

Serie „Das kleine 1 x 1 der Immunologie“ – Einleitung

Das Immunsystem

STEFANIE GILLES, CLAUDIA TRIDL-HOFFMANN

Mit dieser Ausgabe startet die neue Serie „Das kleine 1 x 1 der Immunologie“. Den Auftakt machen auf der folgenden Doppelseite die dendritischen Zellen. Immunologisch unter die Lupe genommen werden im weiteren Verlauf der Serie aber auch Mastzellen, T-Zellen und B-Zellen, Mediatoren wie Zytokine sowie beteiligte Grenzflächen – angefangen bei Haut, Mund, Auge und Nase bis hin zu Lunge und Darm. Diese kurze Einführung stellt zunächst einige Grundlagen rund um das Immunsystem vor.

Das Immunsystem ist die Gesamtheit aus spezialisierten Geweben und Zellen, deren Ziel die Abwehr und Eliminierung von Krankheitserregern ist. Grundsätzlich wird zwischen der angeborenen (innaten) und der erworbenen (adaptiven) Immunantwort unterschieden.

Das innate Immunsystem

Zu den Zellen des angeborenen Immunsystems zählen weiße Blutzellen wie Monozyten, Makrophagen, Granulozyten und natürliche Killerzellen. Sie sind darauf spezialisiert, krankheitserregende Keime oder Tumorzellen zu eliminieren. Die Zellen des innate Immunsystems exprimieren hierfür spezielle Rezeptoren, die sogenannten Pattern-Recognition-Rezeptoren. Eine typische Klasse dieser Rezeptoren, die sogenannten Toll-like-Rezeptoren, binden bakterielle Zellwandbestandteile wie Lipopolysaccharide, Lipopeptide oder Zuckerverbindungen, andere

erkennen virale und bakterielle DNA oder RNA. Sie sind evolutionär stark konserviert und kommen schon in wirbellosen Tieren und – in abgewandelter Form – sogar in Pflanzen vor.

Ebenfalls Bestandteil des angeborenen Immunsystems sind die barrierebildenden Gewebe der Haut und Schleimhäute, die antimikrobielle Substanzen bilden und somit die erste Verteidigungslinie gegen Krankheitserreger sind. Lösliche Proteine, die zum angeborenen Immunsystem gezählt werden, sind – neben den antimikrobiellen Peptiden – auch spezielle Botenstoffe: die Zytokine, mit deren Hilfe Gewebs- und Immunzellen untereinander kommunizieren. Außerdem gehören Komplementfaktoren zum innate Immunsystem: Dies sind Proteine, die die bakterielle Zellwand zerstören.

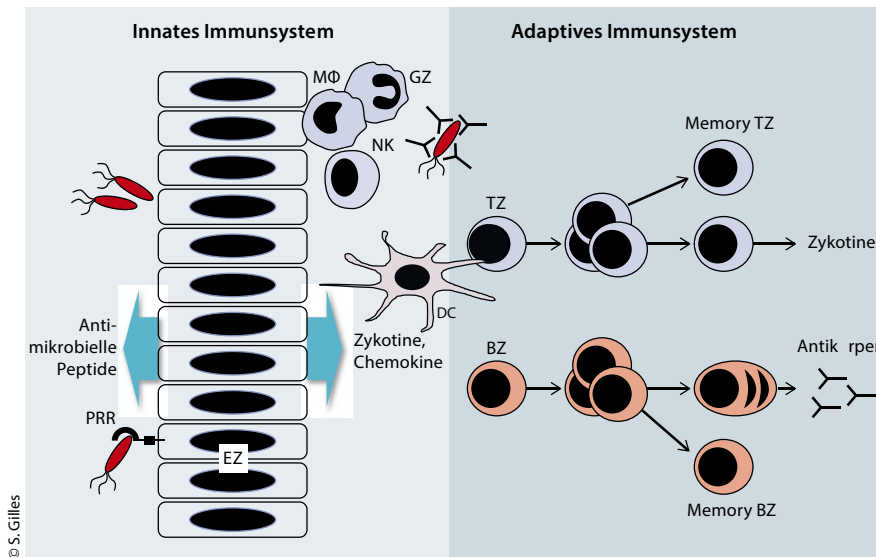
Die Abwehrmechanismen der angeborenen Immunantwort können nur grob zwischen verschiedenen Klassen von Keimen unterscheiden, nicht jedoch zwi-

schen einzelnen Arten von Pathogenen. Außerdem müssen bei erneuter Infektion mit demselben Erreger die Zellen und Mechanismen der angeborenen Immunantwort immer wieder aufs Neue aktiviert werden.

Das adaptive Immunsystem

Um Krankheitserreger noch effektiver bekämpfen zu können, hat sich bei den Wirbeltieren das adaptive Immunsystem entwickelt. Es zeichnet sich durch drei Hauptmerkmale aus: Diversität, Spezifität und ein immunologisches Gedächtnis.

Die Effektoren des adaptiven Immunsystems sind die T- und B-Lymphozyten. Vorläufer aller Lymphozyten werden im Knochenmark gebildet. Während sich die Vorläufer der B-Lymphozyten bis zur Reife im Knochenmark weiterentwickeln, wandern die Vorläufer der T-Lymphozyten in den Thymus, wo sie weiter reifen, daher die Bezeichnung „T-Lymphozyt“. Jede T- oder B-Zelle exprimiert nur eine



© S. Gilles

Abb. 1: Übersicht über die Immunantwort: Epithelzellen (EZ) der Haut und Schleimhäute bilden die vorderste Front in der Abwehr von Pathogenen. Sie setzen antimikrobielle Peptide und Botenstoffe frei (Zytokine, Chemokine), die Zellen des Immunsystems anlocken und aktivieren.

Zu den Zellen des innate Immunsystems zählen Granulozyten (GZ), Makrophagen (MΦ) und natürliche Killerzellen (NK). Sie neutralisieren Mikroben oder Tumorzellen.

Die Zellen des adaptiven Immunsystems sind die T- und B-Lymphozyten. Über ihren hochspezifischen Rezeptor aktiviert vermehren sie sich und produzieren Zytokine oder Antikörper. Diese Effektormoleküle helfen wiederum den Zellen des angeborenen Immunsystems bei der Elimination des Erregers. Spezifische Gedächtnis-T- oder B-Zellen (Memory TZ, Memory BZ) können lange Zeit im Gewebe überdauern und bei einer erneuten Infektion reaktiviert werden.

einzigste Sorte Rezeptor, der wiederum spezifisch für ein einziges Antigen ist. So können zwischen 10^7 und 10^9 Antigene unterschieden werden.

Antigen-unerfahrene, sogenannte „naive“ Lymphozyten patrouillieren permanent über Blut- und Lymphgefäße durch den Körper, bis sie in einem Lymphknoten oder in der Milz ihr „passendes“ Antigen präsentiert bekommen. Die Erkennung des Antigens über den spezifischen Rezeptor führt zur Aktivierung des Lymphozyten, er vermehrt sich und produziert geeignete Botenstoffe (T-Zellen) oder Antikörper (B-Zellen). Die Botenstoffe dienen der Aktivierung und Rekrutierung weiterer Immunzellen, die Antikörper der Neutralisation des Krankheitserregers. Ist der Erreger erfolgreich bekämpft, wird die Immunantwort herunterreguliert. Einige Lymphozyten werden dabei zu sogenannten „Gedächtniszellen“, die zum Teil jahrelang im Knochenmark oder in anderem Gewebe überdauern können. Bei erneutem Befall mit demselben Erreger werden diese Gedächtnis-

zellen wieder aktiv und produzieren nun erheblich schneller die geeigneten Botenstoffe bzw. Antikörper, was dazu führt, dass die Infektion schneller in Schach gehalten werden kann (**Abb. 1**).

Sowohl das angeborene als auch das adaptive Immunsystem dienen dem Schutz des Körpers vor Krankheitserregern. Die Kehrseite der Medaille ist eine fälschliche Aktivierung des Immunsystems gegen körpereigene oder harmlose Antigene. Richtet sich die Immunantwort gegen ein körpereigenes Antigen, so spricht man von einer Autoimmunantwort. Ist das Antigen, das bekämpft wird, ein körperfremder, aber harmloser Stoff, spricht man von Hypersensitivität oder Allergie.

Dr. Stefanie Gilles

ZAUM – Zentrum Allergie und Umwelt
Technische Universität München / Helmholtz-Zentrum
Biedersteiner Straße 29
80802 München
E-Mail: stefanie.gilles@lrz.tum.de

„Das kleine 1 x 1 der Immunologie“ auf einen Blick

– **Einleitung:** Das Immunsystem. Gilles S, Traidl-Hoffmann C

– **Teil 1:** Dendritische Zellen – Induktoren und Modulatoren allergischer Reaktionen. Reske-Kunz AB

– **Teil 2:** Mastzellen. Brockow K

– **Teil 3:** T-Zellen. Schmidt-Weber C

– **Teil 4:** Die B-Zelle in Typ-I-Allergie. Heine G, Worm M

– **Teil 5:** Makrophagen. Stebut von E

– **Teil 6:** Zytokine. Sudowe S

– **Teil 7:** Antimikrobielle Peptide und Proteine: Effektoren des angeborenen Abwehrsystems der Grenzflächen. Schröder J-M

– **Teil 8:** Das Immunsystem der Haut. Pfützner W, Guterthum J

– **Teil 9:** Aufbau der Schleimhaut: Nase – physikalische und immunologische Grenzfläche. Chaker A, Wagenmann M

– **Teil 10:** Grenzfläche Lunge – Aufbau des Immunsystems. Bufe A, Peters M, Pabst R, Tschering T

– **Teil 11:** Aufbau der Schleimhaut: Mund. Allam J-P, Novak N

– **Teil 12:** Darm als immunkompetentes Grenzflächenorgan. Haller D

– **Teil 13:** Immunologie des Auges. Joachim SC, Schmid H

Prof. Dr. Claudia Traidl-Hoffmann

ZAUM – Zentrum Allergie und Umwelt
Technische Universität München / Helmholtz-Zentrum
Biedersteiner Straße 29
80802 München

Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie
Technische Universität München
Biedersteiner Straße 29
80802 München