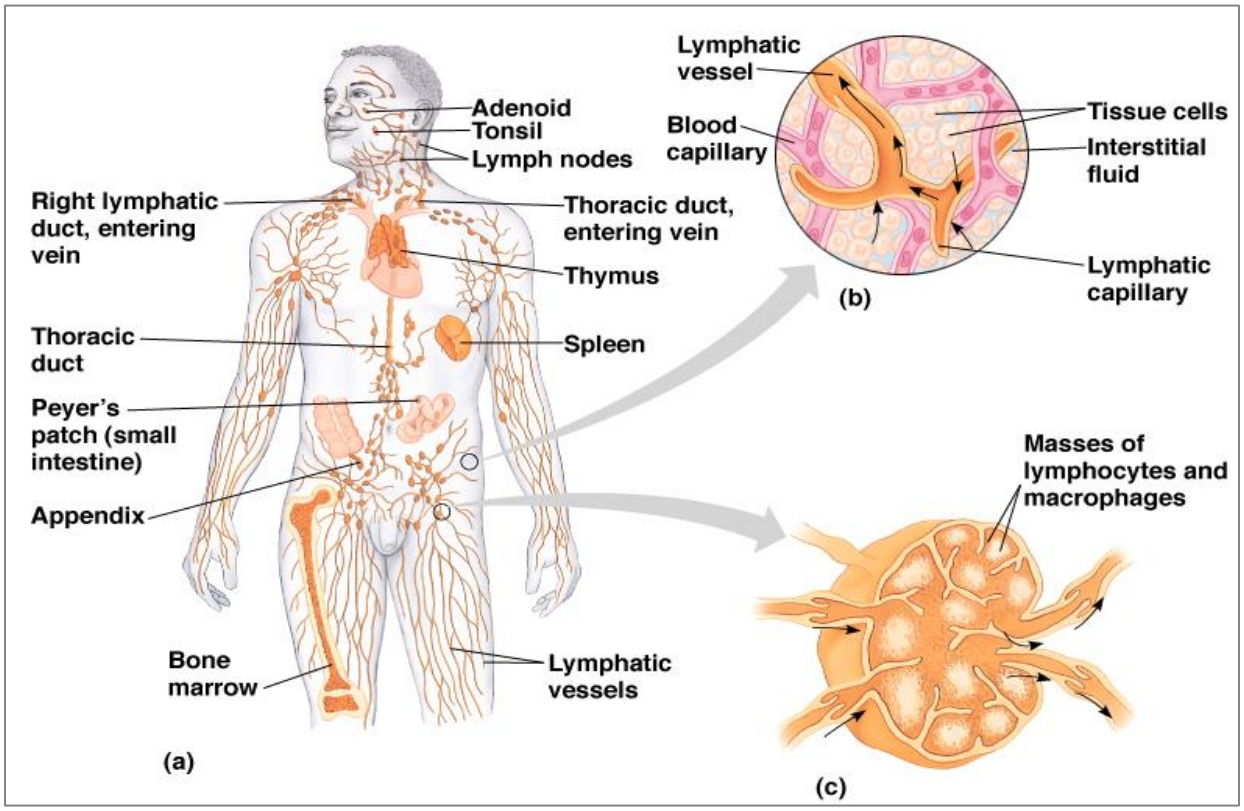
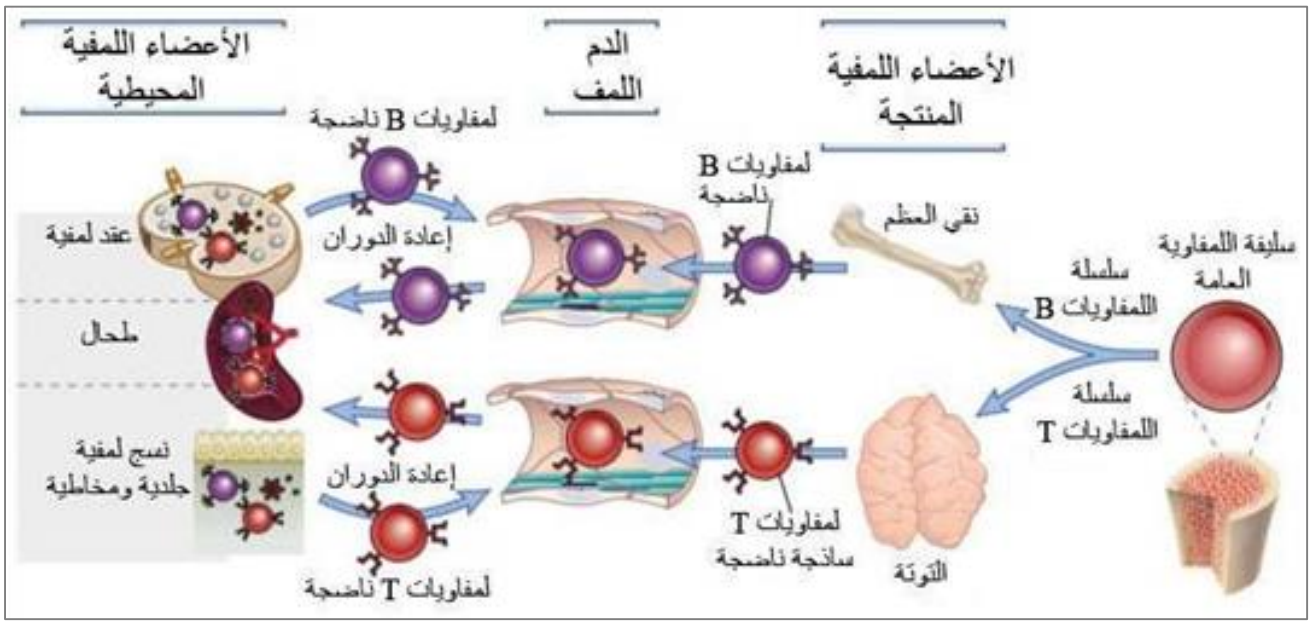
نسج الجهاز المناعي
Tissues of the Immune System

تتكون نسج الجهاز المناعي من الأعضاء اللمفية المولدة Generative Lymphoid Organs (وتدعى أيضاً بالنسج الأولية Primary أو المركزية Central) التي تنضج فيها اللمفاويات T وB وتصبح مؤهلة للاستجابة للمستضدات، والأعضاء اللمفية المحيطية Peripheral Lymphoid Organs (وتدعى بالنسج الثانوية Secondary) التي تنشط فيها الاستجابات المناعية التلاؤمية الشكل (1) والشكل (2).



الشكل 1: نسج الجهاز المناعي. يتكون الجهاز المناعي من الأعضاء اللمفية المولدة التي تتكون فيها الخلايا المناعية بأنواعها المختلفة، ومن الأعضاء اللمفية المحيطية التي تتطور فيها الاستجابات المناعية التلاؤمية.



الشكل 2: مراحل نضوج اللمفاويات. تتطور اللمفاويات من طلائعها في الأعضاء اللمفية المولدة (نقي العظم والتوتة)، تدخل اللمفاويات الناضجة إلى الأعضاء اللمفية المحيطية، حيث تستجيب للمستضدات الأجنبية وتعاود الدوران بين الدم واللمف.

الأعضاء اللمفية المحيطية Peripheral Lymphoid Organs:

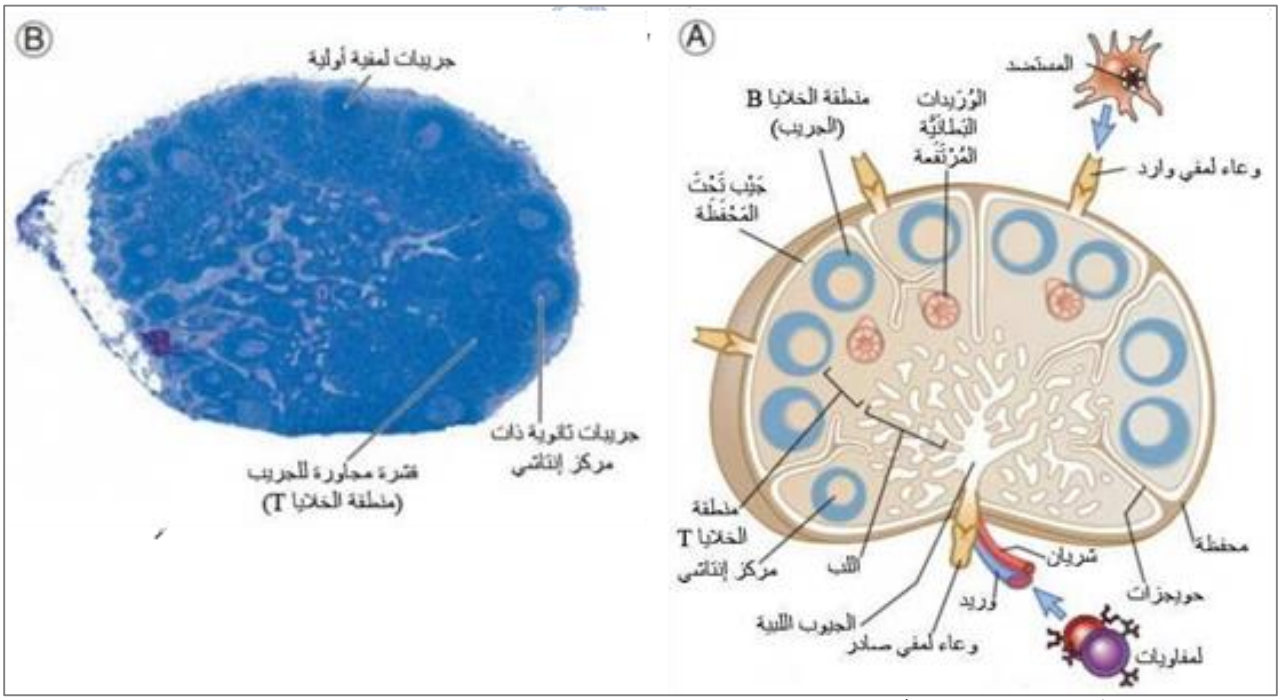
تتكون الأعضاء اللمفية المحيطية من العقد اللمفاوية والطحال والجهاز المناعي في الجلد والأغشية المخاطية التي تكون منظمة لإنجاز تفاعلات المستضدات والAPCs واللمفاويات بطريقة مثلى تعزز تطوير الاستجابات التلاؤمية.

كما ناقشنا سابقاً فإن أعداداً قليلة جداً من اللمفاويات تكون نوعية للمستضد ومن غير الممكن لهذه اللمفاويات أن تلتقي بالمستضد الموافق لها، ولهذا كان الترتيب التشريحي للأعضاء اللمفية المحيطية يسمح للخلايا المقدمة للمستضد من تجميع المستضدات في هذه الأعضاء لتتمكن اللمفاويات النوعية بعد الدوران والتجول في هذه الأعضاء من الالتقاء بها والتعرف عليها.

بالإضافة لذلك فإن الترتيب التشريحي المنظم للأعضاء اللمفاوية يمكنها من الاتصال مع بعضها البعض لتتمكن من توليد استجابات مناعية فعالة، فعلى سبيل المثال: يجب أن تتفاعل الخلايا التائية المساعدة النوعية لمستضد معين مع اللمفاويات البائية النوعية لنفس المستضد مما يؤدي إلى إنتاج الأضداد.

1- العقد اللمفية Lymph Nodes:

هي كتل أو تجمعات عقدية ممحفظة من النسـج اللمفية متوضـعة على امتداد القنوات اللمفية في جميع أنحاء الجسم (الشكل3).



الشـكل (3) مورفولوجيا العقد اللمفية.A: رسـم تخطيطي للبنية المنتظمة للعقدة اللمفية. **B:** مقطع عرضـي في العقدة اللمفية يوضح توضع أعداد كبيرة للجريبات في القشرة و المراكز الإنتاشية (بلون باهت).

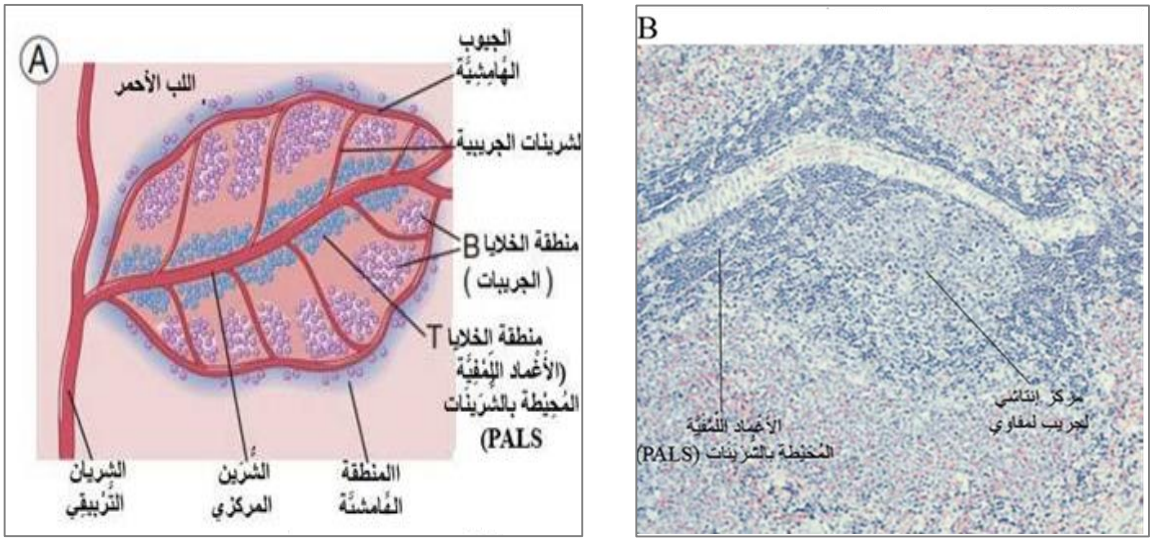
ترتشح السوائل خارج الأوعية الدموية باستمرار من جميع أنواع النسج، تسمى السوائل المرتشحة باللمف Lymph الذي يصـرف عبر الأوعية اللمفية من النسـج إلى العقد اللمفية ليعود في نهاية المطاف إلى الدورة الدموية.

يحمل اللمف خليط المواد الممتصـة من الظهارات والنسـج إلى العقد اللمفية، تمتلك APCs في العقد اللمفية القدرة على سبر sample المستضدات الميكروبية وتقديمها للمفاويات المناسبة، كما تقوم الخلايا التغصنية بالتقاط المستضدات من الظهارات والأنسجة لتنقلها إلى العقد اللمفية.

النتيجة النهائية لعمليات التقاط ونقل المستضدات هو تجميع المستضدات وتكثيفها في العقد اللمفية مما يمهد لرؤيتها والتفاعل معها من قبل اللمفاويات المتخصصة.

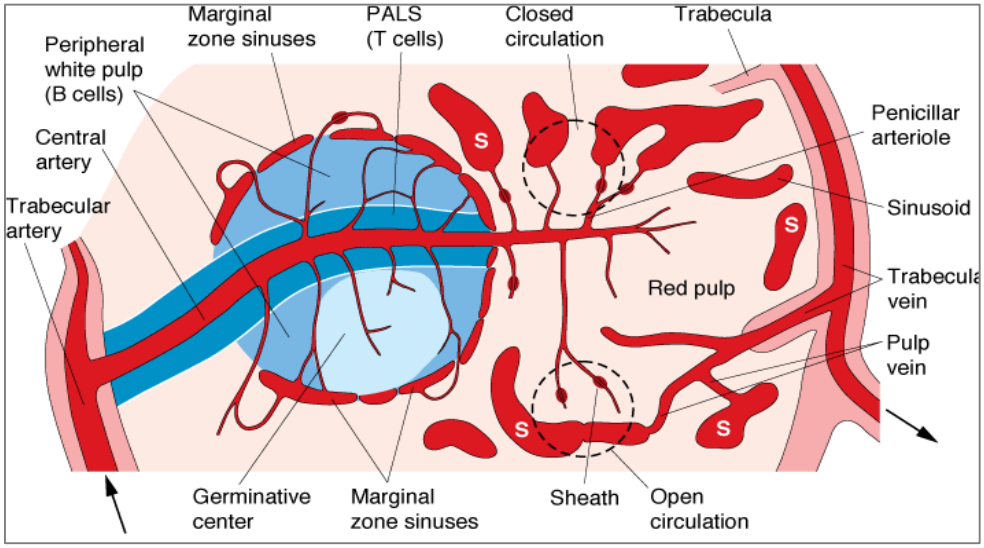
2- الطحال Spleen:

عضو بطني موعى جداً (مليء بالأوعية الدموية) يقوم بنفس الدور الذي تقوم به العقد اللمفية في الاستجابات المناعية ضد المستضدات المحمولة في الدم (الشكل 4).



الشكل (4) مورفولوجيا الطحال. A: رسم تخطيطي يوضح الشرينات الطحالية المحاطة بالأغماد اللمفية حول الشرينات Periarteriolar Lymphoid Sheaths (PALS) و الجريبات الملتصقة الحاوية على مراكز إنتاشية واضحة. **B:** مقطع في الطحال يوضح توضع شرين مع PALS و جريب مع مركز إنتاشي وهذه تكون محاطة باللب الأحمر العني بالجيوب الوعائية.

يجري الدم الداخل إلى الطحال عبر شبكة من القنوات، تحبس المستضدات المحمولة عبر الدم وتجمع عن طريق الخلايا التغصنية والبلاعم في الطحال الحاوي على خلايا بلعمية كثيرة تقوم بابتلاع وتخريب الميكروبات في الدم الشكل (5).



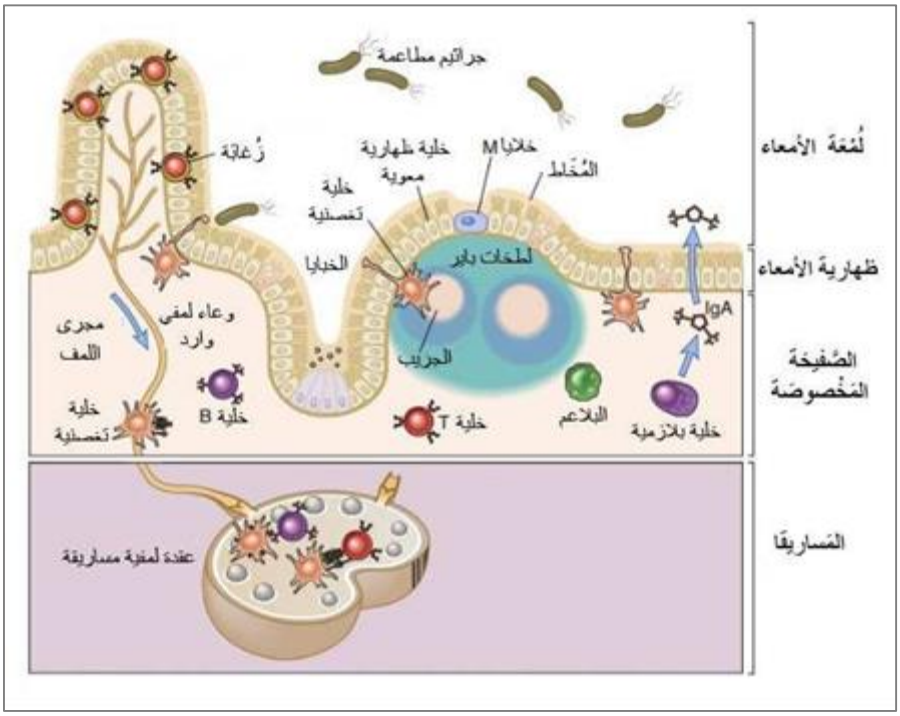
الشكل (5). رسم تخطيطي لبنية الطحال وتوزع الخلايا اللمفاوية T وB داخله.

3- الجهـاز المنـاعي الجلـدي Cutaneous Immune System والجهـاز المنـاعي الجلـدي المخاطي Mucosal Immune System:

هما عبارة عن مجموعة متخصـصـــة من النســج اللمفية والخلايا المقدمة للمســتضــد والجزيئات المســتفعلة المتوضعة ضمن وتحت ظهارية الجلد والسبيل الهضمي والسبيل التنفسي على التوالي.

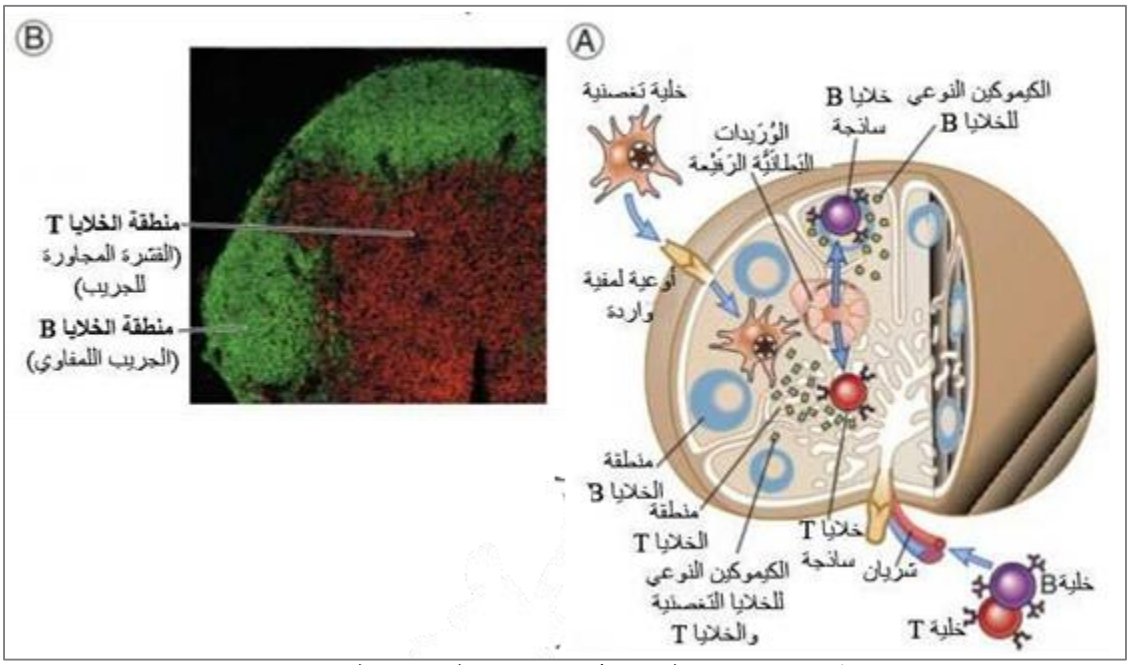
توجد خلايا هذه الأنســجة مبعثرة وبشــكل منتشــر في الحوائل الظهارية، مع وجود لمجموعات منفصــلة من اللمفاويات والAPCs منظمة كما هو الحال في العقد اللمفاوية.

يذكر أن كل من اللوزتين Tonsils ولويحات باير في الأمعاء من أهم النسج اللمفية المخاطية المحددة تشريحياً. (الشكل 6).



الشـكل 6 الجهاز المناعي المخاطي. رسـم تخطيطي للجهاز المناعي المخاطي في الأمعاء. توفر الظهارة المفرزة للمخاط حائل طبيعي ضد الغزو الميكروبي. تدعم الخلايا الظهارية المتخصصة مثل الخلايا M نقل المستضدات من لمعة الأمعاء إلى الأنسجة الواقعة تحتها. تنظم بعض هذه الخلايا في بنى متخصـصـة مثل لويحات باير في الأمعاء الدقيقة، ينتج الغلوبولين المناعي Ig(A) بغزارة في النسج المخاطية حيث يرتبط بالميكروبات بعد نقله إلى اللمعة ويعدلها.

نظراً للحجم الكبير لهذه الأنسجة فإن ربع اللمفاويات في الجسم موجودة في النسج المخاطية والجلد والكثير من هذه الخلايا هي خلايا ذاكرة. (الشكل 7).



الشكل 7 توزع اللمفاويات Tو B في مناطق مختلفة من الأعضاء اللمفية المحيطية. A: رسم تخطيطي لمسار هجرة الخلايا السائحة T وB إلى مناطق مختلفة من العقد اللمفية. **B**: مقطع نسيجي للعقدة اللمفية اللون الأخضر هو الجريب اللمفاوي الغني باللمفاويات B، و اللون الأحمر يبين منطقة توضع اللمفاويات T في القشرة المجاورة للجريبات (درس هذا المقطع بتقنية التألق المناعي حيث يتم تلوين المقطع النسيجي بأضداد نوعية للخلايا T و B مقترنة بملون تألقي يصدر ألوان مختلفة عندما تثار عند أطوال موجة ملائمة).

يلاحظ انفصال تشريحي في أماكن تواجد اللمفاويات T وB في العقد اللمفاوية المحيطية (الشكل 8)، إذ تتجمع اللمفاويات البائية في بنى أو تراكيب مميزة تدعى الجريبات Follicles متوضعة حول المحيط أو قشرة كل عقدة، ويحتوي كل جريب على منطقة مركزية باهتة التلوين تدعى المركز الإنتاشي Germinal Center والذي يلعب دوراً مهماً في إنتاج الأضداد.

تتجمع اللمفاويات التائية في المنطقة المجاورة للجريبات ليتم داخلها الاستجابات المناعية الخلوية.

تحتوي الجريبات على FDCs المسؤولة عن تقديم المستضد للخلايا البائية، في حين تحتوي منطقة جنيب القشرة على خلايا تغصينة تقدم المستضدات للخلايا التائية.

تتجمع اللمفاويات T في الأغماد المحيطة بالشرينات PALs حول الشرينات الصغيرة، بينما تتوضع الخلايا B في الجريبات.