

Mi Universidad

RESUMENES

Michelle Roblero Álvarez

Primer Parcial

Inmunología

Dr. Juan Carlos Gómez

Medicina Humana

Cuarto Semestre

Grupo A

Comitán de Domínguez, Chiapas, 07 de marzo de 2025

ÍNDICE

1. Introducción.....	3
2. Introducción a la Inmunología.....	4
3. Componentes del sistema inmune.....	8
4. Órganos linfoides primarios y secundarios.....	13
5. Sistema inmunitario innato.....	17
6. Conclusión.....	18
7. Bibliografías.....	19

Introducción

El sistema inmunológico es el encargado de proteger al organismo contra agentes infecciosos y sustancias extrañas, garantizando el mantenimiento de la homeostasis. Para llevar a cabo esta función, cuenta con una compleja red de células, órganos y mecanismos de defensa que trabajan en conjunto para identificar y eliminar posibles amenazas.

Entre los principales **componentes celulares del sistema inmunológico** se encuentran los leucocitos, que incluyen linfocitos (B y T), monocitos, macrófagos, células dendríticas, neutrófilos, eosinófilos y basófilos. Cada uno de estos cumple funciones específicas en la vigilancia y eliminación de patógenos.

Además, el sistema inmune se organiza en **órganos primarios y secundarios**. Los órganos primarios, como la médula ósea y el timo, son responsables de la producción y maduración de células inmunitarias. Por otro lado, los órganos secundarios, como los ganglios linfáticos, el bazo y el tejido linfoide asociado a mucosas (MALT), son sitios donde estas células interactúan con los antígenos y se activan para montar una respuesta inmune.

Por último, la **inmunidad innata** representa la primera línea de defensa del organismo. Se trata de un conjunto de mecanismos inespecíficos que actúan de manera rápida contra patógenos. Estos incluyen barreras físicas (piel y mucosas), químicas (enzimas y pH ácido) y celulares (fagocitos y células NK), que trabajan en conjunto para impedir la propagación de infecciones antes de que se active la inmunidad adaptativa.

Comprender estos aspectos fundamentales de la inmunología permite apreciar la complejidad y eficiencia del sistema inmune en la protección del organismo frente a agentes infecciosos.

Immunología

Definición: Ciencia encargada del estudio de las resp. inmunitarias
* Rama de la biología, que estudia el sist. inmunológico, su función en la defensa contra enf. y su papel en la homeostasis del cuerpo.

⇒ **Resp. Inmunitaria:** Respuesta conjunta y coordinada que desencadena el sist. inmunitario a la introducción de **sust. extrañas**

⇒ **Sist. inmunitario:** Conjunto de cél., sustancias químicas y procesos que funcionan para dar **inmunidad** (protección) al individuo

INMUNIDAD → del latín **immunis** = **exento** → hace referencia a un **edo. de PROTECCIÓN** vs. **enferme. infecciosa**

HISTORIA

vacuna = vacca = vaca

Tucídides (430 a.c)

↓
Enfermos x salmonella typhi y se dió cuenta que solo los que se recuperaban de la enf. podían cuidar enf. porque no contraerían x segunda vez.

Chinos y Turcos (s. xv)

↓
variolación ~~variación~~ (de las costras secas de las pustulas se inhalaban o insertaban en la piel)

EDWARD JENNER (1798)

↓
→ Lady Mary Montagu
Las ordeñadoras que habían contraído viruela de las vacas eran inmunes

LOUIS PASTEUR

↓
Induc. vs. inmunidad contra el cólera, inyectando polvos con cepas de virus atenuados

↓
Inoculó a un niño con líquido de una pustula de viruela de vaca y luego lo infectó y no se enfermó.

+ CONCEPTOS BÁSICOS

⇒ **Ag. Patógeno:** Organismos que causan enf.

↓
Patogenicidad: proceso mediante el cual inducen enf. al huésped.

(1881)
vacunó ovejitas con la bacteria del ántrax, que atenuó con tx de calor, y luego las expuso a un cultivo virulento del báculo ántrax

⇒ **Especificidad:** Capacidad de los org. y recep. del antígeno de los linf. T de reconocer **específicamente** un solo determinante antigénico.

(1885)
vacunó a un niño que fue mordido x un perro rabioso con el virus de la rabia atenuados.

→ * PATRONES MOL. ASOC. A PATOGENOS

PAMPs: secuencias mol. que son reconocidos por la inmunidad innata, pero no son específicas

EPITOPs: relieve del virus que sirve para diferenciarlos específicamente.

→ **Memoria inmunitaria**: Capaci. de responder de forma + vigorosa a expos. repetidas del mismo patógeno.

→ **Diversidad**: Variedad de recep. expresados x on tipo de cél. del sist. inmunológico.

INMUNIDAD INNATA

Primera línea de defensa vs. microorganismos ajenos

- Especificidad: frente a estructuras compartidas (PAMPs)
- Diversidad limitada: codificada línea germinal (no se adapta a nuevos)
- NO memoria
- No responde contra cél. del propio cuerpo.
- Resp. inflamatoria

→ **Componentes**:

▪ **Barreras físicas**: Piel, mucosas, tos, estornudos, epitelios, barrido de cilios y **microbiota**

▪ **Barreras químicas**: Péptidos antimicrobianos, ácidos grasos, fluidos corporales, ácido gástrico, pH ↓, enzimas digestivas.

▪ **Cél. y sist. de complemento**

- Cel. fagocíticas: macrófagos y neutrófilos, etc.
- FNT, IFN γ
- Sist. de comple.:

→ **INFECCION**: invasión y multiplicación de ag. patógenos en los tej. de un organismo.

INMUNIDAD ADAPTATIVA

Surge como resp. a la infección y se adapta a ella.

- Especificidad: frente a determinante antigénico específico
- Diversidad amplia: produciendo recep. por recombinación genética
- Memoria

→ **Componentes**

▪ **Linfocitos B** → Abs (IgG, IgM, IgA, IgE, IgD)

▪ **Linfocitos T**:

- * CD4 (helper)
- * CD8 (citotóxicos)
- * Reguladores (Reg)

Estados de activación:

- Naive / vírgenes
- Efectores
- Memoria

Scribe

INMUNIDAD HUMORAL

Proporcionada por una fracción del suero sang. «inmunoglobulina», cuyas mol. se denominan **ANTICUERPOS** = producidos por cél. plasmáticas



↳ protegen contra organismos extracél.

OPSONIZACIÓN ⇐ Son mol. que reconocen a los **ANTIGENOS** → Cualquier sust. que entra al organismo que pueda o no estimular una resp. inmunitaria.
microbianos, neutralizan la infecciosidad y los marcan para su eliminación.

INMUNOGLOBULINAS → Glucoproteínas contenidas en una fracción del suero sang. producidas por cél. plasmáticas (LB)

INMUNIDAD CELULAR

Inmunidad mediada por células que se dirige principalmente a los microbios intracelulares.

• LB • LT • CPA • Citocinas • cél. efectoras

* IMPORTANCIA DE LA INMUNIDAD EN MED.

Es fundamental en medicina, ya que representa la capacidad del organismo para defenderse contra infecciones y sust. extrañas, manteniendo la salud y previniendo enf. El sist. inmunitario está compuesto por una red de células, tejidos y órganos, que trabaja en conjunto para proteger al cuerpo.

- Prevención de enf.
- Desarrollo de vacunas
- Tx de enf. autoinmunes
- Inmunoterapia contra el cáncer

↳ Hipersensibilidad.

* **Alergias** ≙ Alt. de la reactividad en el segundo contacto vs. antígeno.

Citocinas y Quimioquinas: Mol. de señalización que reg. la act. y comunicación ≙ cél. inmunitarias • P. ej. interleucinas y FNT

* **ADYUVANTE** ≙ Sust. que estimula inespecíficamente la resp. inmunitaria.

* **AFINIDAD** ≙ Fuerza de unión ≙ un epítopo y un parátopo (Ac)

* Aglutinación: Agrupación de partículas \neq sí.

* Alogénico: Individuo o cepa tiene el CMH

* Alójerito: Transplante en el que el donante y el recep. son dos miembros genéticamente diferentes de la misma especie.

* Alérgico: Sust. que induce reacción de hipersensibilidad tipo I

* Anafilaxia: Mediada por IgE, reacción alérgica grave y sistémica, provoca vasodilatación, extravasación de líquidos, edema de epiglotis o muerte.

* Citocinas (1, 2, 4, 6, 8, 12) mol. solubles que interviene en las interacciones intracelulares

* Cél. presentadora de antígenos: Cél. que exponen fragmentos peptídicos de antígenos proteínicos asoc. a CMH

Componentes del sist. inmunológico

- Órganos linfoides del sist. \rightarrow ^{genésis, quién genera, donde madura}

- inmunidad innata

- inmunidad adaptativa.

Componentes del sistema inmune

LEUCOCITOS = GLOBULOS BLANCOS

- DOS TIPOS, TRABAJAN EN CONJUNTO
- DESTRUYEN LO QUE CAUSA DAÑO
- PRODUCIDOS Y ALMACENADOS EN VARIOS SITIOS (TIMO, G.L., M.O., ETC)
- CIRCULAN DESDE LOS ORG. HASTA U.S. V.O.

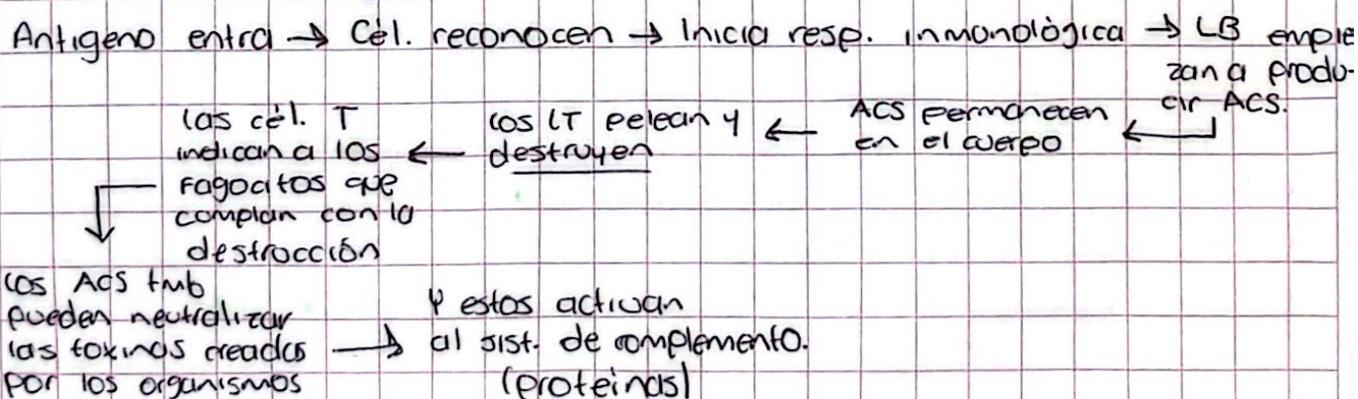
FAGOCITOS

- Destruyen a los organismos invasores
- Incluyen varias cél. diferentes
- los + comunes son los **neutrófilos** que atacan bacterias.

LINFOCITOS $\begin{cases} \text{LB} \\ \text{LT} \end{cases}$

- Permiten al cuerpo recordar y reconocer a los invasores anteriores y lo ayudan a destruirlos.
- Se originan en la M.O.
 - ▶ M.O \rightarrow LB = localizan objetivo y envían defensas cerveza de inteligencia
 - ▶ TIMO \rightarrow LT = destruyen a los invasores soldados

PROCESO DE TRABAJO



Todas las células sanguíneas maduras surgen de una célula madre hematopoyética (HSC). — capacidad de regenerarse
— capacidad de diferenciarse

• Línea Mielóide: Granulocitos - Polimorfonucleares

- Basófilo
- Neutrófilo
- Eosinófilo
- Mastocitos

- Eritrocitos
- Megacariocitos → Plaquetas

INMUNIDAD INNATA

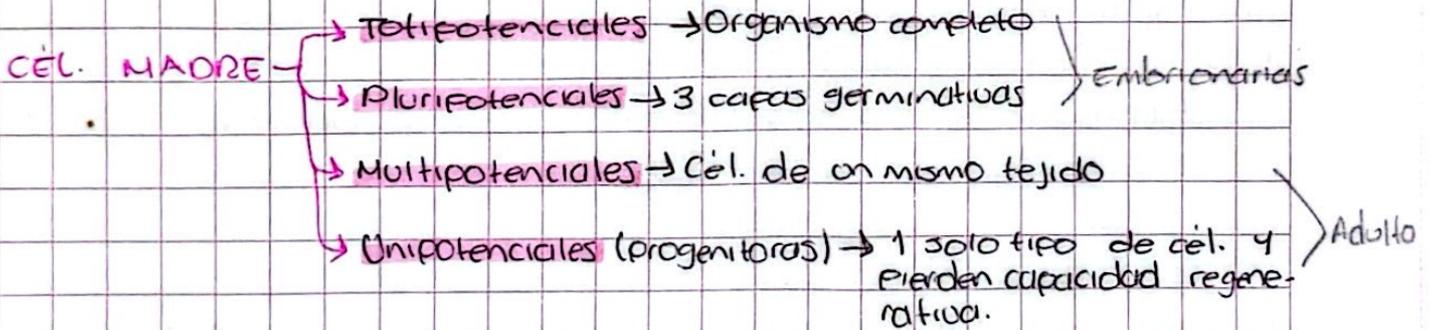
• Línea Linfóide

- Monocitos $\left\{ \begin{array}{l} \text{MCF} \\ \text{cél. Dendrítica} \end{array} \right.$ — Agranulocitos
- Cél. NK • Cél. Dendríticas (I. I.)
- Linfocitos B > célula plasmática > anticuerpos
- Linfocitos T

INMUNIDAD ADAPTATIVA

- ↳ LT CD4 (cooperadores)
- ↳ LT CD8 (citotóxicos)
- ↳ LT NK
- ↳ LT (gamma-delta)

Agranulocitos / Mononucleares



GENES QUE REGULAN HEMATOPOYESIS

- GATA 2: desarrollo de todas las líneas hematopoyéticas
- Bmi-1: capacidad de autorrenovación
- Ikaros: desarrollo linfóide
- Notch: elección entre líneas de los linfocitos. T y B

GRANULOCITOS

Tienen granulos que se liberan en respuesta al contacto con patógenos. Estos granulos contienen proteínas con varias funciones: **daño directo a los patógenos, regulación del tráfico** y la **actividad de otros leucocitos, remodelado de tejidos en el sitio de infección.**

FECG → activador

• **Neutrófilos:** 50-70% = 4.400 (1800-7700)

Granulos:

- Proteasas: elastasa, colagenasa, *trapa de los neutrófilos*
- Péptidos antimicrobianos (defensinas, lisozimas)
- Histamina

↳ NETS (atrapan patógenos y ocasionan inflamación)

• **Basófilos:** 1-3% = 40 (0-200)

Granulos: - Citocinas (IL4, IL3, TNF α) IL-13

• **No fagocitan** - Mediadores lipídicos (leucotrienos)

Liberan cont. - Histamina

de granulos

• **Defensa contra helmintos** 🐛

• **Mastocitos:** <1% (no hay en circulación)

Granulos iguales que los basófilos

• **Eosinófilos:** <1% 200 (200-450)

Granulos: - Proteínas catiónicas

- Ribonucleasas

- Citocinas y quimioquinas (IL4, IL10, IL3, TNF α)

• **Fagocitosis y respuesta contra parásitos.**

• **Síntoma de alergias y asma.**

• **Células presentadoras de antígeno (CPA)**

Pueden ingerir agentes patógenos por medio de **fagocitosis**, digerir **proteínas patógenas hacia péptidos**, y después **presentar** estos antígenos peptídicos sobre sus superficies de membrana.

• Monocitos: 5-10% 300 (0-800) → sangre

- Diferenciación a mac y c.o. (en los tejidos)
- Reparación de tejido luego de la lesión
- Patrullaje (reservorio)

• Macrófagos
 T1 = regrestosis
 T2 = inflamatorios

- Fagocitosis y presentar antígeno
- Reparación y limpieza del lugar de la lesión (ingiere cél. muertas y neutros acumulados).
- Promueven angiogenia y fibrosis mediada por citocinas.
- Adquiere diferentes nombres dependiendo del tej. donde se encuentre:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| - Osteoclastos = hueso | - Cel. de Kupffer = hígado |
| - microglia = SNC | - Cel. de Hofbauer = placenta |
| - MCF alveolares = pulmones | - C. mesangiales → glomerulo |
| - C. dendriticas dérmicas. | - C. M → placas de Peyer en el ID |

• Cél. Dendriticas:

- CD clásicas/tradicionales: procesan antígeno de 3 formas (fagocitosis, endocitosis mediada x recep y pinocitosis), luego ~~de~~ migran a los ganglios linfáticos y los presentan a los LT vírgenes.
- CD plasmocitoides: reconocen ácidos nucleicos de los virus.
- CD foliculares: No se producen en la MO. Importantes para seleccionar LB en bazo y GL.

LINEA LINFOIDE

Son difíciles de identificar por su morfología, por lo que depende mucho de las proteínas de superficie que expresan para diferenciarlos. Se identifican con letras CD (código de diferenciación). Además cada cél. B o T también expresa un receptor específico para antígeno (BCR y TCR)



IL1 - Interferon gamma.

• Linfocito B: Recep = BCR

Madura en M.O.

1. Linfos B1 y linfos B en zona marginal del bazo: timo-independiente produciendo IgM.
2. Linfos B foliculares: timodependiente, anticuerpos de alta afinidad por el antígeno.

• Linfocito T: Recep = TCR

Madura en Timo

1. LT CD4: (expresan marcadores CD4 y CD3), encargados de la diferenciación de los LB, activación de MCF y estimulan la inflamación.
2. LT CD8: (CD3 y CD8): muertes de cél. infectadas.
3. LT Reg: (CD3, CD4, CD25): suprime respuesta inmune.

• Natural Killer: KIR (no específico)

Madura en MO

Expresan diversas recep. para MHC-1, que cuando son ocupados, inhiben su capacidad para matar otras cél. Cuando las encuentran, células que han perdido su MHC-1, estos recep. ya no están ocupados y no se inhibe la toxicidad.

DEFENSINAS

- Antifúngicos
- Antibacterianos

Recep. Tipo Toll

- Microorganismos
- Bacterianos

• Células asesinas

↓
citoquinas

PAMP

- Glucidos \leftarrow Manano \rightarrow  \rightarrow Glucano \rightarrow 
- Nucleótidos \rightarrow  virus
- Proteínas \rightarrow Bacterias gram+
- Lipoproteína \rightarrow Bacterias gram-

Recep. intracel T = NLR

Recep extracel T = TCR

Órganos linfoides

PRIMARIOS = órganos donde se lleva a cabo la generación y/o maduración de las células del sistema inmunológico.

→ MEDULA ÓSEA

Función: apoyar la renovación y diferenciación de las HSC a las cél. sanguíneas.

Todos los huesos tienen MO, sin embargo, el fémur, ilion y esternón son sitios más activos de hematopoyesis.

Se divide en $\left\{ \begin{array}{l} \text{nicho endosteal} \\ \text{nicho vascular} \end{array} \right.$

Las cél. madre + diferenciadas se mueve hacia las regiones centrales del hueso.

→ TIMO

Función: maduración de linfos T:

1. Generan recep. de antígeno singulares (TCR)
2. Son seleccionados con base en su reactividad a complejos de MHC-peptido propio expresados sobre la superficie de células del estroma del timo.

① Entrada de LT inmaduros por la unión corticomedular. Estos no expresan CD4 ni CD8 = **doble negativo (DN)**

② Las cél DN migran a la corteza subcapsular, proliferan y obtienen su TCR, a la vez que expresan los marcadores CD4 y CD8, volviéndose **doble positivo (DP)**

③ **SELECCIÓN (+)**: se elige a aquellos linfos que sean capaces

de interactuar con el MHC presentado por las cél. del estrona tímico.

④ Selección (-): mueren por apoptosis los timocitos que reciben señales muy intensas a través del TCR.

↳ líneas T inmaduras

⑤ Los timocitos que superan estos mecanismos salen del timo como cél. T maduras y simples positivas (CD4 o CD8) → solo uno

SECUNDARIOS

• Órganos donde se llevan a cabo la presentación de antígenos, desencadenando una respuesta inmunitaria adaptativa al diferenciar los LB y LT vírgenes en dos distintas poblaciones.

• Todos desarrollan folículos linfoides (microambientes altamente organizados que se encargan del desarrollo y la selección de cél. B. que producen ACS)

→ GANGLIO LINFÁTICO

Proporciona microambientes ideales para encuentros entre antígeno y linfos.

1. Corteza: LB, mcf, y CD dispuestos en folículos.

2. Paracorteza: LT y CD

3. Médula: lugar de salida de los linfos por los linfáticos eferentes.

El antígeno viaja desde el tej. infectado hasta la corteza del ganglio vía vasos linfáticos.

• Los linfos vírgenes entran a la corteza del ganglio linfático al pasar a través de cél. endoteliales especializadas de **venúlos endoteliales altos (HEV)**

LINFOCITOS T EN EL BANGLIO

Las cél. T cuyos TCR se unen a un complejo de MHC sobre una CPA proliferarán y su progenie se diferenciará.

1. **LT CD8+** adquieren capacidad **citotóxica**.
2. **LT CD4+** pueden **actuar** + MCF, cél. T CD8 y cél. B.

LINFOCITOS B EN EL BANGLIO

La activación de cél. B requiere tanto unión a antígeno por el **BCR**, como **contacto directo con una cél. T CD4+ activada**.

Pueden tomar 2 vías:

1. Cél. plasmática
2. Volver al folículo para establecer un centro germinal (denominándolo folículo secundario).

Centro germinal: Son subestructuras que facilitan la generación de cél. B con afinidades de receptor aumentadas.

→ BAZO

Se especializa en **filtrar sangre** y atrapar antígenos transportados por la misma; así, tiene importancia particular en la respuesta a **infecciones sistémicas**.

Estructura:

- **Trabeculas:** soporte estructural
- **Polpa roja:** senos (sinusoides) poblados por **MCF**, **eritrocitos** y algunos linfocitos.
Sitio de hemólisis de eritrocitos viejos y defectuosos
- **Polpa blanca:** consta de una vaina linfoide periarterio-lar y folículos de cél. B, que formara **centros germinales**.
- **Zona marginal:** separa polpa roja y blanca. Poblada de **MCF** y **LB** que serán la **primera defensa** contra antígenos sanguíneos.

Otras funciones: metabolismo del hierro, almacenamiento de trombocitos y hematopoyesis.

→ TEJIDO LINFÓIDE ASOCIADO A MUCOSAS (MALT)

Son zonas con T y B que se encuentran en las membranas mucosas que revisten los sistemas digestivo, respiratorio y urogenital, así como la piel.

• GALT (Tej. linf. asoc. a intestino grueso): Agrupaciones laxas de linfocitos y estructuras organizadas bien:

- Placas de Peyer

- Amígdalas

- Adenoides (anillo amigdalino de Waldeyer)

- Apéndice

* Cél. M. * Linfoc. intraepitelial * IgA

• SALT (asoc. a piel): Cél. de Langerhans

• BALT (asoc. a bronquios)

• GULT (asoc. a genitourinario)

df

SISTEMA INMUNITARIO INNATO

Por: Michelle Roblero Álvarez

El sistema inmunitario innato proporciona la **primera línea de defensa** del hospedador contra los microbios antes de que las respuestas inmunitarias adaptativas hayan tenido suficiente tiempo para desarrollarse. Los mecanismos de la inmunidad innata existen antes de la exposición a los microbios. Los componentes celulares del sistema inmunitario innato son:

- **Las barreras epiteliales**
- **Los leucocitos** (neutrófilos, macrófagos, linfocitos NK (*natural killer*), linfocitos con receptores invariables para el antígeno y mastocitos).

El sistema inmunitario innato usa **receptores celulares** para el reconocimiento de patrones, **presentes en el plasma y las membranas endosómicas y en el citosol**, para reconocer estructuras denominadas patrones moleculares asociados a microorganismos patógenos (**PAMP**), que **comparten los microbios**, no están presentes en las células de los mamíferos y son a menudo esenciales para la supervivencia de los microbios, lo que limita la capacidad de los microbios de evadirse de la detección mutando o perdiendo la expresión de estas moléculas. Además, estos receptores reconocen **moléculas producidas por el hospedador**, pero cuya expresión o localización indica un daño celular; se denominan patrones moleculares asociados a la lesión (**DAMP**).

Tipos de receptores:

- **Los receptores tipo Toll (TLR)**, presentes en la superficie celular y en los endosomas, son una familia importante de receptores para el reconocimiento de patrones y reconocen una amplia variedad de ligandos, como componentes de la pared bacteriana y ácidos nucleicos microbianos. Hay receptores citosólicos de reconocimiento de patrones que reconocen moléculas microbianas. Estos receptores son los **receptores de tipo gen inducible por el ácido retinoico (RIG) o RLR**, que reconocen ARN vírico; los **detectores de ADN citosólico (CDS)**, que reconocen ADN microbiano, y los **receptores tipo NOD (NLR)**, que reconocen constituyentes de la pared bacteriana y también sirven como componentes de reconocimiento de muchos inflamosomas.
- **Los receptores para el reconocimiento de patrones**, como los TLR, los NLR y los RLR, **emiten señales que activan el factor de transcripción NF- κ B**, que estimula la expresión de citocinas, coestimuladores y otras moléculas implicadas en la inflamación, y los **factores de transcripción factor regulador del interferón (IRF)**, que estimulan la expresión de genes de interferones (IFN) antivíricos tipo I.

IL1
IL6
IL12
TNF

Inflamosoma:

- El **inflamosoma**, un complejo enzimático especializado que **contiene la caspasa 1** y que se forma en respuesta a los **PAMP** y los **DAMP**, contiene estructuras de reconocimiento, que son a menudo proteínas de la familia NLR, un adaptador y la enzima caspasa 1, cuya principal función es producir formas activas de las citocinas inflamatorias interleucina **(IL) 1 e IL-18**.
- El procesamiento proteolítico mediado por el inflamosoma de la proteína citosólica gasdermina genera poros en la membrana, que son un conducto para la salida de IL-1 desde la célula y también causan muerte celular osmótica, denominada **PIROPTOSIS**.

Moléculas efectoras en inmunidad innata en el plasma:

- En el plasma se encuentran moléculas efectoras de la inmunidad innata, como las **pentraxinas** (p. ej., proteína C reactiva [CRP]), las **colectinas** (p. ej., lectina ligadora de manosa [MBL]) y las **ficolinas**. Estas moléculas se unen a ligandos microbianos y potencian su eliminación mediante mecanismos dependientes e independientes del complemento.

Células linfocíticas:

- Las células linfocíticas innatas son células con morfología linfocítica y funciones similares a las de los linfocitos T, pero **no expresan receptores para el antígeno del linfocito T con distribución clonal**. Tres subpoblaciones cooperadoras de células linfocíticas innatas (ILC) secretan **las mismas citocinas que los linfocitos T cooperadores Th1, Th2 y Th17**.

Células Natural Killer:

- Los linfocitos NK tienen **funciones citotóxicas y secretan interferón γ (IFN- γ)**, como los linfocitos T citotóxicos (CTL). Los linfocitos NK defienden contra **microbios intracelulares, matando células infectadas y proporcionando una fuente de la citocina activadora del macrófago IFN- γ** . El reconocimiento por el linfocito NK de células infectadas está regulado por una combinación de receptores activadores e inhibidores. Los **receptores inhibidores reconocen moléculas clase I del complejo mayor de histocompatibilidad (MHC)**, motivo por el que los linfocitos NK no matan células normales del hospedador, pero sí células en las que está disminuida la expresión del MHC clase I, como en células infectadas por virus.

Sistema de Complemento:

- El sistema del complemento **abarca varias proteínas plasmáticas** que se **activan** en secuencia mediante **escisión proteolítica** para **generar fragmentos de las proteínas C3 y C5**, que **promueven la inflamación u opsonizan y promueven la fagocitosis de microbios**. La activación del complemento también **genera poros en la membrana que matan a algunos tipos de bacterias**. El sistema del complemento se activa en las superficies microbianas y no en las células normales del hospedador, porque los microbios carecen de proteínas reguladoras que inhiban el complemento. En las respuestas inmunitarias innatas, el complemento se activa, sobre todo, de forma espontánea en las superficies microbianas y por la MBL para iniciar las vías alternativa y de la **lectina**, respectivamente.

Funciones principales de la inmunidad innata:

- Las dos principales funciones efectoras de la inmunidad innata son **inducir la inflamación**, lo que implica el transporte de leucocitos encargados de la lisis de los microbios y de moléculas efectoras solubles desde la sangre hasta los tejidos, y el **bloqueo de la infección vírica de las células** principalmente por las acciones antivíricas de los IFN tipo I. Los dos tipos de mecanismos efectores los inducen los PAMP y los DAMP.

Mediadores de inflamación:

- Varias citocinas producidas, sobre todo, por los macrófagos, las células dendríticas (DC) y otras células inmunitarias innatas median la inflamación. El factor de necrosis tumoral (TNF) y la **IL-1 activan las células endoteliales, estimulan la producción de quimiocinas y aumentan la producción de neutrófilos en la médula ósea**. La **IL-1** y el **TNF** inducen la producción de **IL-6**, y **las tres citocinas median los efectos sistémicos**, como la fiebre y la síntesis de proteínas de fase aguda, en el hígado. La **IL-12** y la **IL-18** estimulan la producción de la citocina activadora del macrófago, IFN- γ , por los linfocitos NK y los linfocitos T. Estas citocinas actúan en las respuestas inmunitarias innatas frente a diferentes clases de microbios, y algunas (**IL-1, IL-6, IL-12, IL-18**) modifican las respuestas inmunitarias adaptativas que siguen a la respuesta inmunitaria innata.

Neutrófilos y Monocitos:

- Los neutrófilos y los monocitos (los precursores de los macrófagos tisulares) **migran desde la sangre hasta las zonas de inflamación** durante las respuestas inmunitarias innatas, **debido a los efectos de las citocinas y**

las quimiocinas producidas por las células tisulares estimuladas por los PAMP y los DAMP.

Neutrófilos y Macrófagos:

- Los neutrófilos y los macrófagos **fagocitan microbios y los matan** mediante la **producción de especies reactivas del oxígeno, óxido nítrico y enzimas en los fagolisosomas**. Los macrófagos producen, además, citocinas que estimulan la inflamación y promueven la reparación tisular en los lugares de infección. Los fagocitos reconocen y responden a productos microbianos mediante diferentes tipos de receptores, como los **TLR, las lectinas tipo C, los receptores basurero y los receptores para N-formil met-leu-fe**.

Moléculas producidas en la respuesta inmune:

- Las moléculas producidas durante las respuestas inmunitarias innatas estimulan la inmunidad adaptativa e influyen en la naturaleza de las respuestas inmunitarias adaptativas. Las **DC activadas por microbios producen citocinas y coestimuladores que potencian la activación y la diferenciación del linfocito T en linfocitos T efectores**. Los fragmentos del complemento generados por la vía alternativa proporcionan segundas señales para la activación del linfocito B y la producción de anticuerpos.

Las respuestas inmunitarias innatas están reguladas por mecanismos de retroalimentación negativos que limitan el posible daño de los tejidos. La IL-10 es una citocina que producen los macrófagos y las DC activados, y que los inhibe. La secreción de citocinas inflamatorias está regulada por productos del gen de la autofagia. Las vías negativas de transmisión de señales bloquean las señales activadoras generadas por los receptores para el reconocimiento de patrones y las citocinas inflamatorias.

Conclusión

El sistema inmunológico es una trama compleja y coordinada que permite al organismo defenderse contra agentes infecciosos y otras amenazas. Su correcto funcionamiento depende de la interacción entre distintos componentes celulares, órganos especializados y mecanismos de respuesta que trabajan en conjunto para identificar y eliminar patógenos.

Las células inmunitarias, como los linfocitos, macrófagos y neutrófilos, desempeñan funciones específicas dentro de la respuesta inmune, ya sea a través de la inmunidad innata, que actúa de manera rápida e inespecífica, o de la inmunidad adaptativa, que brinda una respuesta más precisa y genera memoria inmunológica. Estos procesos se llevan a cabo en órganos linfoides primarios, donde maduran las células del sistema inmune, y en órganos secundarios, donde se activan y desarrollan sus funciones efectoras.

La inmunidad innata representa la primera línea de defensa y actúa mediante barreras físicas y químicas, células fagocíticas, proteínas del complemento y la respuesta inflamatoria. Aunque es rápida, carece de especificidad y memoria, por lo que en caso de infecciones más persistentes, se activa la inmunidad adaptativa para una respuesta más eficiente y duradera.

Comprender el sistema inmunológico es fundamental en la medicina, ya que su disfunción puede llevar al desarrollo de enfermedades autoinmunes, inmunodeficiencias o infecciones graves. El estudio detallado de sus componentes y mecanismos permite el desarrollo de estrategias terapéuticas, como vacunas e inmunoterapias, que han revolucionado la prevención y tratamiento de diversas enfermedades. En definitiva, el sistema inmune es una de las estructuras más sofisticadas del cuerpo humano y su estudio continúa siendo clave para la salud y el bienestar de la humanidad.

Referencias bibliográficas:

1. Abul K. Abbas, Andrew H. Lichtman & Shiv Pillai (2022). *Inmunología celular y molecular*, 10ª edición. Elsevier España, S.L.U.
2. Pavón, L., Jiménez, M. del C., & Garcés, M. E. (Eds.). (2021). *Inmunología molecular, celular y traslacional* (2.ª ed.). Wolters Kluwer.