

Temel İmmunoloji

İmmun Sisteme Giriş

İmmunite Nedir?

İmmun sistem?

İmmun Yanıt?

- İmmünüte (**bağışıklık**) hastalıklar özellikle enfeksiyon hastalıklarına karşı direnç olarak tanımlanır.
- İmmunoloji: İmmun sistemin patojenlere ve zedelenmiş dokulara karşı verdiği immün yanıtların araştırıldığı bir bilim dalıdır.
- *İmmun sistemin en önemli fizyolojik işlevi enfeksiyonları engellemek ve yerleşen enfeksiyonları ortadan kaldırmaktır.*

- immÜN sistemin sağlık açısından önemini vurugulamak gerekirse immun sistem bozukluğu olan hastalar yaşamı tehdit eden enfeksiyonlara karşı oldukça duyarlıdır. Tersine olarak bireyleri hastlıklara karsı korumanın en etkili yöntemi aşılama yolu ile mikroplara karsı immÜN yanıtı uyararmaktır.
- İmmÜN sistem bazı tümörlerin büyümesini önlemekte ve tümör hücrelerine karşı immÜN yanıtı uyararak kanseri tedavi etmek üzere birkaç yöntem geliştirilmektedir.
- İmmÜN yanıtılar l hücrelerden arınma ve doku onarımını başlatma işleminde katılmaktadır.

- Bu yararlı katkıların aksine normalin dışında gelişen immun yanıt ciddi hasara neden olabilmektedir.
- İmmün yanıt organ yetersizliğinin tedavisinde başarılı organ nakillerinin önünde duran en önemli engeldir.

İmmün sistemin rolü	Sonuçları
Enfeksiyonlara karşı savunma	Kusurlu immün sistem, enfeksiyonlara karşı duyarlılığı artırır; örneğin AIDS Aşılama, immün savunmayı güçlendirir ve enfeksiyonlardan korur
Tümörlere karşı savunma	Kanser immünoterapisinde kullanılabilir
İmmün sistem doku yaması ve yeni oluşan molekülleri tanır ve yanıt verir	İmmün yanıtlar, organ nakli ve gen tedavisi önünde duran engellerdir
İmmün sistem hücreleri zedeleyebilir ve patolojik enflamasyonu tetikleyebilir	İmmün yanıtlar, allerjik, otoimmün ve diğer enflamatuvar hastalıkların nedenidir

• DOĞAL VE EDİNSEL İMMUNİTE

- Konak savunma mekanizması , enfeksiyonlara karşı koruyucu engeli oluşturan ‘doğal immunité’ ve sonrasında işleme yavaş yavaş katılan ancak enfeksiyonlara karşı daha etkin ve özgül savunma sağlayan edinsel (adaptive) immuniteden oluşmaktadır.

- **Doğal İmmünite:** doğuştan immünite veya zaten organizmada var olan immünite olarak da anılır, sağlıklı bireylerde her zaman bulunur. Mikropların konak dokularına girişini engellemeye ve konak dokulara girişini engellemeye ve girenleri de hızlıca yok etmeye hazırdır.

- Edinsel İmmunite:** Adaptif veya kazanılmış immunité olarak adlandırılır. Mikroplara karşı etkin savunmayı lenfositlerin çoğalması ve farklılaşması gerekir, böylece lenfositler istilacı mikroplara göre uyarlanmaktadır.

- Doğal immunité savunma hattı:

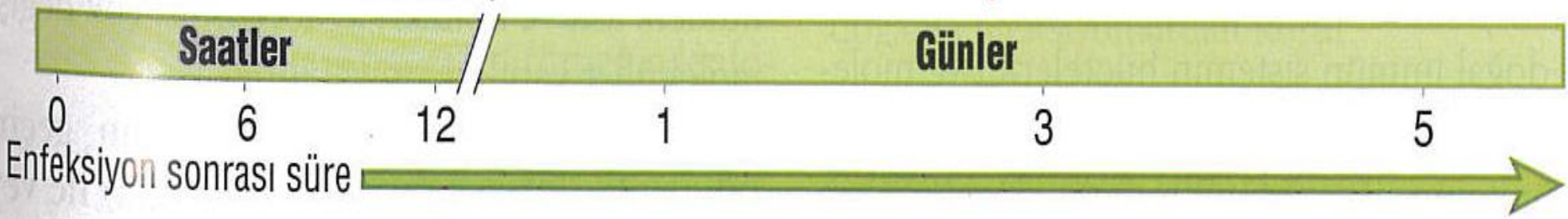
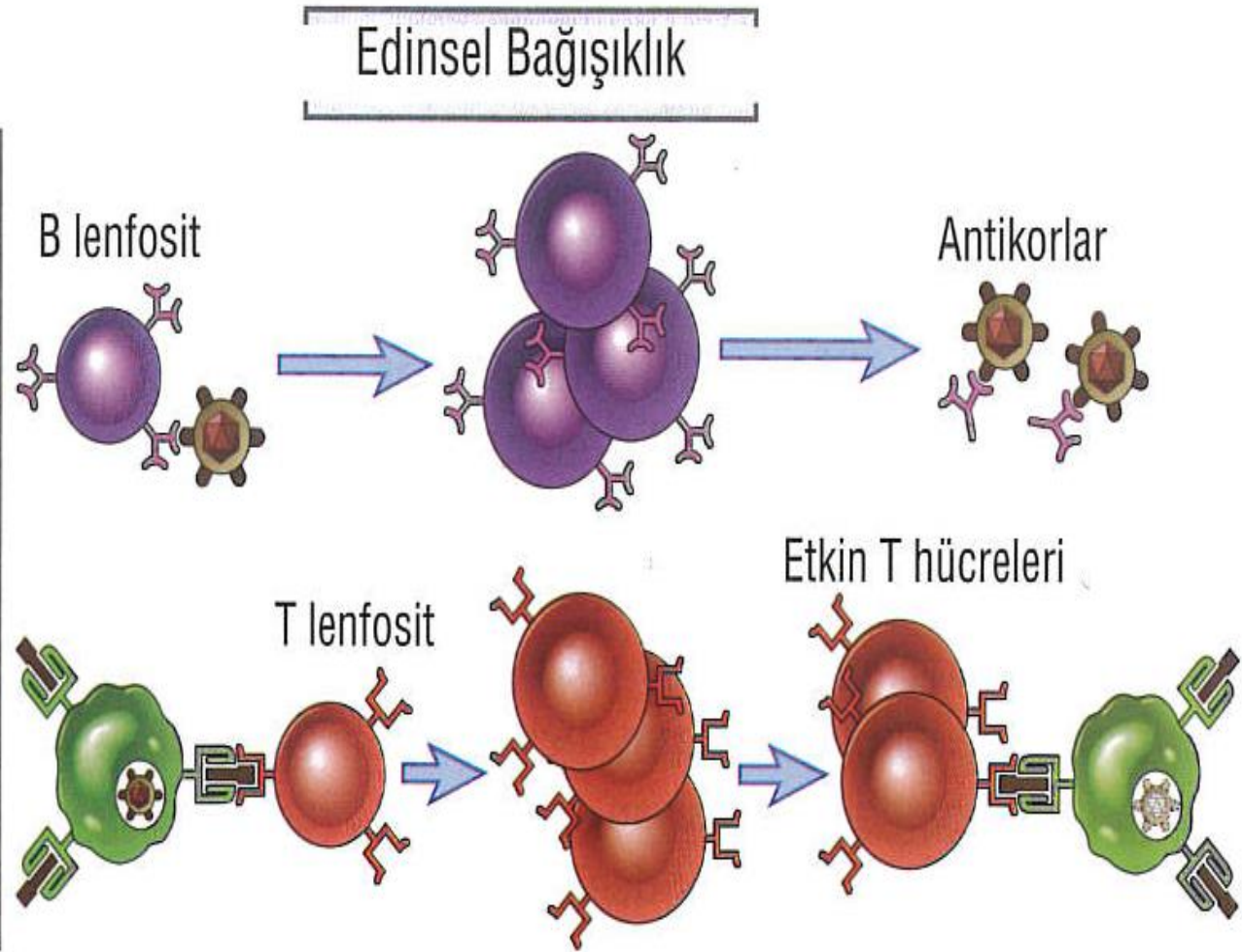
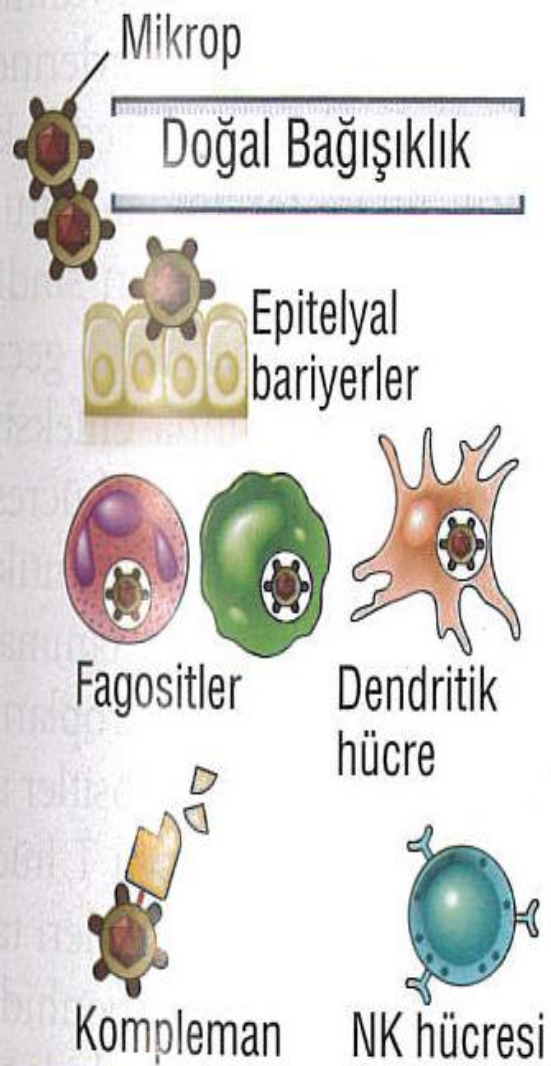
- Epitelde bulunan hücreler ve Doğal Antibiyotikler

- Epiteli geçerse Doğal öldürücü Hücrelere (NK) ve bazı plazma proteinleri

- Doğal İmmünite bütün mikroplara karşı savunma mekanizması geliştirir. Spesifitesi yoktur.

- Doğal immüntenin tüm mekanizmaları mikropları özgül olarak tanır ve tepki verir.
- Doğal bağışıklık yanıtları enfeksiyonlara karşı erken savunma sağlamanın yanı sıra enfeksiyöz etkenlere karşı edinsel bağışıklığın güçlenmesini sağlar.

- Enfeksiyöz etkenlere karşı savunmada özellikle insanlar için patojen ve doğal immüniteye karşı dirençli olabilen mikroplara karşı ilaveten edinsel immün yanıtın gelişmesi gerekir.
- **Edinsel immün sistem lenfositler ve onların antikor** gibi ürünlerinden oluşur.
- Doğal immünitinin mekanizmaları mikropların taşıdığı ortak yapıları tanıırken edinsel immünite hücreleri yüzeylerinde mikropların ürettiği çok sayıda değişik çeşitli maddeyi tanır. Bu maddelere **antijen** adı verilir.



- **Edinsel İmmunitenin Çeşitleri:**

- Edinsel İmmünite Humoral ve Hücreşel olarak ikiye ayrılmaktadır. Hücre içi ve hücre dışı mikroplarla savaşmayı ifade eder.
- Hümmoral İmmünitede B lenfositlerin ürettiği antikor denilen proteinler aracılık eder.

- Antikorlar hücre içi mikroplara ulaşamazlar Hücresel immünyetede T-lenfosit adı verilen hücreler aracılık eder.
- T-lenfosit makrofaj hücresi tarafından yutulmuş sindirip yok etmeleri için fagositik hücreleri harekete geçiriler.
- Bazı T-lenfositler stoplazmasında bakteri barındıran hücreyi öldürür.

- B-lenfositler ürettiği antikorlar hücre dışı mikropların antijenlerini tanır iken T-lenfositler sadece hücre içi mikropların antijenlerini tanır.
- T-lenfositler sadece protein yapısındaki antijenleri tanırlar B lenfositler protein, karbonhidrat nikleik asit bir çok antijeni tanıyabilmektedir.

Hümmoral immünite

Hücresel immünite

Mikrop



Hücre dışı mikroplar

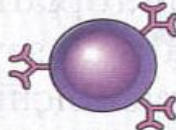


Makrofaj içinde yutulmuş mikroplar



Enfekte hücre içinde çoğalan hücre içi mikroplar (örneğin virüsler)

Yanıt veren lenfositler



B lenfosit



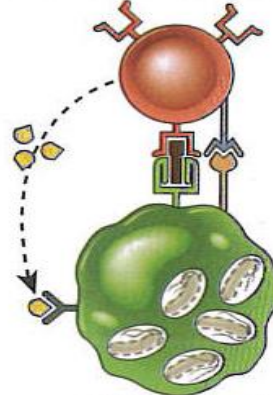
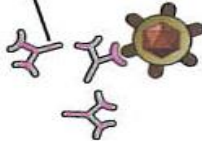
Yardımcı T lenfositleri



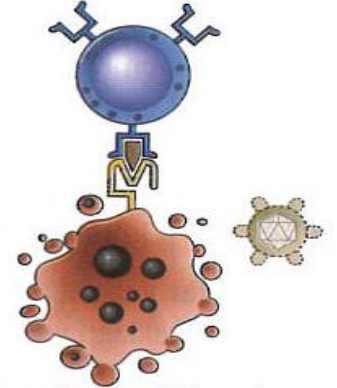
Sitotoksik T lenfositleri

Etkileyen mekanizma

Salgılanan antikorlar



Etkinleşmiş makrofajlar



Ölü enfekte hücreler

İşlevleri

Enfeksiyonları durdurur ve hücre dışı mikropları yok eder

Yutulan mikropları yok eder

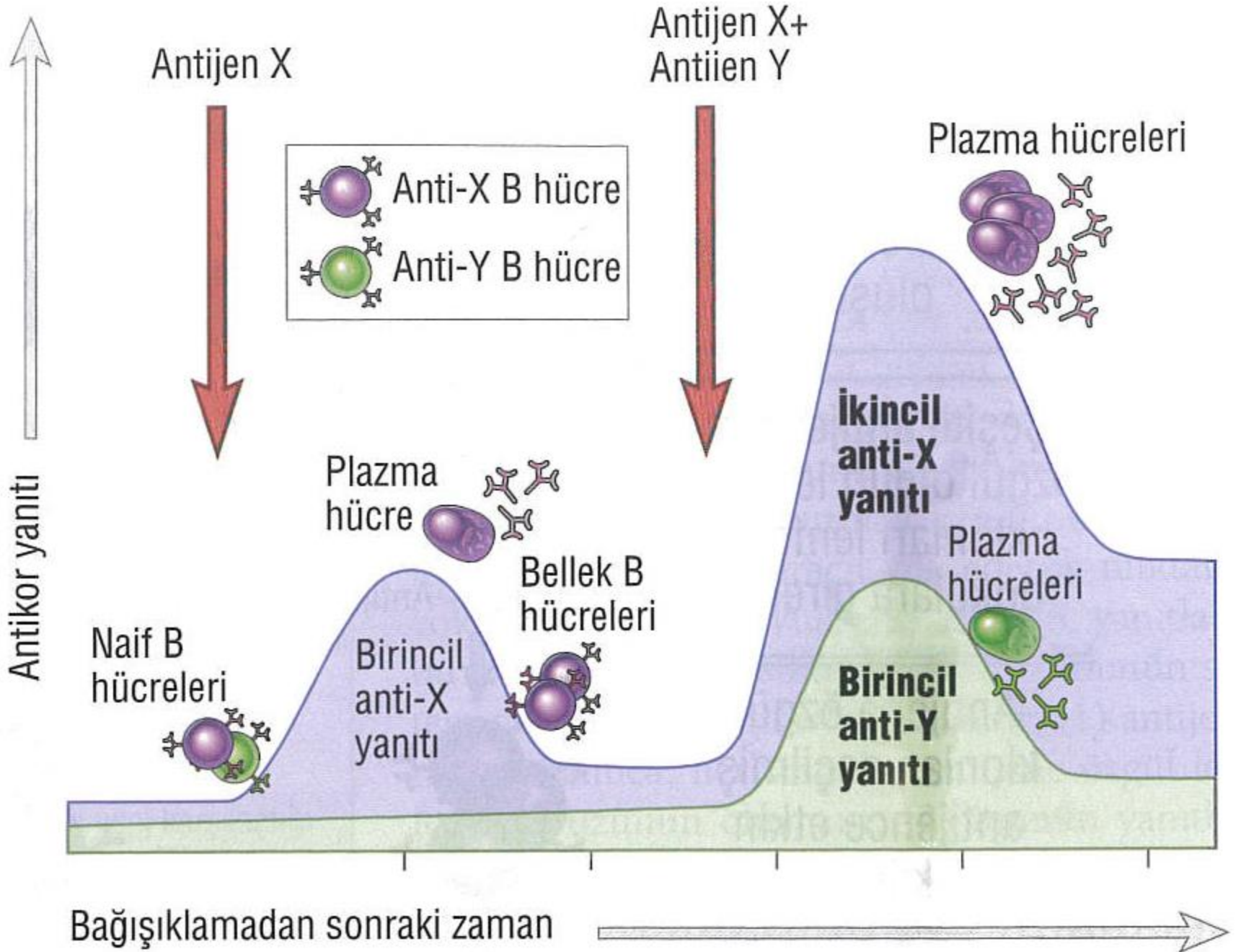
Enfekte hücreleri öldürür ve enfeksiyon kaynaklarını uzaklaştırır

- İmmunite; enfeksiyonu geçirerek yada aşılama ile (Aktif Bağışıklık) veya daha önce aşılanıp bağışıklık kazanmış bireylerden alınan antikörlerin bireye verilmesi ile (Pasif Bağışıklık) sağlanır.

•Edinsel İmmun Yanıtın Özellikleri:

- Özgüllük ve Çeşitlilik: Edinsel İmmun sistem, milyonlarca farklı antijenleri veya antijen parçalarını ayırt edebilir.
- Bellek: İmmun sistem aynı antijenle birden fazla karşılaştığında daha fazla ve daha etkili bir yanıt geliştirir. Antijen ile ilk kez karşılaşmada immün yanıt antijen ile ilk kez karşılaşan naif lenfositler tarafından oluşturur. Buna primer cevap adı verilir.

- Aynı antijen ile tekrar karşılaştığında ise ikincil (Sekonder) immun yanıt gelişir.
- Primer yanıtta göre daha hızlı geniş kapsamlı ve antijeni ortadan kaldıran yanıt gelişir.



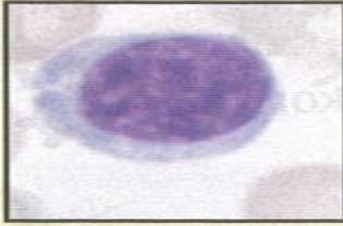
- **İmmun Sistemin Hücreleri:**
- Edinsel İmmun sistemin hücreleri mikroba ait antijenleri yakalayıp hücre yüzeylerine taşıyan antijen sunan hücreler ve mikropları uzaklaştıran etkin hücrelerdir.

Hücre tipi

Başlıca işlevi/işlevleri

Lenfositler:

B lenfositleri,
T lenfositleri,
doğal öldürücü hücreler



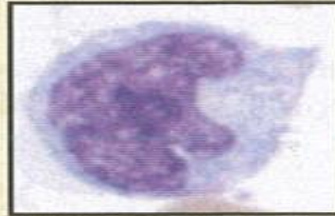
Kan Lenfosit

Antijen Sunan hücreler:

Dendritik hücreler,
makrofajlar foliküler
dendritik hücreler



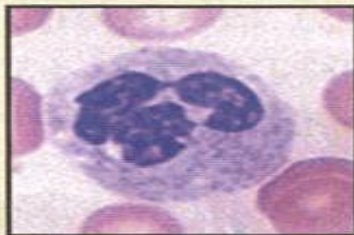
Dendritik hücre



Kan Monositi

Etkin Hücreler:

T lenfositleri,
makrofajlar,
granülositler



Nötrofil

Antijenlerin özgül olarak tanınması
B lenfositleri: Hümmoral immünitenin
aracıları
T hücreleri: Hüccresel immünitenin
aracıları
NK hücreleri: Doğal immünitenin
hüccreleri

Lenfositlere sunum için antijenlerin
yakalanması
Dendritik hücreler: T hücre yanıtının
başlaması
Makrofajlar: Hüccresel immünitenin
etkin evreye geçişi
Foliküler dendritik hüccreler: Hümmoral
immün yanıtta yer alan B hüccrelerine
antijen sunumu

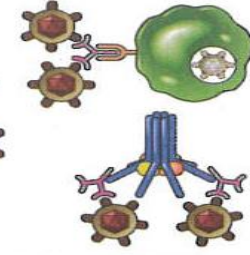
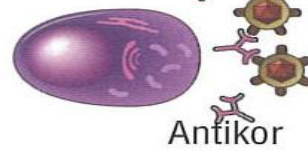
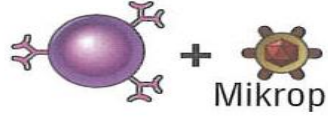
Antijenlerin ortadan kaldırılması:
T lenfositleri: Yardımcı T hüccreleri ve
sitotoksik T hüccreleri
Makrofajlar ve monositler:
Mononükleer fagosit sistem
hüccreleri
Granülositler: Nötrofiller ve
eozinofiller

- Lenfositler: Lenfositler herbir antijene ayrı ayrı özgül reseptörler üreten tek hücre grubudur ve edinsel immüntenin anahtar elemanlarıdır.
- Bu hücreler biribirine çok benzemektedir. Yüzey proteinleri aracılığı ile birbirinden farklılaşmaktadırlar.
- Bu proteinler «CD» olarak adlandırılır ve sayı eklenerek tanımlanır.

Antijen tanıma

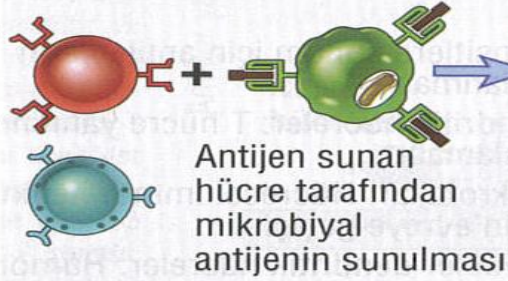
Etkin işlevler

B
lenfositleri

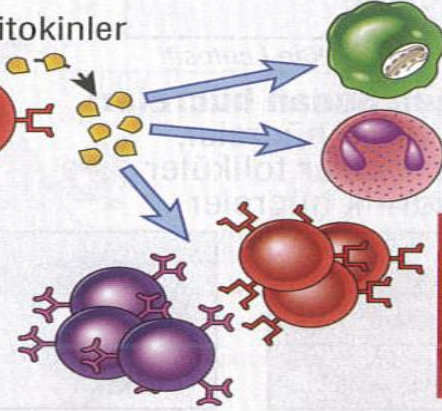


Mikrobun nötralizasyonu, fagositoz, kompleman etkinleşmesi

Yardımcı T
lenfositleri



Sitokinler



Makrofaj etkinleşmesi

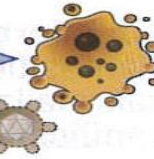
Enflamasyon

T ve B lenfositlerinin etkinleşmesi (çoğalma ve farklılaşma)

Sitotoksik T lenfositleri (STL)

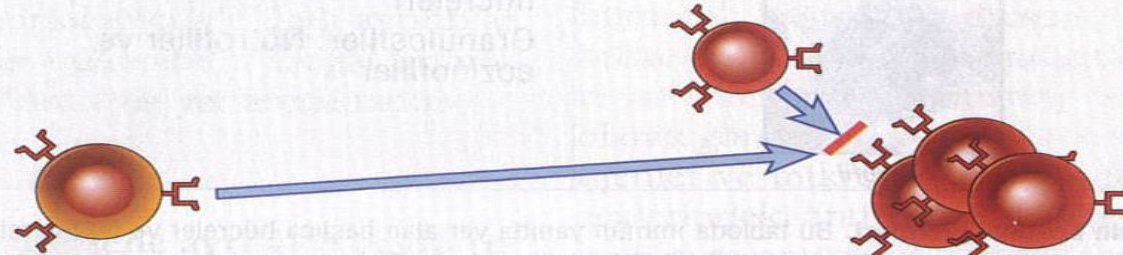


Mikrobiyal antijeni taşıyan enfekte hücre



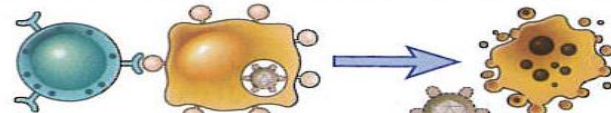
Enfekte hücrenin öldürülmesi

Düzenleyici T hücreleri



İmmün yanıtın baskılanması

Doğal öldürücü hücreler (NK)



Enfekte hücrenin öldürülmesi

- B hücreleri; antikor üretebilen tek hücre grubudur; yani bunlar hümmoral bağışıklığı kontrol eden gruptur. B hücreleri yüzeylerinde antijen tanıyan ve hücre etkileşmesi işlemlerini başlatan resöptörler olarak görev alan antikorlar içerirler.

- T-lenfositleri : hücrsel immuniteden sorumludur. Çoğu T lenfositlerinin antijen reseptorleri, yalnızca protein yapısındaki antijen peptid parçalarını tanır, bu parçalar Antijen Sunan Hücreler (ASH) olarak tanımlanan bir grup özelleşmiş hücrelerde bulunan major doku uyumluluk (MHC) adı verilen özel peptid sunan moleküllere bağlı haldedir.

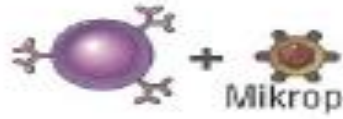
- T lenfositleri arasında CD4+ T hücreleri yardımcı T Hücreleri olarak tanımlanır. Bu hücreler B lenfositlerin antikor üretimine ve fagositlerin yuttuğu mikropları yok etmesine yardım ederler.
- CD8+ T lenfositlerde sitotoksik T lenfositleri (STL) olarak adlandırılır. Çünkü bu hücreler hücre içi mikropları taşıyan hücreleri öldürürler

- Bazı CD4+ T hücreleri immun yanıtı engelleyen veya sınırlayan özel bir grubu aittir. Bu hücrelere düzenleyici T lenfositleri adı verilir.
- Doğal Öldürücü (Natural killer-NK) hücreler: enfekte konak hücrelerini öldürür fakat T veya B lenfositler gibi üzerinde herhangi bir reseptör bulundurmazlar.

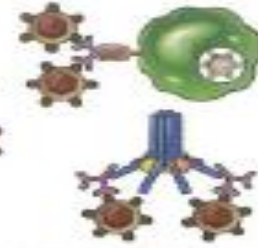
Antijen tanıma

Etkin işlevler

B lenfositleri



Antikor



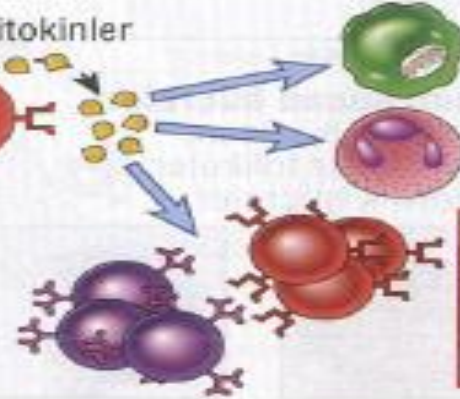
Mikrobun nötralizasyonu, fagositoz, kompleman etkinleşmesi

Yardımcı T lenfositleri



Antijen sunan hücre tarafından mikrobiyal antijenin sunulması

Sitokinler



Makrofaj etkinleşmesi

Enflamasyon

T ve B lenfositlerinin etkinleşmesi (çoğalma ve farklılaşma)

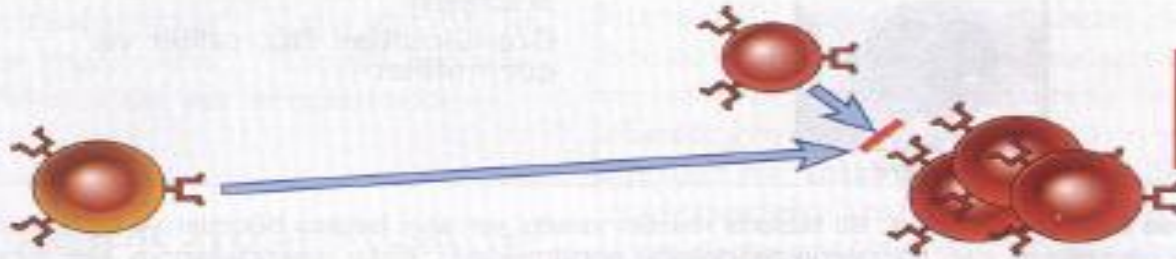
Sitotoksik T lenfositleri (STL)



Mikrobiyal antijeni taşıyan enfekte hücre

Enfekte hücrenin öldürülmesi

Düzenleyici T hücreleri



İmmün yanıtın baskılanması

Doğal öldürücü hücreler (NK)

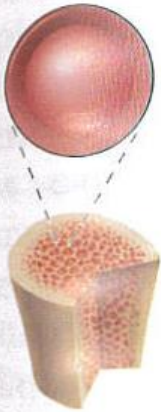


Hedef hücre

Enfekte hücrenin öldürülmesi

- Tüm lenfositler kemik iliğindeki ana kök hücreden gelişirken B lenfositler kemik iliğinde olgunlaşır, T lenfositler timus adı verilen organda olgunlaşır.
- Olgun lenfositlerin üretildiği dokulara «generative lenfoidler» denir. Buralarda üretilen lenfositler daha sonra mikroplarla karşılaşması olası yerler olan «periferik lenfoid» organlara göç ederler

Ortak lenfoid öncül



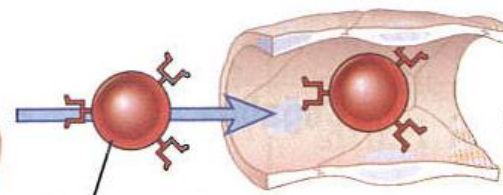
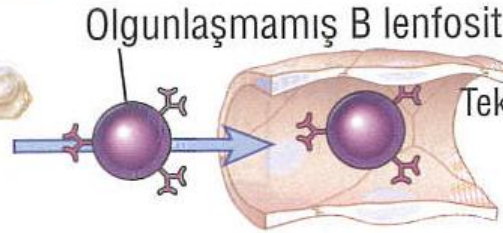
B lenfosit dizini

T lenfosit dizini

Üretken lenfoid organlar



Timus



Kan, lenf

Olgun B lenfositleri

Tekrar dolaşıma geçiş

Tekrar dolaşıma geçiş

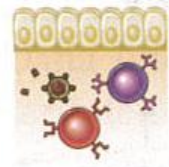
Olgun T lenfositleri

Periferik lenfoid organlar



Lenf düğümü

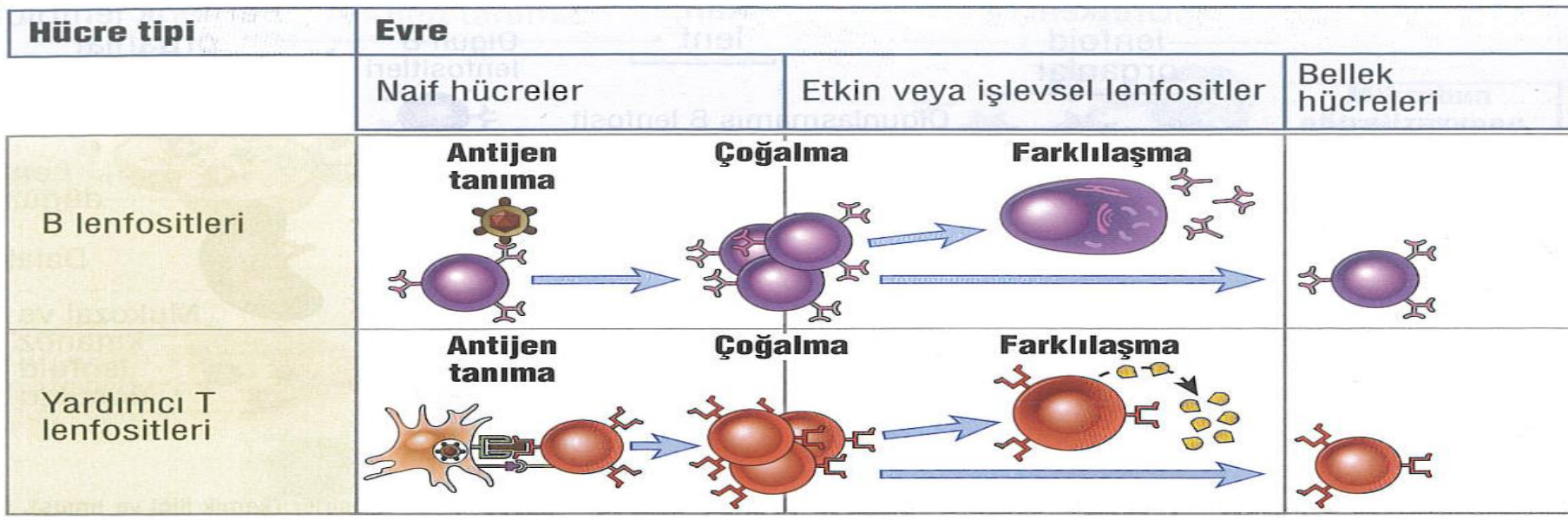
Dalak



Mukozal ve kutanöz lenfoid dokuları

- Naif lenfositler, mikrobial antijenleri tanıyıp, aynı zamanda mikroplar tarafından tetiklenen ek(ikincil) tehlike uyarılarını da algıladıkları zaman, antijene özgül lenfositler çoğalmaya başlar, etkin (efektör) hücrelere ve bellek hücrelerine dönüşür.

A



B

	Naif hücreler	Etkin veya işlevsel hücreler	Bellek hücresi
T lenfositler			
Göç	Tercihen periferik lenf düğümlerine	Tercihen enflamasyon olan dokuya	Heterojen: bir altgrup lenf düğümüne, bir altgrup mukoza ve enflamasyonlu dokuya
Belirli antijene yanıt verebilen hücre sayısı	Çok düşük	Yüksek	Düşük
Etkin işlevler	Yok	Sitokin salgılanması: sitotoksik etkinlik	Yok
B lenfositler			
Zara bağlı immünoglobülin (Ig) izotipi	IgM ve IgD	Tipik olarak IgG, IgA veya IgE	Tipik olarak IgG, IgA veya IgE
Üretilen Ig çekim gücü (afinitesi)	Kısmen düşük	İmmün yanıt sırasında artar	Kısmen yüksek
Etkin iken işlevleri	Yok	Antikor salgılanması	Yok

- Naif lenfositler üretildikten sonra periferik dokularda bekler. Antijenle karşılaşmaz ise bir kaç gün veya ay sonra ölüyor yani hücre yapımı için kemik iliğine doğru göç ederler.
- Etkin hücreler: naif hücrelerden farklılaşarak antijenleri yok etme işlevine sahip molekülleri üretebilen hücrelerdir. B lenfosit hücre dizisinin etkin hücresi antikor salgılayan plazma hücresidir.

- Plazma hücreleri periferik lenfoidlerde bulunur ve antijenik uyarılara yanıt vermek üzere antikor üretirler. Plazmablast adı verilen antikor üreten hücrelerde kanda bulunur.
- «Bellek Hücreleri» Hastalıktan sonra bazıları kemik iliğine yerleşerek antikor üretmeye devam eder ve yeniden karşılaşma durumunda hızlı savunmayı sağlar.

- CD4+ hücreleri B hücreleri, makrofajları ve diğer hücre tiplerini etkin kılan sitokin salgırlar.
- Etkin CD8+ hücreleri enfekte konak hücreleri öldüren mekanizmalara sahiptirler.
- T lenfositlerin çoğu kısa ömürlüdür ve antijen yok edildikten sonra ölürler.

- Antijen Sunan Hücre (ASH): Mikropların bilinen vucuda giriş yerleri deri, gastrointestinal sistem, ve solunum sistemi epitel içine yerleşmiş özel antijen-sunan hücreler (ASH) ile döşenmiştir. Bunlar antijenleri yakalayıp periferik lenfoid dokulara taşır ve onları lenfositlere sunarlar.

- Antijen yakalama işi saçaklı yapılarından dolayı «Dentritik hücre» adı verilen hücreler tarafından yapılır. Epitele ulaşan mikropların protein antijenlerini yakalar ve antijeni bölgesel lenf düğümüne taşır.
- Dentriktik hücreler T hücrelerin yanıtını başlatan en etkili ASH'lerdir.

- T hücreler antijen sunan aynı zamanda etkin kılan ikincil uyarıları sağlayan bu özelleşmiş hücreler profesyonel ASH hücreler olarak adlandırılır.

- **İmmun sistem dokuları:** İmmun sistem dokuları T ve B lenfositlerin olgunlaştığı ve antijene yanıt verebilecek hale ulaştığı üretken (primer veya merkezi) lenfoid organlar ile mikroplara karşı kazanılmış immün yanıtın başlatıldığı periferik (Sekonder) lenfoid organlardan oluşur.

- Periferik Lenfoid Organlar: Lenf dögümleri, dalak, mukozal ve kütanöz immün sistemden oluşan periferik lenfoid organlar, antijenler ASH lar ve lenfositler arasındaki iletişimi en uygun şekilde düzenleyerek edinsel immüntenin gelişimini sağlar.

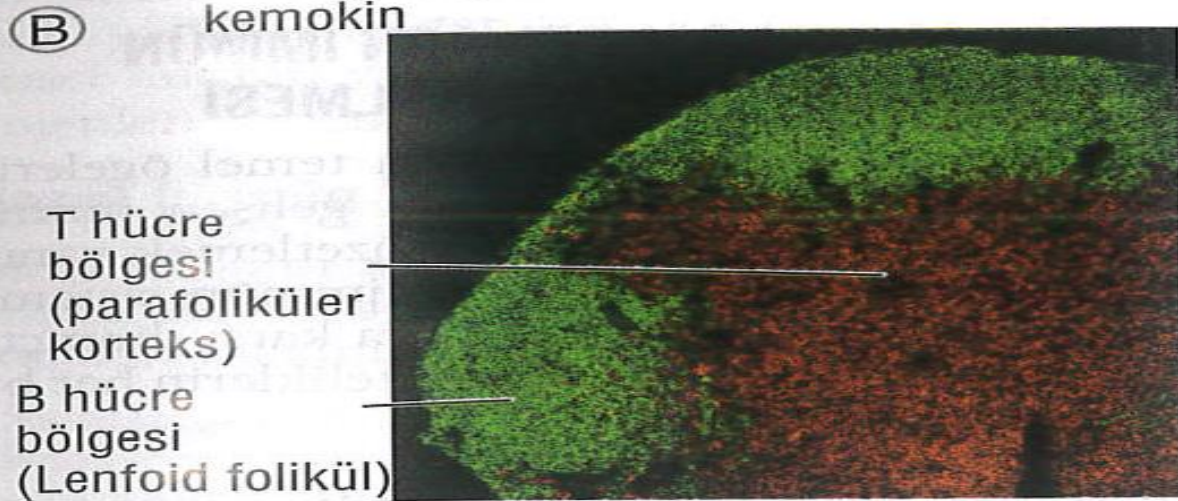
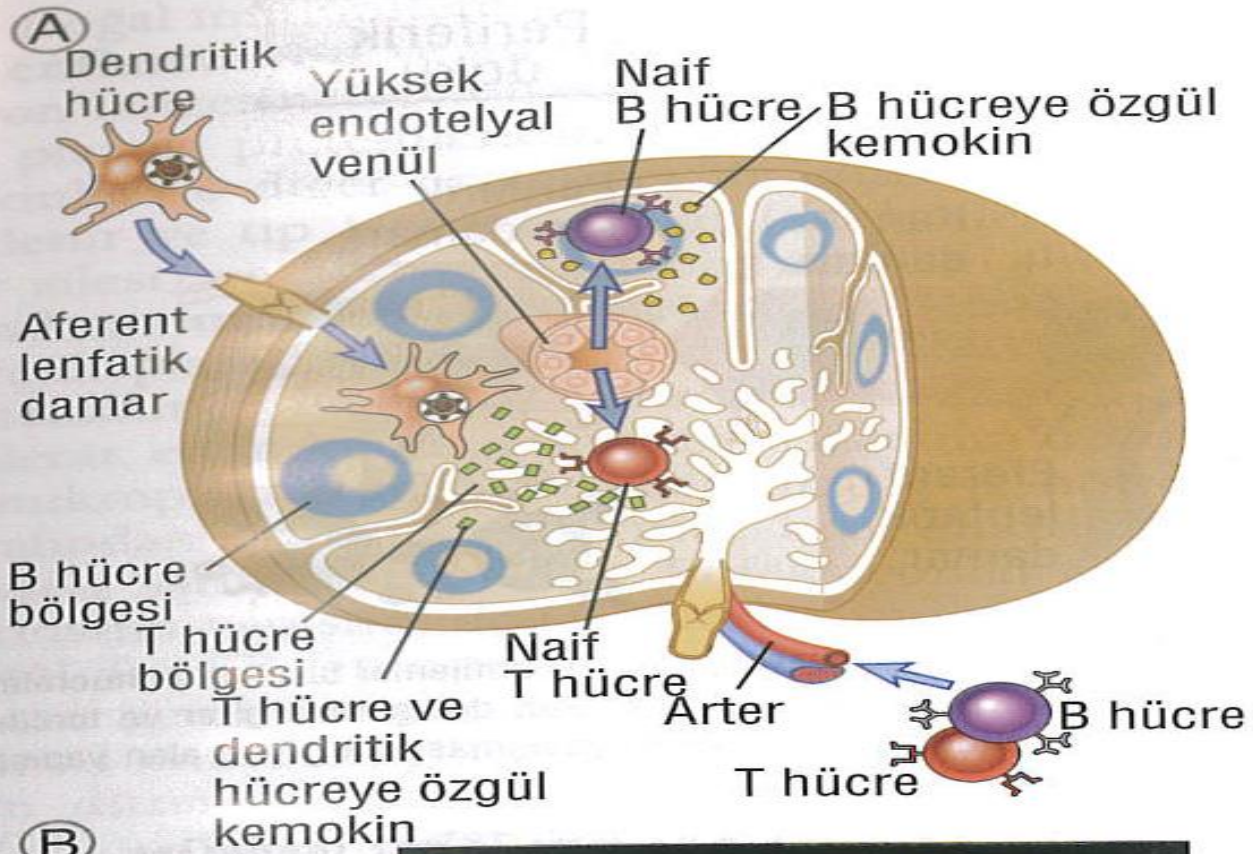
- Lenf dögümleri: tüm vücuda yayılan lenfatik kanalların etrafını saran lenfoid dokuların bir arada toplandığı kapsüllü nodüler yapılardır. Kandan sürekli tüm epitele bağ dokusuna ve parankimal dokulara lenf sızar. Lenf sıvısı lenfatik kanallar ile lenf dögümlerine oradan kan dolaşımına aktarılır. Lenf, lenf dögümlerinden geçerken burdaki ASH lar da önce kana sonra epitelden dokulara geçebilecek ve olası mikroplar ait antijenleri yakalayabileceklerdir.

- *Dalak, dalağa giren kan kanalar ağı içinde akar. Kan kaynaklı antijenler dalakta dentritik hücreler ve makrofajlar tarafından hapsedilir ve yoğunlaştırılır. Dalaktaki çok fazla miktardaki fagositler bu mikropları yok eder.*

- *Kutanöz İmmün sistem ve mukozal lenfoid sistem: faringeal tonsiller ve bağırsaktaki peyer plakları anatomik olarak tanımlanan iki mukozal lenf dokusudur.*
- *Herhangi bir zaman diliminde vücudumuzdaki lenfositlerin dörtte biri mukozal doku ve deride bulunur. Kutanöz ve mukozal lenf dokuları epiteli aşan antijenlere karşı immun yanıtta sorumludur.*

- *Periferik lenfoidler içinde B ve T lenfositleri aynı anda bulunur.*
- *B lenfositleri folikül adı verilen yapıda yoğunlaşmışlardır. Foliküller her lenf düğümünün çevresinde veya kortexinde yer alır. T hücreleri lenf düğümünün dış kısmında yoğunlaşır. Foliküllere bitişik parakortex de bulunurlar.*

- *B ve T lenfositlerin folüküllere yönelip yerleşmesi «kemokin» adı verilen sitokin sınıfı sayesinde olur.*
- *Bir hastalık durumunda kemokin salgısı azalarak B ve T lenfositlerin lenf dokularından hastalığın geliştiği bölgeye yönelmesi sağlanır.*



- *Lenfositlerin dolaşımı ve Dokulara Göçü*
- *Naif lenfositler, sürekli kan ve periferik lenfoid organlar arasında dolanırlar, dolaşım sırasında karşılaştıkları antijenler lenfositleri etkin hücrelere dönüştürebilir ve etkinleşen lenfositler mikropları yok etmek üzere lenfoid dokudan enfeksiyon bölgesine göç ederler.*

Lenfositlerin dokular arasındaki dolanımı en iyi T lenfositler için tanımlanmıştır. Çünkü etkin T lenfositler herhangi bir enfeksiyon bölgesindeki mikrobun yerine bulmak ve yok etmek durumundadır.

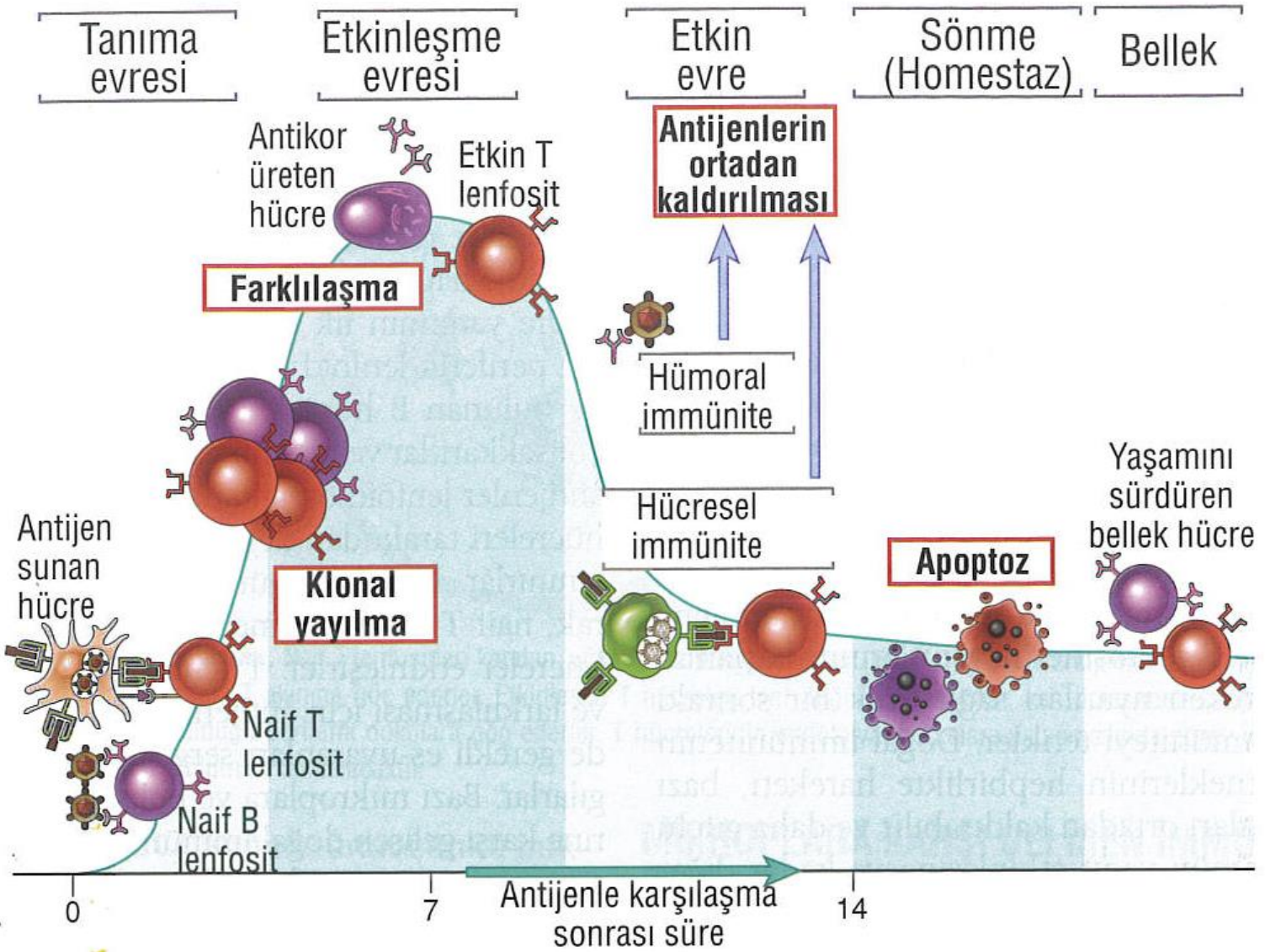
Buna karşın plazma hücreleri lenfoid organlarda kalırlar ve enfeksiyon alanına göç etme ihtiyacı duymazlar. Bunun yerine antikor üretir ve bu antikor kan kökenli mikroplara ve toksinlere bağlanır.

• ***MİKROPLARA KARŞI GELİŞEN İMMÜN YANITIN GÖZDEN GEÇİRİLMESİ***

- *Mikroplara Erken Evrede Doğal İmmün Yanıt:*
- *Konak ve çevre arasındaki başlıca engel derinin ve gastrointestinal sistem ve solunum yollarının epitelyum tabakasıdır. Epitel, fiziksel ve işlevsel engel görevini üstlenir, aynı zamanda mikropların girişini engeller ve doğal antimikrobiyal etmenlerin üretimi ile mikropların büyümelerine müdahale eder.*

- *Eğer mikroplar epiteli geçebilir ve dokulara dolaşıma girerse mikroorganizma ve ürünlerine karşı hazır halde bekleyen nötrofil ve makrofajlar fagosit sayesinde mikropları yutar ve mikropları parçalar.*
- *Ayrıca salgıladıkları sitokinler ile edinsel immünite için hazırlıkların başlaması için sinyal gönderir.*

- *Edinsel İmmün Yanıt:*
- *Edinsel immün sistem mikropların büyük çoğunluğu ile savaşmak üzere aşağıda sıralanan stratejileri kullanır:*
 - *Salgılanan antikorlar hücre dışı mikroplara bağlanarak, konak hücrelerin enfekte etmesini engellerve mikropların fagositler tarafından yutulmalarını takiben harap edilmesini sağlar*
 - *Fagositler mikropları yutar ve öldürür yardımcı T hücreleri fagositlerin mikrobisidal yetilerini arttırır.*
 - *Yardımcı T hücreleri mikropları harap etmek üzere lökositleri toplar ve mikroları durdurmak üzere epitelin engelleyici işlevini arttırır.*
 - *Sitotoksik T lenfositleri, antikorların girişine izin vermeyen mikrop ile enfekte hücreleri yok eder.*



ŞEKİL 1-17 Edinsel immün yanıtın evreleri. Edinsel immün yanıt birbirinden ayrı evrelerden ibarettir: ilk üçü antijen tanıma, lenfositlerin etkin kılınması ve antijenin uzaklaştırılmasıdır (etkin evre). Yanıt, antijenle-uyarılmış lenfositlerin apoptoz ile ölmesi ile söner, bazal düzeyde sürekli dengede tutulan durumun yeniden onarılması yaşam dengesi olarak adlandırılır ve yaşamını sürdüren antijene-ölgül hücreler bellek oluşturmaktan sorumludur. Her evrenin süresi farklı immün yanıtla göre değişir. Bu ilkeler hem B lenfositlerinin aracılık ettiği hümorale immüniteye hem de hücrel immüniteye (T lenfositlerin aracılık ettiği) uygulanabilir.

- *Mikrobiale Antigenen Aufnahme und Präsentation:*
- *Epithelzellen fressen Mikroben, die Proteine in Antigenen enthalten. Wie im Epithel, werden diese Antigenen von dendritischen Zellen aufgenommen und in Antigenen gebunden, die an T-Lymphknoten transportiert werden.*
- *Naive T-Zellen erkennen Antigenen in Zellen. Zur gleichen Zeit werden in lymphatischen Organen B-Lymphozyten durch Antigenen erkannt.*

- *Protein yapısında olmayan anjijenler lenfoid organlar içinde yakalanır ve T hücreleri tarafından değil B lenfositleri tarafından yakalanır.*
- *Doğal immün yanıtın bir parçası olarak naif T lenfositler ile antijen sunun Dentritik hücreler etkileşime girer.*
- *T lenfositlerin çoğalması ve farklılaşması için antijenin yanı sıra yüzeylerinde gerekli eş uyarımları sergiler ve sitokinler salgırlar.*
- *Doğal bağışıklığı geçtikten sonra mikroorganizmaların faaliyeti B lenfositleride harekete geçirir.*

- *Bu sebepler bağışıklık sistemin harekete geçmesi için temel anlamda iki sinyal gereklidir;*
- *1. Vucuda giren antijen ve doğal immün elemanları ile bunun karşılanması*
- *2. Doğal immün yanıt esnasında ortaya çıkan moleküller antijene özgül lenfositleri birleştirmek üzere birlikte işlev görür.*