

4.2 Lymphgefäßsystem

Beim Lymphgefäßsystem handelt es sich nicht um ein Kreislaufsystem im eigentlichen Sinn, sondern um ein Einbahnsystem, das die Lymphe von der Peripherie ins Zentrum transportiert (s. Abb. 4.10).

Die Hauptfunktion liegt im Abtransport von Produkten, die über das venöse System nicht gängig sind. Die Lymphgefäße leiten die überschüssige Flüssigkeit aus dem Gebiet der Endstrombahn über die ihr eigenen Zwischenstationen und führen sie letztendlich im Venenwinkel dem Blutkreislauf zu. Dadurch wird ein Ansteigen des interstitiellen Druckes verhindert. Ist der Rückstrom über die Lymphgefäße und das Venensystem zu gering, den interstitiellen Druck auszugleichen, kommt es zur Ödembildung.

Die normale Transportkapazität des Lymphsystems liegt bei zwei bis vier Litern pro Tag. Etwa 90 Prozent der filtrierten Flüssigkeit werden über den venösen Schenkel resorbiert, und nur 10 Prozent nehmen die Lymphbahnen auf. Diese an sich geringe Menge ist aber durch ihre unterschiedliche Zusammensetzung sehr bedeutungsvoll. Durch jegliche Steigerung der Durchblutung (Hyperämie) wird die Gesamtmenge der filtrierten Flüssigkeit, das Nettoultrafiltrat, erhöht. Diese Steigerung muss immer über das Lymphgefäßsystem abgearbeitet werden, wegen der limitierten Kapazität des venösen Schenkels (Abb. 4.2).

4.2.1 Initiale Lymphgefäße und Präkolektoren

Neben den großen Einheiten des Lymphsystems, den Lymphknoten und den großen Gefäßen, den Kollektoren, sind initiale kleine Einheiten vorhanden, die als erstes die Lymphflüssigkeit aus dem Interstitium aufnehmen (Abb. 4.3). Diese klappenlosen Lymphgefäße liegen subpapillär im Corium der Haut, beginnen blind im Gewebe und bestehen aus einer fingerförmig angeordneten, sich überlappenden Endothelzellschicht mit einer nach außen anschließenden Basalmembran, die mit den Filamenten und Fasern des Inter-

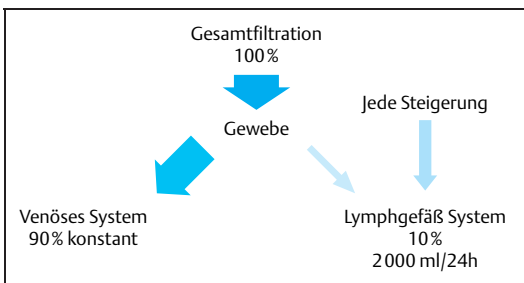


Abb. 4.2 Abflusskapazitäten.

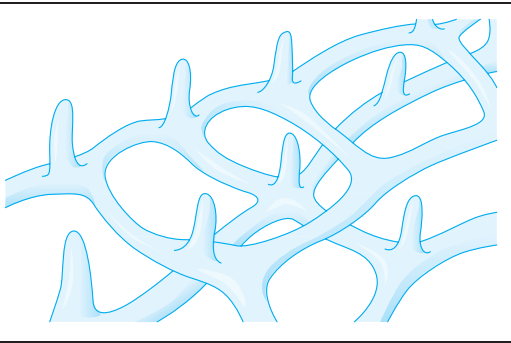


Abb. 4.3 Initiales Lymphgefäß und Präkollektoren.

stitium in engster Verbindung stehen (s. Abb. 4.1b). Ähnlich den Blutkapillaren haben sie keine Muskulatur, unterscheiden sich im Aufbau aber wesentlich von den Blutkapillaren.

Diese initialen Lymphgefäße überziehen die ganze Körperoberfläche und nehmen durch ihre Öffnungen die Flüssigkeit aus dem Bindegewebe auf. Sie münden in der Folge in die Präkollektoren (Abb. 4.4). Diese Präkollektoren haben ebenfalls keine Muskulatur und keine Klappen. Das Kaliber der initialen Lymphgefäße schwankt zwischen 10 und 40 μm , manchmal können sie auch

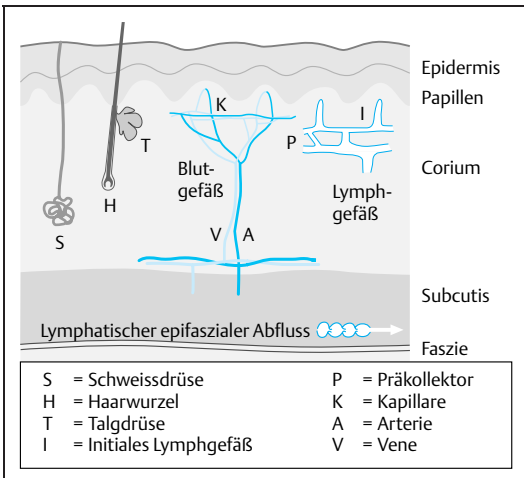


Abb. 4.4 Schichten der Haut.

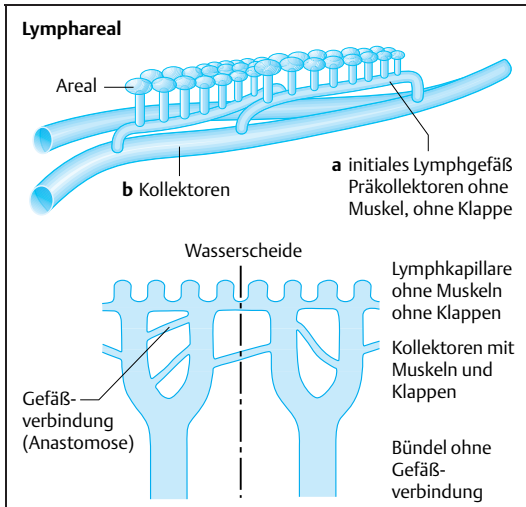


Abb. 4.5 Lymphbahn. **a** Initiale Lymphgefäße, Präkollectoren. **b** Kollectoren.

einen Durchmesser von $60\mu\text{m}$ haben. Durch ihren speziellen Bau sind sie sehr dehnungsfähig (Kubick 1984).

Ein initiales Lymphgefäß entsorgt ein kreisförmiges Hautareal mit einem Durchmesser von etwa 6 mm. Wegen der Klappenlosigkeit der Präkollectoren und initialen Lymphgefäße ist in dieser oberflächlichen Schicht, im Corium der Haut, die Verschiebung von Flüssigkeit in alle Richtungen möglich. Diese, auch als Lymphkapillaren bezeichnet, bilden ein dreidimensionales Netzwerk (s. Abb. 4.5a-b und 4.6).

Die Endothelzellen überlappen einander und können miteinander verzahnt sein, aber auch End-zu-End aneinander liegen. Die Art und Weise der Überlappung ist Schwankungen unterlegen (Leak 1972). Diese Zellen können einerseits fest miteinander verbunden sein, man spricht von tight junctions, andererseits aber auch locker angelagert sein. Die Lokalisation und Art der Überlappungen werden von der Zelle selbst immer wieder verändert (s. (Abb. 4.1b)). Es ist dies eine Eigenaktivität dieser Zellen ohne äußeren Einfluss. Diese Öffnungen werden als open junctions bezeichnet. Deshalb werden in der modernen Literatur diese Gefäße nicht Lymphkapillaren sondern Lymphsinus bezeichnet (Zöltzer 2001).

Bevor die Gewebsflüssigkeit, die Prälymphe, in die Lymphgefäße aufgenommen wird, diffundiert sie zwischen den Fasern und Zellen des Bindegewebes je nach ihren Konzentrationsunterschieden. Die Kittsubstanz für die Fasern ist die Hyaluronsäure. Das Enzym Hyaluronidase depolymerisiert diese

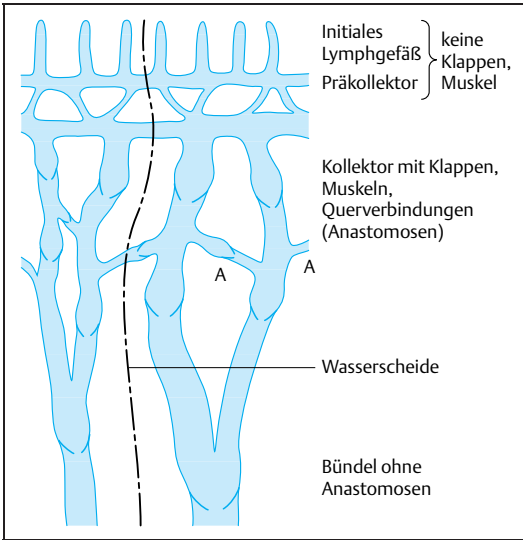


Abb. 4.6 Wasserscheiden-Querschnitt.

Kittsubstanz, wodurch die Faserstruktur verändert wird. Hinterher verfestigt sich diese wieder; es läuft ein ständiger Wechsel von Bildung und Lösung der Filamentstruktur im Bindegewebe ab durch das Hyaluronsäure – Hyaluronidase – Wechselspiel. Durch diesen Quellungs- und Schrumpfungsprozess werden die Endothelzellen auseinander gezogen und so zwischen diesen Spalten eröffnet.

Die in der Umgebung der Lymphkapillaren scheinbar ungeordneten Filamente treten bei Annäherung an die Lymphkapillaren zunächst in eine radiäre und, je näher sie beim Gefäß sind, in eine zirkuläre Formation. Sie sind auch mit dem Endothel durch die dauernde Bildung und Lösung des Hyaluronan mal mehr und mal weniger fest verbunden. Sie geben dem Endothel eine Stützfunktion, weshalb ein initiales Lymphgefäß nicht kollabieren kann. Man betrachtet die Filamente des Interstitium, die Basalmembran und das Endothel der Lymphgefäße als eine funktionelle Einheit (Castenholz 1998).

Bei einem vermehrten Flüssigkeitseinstrom in das Bindegewebe kommt es durch die Volumenvermehrung zu einer Strukturveränderung. Die kollagenen Fasern wandern auseinander, ziehen die Filamente mit sich und dadurch auch die Endothelzellen. Nun sind die Kapillaren offen für Wasser- und Substanz-eintritt. Der intrakapilläre Druck steigt. In der Folge schließen die als Ventile ausgebildeten Endothelzellen ihre interzellulären Öffnungen, die Filamente kehren in die Ausgangsposition zurück, das initiale Lymphgefäß ist sodann geschlossen.

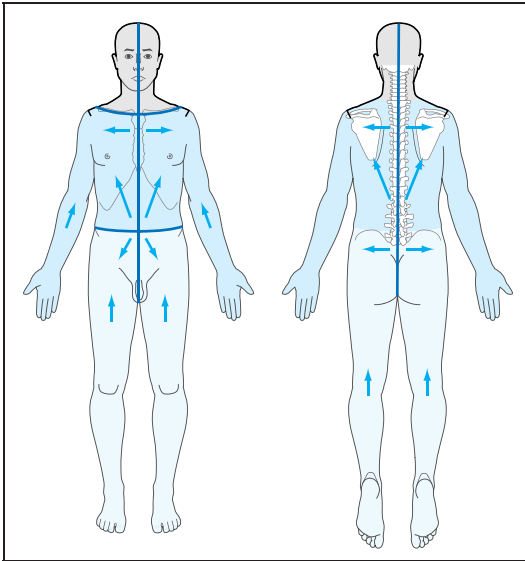


Abb. 4.7 Hauptwasserscheiden.

Durch Pinozytose, aktiven Transport, gelangen auch Stoffe in die Lymphbahnen. Die mengenmäßige Bedeutung dieses Mechanismus wird von der Wissenschaft noch diskutiert.

4.2.2 Lymphangion

Die größeren Lymphgefäße, die Kollektoren, lassen sich röntgenologisch durch die Injektion eines Kontrastmittels darstellen. In der Röntgenaufnahme sehen sie perlschnurartig aus, wobei die Einschnürungen die Klappen darstellen, und die Perlen die gefüllten Lymphangiome. Die Lymphgefäße sind aus Klappen-segmenten aufgebaut, die von Mislin als Lymphangiome bezeichnet worden sind. Sie sind als anatomische und funktionelle Einheit zu betrachten. Die Klappe verhindert den Rückstrom der Flüssigkeit und bestimmt die Fließrichtung. Die Lymphklappe ist, ähnlich wie bei den Venen, eine Duplikatur der Endothelzellschicht (s. Abb. 4.8). In allen Lymphgefäßen gibt es eine Basalmembran, die stärker durchlässig ist als die Basalmembran der Blutkapillaren.

Das Lymphangion besitzt eine längsverlaufende und eine ringförmig angeordnete Muskulatur. In dieser Schicht finden sich zahlreiche Nervenendungen, die mit dem vegetativen Nervensystem in Verbindung stehen. Diese Innervation gehört dem Sympathikusnetzwerk an. Der durch das Füllungsvolumen