروبات البسيطة مثل البكتيريا تمتلك إنزيما مناعيا يحميها من الإصابات الفيروسية.نظام المناعة لدى الكائنات الحية تطورت مع الكائنات حقيقيات النوى القديمة حيث بقيت هذه الآلية المناعية مع خلفها الحديث من نبات وأسماك وزواحف و حشرات وجميع الكائنات. وهي آليات مناعية تشمل خلايا دفاعية ببتيدية مضادة للجراثيم (Antimicrobial peptides)، والبلعمة والمنظومة المتممة. هذا ناهيك عن بعض الفقاريات مثل الإنسان الذي يمتلك آليات دفاعية أكثر تعقيدًا وذكاءً. فالجهاز المناعي للفقريات يتركب من عديد من أعضاء الخاصة بالمناعة وخلايا المناعة والبروتينات التي تتفاعل مع بعضها بطريقة ديناميكية متطورة عبر شبكة معقدة من الاتصالات لمقاومة كائنات دخيلة مسببة للمرض.

جميع الكائنات الحية لها منظومة للوقاية من المرض . فحتى البكتيريا لها آلية لحمايتها، وهي تسمى مناعة طبيعية. تلك المناعة الطبيعية متوارثة، يأخذها النسل عن الآباء. ثم تطورت آليات حماية الجسم من المرض في الفقريات ونشأ فيها ما يعرف بمناعة مكتسبة، يحميها بطريقة أفضل من الأنتيجينات الضارة بها.

للنباتات مناعة طبيعية أيضا يشبه المناعة الطبيعية في الحيوانات. ولكن ليس للنباتات مناعة مكتسبة، فليس لها خلايا تي ولا أجسام مضادة.

تطور جهاز المناعة مع مرور الزمن وتعقد ليشمل ما يعرف بالمناعة المكتسبة والذاكرة المناعية والتي بفضلهما أصبح الجهاز المناعي لدى الإنسان يستطيع التعرف على عدد غير محصور من الجسيمات ويستطيع غالبا التعامل بكفاءة مع مختلف الكائنات المتسببة للمرض. المناعة المكتسبة تكتسب بالتدريب والتحفيز، وهذا يستغل في إجراء التطعيم.

**تاريخ علم المناعة**

علم المناعة هو العلم الذي يدرس بنية ووظيفة الجهاز المناعي. انها تنبع من الطب والدراسات منذ القديم في بحث عن أسباب الحصانة ضد المرض. كانت الإشارة أقرب إلى الحصانة المعروفة خلال طاعون أثينا في 430 قبل الميلاد. لاحظ "ثيودوروس" أن الناس الذين قد تعافوا من نوبة سابقة من هذا المرض يمكنهم من تمريض وخدمة المرضى دون الخوف من الإصابة بالمرض مرة ثانية. و في القرن الثامن عشر، "بيير لويس دي مايوبيرتوس " قدم تجارب مع سم العقرب ، ولاحظ أن بعض الكلاب والفئران كانت في مأمن من هذا السم. تم استغلال هذه الملاحظات وغيرها بخصوص المناعة المكتسبة لاحقا من قبل لويس باستور في تطويره لموضوع التطعيم ونظريتة التي اقترحها في شأنالأصل الجرثومى للأمراض. لقد كانت نظرية باستور تختلف تماما عن النظريات التي كانت شائعة في عصره عن أسباب المرض ، مثل نظرية مستنقع المرض. ولم يكن حتى روبرت كوخ عام 1891 في ما يدعى " براهين روبرت كوخ" ، والتى حصل بموجبها على جائزة نوبل في الفسيولوجيا و الطب في عام 1905، أن الكائنات الحية الدقيقة هى السبب المباشر في إحداث الأمراض المعدية.[4] وقد تأكد أن الفيروسات تعد من مسببات الأمراض البشرية في عام 1901 ، مع اكتشاف فيروس الحمى الصفراء بواسطة والتر ريد.[5]

أحرزت المناعة تقدما كبيرا نحو نهاية القرن التاسع عشر بفضل كثير من الباحثين والعلماء ، من خلال التقدم السريعة في دراسة المناعة الخلطية و مناعة خلوية [6] من المهم بشكل خاص أبحاث بول إرليخ الذي اقترح نظرية السلسلة الجانبية لشرح خصوصية تفاعل الجسم والجسم المضاد ؛ تم الاعتراف بإسهاماته في فهم المناعة خلطية ، ونال جائزة نوبل في عام 1908 ، والتي منحت بشكل مشترك له مع مؤسس علم المناعة الخلوية ، إيليا ميتشنيكوف.

**خطوط دفاع متتالية**

يحمي نظام مناعة الكائن الحي من الإصابة بأمراض بعدد من خطوط الدفاع المتتالية مختلفة التخصصات . فمثلا الجلد كنظام مناعة طبيعي يمنع دخول مسببات المرض من بكتيريا أو فيروسات من دخول جسم الكائن الحي . فإذا حدث أن اخترق أحد مسببات المرض حاجز الجلد ، فإن جهاز مناعة العائل يقوم بمقاومة المرض. وتوجد أنظمة المناعة الطبيعية في جميع النباتات و الحيوانات. .

فإذا انتشرت مسببات المرض في العائل ، فإن الحيوانات الفقرية تمتلك خطا ثانيا لمقاومة الغزاة من مسببات المرض : ذلك هو نظام المناعة المكتسبة ، وهو ينشط ويقوم بالمقاومة . ويتحسس نظام المناعة من خلال إصابة بعدوى لتحسين تعرفه على مسبب للمرض . وهذا يحسن من استجابة الجسم لمقاومة الدخيل بعد القضاء عليه ، عن طريق تكوين ذاكرة مناعة ، فإذا أصاب مسبب المرض الجسم مرة أو مرات أخرى فيكون نظام المناعة مستعدا وينقض عليه بعنف لمقاومة هذا الدخيل.

**طبقات أنظمة المناعة**

* نظام مناعة طبيعي
* نظام مناعة مكتسبةكلتا المناعتان : المناعة الذاتية والمناعة المكتسبة تعتمدان على مدى إمكانية نظام المناعة للتفرقة بين الجزيئات الشخصية والجزيئات الغريبة عن الجسم . ومن وجهة نظر المناعة : الجزيئات الشخصية هي تلك المركبات المكونة لجسم الكائن الحي ويمكن لنظام المناعة معرفتها والتفرقة بينها وبين مواد غريبة . [10] وبالعكس ، الجزيئات الغريبة عن الجسم هي الجزيئات التي يتعرف كهاز المناعة عليها كمواد غريبة . أحد أصناف الجزيئات الغريبة عن الجسم تسمىمستضد antigene ، وهو يعرف بأنها مواد ترتبط بمستقبل مناعي معين وتتسبب في استجابة مناعية .

**أعضاء المناعة في الإنسان**

تشترك عدة أعضاء في جسم للإنسان في نظام المناعة له ، منها الأعضاء التالية:

* اللوزتان و الزائدة الأنفية
* الغشاء المخاطي و اللعاب و الدموع
* الغدة الزعترية
* العقد اللمفاوية وهي موزعة في الجسم
* الوعاء اللمفي وهو يمتد في الجسم كله
* الطحال
* المعدة - حمض المعدة
* الأمعاء - نبيت جرثومي معوي
* جسيمات مضادة
* نخاع العظام ينتج خلايا الدم البيضاء
* خلايا محببة و خلايا أكولة كبيرة وغيرها
* مسالك بولية - تنظف إلى الخارج.

**حواجز وقاية عامة**

هناك عدة حواجز تحمي الكائنات الحية عموما من الاصابات تشمل حواجز ميكانيكية وكيميائية وبيولوجية. فأوراق العديد من النباتات محمية بقشرة شمعية، وهياكل الحشرات، والصدفيات والأغشية الخارجية للبيض ، والجلد في الإنسان والحيوان . هذه الحواجز تعتبر خط الدفاع الأول الذي يحمي الكائن الحي من الإصابة بميكروبات . مع ذلك الكائنات الحية لا تستطيع الانغلاق كليا عن البيئة الخارجية إذ ان هناك آليات وقاية للأعضاء المفتوحة على البيئة الخارجية مثلالرئة والأمعاء والجهاز البولي التناسلي. ففي الرئة يعتبر السعال والعطس أحد آليات الحماية التي تطرد الممرضات والمثيرات من المجاري التنفسية. و الدموع وإخراج البول هي أيضا من آليات الحماية الميكانيكية التي يلجأ لها الجسم لتنظيف مجاريه . و المخاط الذي يفرزه الجهاز التنفسي ، والجهاز البولي التناسلي يعمل كمصيدة للجراثيم الدقيقة واخراجها أولا بأول .

وثمة حواجز كيميائية تحمي من الاصابة من الميكروبات مثل الجلد والمجاري التنفسية تفرز مضادات جرثومية ببتيدية يفرزها الجلد مثل مضادالعفونة (β-defensins) و إنزيمات مثل الليزوزيم و الفوسفوليباز A2 في اللعاب والدموع ؛ وحليب الرضاعة الذي هو أيضا به مواد مضادة للجراثيم . والافرازات المهبلية المرافقة لبدء الطمث تعتبر حواجز كيميائية عندما تصبح حمضية قليلا ؛ في حين يحتوي المني على زنك قاتل لعوامل المرض. في المعدة والمجاري الهضمية تفرز أحماض وأنزيمات بروتينية تعمل كمقاوم كيميائي يقتل البكتيريا وكثير من الكائنات الصغيرة الغريبة عن الجسم .

داخل المجاري البولية والتناسلية والقنوات الهضمية ثمة بكتيريا فلورية تستفيد منها هذه الأعضاء عن طريق المطاعمة فتعمل كحواجز بيولوجية تنافس البكتيريا الممرضة على الطعام والمساحة . وفي بعض الحالات تقوم بتغيير ظروف وسطها مثل مستوى pH الذي يضبط حموضة أو قلوية الوسط ، أو الحديد المتوفر وهو ما يؤدي إلى عدم تمكن البكتيريا من التزايد والتسبب بالمرض. على اية حال بما أن معظم المضادات الحيوية (أنتبيوتيكا) لا تستهدف البكتيريا بطريقة متخصصة وتؤثر على الفطريات فإن المضادات الحيوية قد تقود إلى تكاثر الفطريات وتهيأة الظروف المناسبة لحدوث فطريات مهبلية. وثمة أدلة قوية على أن اعادة إنتاجبريبيوتيك فلورا (بكتيريا مفيدة) مثل بكتيريا lactobacilli التي تتواجد بشكل طبيعي في اللبن الزبادي تؤدي إلى توازن في عدد الجراثيم التي قد تحدث امراضا في أمعاء الأطفال . وهي تشجع على دراسة الأمراض الجرثومية المعوية وأمراض التهابات الأمعاء وعدوى التهاب المسالك البولية.

**مناعة فطرية ومناعة مكتسبة**

يعمل الجهاز المناعي وفق نظامين مناعيين: الجهاز المناعي الفطري أو الطبيعي (innate immunity)وهو متوارث ، يتوارثه الأبناء عن الآباء ، و مناعة مكتسبة (acquired immunity ,adaptive immunity) يكتسبها كل فرد بنفسه خلال حياته مما يتعرض له من امراض يكتسب جسمه منها حصانة. هذان النظامان المناعيان يختلفان عن بعضهما في الجوهر لكنها مترابطان مع بعضها ويعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما ، فكل واحد من هذين النظامين يعمل وفق آليات مختلفة تقوم بتنشيط وزياد نجاعة رد الفعل المناعي للنظام المناعي الآخر. أكثر من ذلك هذان النظامان مرتبطان ببعضهما إذ أن عدة مركبات من الجهاز المناعي الفطري حيوية لنجاح إداء المناعة المكتسبة والعكس صحيح. هذا الترابط يسمح للجسم التعامل بنجاح مع مسببات المرض. يعتبرالجهاز المناعي الفطري خط الدفاع الأول الذي يحمي الجسم من الممرضات منذ التعرض لمستضد وحتى بدء عمل المناعة المكتسبة. نظام المناعة الفطرية الغير متخصص يستطيع في الغالب بقواه الذاتية القضاء على الكثير من الميكروبات والبكتيريا والجسيمات الغريبة التي تغزو الجسم. يقوم جهاز المناعة المكتسبة بزيادة كفاءة القدرة المناعية ، سيما حين تصبح المناعة الفطرية غير فعالة وتنجح الممرضات في التملص منها.

**المناعة الطبيعية**

المناعة الطبيعية أو الفطرية موجودة في الكائن الحي منذ الولادة وحتى قبل الولادة خلال المرحلة الجنينية ، فهي مناعة متوارثة ، يرثها الأبناء عن الآباء . عموما يتميز نظام المناعة الطبيعية بالعمل بطريقة غير متخصصة ، بمعنى أن كل خلية أو جزيء تابع لها يعمل ضد عدد كبير ومتنوع من مسببات المرض ولكن فقط حسب التمييز بين ما هو ذاتي - أي تابع للجسم - أو ما هو جسيم غريب عن الجسم ، فيتعامل معه ويعمل على تحييده. فضلا عن ذلك فالمناعة الطبيعية لا يوجد لها ذاكرة مناعية.

يشتمل جهاز المناعة الطبيعية على أربع آليات دفاعية أساسية:

حواجز جسدية وكيميائية تمنع أو تؤخر دخول الممرضات للجسم أو تكاثرها داخله. هذه الحواجز تبدأ من الجلد والأغشية المخاطية في الجهاز التنفسي والجهاز الهضمي والأعضاء التناسلية والعيون و حرارة الجسم و مستوى الحموضة في المعدة (باهاء ph ) .

عناصر بيوكيميائية ذائبة مثل الليزيزيوم-أنزيم يخترق طبقة البيبتيدوجليكان في جدار خلية الميكروب. الأنترفيرون وهو بروتين من عائلة سيتوكين التي تنتج وتفرز من الخلايا التي تلتصق في الجرثومة ، تعلمها ، حيث يتم استيعابها من خلايا سليمة تتواجد بقربها وتجعلها في وضع استعداد لمقاومة العدوى بالميكروب.

المنظومة المتممة:هي مجموعة من بروتينات بلازما الدم تحيد مختلف الممرضات وتساعد على القضاء عليها ، كذلك لها نشاط يتعلق باستثارة رد التهاب . خلايا أكولة كبيرة و خلايا تائية قاتلة وغيرها.

الخلايا البالعة ، مثل البلعميات والخلايا المتعادلة Neutrophil granulocytes ، وهي خلايا متخصصة في بلع وقتل وهضم مختلف الكائنات الدقيقة.والخلايا الفاتكة الطبيعية هي خلايا لمفاوية وخلايا حبيبية التي تؤدي دورا هاما في الوقاية من الخلايا السرطانية وجراثيم معينة.

الإلتهاب - وهو رد مناعي يحدث أعقاب تلوث أو تهتك في الأنسجة وهو يرتبط بتوظيف عدد متنوع من الخلايا والجسيمات المناعية وارسالها إلى مكان الإصابة.

**مناعة مكتسبة**

المناعة المكتسبة هي مناعة يتم اكتسابها خلال حياة الكائن الحي بعد تعرضه لميكروبات وبكتيريا مسببة مرضه . وتتميز مركباتها بالعمل بطريقة انتقائية ومتخصصة ،إذ أن كل خلية أو جسيم تابع لها يستطيع العمل ضد أنتيجين ممرض واحد ووحيد . وخلافا للمناعة الطبيعية التي هي متشابهة عند أفراد نوع معين فإن الاستجابة المناعية المكتسبة تختلف من فرد لأخر وفق عامل الحصانة المناعية المكتسبة التي مر بها جسم كل شخص على انفراد ، وبحسب الممرضات التي تعرض لها خلال حياته. ميزة أخرى تضاف للحصانة المكتسبة ألا وهي القدرة على إنتاج ذاكرة مناعية . جهاز المناعة المكتسبة تشمل الخلايا اللمفاوية من نوع الخلايا بي و الخلايا تي التي تعمل على مقاومة (الأنتيجينات).

نظام المناعة المكتسبة

لتفاصيل أكثر عن هذا الموضوع، انظر نظام المناعة المكتسبة.

جهاز المناعة التكيفية تطور في الفقاريات المبكرة ويسمح بإستجابة مناعية أقوى وكذلك ينشط الذاكرة المناعية، حيث كل مسبب مرضى يتم "تذكره" بواسطة توقيع الجسم المضاد . الاستجابة المناعية التكيفية تكون مضادة لدخيل معينأنتيجين) وتتعرف عليه خلال عملية تسمى عرض مولد الضد. خصوصية مولد الضد (الانتيجين) تسمح بتوليد الاستجابات التي صممها جهاز المناعة لمقاومته هذا الأنتيجين بعينه أو لمقاومة الخلايا المصابة بالمرض . يتم الحفاظ على قدرة استرجاع الردود في الجسم بواسطة خلايا ذاكرة. فإذا أصاب أنتيجين مرضي الجسم أكثر من مرة واحدة ، فتتذكره خلايا الذاكرة المتخصصة له وتعمل على القضاء عليه بسرعة.

ملحوظة: نظرا لتعدد كتاب هذا المقال تستخدم عدة مصطلحات لشيء واحد وهذا بشأن : مولد ضد أو أنتيجين ، وكلاهما يعني مسببات مرض من جراثيم و فيروس وغيرها .

**الخلايا اللمفاوية**

خلايا الجهاز المناعي التكيفى هي أنواع خاصة من الكريات البيضاء ، و الخلايا التائية. الخلايا البائية و الخلايا التائية هي أنواع رئيسية من الخلايا الليمفاوية مستمدة من الخلايا الجذعية المكونة للدم و تنشأ في نخاع العظم [13] وتشاركالخلايا البائية في الاستجابة المناعية الخلطية humoral immune response، في حين تشارك الخلايا التائية في الاستجابة المناعية الخلوية cell-mediated immune response.

كلا من الخلايا البائية والخلايا التائية تحمل جزيئات مستقبلات التي تتعرف على مستضدات ، مثل بكتيريا أو فيروس معين . خلايا T تتعرف على ما يدعى "هدفا غير ذاتى" ، مثل أنتيجين ، إلا بعد أن يطلق الأنتجين شظايا صغيرة منه ، التي تتقدم مع جزيء مستقبل "ذاتي " يسمى معقد التوافق النسيجي الكبير major histocompatibility complex (MHC).

توجد عدة أنواع من خلايا T: خلايا تي القاتلة و خلايا تي المساعدة ، و خلايا تي منظمة وكل منها له وظيفة في الاستجابة المناعية .الخلايا التائية القاتلة تدرك المستضدات (أنتيجينات) المرتبطة بجزيئات من نوع MHC ( صنف 1 ) ، في حين أن الخلايا التائية المساعدة تتعرف فقط على جزيئات المستضدات MHC II (صنف 2) . تلك الآليتان للتعرف على مستضد توضح الدور الذي تقوم به كل من نوعي الخلايا تي في المناعة. كما توجد طائفة فرعية ثانوية من الخلايا تي تسمى خلايا غاما/دلتا ( خلايا تي γδ T cells ) وهي تتعرف على المستضدات السليمة التي ليست مرتبطة بمستقبلات جزيئات MHC.[14]

ومن ناحية أخرى ، يكون على سطح خلية بي مستقبل مكون من جسم مضاد مناعي يقاوم مستضد أنتيجين معين ، ويمكنه التعرف على أي دخيل على الجسم من دون القيام بعملية تحليل للكشف عنه . فكل نوع من أنواع الخلية بي يبدي ضدا مختلفا ، وعلى ذلك تقوم مجموع المستقبلات المتعرفة على أنتيجينات بإنتاج كل الجسيمات المقاومة التي يستطيع الجسم إنتاجها .

**الفروع المحفزة للجهاز المناعي**

من المقبول أن تقسم آليات الاستجابة المناعية، بمعنى أن محفزات الاستجابة المناعية تنقسم لفرعين : وقاية هومورالية أو المناعة السائلة(مقاومة على أساس سوائل الجسم) يتم فيها القضاء على مسبب المرض وهو لا يزال في بلازما الدم والمناعة الخلوية يتم فيها القضاء على الخلايا المصابة بمسبب المرض أو تلك التي تحولت إلى خلايا سرطانية ا كل من هذين القسمين يحتوي على مركبات غير تخصصية من الجهاز المناعي الطبيعي ومركبات تخصصية من جهاز المناعة المكتسبة هذين القسمين يعملان مع بعضهما بتعاون وتناسق متبادلين. الفرع الهومورالي (The Humoral Branch) المسمى أيضا الاستجابة الهومورالية أو مناعة هومورالية أو المناعة السائلة يمنح وقاية من الكائنات الدقيقة وممرضات خارج-الخلية بمعنى انها تنمو وتتكاثر خارج الخلية المستوعبة، أي في سوائل الجسم. الفرع الهومورالية يشمل مركبين أساسيين [أجسام مضادة أو المضادات ] (بروتينات تفرزها خلايا B البلازمية)أصلها خلايا لمفية من النوع B. الأجسام المضادة (المضادات) تتعرف على انتجينات (مولدات ضد) محددة وترتبط بها بغرض تحييدها وابعاد ضررها. الفرع الخلوي (Cellular Immunity),المسمى بالاستجابة الخلوية (Cell-Mediated Response) أو المناعة الخلوية(Cellular Immunity), تزود حماية خصوصا من الكائنات الدقيقة والممرضات داخل الخلية التي تغزو خلية المضيف وتتكاثر داخلها مثل الجراثيم الفيروسية وميكروبات داخل الخلية وما شابه.كذلك تعمل على قتل الخلايا السرطانية ومعارضة الخلايا الغريبة عن الجسم (زراعة الأعضاء)كذلك يقوم الفرع الخلوي حيث تقوم الخلايا اللمفية T المساعدة بالاستجابة بعد أن تقوم الخلايا الأكولة الكبيرة أو الخلايا الأكولة ذات الزوائد بإشهار مولد الضد (الذي هو جزء من مسبب المرض)