

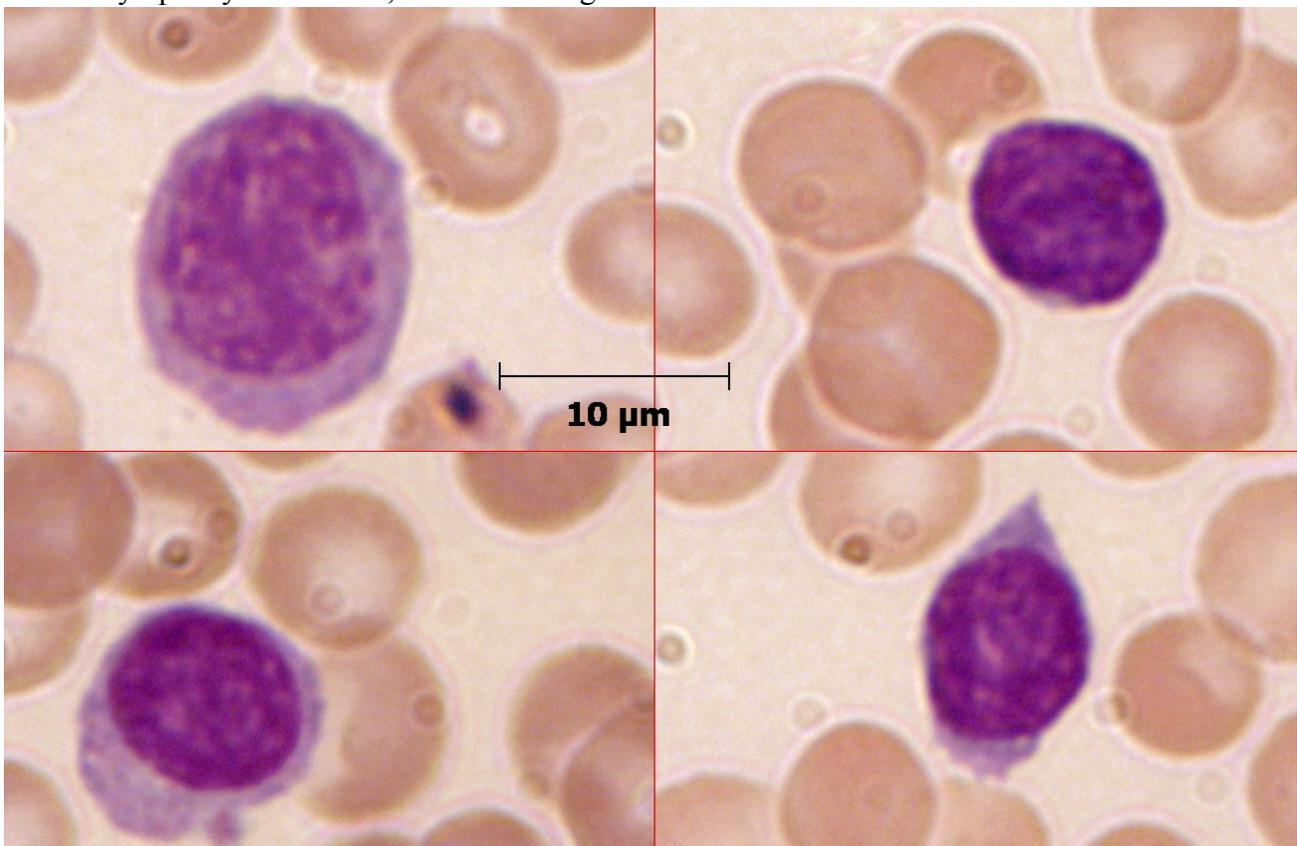
Lymphatisches System

Lymphozytenverteilung im Organismus

Rund 70 % der schätzungsweise 460×10^9 Lymphozyten eines Erwachsenen verteilen sich auf lymphatische Organe und erfüllen hier ihre immunologische Funktion. Sie gehören zu den spezialisiertesten und wandelbarsten Zellen des Organismus.

Die verbleibenden Lymphozyten verteilen sich auf das Blut mit circa 4%, das Knochenmark mit circa 10% und das Bindegewebe mit circa 15%.

Abb. 1 Lymphozyten Mensch, MGG-Färbung



Lymphatische Organe

Bei den lymphatischen Organen wird unterschieden, ob sie in den Lymph- oder den Blutstrom integriert sind.

1. In das Lymphgefäßsystem integrierte Organe sind:
Thymus, Tonsillen, Lymphknoten, solitäre Lymphfollikel der Haut und Schleimhaut, das lymphatische Gewebe des Knochenmarks
2. In das Blutgefäßsystem integriertes Organ: Milz

Der Thymus

Das Organ liegt hinter dem Sternum im vorderen Mediastinum. Es besteht aus zwei Lappen und wiegt bei der Geburt etwa 10g. Seine größte Ausdehnung erreicht es mit ca. 40g in der Pubertät. Im weiteren Entwicklungsverlauf erfolgt die Einlagerung von Fettzellen. Die von der Rinde her beginnende lipomatöse Atrophie führt dazu, dass das Organ beim Erwachsenen hauptsächlich aus Markanteilen besteht, dem lokal Rindengewebe aufgelagert ist. Die Funktionsfähigkeit des verbliebenen lymphatischen Gewebes bleibt erhalten.

Der Thymus besitzt eine dünne Bindegewebskapsel, über die kleine Arterien Blut in das Organ einleiten. Die Arterien verlaufen in den bindegewebigen Septen, die den Thymus in Läppchen gliedern. In der Rinde der Läppchen gehen sie in Kapillaren über, die durch die Rinde und in das Mark des Läppchens verlaufen. Das Blut sammelt sich in kleinen Venen und wird schließlich über die große Thymusvene abgeleitet. Der Thymus besitzt keine zuführenden Lymphgefäße. Die in dem Organ erzeugten Lymphe werden durch ableitende Lymphgefäße über die Kapsel an die Lymphknoten des Mediastinums abgegeben.

Das Grundgerüst des Organs bilden netzartig verbundene Retikulumzellen, die wegen ihrer endodermalen Herkunft auch als epitheliale Retikulumzellen oder Thymusepithelzellen bezeichnet werden. Im Thymus fehlen im Unterschied zum Lymphknoten und Milz die retikulären Fasern.

Die Thymusepithelzellen sind für die Prägung der T-Vorläuferzellen verantwortlich. Die vom Knochenmark freigesetzten Vorläuferzellen gelangen mit dem Blut in den Thymus und vermehren sich durch Mitose. Die so entstandenen Zellen werden als Thymozyten bezeichnet. Thymozyten verfügen über verschiedene Rezeptormoleküle (TCR und diverse CD-Rezeptoren), die sie benötigen, um sich zu reaktionsfähigen Zellen zu differenzieren. Der TCR (T-Zell-Rezeptor) dient zum Erkennen und Binden an ein Antigen. Die CD-Rezeptoren werden für das Erkennen der HLA-Rezeptoren benötigt. Zellen mit CD₄-Rezeptor treten mit HLA II- Molekülen in Wechselwirkung. T-Helferzellen erkennen HLA II-Moleküle auf B-Lymphozyten, dendritischen Zellen und Makrophagen.

Zytotoxische T-Zellen tragen CD₈-Rezeptoren und interagieren mit den MHC I- Molekülen aller kernhaltigen Zellen des Körpers. Zytotoxischen Zellen (Killerzellen) zerstören virusinfizierte Zellen und Tumorzellen, wenn diese zuvor durch einen Antikörper markiert wurden.

Die Aufgaben der Thymusepithelzellen

Die Thymusepithelzellen sorgen dafür, dass reaktionsfähige T-Lymphozyten entstehen und diese folgende Eigenschaften haben

- körpereigene Zellen erkennen und tolerieren
- kranke Zellen erkennen und vernichten
- körperfremde Zellen erkennen und vernichten
- mit anderen Immunzellen interagieren

Die aus dem Knochenmark eingewanderten Vorläuferzellen teilen sich unter hoher Variation des TCR zu zahlreichen Tochterzellen. Die Thymusepithelzellen führen dann mit diesen Zellen (Thymozyten) eine positive und negative Selektion (Prägung) durch.

Positive Selektion auf HLA- Erkennung (MHC- Erkennung)

Die Thymusepithelzellen bieten den Thymozyten die gewebespezifischen HLA I- und die zellspezifischen HLA II-Moleküle zum Zweck der Erkennung an. Thymozyten, die nicht an die Rezeptoren binden können, gehen zugrunde. Mit diesem Schritt der Prägung wird sicher gestellt, dass körperfremde Zellen erkannt werden.

Negative Selektion

Den vorselektierten Thymozyten werden HLA I-Rezeptoren mit körpereigenen Antigenen präsentiert. Alle Thymozyten, die an diese Komplexe binden können, gehen zugrunde. Durch diesen Schritt der Prägung wird verhindert, dass zytotoxische Zellen gegen körpereigene Zellen aktiv werden. Durch die negative Selektion wird das Einhalten der Selbsttoleranz gewährt.

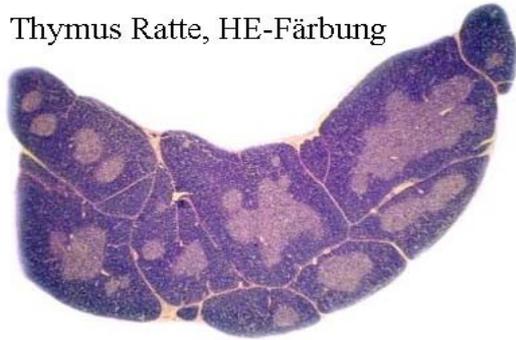
Reifung

Durch weitere Reifungsschritte differenzieren sich die T-Zellen zu T_{H1} -, T_{H2} - und T_{H0} -Zellen sowie Killerzellen.

Im Thymusmark können Hassall- Körperchen beobachtet werden. Sie bestehen aus schalenförmig gelagerten Thymusepithelzellen. Ihre Funktion ist noch nicht geklärt.

Abb. 2 bis 5 Thymus

Thymus Ratte, HE-Färbung

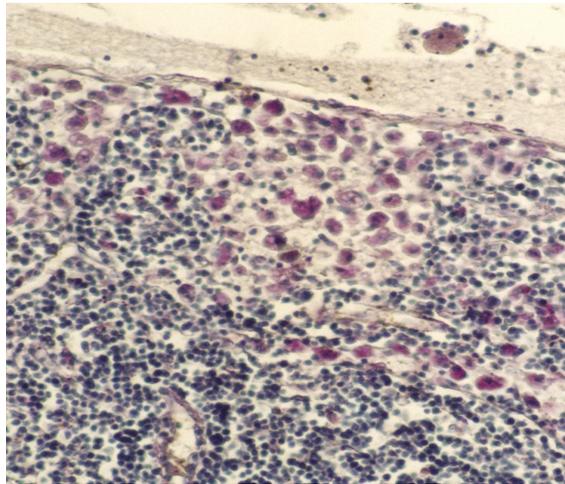


jugendlicher Thymus

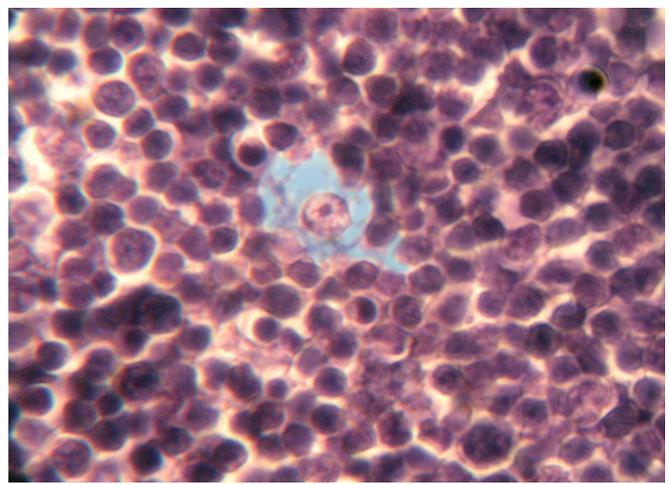


adulter Thymus des Menschen mit Hassall-Körperchen

Abb. 3 und 4 Thymus Ratte, Thymusepithelzellen



PAS/Hämaulaun, die Thymusepithelzellen sind PAS-positiv (violette Plasma)



digitale Bearbeitung, Thymusepithelzelle blau