

16

Die Immunabwehr

16.1 Das Immunsystem unterscheidet zwischen Selbst und Fremd

Auf den Zellen eines Menschen gibt es typische Oberflächenproteine, die Komplexe bilden (**MHC**). Diese sind die Erkennungsstrukturen für die eigenen Zellen. Alle Zellen mit anderen Antigenen, einem anderen „Personalalausweis“, gelten als fremd und werden vom Immunsystem angegriffen. Das gilt auch für Krankheitserreger wie Viren, Bakterien, Protisten, Würmer, Pilze.

Alle Tiere zeigen eine angeborene, unspezifische **Immunabwehr**, die schnell reagiert. Zur angeborenen Immunabwehr zählen neben den mechanischen und chemischen Barrieren wie Haut oder Magensäure vor allem die weißen Blutzellen: natürliche Killerzellen und **Makrophagen**. Die Wirbeltiere haben zusätzlich eine erworbene, adaptive Immunabwehr. Sie wird durch die unspezifische Abwehr aktiviert und reagiert langsamer. Dafür ist sie äußerst anpassungsfähig an neue **Antigene** und bildet ein **immunologisches Gedächtnis**.

Wichtige Mitspieler der humoralen Immunantwort sind die Antikörper, die von B-Zellen gebildet werden. Die zelluläre Immunantwort stützt sich auf T-Zellen, die in der Thymusdrüse entstehen, sich in den lymphatischen Organen sammeln und dort reifen.

16.2 Krankheitserreger aktivieren zunächst die angeborene, unspezifische Immunabwehr

Auf der Oberfläche von **Makrophagen** befinden sich Toll-Rezeptoren, die die Oberflächenproteine von Krankheitserregern im Rahmen der unspezifischen Immunantwort erkennen und die Phagozytose auslösen. Über chemische Botenstoffe werden weitere weiße Blutzellen wie Mastzellen und Granulozyten angelockt. Mastzellen schütten Histamin aus, was die Blutgefäße erweitert, und Granulozyten phagozytieren und geben schmerzlindernde Botenstoffe ab. Verstärkt wird die angeborene Abwehr (wie auch die adaptive) durch das **Komplementsystem**. Das führt zu einer Bindung von Proteinen an die Oberflächenstrukturen der Erreger und durch Porenbildung zu deren Auflösung.

16.3 Bei der erworbenen, adaptiven Immunabwehr kommunizieren weiße Blutzellen gezielt miteinander

Eine Schlüsselfunktion bei der adaptiven Immunreaktion haben Zellen, die Antigene auf ihrer Oberfläche präsentieren können. Dazu gehören Makrophagen, aber auch **dendritische Zellen** und B-Zellen. Jede Zelle im Körper trägt MHC-I-Komplexe, ihren „Personalalausweis“. Auf den **antigenrepräsentierenden** Zellen treten zusätzlich MHC-II-Komplexe auf. An den MHC-I-Komplexen werden zelleigene Bruchstücke des internen Proteinrecyclings präsentiert, allerdings auch die Bruchstücke von Viren, die die Zelle befallen haben. An MHC-II-Rezeptoren werden auch phagozytierte Bruchstücke von Erregern präsentiert, die von den Zellen der unspezifischen Abwehr bekämpft wurden. Unreife T-Zellen binden über Rezeptoren an die MHC-Komplexe und reifen. Unterstützt wird das durch chemische Botenstoffe, die Cytokine, und Wechselwirkungen zwischen T-Zellen. Zwei unterschiedliche T-Zelltypen leiten dabei unterschiedliche Prozesse ein:

Cytotoxische reife T-Zellen, die an MHC I reifen, identifizieren über die an MHC I präsentierten Antigene weitere infizierte Körperzellen und fördern deren Selbstmord durch Apoptose. Cytotoxische T-Zellen bilden T-Gedächtniszellen.

T-Helferzellen, die an MHC II binden, reifen und binden dann auch das an MHC II präsentierte Antigen an **B-Zellen**. Die B-Zelle wird durch die T-Helferzellen und auch durch Botenstoffe stimuliert, einen Klon von **Plasmazellen** zu bilden, der zum Antigen passende Antikörper ausschüttet, und ebenfalls einen Klon von B-Gedächtniszellen.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 84 „Das Immunsystem erschwert die Bluttransfusion“

16.4 Die Anpassungsfähigkeit der Immunantwort beruht auf der Vielfalt möglicher Antikörper und Rezeptoren

Antikörper sind wie die B- und T-Zellrezeptoren Proteine vom Typ Immunglobulin. Sie sind Y-förmig und weisen zwei schwere und zwei leichte Polypeptidketten auf. Antikörper sind im Prinzip lösliche B-Zellrezeptoren mit verkürztem Stiel. Die Antigenbindungsstellen sitzen an den kurzen Armen des Y. Sie erkennen eine Teilstruktur

16

Die Immunabwehr

des Antigens, das **Epitop**, und werden von den variablen Regionen der leichten und schweren Ketten gebildet. Die adaptive Immunabwehr entwickelt passend zu den immer neuen Antigenen immer neue Antikörper nach folgendem Prinzip: In den Vorläuferzellen der B-Zellen (auch der T-Zellen) wird aus einer Vielzahl von DNA-Bausteinen eines Gens für die Immunglobuline jeweils eine neu kombinierte Sequenz erstellt, prozessiert und in Proteine, die Ketten der Antikörper bzw. Rezeptoren translatiert. Durch diese **somatische Rekombination** werden bei jedem Menschen zahllose neue Rezeptorvarianten in geringer Zahl erstellt. Diese bilden bei Kontakt mit B- oder T-Zellen mit dem passenden Antigen Klone und so eine Vielzahl passender B-Zellen, T-Zellen und Antikörper.

16.5 Impfstoffe stimulieren das immunologische Gedächtnis

Bei der aktiven Immunisierung mit ungefährlichen Antigenen des Erregers macht man sich das **immunologische Gedächtnis** zunutze. Die Schutzimpfung ruft eine Immunantwort und die Bildung von Gedächtniszellen hervor. Erfolgt später eine Infektion, kann die spezifische Immunantwort dann schnell erfolgen.

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 85 „Die adaptive Immunabwehr bekämpft Erreger nachhaltig“

16.6 Das Immunsystem kann überreagieren, falsch reagieren oder versagen

Bei einer **Allergie** reagiert der Körper mit einer Überreaktion auf ein Antigen. Auch die Abstoßung von Transplantaten und die **Autoimmunerkrankungen** sind für uns negative Leistungen des Immunsystems. Doch ohne Immunsystem ist ein Überleben nicht möglich. Erreger, die wie HIV-Zellen z. B. die T-Helferzellen des Immunsystems befallen, sind gefährlich und schwer zu bekämpfen. Die Schwächung des Immunsystems bei der erworbenen Immunschwächekrankheit **AIDS** fördert das Auftreten weiterer Erkrankungen (opportunistische Erkrankungen).

Markl Biologie Arbeitsbuch → S. 86 „Die Stimulation des Immungedächtnisses drängt Krankheiten zurück“