

13.2 Grundsätzliche histologische Organisation der sekundären lymphatischen Organe

Zu den sekundären lymphatischen Organen gehören die **Lymphknoten**, die **Milz** und die **Mukosa-assoziierten lymphatischen Gewebe** (= MALT; z. B. Tonsillen, Peyer-Plaques). Sie alle besitzen ein Grundgerüst aus retikulärem Bindegewebe. Ihr auffälligstes histologisches Merkmal sind die **Lymphfollikel (B-Zone)**. Die **T-Zone** ist zunächst weniger augenfällig, kann aber aufgrund ihrer Lokalisation und der hier liegenden **hochendothelialen Venolen** (Ausnahme: Milz) auch im konventionellen Präparat sicher identifiziert werden.

Aufgabe aller sekundären lymphatischen Organe ist die Bereitstellung eines geeigneten Mikromilieus, in dem wesentliche Vorgänge der adaptiven Abwehr ablaufen (Kap. 13.1). Die **histologischen Unterschiede** zwischen den sekundären lymphatischen Organen spiegeln die unterschiedlichen **Routen der Antigen-Zufuhr** wider: Die *Lymphknoten* erhalten die Antigene über die Lymphe, die *Milz* über den Blutweg, die Mitglieder des *MALT-Systems* durch das Oberflächenepithel hindurch.

Einige *Abkürzungen* s. Glossar (S. 376).

Das **Grundgerüst** der sekundären lymphatischen Organe besteht aus **retikulärem Bindegewebe** (S. 169), d. h. aus fibroblastischen Retikulumzellen (fRZ) und retikulären Fasern, die von den fRZ röhrenartig umschieden sind (► Abb. 8.12.; ► Abb. 13.15). Die fRZ, die ständig mit den freien Zellen in Berührung stehen, erfüllen nicht nur mechanische Funktion, sondern sind auch mitbestimmend für die Zonengliederung des lymphatischen Organs: durch Chemokine dirigieren sie ankommende dendritische Zellen sowie T- und B-Zellen in bestimmte Regionen, die eben dadurch zur T- bzw. B-Zone werden.

13.2.1 B-Zone

Die B-Zone ist durch **Lymphfollikel** gekennzeichnet (► Abb. 13.10); dies sind kugelförmige Anhäufungen von Lymphozyten. Die Follikel sind in üblichen Präparaten entweder homogen dunkel gefärbt und enthalten dicht gedrängt liegende kleine Lymphozyten mit dem typischen chromatindichten Kern (**Primärfollikel**). Oder sie besitzen ein auffallendes, helleres Zentrum (**Keimzentrum**), das von einem dunklen Lymphozytenmantel umgeben ist (**Sekundärfollikel**). Der Mantel ist oft asymmetrisch (an dem zur T-Zone orientierten Follikelpol schmaler als gegenüber). Maßgebend für die Zusammenlagerung

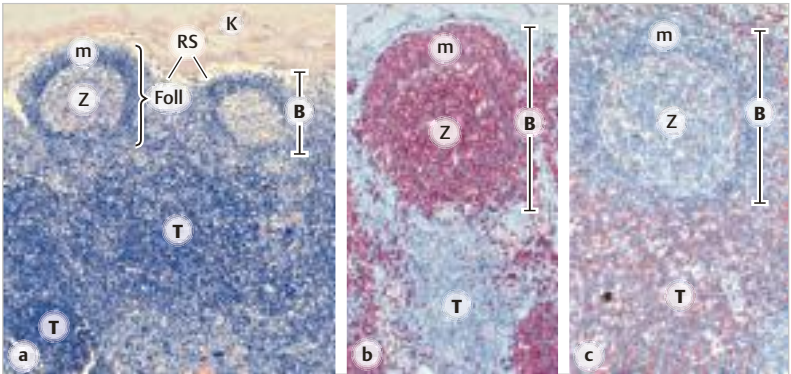


Abb. 13.10 B- und T-Zone am Beispiel des Lymphknotens (Mensch). **a** Giemsa-Färbung. Die B-Zone wird durch die Follikel (Foll) repräsentiert, in diesem Bild zwei *Sekundärfollikel*, die aus Keimzentrum (Z) und Lymphozytenmantel (m) bestehen. Die T-Zone (T) liegt der B-Zone dicht benachbart an und erscheint wegen der gleichmäßigen Verteilung der Lymphozyten homogen gefärbt. K, Kapsel. RS, Randsinus. **b** Die B-Zellen (rot) sind immunhistochemisch mittels eines Antikörpers gegen ein B-Zell-typisches Protein (CD 20) angefärbt. Sie liegen überwiegend im Lymphfollikel. **c** Die T-Zellen (rot) sind immunhistochemisch mittels eines Antikörpers gegen ein T-Zell-typisches Protein (CD 5) angefärbt. Einzelne T-Zellen kommen im Keimzentrum vor, die meisten liegen in der T-Zone. Vergr. 40fach (a), 50fach (b), 70fach (c). (Präparate: H. H. Wacker und M. R. Parwaresch, Inst. f. Hämatopathol., Kiel)

von B-Zellen zu Follikeln sind die **follikulären dendritischen Zellen (FDZ)** (S. 370) und ► **Abb. 13.12**). Mittels spezieller Chemokine locken sie die B-Zellen und T_{FH} -Zellen in ihre Nähe.

Sekundärfollikel und Keimzentrum

Aus einem Primärfollikel entwickelt sich einige Tage nach Applikation eines T_H -abhängigen Antigens ein Sekundärfollikel dadurch, dass sich ein **Keimzentrum** bildet. Dieses ist das histologische Korrelat für wichtige Vorgänge bei der **T_H -abhängigen B-Zell-Antwort** (► **Abb. 13.7**). Es kann nach Wochen bis Monaten wieder verschwinden. Auf dem Höhepunkt seiner Funktion zeigt das Keimzentrum (besonders bei Giemsa-Färbung) eine Gliederung in eine dunkle (zur T-Zone hin orientierte) und eine helle Region (► **Abb. 13.11**). In der **dunklen Region** ereignen sich die **Mitosen** der Antigen-stimulierten B-Zellen (jetzt als Zentroblasten bezeichnet) und die damit verbundenen somatischen Hypermutationen (S. 371) der Gene für die V-Region der Ig. In der **hellen Region** er-

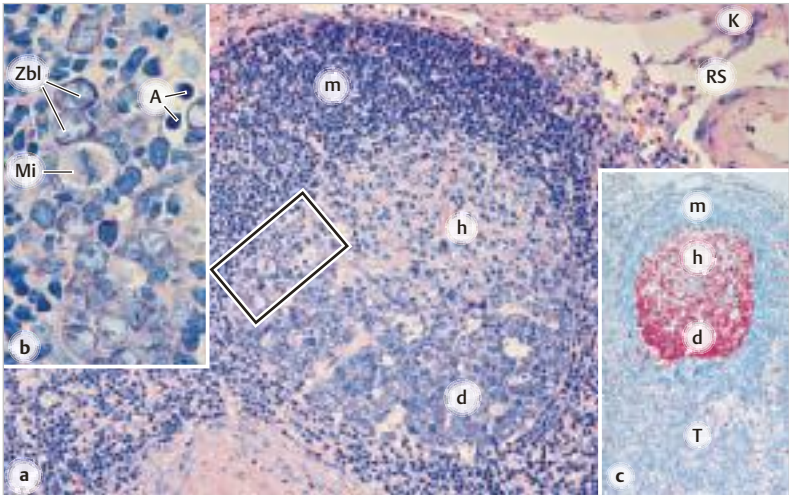


Abb. 13.11 Sekundärfollikel im Lymphknoten (Mensch). **a** Giemsa-Färbung. Das Keimzentrum ist in eine dunkle (**d**) und eine helle (**h**) Region gegliedert. **m**, Lymphozytenmantel. **K** und **RS**, Kapsel und Randsinus des Lymphknotens. **b** Markierter Ausschnitt aus der dunklen Region bei höherer Vergrößerung. **A**, apoptotische Kerntrümmer in einem Makrophagen. **Mi**, Mitose-Figur. **Zbl**, Zentroblasten. **c** Darstellung der im Zellzyklus befindlichen Zellen (rot) mittels eines Antikörpers (S5), der ein Proliferationsprotein im Zellkern erkennt. Die meisten proliferierenden Zellen liegen im Keimzentrum, am dichtesten in der dunklen Region. **T**, T-Zone. Vergr. 150fach, 500fach (links), 50fach (rechts). (Präparate: H. H. Wacker und M. R. Parwaresch, Inst. f. Hämatopathol., Kiel)

13

folgt die positive **Selektion** der Zellen mit den am besten passenden Ig sowie ihre Differenzierung zu Plasmazellvorstufen und B-Gedächtniszellen.

Im **Keimzentrum** ist mit folgenden Zellen zu rechnen, auch wenn man sie im konventionellen H.E.-Präparat nicht alle identifizieren kann.

- **Zentroblasten**, Nachkommen der Antigen-stimulierten B-Zellen, in der **dunklen** Region. Sie vermehren sich explosionsartig. Die Zellen zeigen ein stark basophiles Zytoplasma (Polyribosomen). Die Basophilie bedingt die starke Anfärbung der dunklen Region. Auf der Stufe der Zentroblasten geschehen die Mutationen zwecks Adaptation der Antikörper an das Antigen (S. 371). Die Zentroblasten werden zu
- **Zentrozyten**. Diese steigen in die **helle** Region auf; ihr blasses Zytoplasma ist für die schwächere Anfärbung dieses Bereichs verantwortlich.

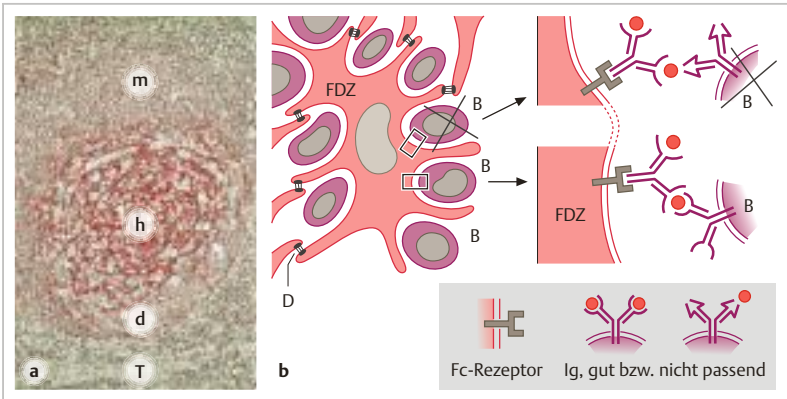


Abb. 13.12 Follikuläre dendritische Zellen (FDZ). **a** Sekundärfollikel im Lymphknoten (Mensch). FDZ dargestellt (rot) mittels eines monoklonalen Antikörpers (KiM4). Die FDZ bilden mit ihren Ausläufern ein Netz, welches das Keimzentrum durchzieht, am dichtesten in der hellen (h), weniger dicht in der dunklen Region (d). m, Lymphozytenmantel. T, T-Zone. **b** Antigen-Präsentation im Follikel (Schema). Das Antigen wird im Komplex mit dem Antikörper, der an einen Fc-Rezeptor der FDZ gebunden ist, zur Schau gestellt. Zentrozyten (bei der B-Zell-Antwort entstanden) mit nicht passendem Antigen-Rezeptor gehen durch Apoptose unter, nur diejenigen mit dem höchst-affinen Rezeptor überleben. D, Desmosomen zwischen den FDZ-Fortsätzen. Vergr. 95fach. (Aufnahme: K. Lennert, Inst. f. Pathol., Kiel)

- Die **follikulären dendritischen Zellen (FDZ)** (S. 371) bilden mit verzweigten Ausläufern (nur durch Spezialfärbungen darstellbar), die durch Desmosomen verbunden sind, ein Gerüst für die freien Zellen (► Abb. 13.12 a). Im konventionellen Präparat sind die FDZ im Keimzentrum nur an ihrem hellen ovalen Kern zu erkennen. Die FDZ erfüllen mehrere wichtige **Aufgaben**:
 - Organisation der B-Zone
 - Präsentation des nativen Antigens in Form von Antigen-Antikörper-Komplexen (Immunkomplexen) auf der riesigen Oberfläche der Ausläufer (► Abb. 13.12 b) zwecks Stimulierung der B-Zellen sowie Selektion und Überleben der B-Zellen mit den am besten passenden Ig (S. 371) (► Abb. 13.7).
 - Langzeitaufbewahrung der Antigene auf der Zelloberfläche zwecks späterer erneuter B-Zell-Stimulation.

Wenn die FDZ fehlen (z. B. Untergang im Verlaufe von AIDS), bricht die ganze Follikel-Architektur der B-Zone zusammen. Die **Herkunft** der FDZ ist noch nicht geklärt, man ist sich nur darüber einig, dass sie *nicht* aus der Hämatopoese des Knochenmarks stammen. Möglicherweise gehen sie aus perivaskulär liegenden Vorläuferzellen hervor. Aus diesen können sich bei Vorherrschen eines geeigneten Zytokin-Milieus (z. B. bei chronischen Entzündungen) wahrscheinlich FDZ bilden, die für die Neuentstehung von Follikeln auch außerhalb von sekundären lymphatischen Organen verantwortlich sind (so genanntes tertiäres lymphatisches Gewebe).

- **Makrophagen** können überall im Keimzentrum vorkommen. Sie räumen alle durch Apoptose untergegangenen Zellen ab. Man erkennt sie an den phagozytierten, stark angefärbten („tingiblen“) *Kerntrümmern*, die sich vom hellen Zytoplasma abheben (Kerntrümmer-Makrophagen, „Sternhimmel-Makrophagen“).
- **Follikuläre T-Helfer-Zellen (T_{FH}-Zellen)** sind mittels immunhistochemischer Sonderfärbungen in der **hellen** Region nachzuweisen (► Abb. 13.10 c). Sie geben den positiv selektionierten B-Zellen wichtige Überlebenssignale, und steuern den Klassenwechsel bei der Antikörperproduktion (► Tab. 13.1).
- Reife **Plasmazellen** sind im Keimzentrum nur **spärlich** vertreten, weil sie meist schon als Vorstufen **auswandern** und sich an anderen Orten niederlassen (z. B. Mark des Lymphknotens, rote Pulpa der Milz, Lamina propria der Schleimhäute). Langlebige Plasmazellen lassen sich vor allem im **Knochenmark** nieder und können hier über Monate und vielleicht Jahre Antikörper sezernieren.

Im **Lymphozytenmantel** liegen u. a. auswandernde Lymphozyten und durchreisende, nicht aktivierte Lymphozyten.

13.2.2 T-Zone

Die T-Zone liegt in enger Nachbarschaft zur B-Zone. Aufgrund der gleichmäßigen Verteilung der Lymphozyten erscheint sie in den Lymphknoten und in den Mukosa-assoziierten lymphatischen Organen recht homogen und fällt dem unerfahrenen Untersucher nicht sofort ins Auge. In üblichen Präparaten ist die T-Zone aufgrund folgender Merkmale zu identifizieren: (a) sehr typische Lokalisation innerhalb eines gegebenen lymphatischen Organs (s. Kapitel 13.3 – 13.5); (b) **hochendotheliale Venolen** (► Abb. 13.13), die lediglich in der Milz fehlen. Funktionell sind außerdem die **dendritischen Zellen (DZ)** von großer Bedeutung für die T-Zone.

13

Reife dendritische Zellen (DZ)

Für das geübte Auge sind die DZ im histologischen Schnitt an ihrem hellen, häufig gewundenen Kern zu erkennen. Mit ihren verzweigten Ausläufern bieten sie eine große Oberfläche für die Interaktion mit T-Lymphozyten. Die reifen DZ sind die wirksamsten aller **Antigen-präsentierenden Zellen** nicht nur für CD4⁺-Lymphozyten (► Abb. 13.6) sondern auch für CD8⁺-Lymphozyten (**Kreuzpräsentation**) (S. 366– S. 370). Die *naïven* T-Zellen werden zwecks möglicher Antigenerkennung und Aktivierung für eine Weile durch Zelladhäsionsmoleküle an den DZ festgehalten.

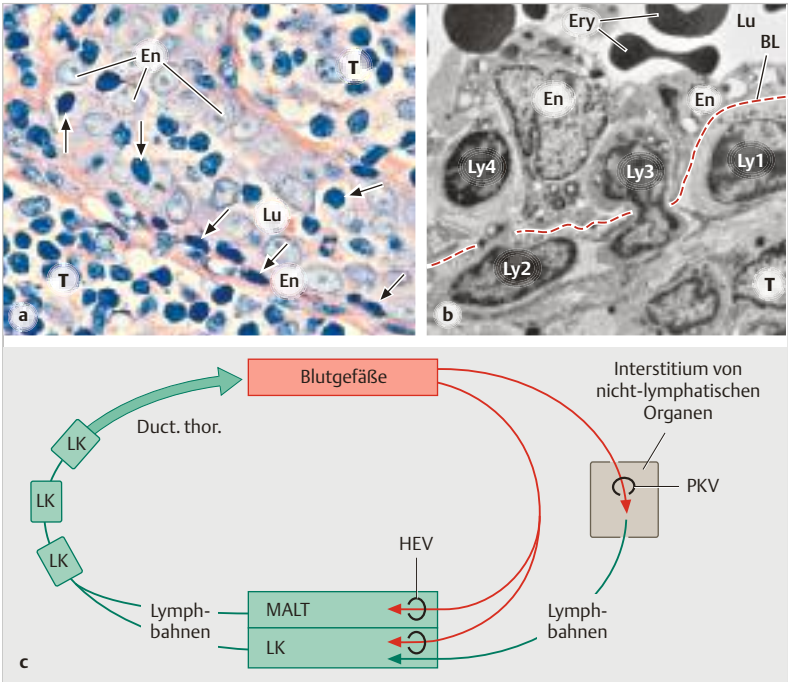


Abb. 13.13 Hochendotheliale Venole in der T-Zone des Lymphknotens (a, Mensch; b, Ratte). **a** Giemsa-Färbung. En, hohe Endothelzellen mit hellen Kernen, darunter (rot) die Basalmembran. Das Lumen (Lu) ist kaum zu erkennen. Pfeile weisen auf einige Lymphozyten, die die Gefäßwand durchwandern. T, Extravasalraum der T-Zone. **b** EM-Bild. Die Basallamina (BL) des Endothels ist nachgezeichnet. Vier Lymphozyten sind bei der Diapedese zu beobachten: 1 ist am weitesten und liegt zwischen BL und einem Perizytenausläufer, 2 hat noch einen Fuß in der BL, 3 ist halb durch die BL, 4 liegt noch oberhalb der BL. **c** Rezirkulation der Lymphozyten (vereinfachtes Schema). Einzelheiten siehe Text. MALT, Mukosa-assoziierte lymphatische Gewebe. LK, Lymphknoten. HEV, hochendotheliale Venole. PKV, postkapilläre Venole. Vergr. 640fach (a), 2000fach (b).

Hochendotheliale Venolen und Rezirkulation der Lymphozyten

Die hochendothelialen Venolen (HEV) (► Abb. 13.13) entsprechen funktionell der **postkapillären Gefäßstrecke** im allgemeinen Kreislauf. Das Endothel bietet hier aufgrund von spezifischen Erkennungsmolekülen **ganz selektiv** den Lym-

phozyten die Möglichkeit zur Emigration vom Blut ins lymphatische Gewebe (über grundsätzliche Mechanismen der Emigration siehe s. u.). (S. 344) Die HEV tragen ihren Namen wegen der für Blutgefäße sonst ganz unüblichen pflastersteinartigen Endothelzellen. Diese besitzen helle, runde Kerne, das Gefäßlumen ist oft kaum zu erkennen. In der Gefäßwand sind immer Lymphozyten (dichte Kerne) zu finden, die gerade bei der **Diapedese** (Durchwanderung) sind (stets in Richtung Extravasalraum). Die HEV sind ein histologisches Korrelat für die **Rezirkulation** der Lymphozyten.

Rezirkulation. Lymphozyten (T-Zellen in höherem Maße als B-Zellen) wechseln im Laufe ihres Lebens viele Male zwischen Intra- und Extravasalraum. Im Blut halten sie sich nur höchstens eine halbe Stunde auf. Nach Ausstieg aus der Blutbahn können die Lymphozyten – im Unterschied zu allen anderen Leukozyten – auf Umwegen wieder dorthin gelangen (► Abb. 13.13 c). **Reiseroute:** Verlassen des Blutes: HEV → lymphatische Gewebe bzw. übliche postkapilläre Venole → Interstitium von nicht-lymphatischen Geweben; Aufenthalt im lymphatischen Gewebe bzw. Interstitium; per Lymphstrom von einem regionären Lymphknoten durch die Kette der nachgeschalteten Lymphknoten, schließlich über ein Hauptlymphgefäß (z. B. *Ductus thoracicus*, ► Abb. 11.1) wieder in den großen Blutkreislauf; erneuter Ausstieg aus dem Blut usw.

Die Wanderung der Lymphozyten durch die **Milz** verläuft aufgrund der Organ-spezifischen Besonderheiten in der Blutzirkulation (S. 393) etwas anders: Lymphozyten, die über die Blutbahn in die Milz eingewandert sind, verlassen sie in den meisten Fällen auch wieder auf dem Blutweg.

13

Naive T-Lymphozyten kehren aus dem Blut vorzugsweise in die T-Zone eines sekundären lymphatischen Organs zurück. Dies erhöht die Chance, dass sie dort von einer DZ ein passendes Antigen präsentiert bekommen und aktiviert werden (S. 366), ► Abb. 13.5). **T-Effektor-** und **T-Gedächtniszellen** streben ins Interstitium nicht-lymphatischer Gewebe. Dies erhöht die Chance, dass sie auf ein ihnen bekanntes Antigen stoßen und an Ort und Stelle eine Abwehrmaßnahme einleiten. Dabei können sie aufgrund von Chemokinen sogar die Art des Gewebes auswählen: z. B. Herkunft aus der Schleimhaut *eines* Darmabschnitts in die Schleimhaut des gesamten Darmes, Herkunft aus *einer* Hautregion in die gesamte Hautdecke.

Die Rückkehr der Lymphozyten in eine bestimmte Art von Lokalität wird als „Heimfinden“ („**Homing**“) bezeichnet und beruht auf der Adhäsion zwischen Lymphozyt und Gefäßendothel: **Homing-Rezeptoren** auf den Lymphozyten, entsprechende Liganden („**Adressine**“) auf dem Gefäßendothel. Die Ortsselektivität kommt dadurch zustande, dass die Lymphozyten je nach Funktionszustand unterschiedliche Homing-Rezeptoren tragen und die Endothelien je nach Region und in Abhängigkeit von Vorgängen im „Hinterland“ (z. B. Stimulus durch pathogene Keime) unterschiedliche Adressine zur Schau stellen.

13.3 Lymphknoten

Lymphknoten sind als eine Kette von **Filterstationen** in das **Lymphgefäßsystem** eingeschaltet. Die Lymphe wird über zahlreiche zuführende Lymphgefäße (**Vasa afferentia**) in einen Lymphknoten eingeleitet, fließt langsam durch die **Lymphsinus** des Lymphknotens und verlässt ihn über wenige **Vasa efferentia**; eine Umgehungsstraße gibt es nicht. *Regionäre* Lymphknoten erhalten die Lymphe und die darin transportierten Zellen, Antigene und Zytokine als erste direkt aus einem Organ oder umschriebenen Gebiet; *Sammellymphknoten* sind nachgeschaltete Stationen, die von bereits vorgereinigter Lymphe erreicht werden. Von praktischer Bedeutung sind die Lymphknoten nicht zuletzt deswegen, weil sie häufig Sitz von lymphogenen Tumormetastasen sind. **Histologisch** ist der Lymphknoten in **Rinde** (Cortex, B-Zone), **Parakortikalzone** (T-Zone) und **Mark** gegliedert.

Lymphe. Interstitielle Gewebsflüssigkeit (aus dem Blut stammend) (S. 318) sammelt sich als Lymphe in blind beginnenden Lymphkapillaren, wird in größere Lymphgefäße weitergeleitet und gelangt nach Passage zahlreicher hintereinander geschalteter Lymphknotenstationen über ein Hauptlymphgefäß (z. B. *Ductus thoracicus*) wieder ins Blut. Bezüglich der **Zusammensetzung** ähnelt die Lymphe zunächst der interstitiellen Flüssigkeit in der Umgebung und enthält wenige Zellen. Bei Passage eines Lymphknotens werden Immunglobuline (Antikörper) hinzugefügt. Die Zellkonzentration ist in der efferenten Lymphe jeweils höher als in der afferenten. Die Zelltypen in der Lymphe sind (mit absteigender Häufigkeit): T-Lymphozyten >> dendritische Zellen > Makrophagen > B-Lymphozyten.

13.3.1 Histologische Organisation

Lymphknoten sind etwa nierenförmig, ihre Größe liegt meist im Millimeterbereich. Der Lymphknoten wird von einer **Kapsel** aus kollagenem Bindegewebe umgeben, Ausläufer der Kapsel ragen als **Trabekel** radiär in das Organ hinein (► Abb. 13.14). An der konvexen Seite des Organs durchbrechen zahlreiche zuführende Lymphgefäße (**Vasa afferentia**) die Kapsel. Am **Hilum** („Pforte“ des Organs) auf der konkaven Seite treten einige abführende Lymphgefäße (**Vasa efferentia**) aus, hier ist auch die Ein- und Austrittspforte für die Blutgefäße.

Der **Weg der Lymphe** durch den Lymphknoten verläuft durch **Lymphsinus**. Diese „Hauptverkehrsstraßen“ sind folgendermaßen angeordnet: Die **Vasa afferentia** münden in einen großen flachen Raum, den **Randsinus** (Marginalsinus), der sich unter der Kapsel ausdehnt (► Abb. 13.10, ► Abb. 13.14, ► Abb. 13.15). Von ihm aus ziehen Intermediärsinus radiär durch die Rinde und setzen sich in

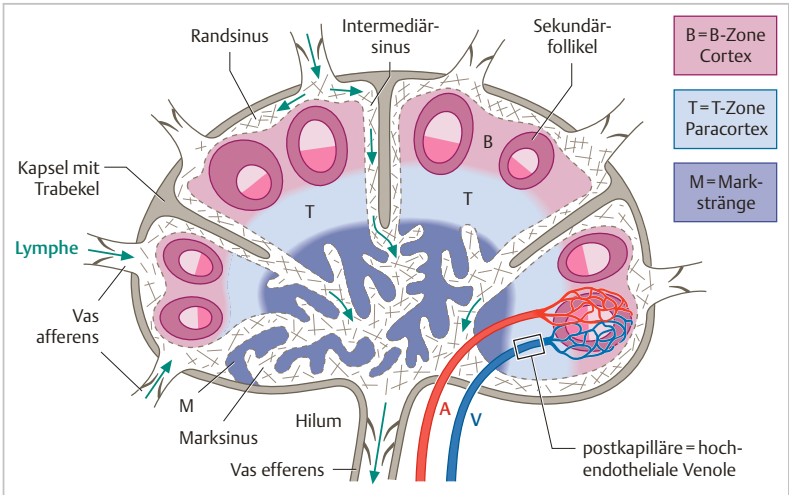


Abb. 13.14 Lymphknoten (Schema). Die Lymphfollikel sind relativ viel zu groß dargestellt.

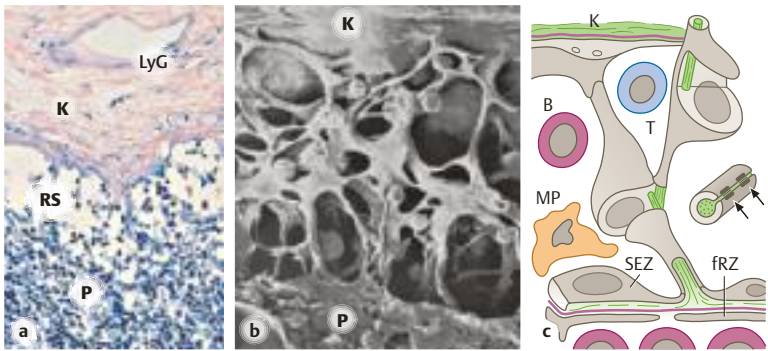


Abb. 13.15 Randsinus des Lymphknotens. Der Randsinus (RS) wird (genau wie die übrigen Sinus) von Sinusendothelzellen (SEZ) ausgekleidet und durchzogen; im Lumen B- und T-Zellen sowie Makrophagen (MP). K, Kapsel. LyG, Abschnitt eines Lymphgefäßes in der Kapsel. P, Pulpa. **a** Giemsa-Färbung. **b** Raster-EM-Bild. Vergr. 150fach (a), 600fach (b). **c** Schema. Die den Sinus durchspannenden Endothelzellen halten sich an retikulären Fasern (grün) fest und umhüllen diese völlig (Absicherung der Hüllen durch Haftkontakte, Pfeile). Die SEZ sind von einer Basallamina (violett) unterlagert. Zur Pulpa hin folgt eine lückenhafte Abdeckung aus Fortsätzen fibroblastischer Retikulumzellen (FRZ). (b aus Fujita et al. Z. Zellforsch. 133 (1972), 147)

das Labyrinth der weitlumigen **Marksinus** fort. Diese vereinigen sich am Hilum und entlassen die Lymphe in das Vas efferens. Im Sinuslumen kommen vor allem Lymphozyten und Makrophagen vor. Flache **Sinusendothelzellen** (wahrscheinlich verwandt mit Lymphgefäßendothelien) (S. 319) bilden die Auskleidung. Solche Zellen erstrecken sich auch kreuz und quer durch das Lumen, sodass eine große Oberfläche zustandekommt, an der die Lymphe langsam vorbeifließt. Freie Zellen durchwandern die Sinuswände in beiden Richtungen. Die das Sinuslumen durchspannenden Endothelzellen und ebenso die fibroblastischen Retikulumzellen (fRZ) im Parenchym des Lymphknotens werden gestützt durch retikuläre Fasern, die mit Zellfortsätzen umhüllt sind (► Abb. 8.12 c; ► Abb. 13.15 c). Dadurch entstehen röhrenartige Räume, die ein gesondertes Kompartiment des Extrazellulärraumes darstellen. Dieses Netz von „Rohrleitungen“ (engl. *conduits*) dient wahrscheinlich als Verteilersystem, durch das lösliche Stoffe (Antigene, Zytokine) aus der afferenten Lymphe den DZ der T-Zone und den Endothelzellen der HEV auf kürzesten Wegen rasch zugeführt werden können. Gerichtete Wanderungen von T-Lymphozyten in die T-Zonen werden möglicherweise durch Chemokine vermittelt, die von fRZ produziert werden. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit von Begegnungen zwischen T-Lymphozyten und DZ erhöht.

Im **Parenchym** (auch als Pulpa bezeichnet) können **Rinde** (*Cortex*), **Parakortikalzone** und **Markstränge** unterschieden werden. Die Rinde enthält die Follikel und entspricht der **B-Zone**. Die Parakortikalzone, unmittelbar markwärts von den Follikeln gelegen, entspricht der **T-Zone**. Hier sind auch die HEV zu finden. In den Marksträngen siedeln sich vorzugsweise kurzlebige Plasmazellen sowie Makrophagen an (► Abb. 13.16). Ansammlungen von Makrophagen

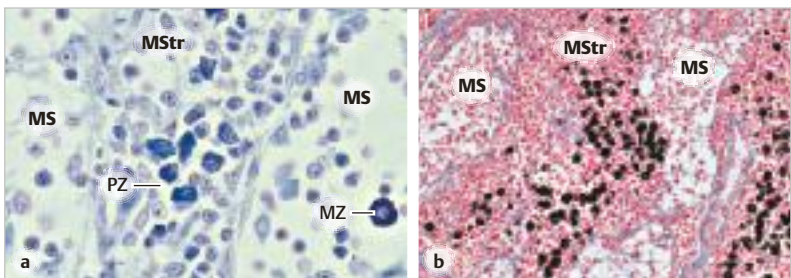


Abb. 13.16 Markstränge (MStr) und Marksinus (MS) des Lymphknotens. **a** PZ, ein Nest von sechs Plasmazellen. MZ, Mastzelle im Sinus. Giemsa-Färbung; Meerschweinchen. **b** Anthrakotischer Lymphknoten vom Lungenhilum (Mensch). In den MStr liegen zahlreiche Kohle-beladene Makrophagen, die aus der Lunge stammen. Azan. Vergr. 480fach (a), 100fach (b).

in den Marksträngen sind besonders deutlich in **anthrakotischen Lymphknoten** zu sehen, welche Lymphe aus der Lunge empfangen und aufgrund der Speicherung von Kohlepartikeln in den Makrophagen schon makroskopisch schwarz erscheinen (S.426).

Wächterlymphknoten (*Sentinel node*). In der Diagnostik und Therapie bösartiger Tumoren wie z. B. Mamma-Karzinom (S. 657), Prostata-Karzinom (S. 586) und malignes Melanom (S. 641) kommt den Wächterlymphknoten praktisch-klinische Bedeutung zu. Es sind diejenigen regionären Lymphknoten, die als erste von Lymphe aus dem Tumorgebiet durchflossen werden. Wenn diese Lymphknoten bereits Tumorzellen enthalten, findet man mit hoher Wahrscheinlichkeit weitere lymphogene Metastasen in der Umgebung. Sind die Wächterlymphknoten dagegen histologisch tumorfrei, ist die Wahrscheinlichkeit von Lymphknotenmetastasen gering.

13.4 Milz

Die Milz ist eine in das Blutgefäßsystem eingeschaltete Filterstation. Sie besteht aus zwei makroskopisch erkennbaren Kompartimenten, der weißen und roten Pulpa. Das lymphatische Gewebe wird als **weiße Pulpa** zusammengefasst. Hier lösen Antigene, die im *Blut* zirkulieren, Immunreaktionen aus. Die **rote Pulpa** wird von einem Labyrinth weitleumiger venöser Sinusoide durchzogen und dient u. a. der Aussonderung alter und veränderter Blutzellen („Blutzellmauserung“). Eine Besonderheit der Milz besteht darin, dass das Blut eine Strecke im *Extravasalarraum* zurücklegen muss, ehe es in die venösen Sinusoide zurück gelangt und damit wieder Anschluss an die Blutbahn gewinnt.

Einige *Abkürzungen* s. Glossar (S.376).

Makroskopie. Die Milz (Gewicht ca. 150 g) liegt intraperitoneal im linken Oberbauch. Sie besteht aus weichem Gewebe (**Pulpa**), das von einer dünnen Organkapsel umgeben wird. Ausläufer der Kapsel (**Trabekel**, Balken) ziehen in das Organ hinein, unterteilen es unvollständig in Segmente und dienen den großen Blutgefäßen als Lager (Trabekelgefäße, s. u.). In den Trabekeln laufen einzelne Lymphgefäße und Nervenfasern. Auf der Schnittfläche von frischem