

گروه گیاهپزشکی - دانشگاه تهران

بناام خدا

Insect circulatory system دستگاه گردش خون

و

ایستام ایمنی

وحید حسینی نوه

دستگاه گردش خون

CIRCULATORY SYSTEMS OF HUMANS + INSECTS

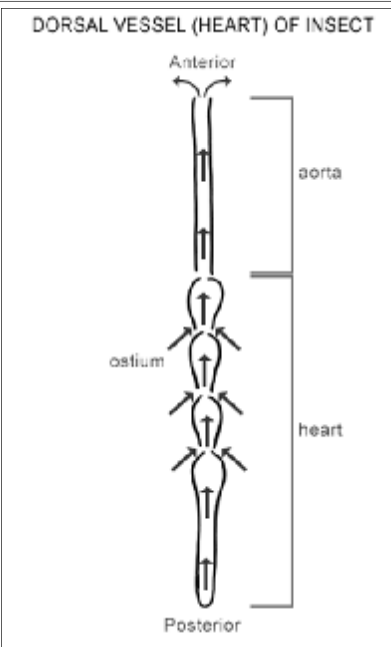
HUMANS	INSECTS
1. Closed system with blood vessels (capillaries, veins, arteries) and heart	1. Open system-hemocoel Dorsal blood vessel
2. Heart is locate ventrally	2. Heart and aorta are dorsal
3. Red blood cells carry oxygen and carbon dioxide. Use a hemoglobin carrier molecule	3. No red blood cells. Some insects have hemoglobin. Oxygen delivered by tracheal system
4. Have a true immune response, long-term recognition system Acquired immunity	4. Do not have a long-term immune recognition system No acquired immunity

دستگاه گردش خون

- سیستم گردش خون (circulatory system) در حشرات
- همانند دیگر بندپایان "باز" است.
 - یعنی یعنی اینکه خون (همولنف) محدود به رگها نیست.
 - برعکس مهره داران (خون= blood و لنف= lymph) تنها یک شیره خارج سلولی بنام همولنف دارند.
 - همولنف در حشرات هر دو وظیفه خون و لنف را در مهره داران به عهده دارد.
 - بافتها که در اطراف خود دارای غشایی هستند در همولنف غوطه ورنند.
 - ساختمان:
 - پمپ اصلی حرکت دهنده همولنف در بدن: رگ میانی پشتی: **middorsal vessel**
 - درست در زیر دیواره پشتی بدن که تقریباً در تمام طول بدن قرار میگیرد.
 - قسمت عقبی (**abdominal** و گاهی قسمت **thorax**) رگ بنام قلب (**heart**) دارای روزنه هایی بنام **ostia**
 - قسمت جلویی (**cephalothoracic**) غالباً لوله ای ساده بنام **aorta**
 - رگ پشتی بطور کلی لوله ای ساده است اما در **Orthoptera** و **Dictyoptera** قلب دارای چندین جفت انشعاب جانبی است که به سمت **fat body** و **tergosternal muscle** می روند.

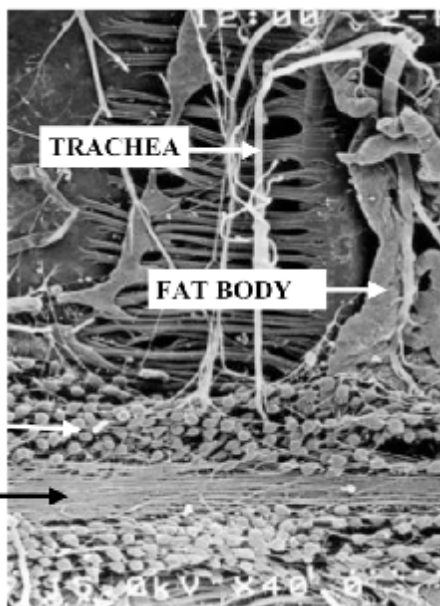
3

دستگاه گردش خون

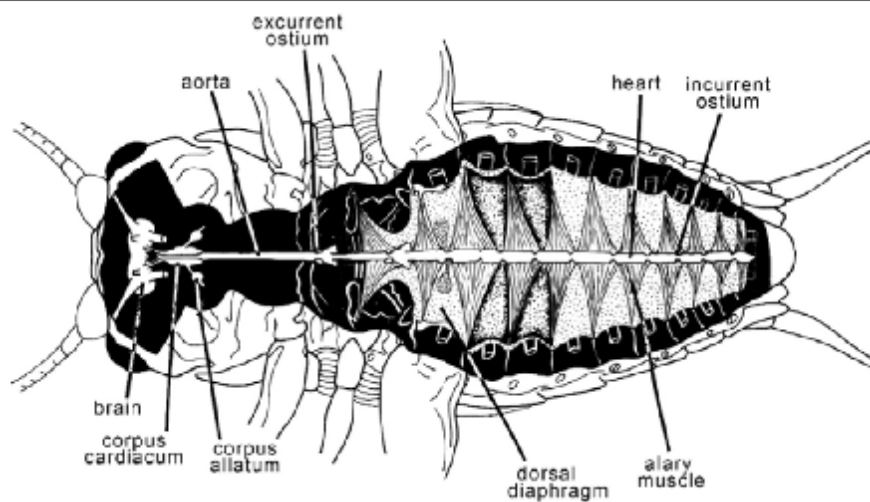


4

SEM of the heart and the surrounding pericardial cells. Notice the massive network of trachea, the globular fat body, and the intersegmental muscles between two abdominal sclerites. Notice the heart appears as a series of longitudinal muscles.



5



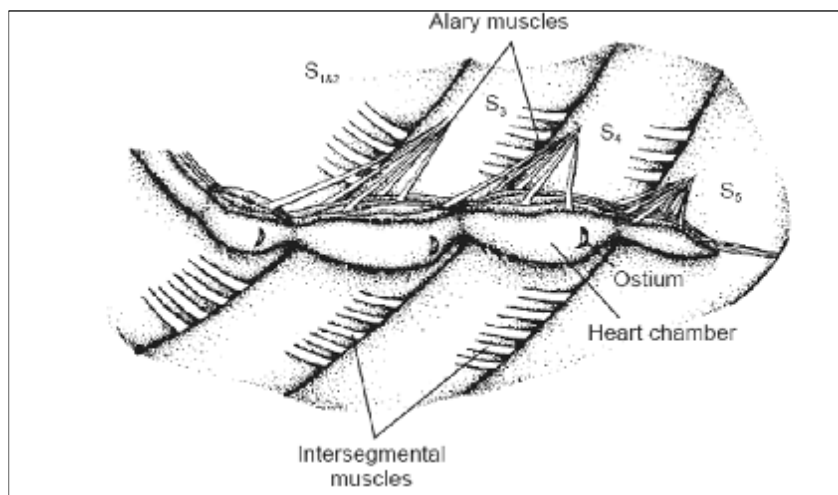
آنورت: لوله ای ساده، فاقد انشعاب، باریکتر از قلب و فاقد روزنه و ماهیچه های بالی
 - در بیشتر حشرات کامل راسته بالپولکداران و بال غشاییان: آنورت قبل از ورود به سر در ماهیچه های پرواز خمیدگی (loop) پیدا میکند.

6

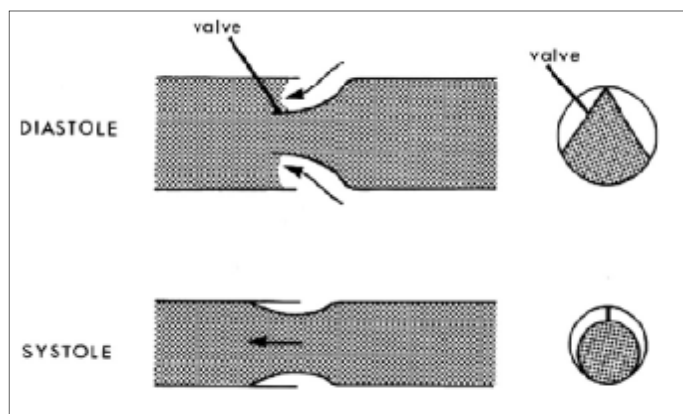
- قسمت عقبی قلب معمولا بسته است اما در لاروهای **Tipulidae** باز است.
- در یکروزه ها (**Ephem.**) قسمت عقبی سه شاخه می شود هر یک به یک زائده دمی
- در بعضی حشرات با توی خود برگشتگی (**invagination**) روزنه ها (**ostia**) و اتصال ماهیچه های بالی شکل (**alary muscle**) قلب حفره دار می شود. اما این تقسیم بندی کامل نیست.
- رگ پشتی به کمک یکسری رشته های بافت همبند به جلد پشتی، تراشه ها، لوله گوارش و دیگر اندامها و به کمک یک سری ماهیچه های جفتی بنام ماهیچه های بالی شکل در جای خود نگه داشته می شود.

:Alary muscle

- به شکل بال یا دلتای یونانی
- قسمتی از دیافراگم پشتی را تشکیل می دهند.
- تعداد جفت ماهیچه های بالی شکل متناظر با تعداد جفت های روزنه ها (2 تا 12 جفت)
- **origin** فیبرهای ماهیچه نقطه کوچکی در قسمت دیواره جانبی **dorsum**
- **Insertion** آنها بصورت پهن روی قلب
- ظاهری دلتا مانند به ماهیچه
- نقش: **Support** و کمک در انقباض قلب (**diastole**) و بدرون کشیدن همولف از روزنه ها
- به ناحیه قلب متصل می شوند... تفاوت اصلی در شناخت آنورت و قلب....



- روزنه های قلب (Ostia)
- منافذ کوچک و شکاف مانند، بصورت جفت و معمولاً بصورت جانبی (lateral): بعضی شکمی و بعضی پشتی
 - از 1 (در بعضی آسیابکها) تا 12 (در سوسری ها) جفت در حشرات
 - امکان ورود (incurrent ostia) و خروج (excurrent ostia) همولنف به /از رگ پشتی
 - بیشتر روزنه ها درون ریزنده:
 - بیشتر در ناحیه شکمی (قلب)
 - با دیاستول باز می شوند و خون از طریق این روزنه ها به رگ پشتی وارد می شوند.
 - دارای زبانه (valve flap) هستند.
 - و با بسته شدن اجازه برگشت به خون نمی دهند.
 - روزنه های بیرون ریزنده:
 - بیشتر در قسمت قفس سینه ای رگ پشتی
 - امکان خروج همولنف از رگ پشتی را فراهم می آورند.
 - گرچه خروج خون بطور معمول از انتهای باز جلویی رگ پشتی است.



در بیشتر حشرات شکم توسط دیافراگم پشتی و شکمی به سه ناحیه تقسیم می شود:

1- pericardial sinus

2- perivisceral cavity

3- perineural sinus

- رگ پشتی در سطح رویی دیافراگم پشتی قرار دارد.

- دیافراگم پشتی از چندین لایه از صفحات بافت همبند با فیبرهای ماهیچه ای (alary muscle) که در داخل صفحات محصور شده اند

- در همه حشرات وجود دارد بجز در Hemiptera که به شدت تحلیل رفته است.

- دیافراگم پشتی در قسمت شکمی وجود دارد.

- دیافراگم پشتی دارای منافذی است.

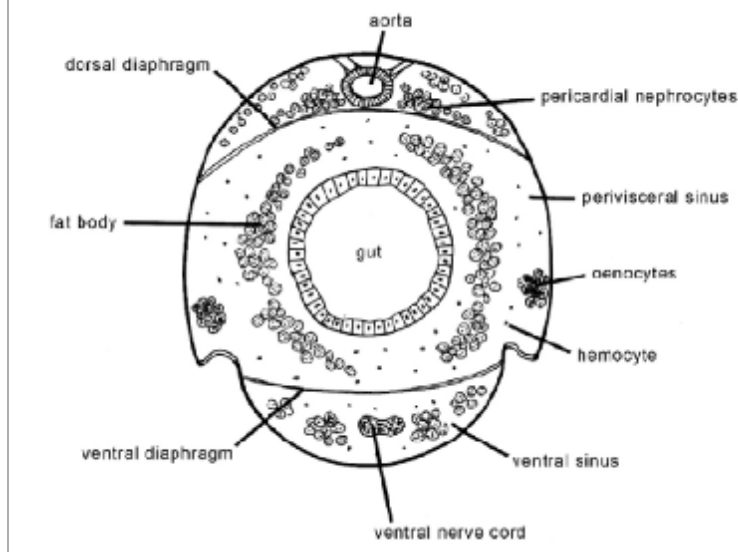
- مجموعه ای از سلولها بنام pericardial cell در سطح خارجی قلب و چسبیده به دیافراگم پشتی

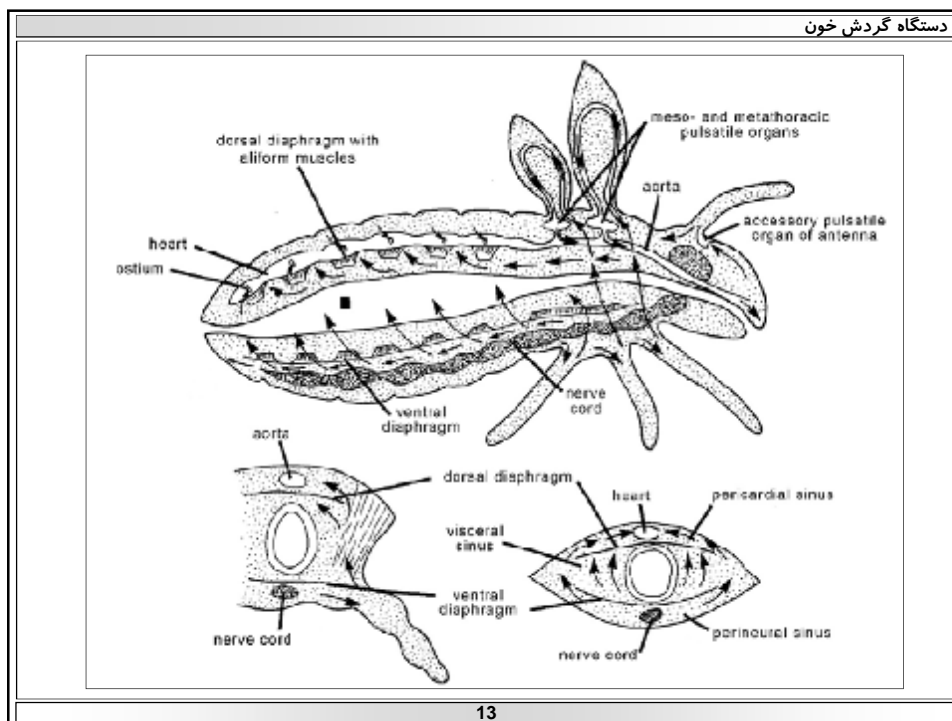
- لوله گوارش، اندامها تناسلی و مقداری از اجسام چربی در سینوس مرکزی یا perivisceral cavity

- طناب عصبی شکمی و گانگلیونها در perineural sinus

- دیافراگم شکمی نیز منفذدار است. (در بیشتر حشرات ابتدایی وجود ندارد)

- دوبالان عالی: فاقد دیافراگم شکمی در عوض دارای کیسه هوا تراشه ای بزرگ: هموسل را تقسیم بندی می کند.





دستگاه گردش خون

:Leg heart

- پا توسط یک دیواره غشایی (septum): به سینوس شکمی و پشتی
- قلب پا: در قاعده پاها
- همولنف را به سینوس شکمی پمپ می کند و از سینوس پشتی به خارج می فرستد.
- تا به حال تنها در **orthopterans** و **hemipterans** دیده شده است.

15

دستگاه گردش خون

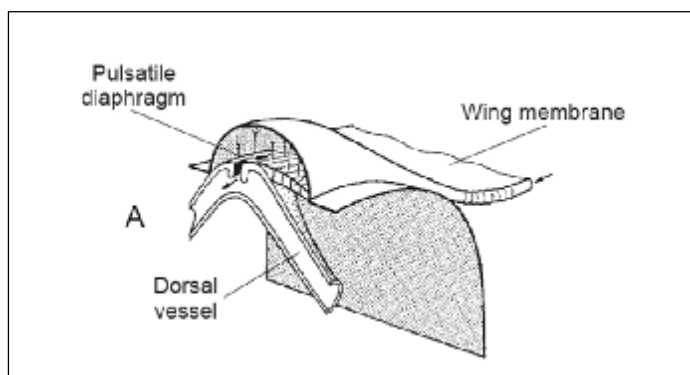
:Leg heart

- در ملخها: **mesothoracic legs**: دیافراگم بین تروکانتر و فمور
- دیافراگم توسط ماهیچه ها حرکت داده می شود: هماهنگ با تغییرات در اندازه کیسه های هوا در طی تنفس

16

:Wing heart

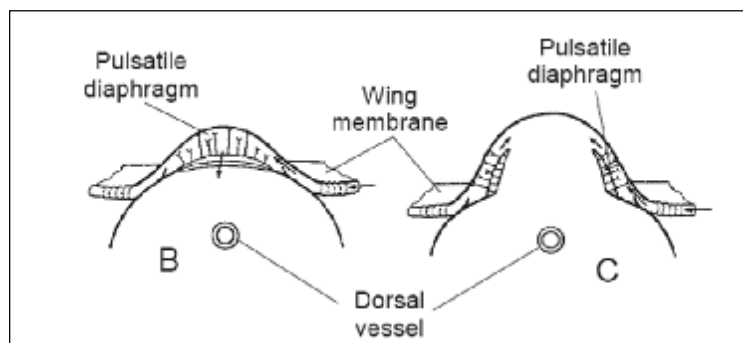
- در همه گونه های دارای بال: در قاعده بال
- حجیم شدن رگ پشتی یا انشعابات آئورتی دارای روزنه درونریزنده



17

:Wing heart

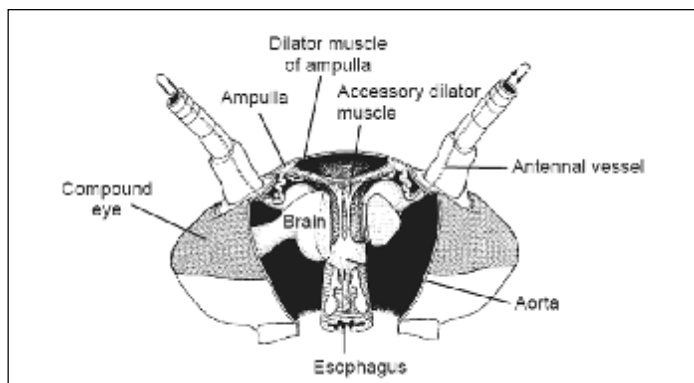
- در برخی حشرات دیافراگمهای جفتی یا تکی مستقل از رگ پشتی
- جریان همولف بداخل بال: واقعی یا جریان تک جهتی (**one-directional**)
- انقباض این اندامها: ایجاد فشار منفی در حفره بدن: مکش همولف از بال
- استراحت یا انبساط: حرکت همولف بدرون بال



18

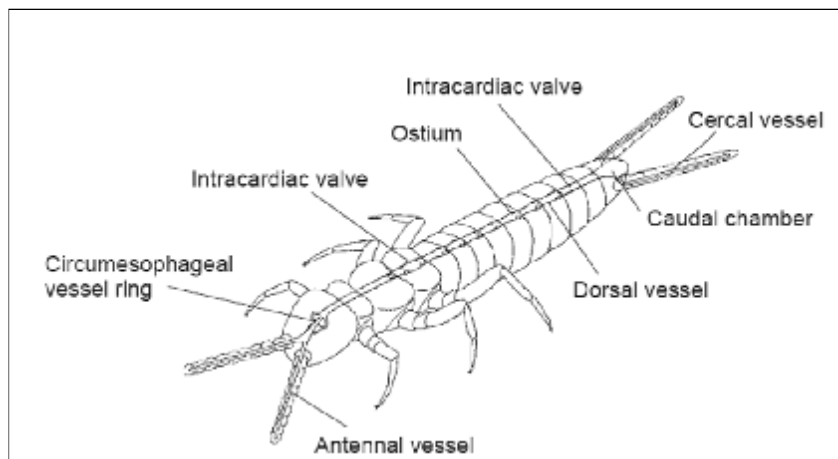
:Antennal heart

- کیسه های غیر قابل انقباض متصل به رگ خونی بلند که به انتهای شاخک میرسد.
- حشرات پیشرفته تر: دارای ماهیچه که کیسه را منقبض می کند و خون را بدرون شاخک پمپ می کند.
- به این کیسه : **ampulla**
- در **Entognatha**: اتصال مستقیم بین رگ شاخکی (**antennal vessel**) و رگ پشتی



19

- در **Diplura** انشعابات رگ پشتی به شاخک و سرسی وارد می گردد.



20

دستگاه گردش خون

ضربان قلب

- انبساط محفظه‌های قلب توسط ماهیچه‌های بالی شکل: ورود همولنف: دیاستول
- انقباض خانه‌های قلب: حرکات دودی: حرکت همولنف به سمت جلوی بدن: سیستول
- میزان ضربان قلب بین گونه‌ها و بین مراحل مختلف رشدی متفاوت است
- شرایط محیطی: دماهای بالا: افزایش ضربان
- در دماهای بسیار بالا و بسیار پایین: توقف ضربان
- رگ پشتی در بسیاری از حشرات: عصبدار نیست: کاملاً myogenic
- در برخی حشرات آئورت توسط عصب منفرد میانی عصبدار شده است.
- **Cardioacceleratory peptides (CAPs)** توسط اجسام کاردیاکا و طناب عصبی شکمی تولید می‌شوند
- 0 ضربان قلب را تنظیم می‌کنند.
- **CAP**ها انقباض قلب را بلافاصله بعد از خروج حشره کامل و در طول پرواز را باعث می‌شوند.
- آکسونهای **CAP** روده عقبی را عصبدار می‌کنند و مسئول فعالیت میوتروپیک آن هستند.
- **CCAP** که در ابتدا به عنوان **CAP2a** معرفی شد باعث:
- 0 افزایش ضربان قلب، تحریک انقباضات لوله گوارش، افزایش ترشح لوله‌های مالپیگی

دستگاه گردش خون

ترکیب همولنف

- همولنف مایع اصلی خارج سلولی در حشرات: 15 تا 17 درصد حجم بدن حشره
- همولنف:
- 0 محیط اصلی تبادل مواد (هورمونها، مواد زائد دفعی و مواد غذایی) بین سلولها
- 0 ذخیره اصلی آب
- 0 با تنظیم ترکیب شیمیایی و یونی خود محیط داخلی مناسبی برای سلولها
- 0 همولنف منبع ثابتی برای ذخیره متابولیتها نیست.
- 0 بافتی دینامیک که با تغییر در وضعیت فیزیولوژیک حشره تغییر می‌کند.
- 0 در حشرات با بدن نرم با فشار هیدرواستاتیک خود شکل حشره را حفظ می‌کند.
- 0 با فشار هیدرواستاتیک فشار لازم برای طرد پوست قدیمی فراهم می‌شود.
- حجم همولنف در انتهای هر استادیوم افزایش می‌یابد.....**ptilinum** در دوبالان....
- 0 نقش دفاعی: **reflexive bleeding or Autohemorrhaging**
- 0 همولنف دارای کانتاریدین
- 0 در کفشدوزک 13 درصد وزن تر بدن



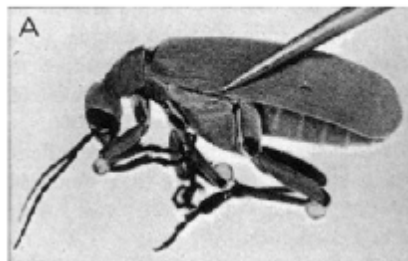
FIGURE 7.10. The ptilinum of dipterans that is inflated at adult emergence and used to escape from the puparium. From Jones (1977). Reprinted with permission.

23

REFLEX BLEEDING

Cantharadin produced by certain beetles, using a reflex action known as reflex bleeding (see arrows), is a powerful antifeedant compound to various predators and vesiculating compound.

Lady beetles also perform reflex bleeding when disturbed by a predator. They are also aposematically colored, thus helping the predator to learn to avoid them. They overwinter in large aggregations, thus coloration should work in a group effect to prevent feeding by the predator.



24

دستگاه گردش خون

ترکیب همولنف

- همولنف شامل: پلاسما (مایع) و هموسیتها (سلولی)

- پلاسما:

0 ترکیب آن متغیر است.

0 معمولا بیرنگ ولی سبز یا زرد بواسطه وجود رنگدانه‌ها

0 pH آن نیز متغیر: غالبا قدری اسیدی ولی در برخی حشرات قلبیایی

0 در بیشتر جانوران: عناصر معدنی: سدیم و کلر

0 در حشرات کاملا متفاوت است:

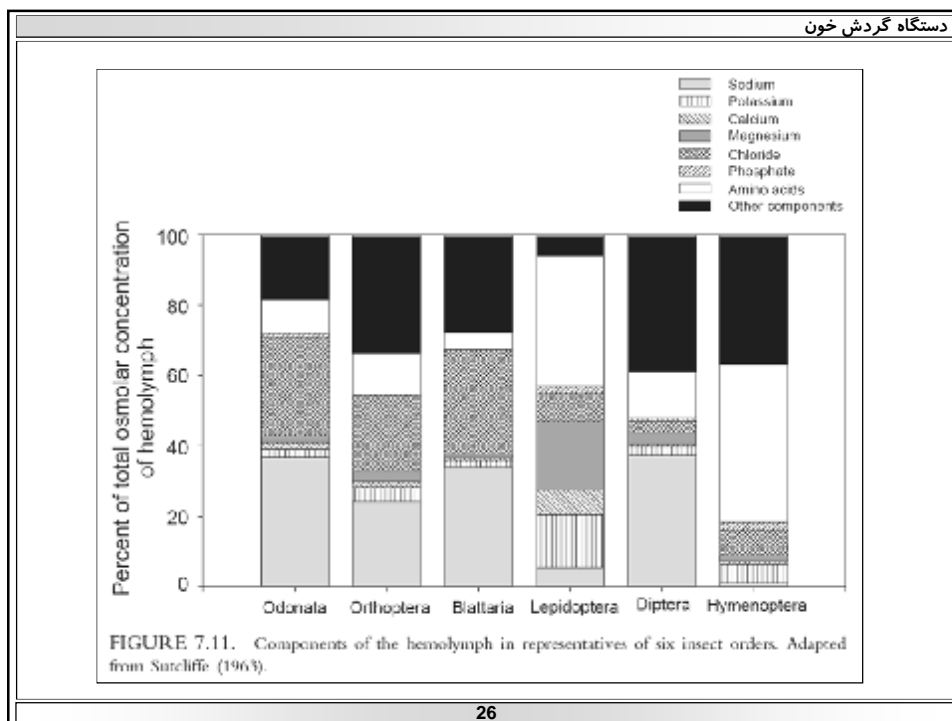
0 در بی بالان ذاتی: سدیم و کلر

0 در برون بالان اولیه (Ephe., Odo., Dicty.): معمولا سدیم و کلر اما پتاسیم، منیزیم و کلسیم نیز شرکت دارند.

0 در درون بالان (Dip., Mec., Neur.): سدیم مهمترین کاتیون اما آنیون کلر با اسیدهای آمینه و دیگر مواد آلی جایگزین می‌شود.

0 در Hym., Lep.: پتاسیم همراه با اسیدهای آمینه (نقش کمتر سدیم)

25



دستگاه گردش خون
ترکیب همولنف
- پلاسما:
0 اختلاف یونی در حشرات گیاهخوار و گوشتخوار:
0 گیاهخوار سطح بالاتری از پتاسیم
0 دیگر حشرات سطح بالاتری از سدیم
0 موارد استثنایی وجود دارد و کلی سازی در این مورد کاملاروشن نیست.
0 غلظت اسید آمینه: 50 تا 100 برابر پستاندارن
0 150 mM در حشرات در مقابل 2 mM در انسان
. در برون بالان نسبت به درون بالان: کمتر و یکنواخت تر
0 درون بالان: غلظت برخی اسیدهای آمینه بسیار بالاتر از دیگر اسید آمینه‌ها
0 اسید آمینه گلوتامیک و پرولین
0 سطح اسیدهای آمینه آزاد در ماده‌ها بیشتر از نرها بویژه در طی بلوغ تخم
0 پرولین در چند حشره: سوخت پرواز
0 پرولین در زنبور عسل ملکه، کارگر و نرها: غالب
0 متیونین، گلوتامیک اسید و آسپارتیک اسید: مرتبط با فعالیت غدد ابریشمی در کرم ابریشم
27

دستگاه گردش خون
ترکیب همولنف
- پلاسما:
0 دیگر مواد آلی:
0 کربوهیدراتها: ترهالوز و دی ساکاریدهای $\alpha 1,1$: منبع انرژی در حال گردش، به عنوان
cryoprotectant و نقش در تنظیم تغذیه: غلظت آن 5 تا 50 برابر گلوکز
0 حدواسطهای چرخه کربس
0 اسید اوریک
0 هورمونها
- رنگدانه ها
- پروتئینها و آنزیمها
28

دستگاه گردش خون

ترکیب همولنف

- پلاسما:

Proteins found in insect hemolymph

1. Storage proteins
2. Lipophorins or lipid transport proteins
3. Proteins taken up by the ovary (e.g., vitellogenin)
4. Antibacterial and antifungal proteins
5. Lectins
6. Protease inhibitors
7. Enzymes
8. Peptides
9. Chromoproteins
10. Transport proteins
11. Ice nucleators
12. Heat shock and cold shock proteins

29

دستگاه گردش خون

همولنف

- هموسیتها:

0 در پلاسما معلق اما غالباً چسبیده به دیگر بافتهای بدن

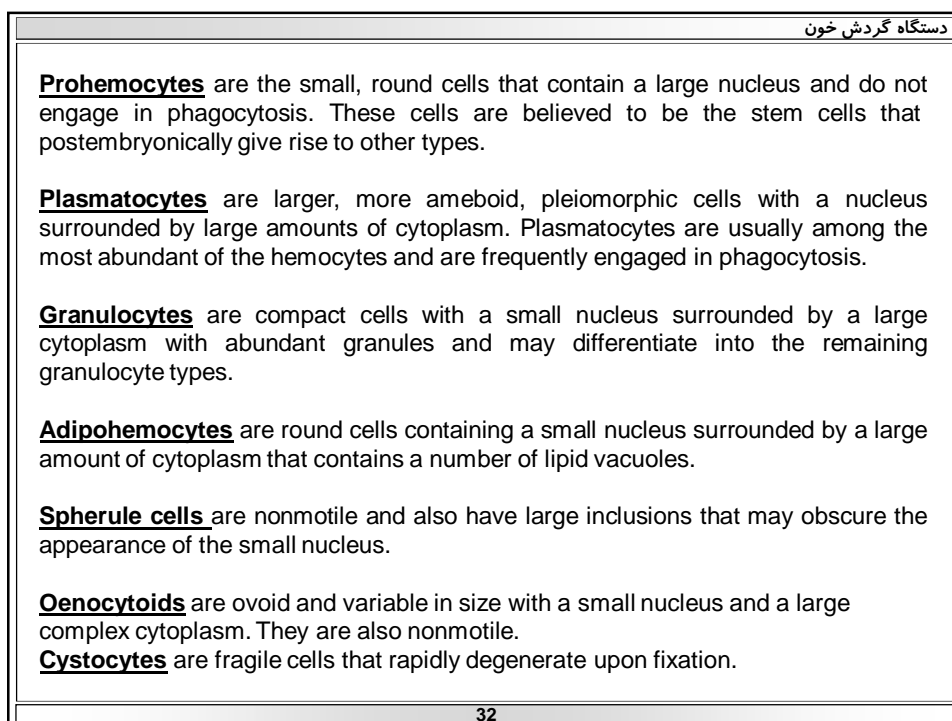
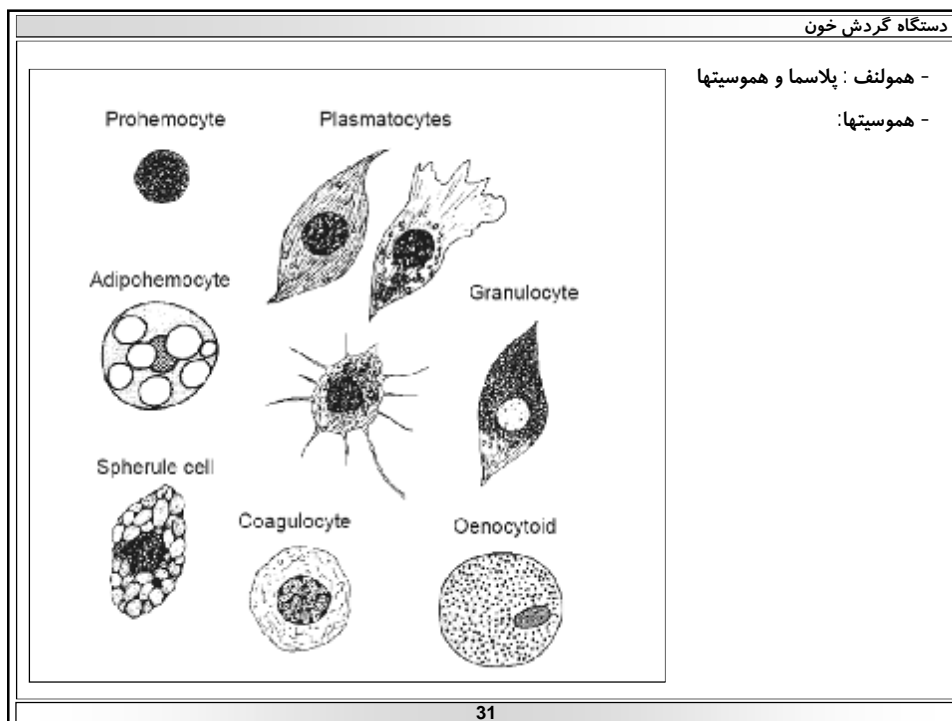
0 از بافت مزودرمی در دوران جنینی منشاء می گیرند و در دوره جنین زایی به چندین نوع تمایز می یابند

0 دارای وظایف مختلف:

- 1- فاگوسیتوز ذرات خارجی
- 2- encapsulation
- 3- انعقاد و ترمیم زخم بعد از صدمه

Hemocytes are generally classified according to their size, shape, nuclear characteristics, cytoplasmic inclusions, and presumed function.

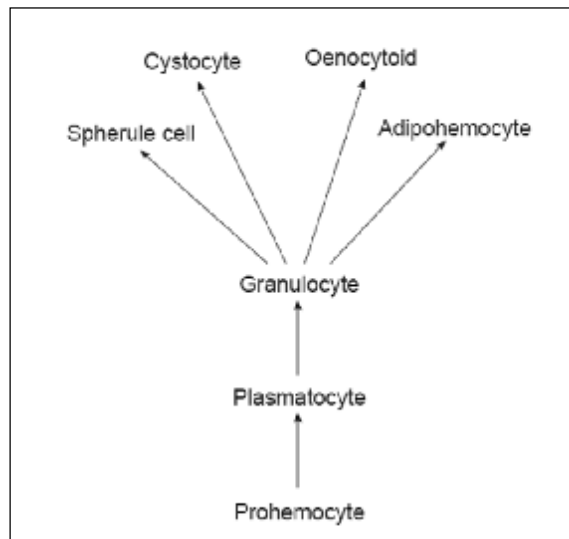
30



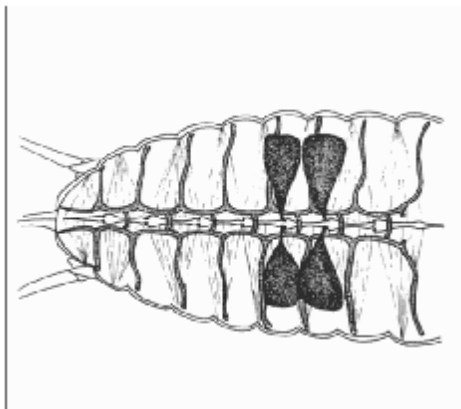
A slightly different terminology has been adopted to describe the hemocytes in *Drosophila*. In addition to the prohemocyte stem cells, **macrophages**, a form of plasmatocyte, are present in *Drosophila* embryos. In the larval stages, plasmatocytes and two additional cell types, **lamellocytes** and **crystal cells**, have been reported. Lamellocytes have only been observed in larvae and appear in massive numbers after an immune challenge. They appear to be phagocytic like the plasmatocytes and can also isolate invading cells by encapsulation. Eggs that are commonly laid in larval dipterans by hymenopterous parasites are encapsulated and walled off by lamellocytes. The crystal cells are more similar to the oenocytoids of other insects and are unable to adhere to foreign surfaces. They are present in low numbers of less than 50 per larva, increasing slightly during the latter part of the third instar and then declining again. Plasmatocytes are the only hemocytes in adult *Drosophila*. Their numbers range between 1000 to 2000 per adult insect.

- همولنف: پلاسما و هموسیتها

- تمایز هموسیتها:



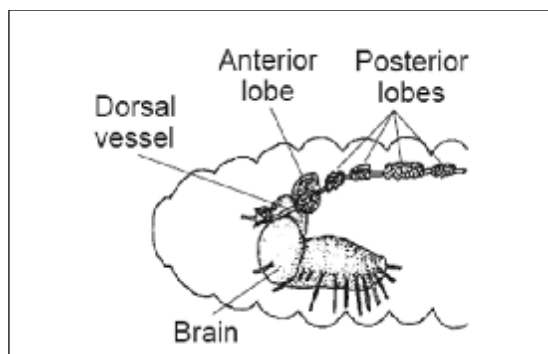
- در طی مرحله جنینی هموسیتها از بافت مزودرمی نتیجه می شوند.
 - در لارو و حشره کامل برخی حشرات: از تقسیم شدن سلولهای گردش کننده
 - در برخی حشرات هموسیتها از:
- hemopoietic organs یا hemocytopoietic tissue** تولید می شوند.
- در *Gryllus bimaculatus*: در ناحیه شکمی



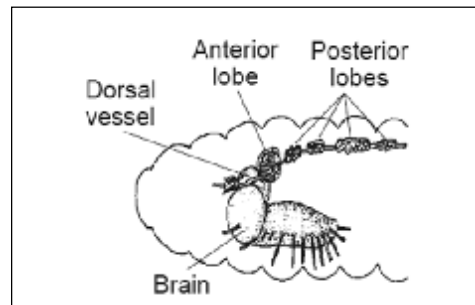
35

lymph gland یا hemopoietic organs -

- تجمع دائمی از هموسیتهایی که با تقسیم میتوز تبدیل به هموسیتهای دیگر می گردند.
- نزدیک به قلب یا ماهیچه های بالی
- در پایان مرحله جنین زایی از مزودرم منشاء می گیرد.
- در لارو مگس سرکه
- از 4 تا 6 لب جفتی در طول رگ پشتی



36

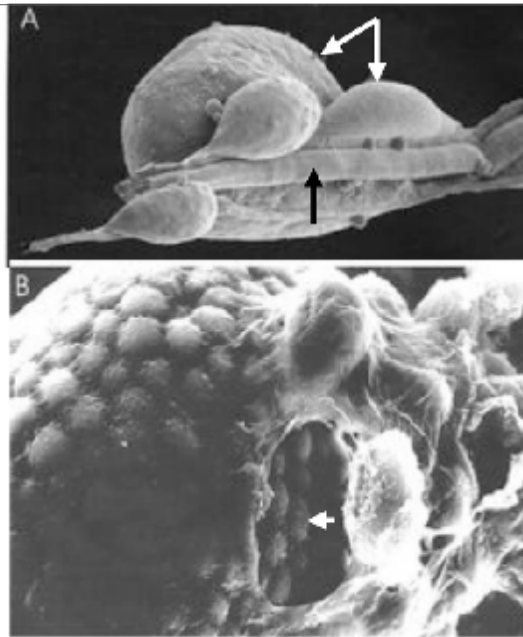


The **anterior and posterior** lobes of the lymph gland contain **plasmatocytes** that appear to be the same as those in circulation, in addition to crystal cells and prohemocytes. The plasmatocytes disperse throughout the embryo and are responsible for the phagocytosis of apoptotic cells, and the crystal cells participate in the melanization of invading pathogens. Crystal cells contain a prophenoloxidase and, when lysed, release the active enzyme that catalyzes the synthesis of melanin.

The lymph glands disappear during the pupal stage and adult hemocytes are carried over from those produced during the larval stage. No adult hematopoietic organ has been identified, and adult hemocytes do not undergo cell division.

37

SEM showing the dorsal blood vessel (black arrow) and lymph glands (white arrows) surrounding the blood vessel. Below is an enlargement of one of the lymph glands showing hemocytes within (white arrow). These are of a *Drosophila* larva.



38

دستگاه گردش خون

plasma membrane of epithelial cell

~ 50 nm

basal lamina

basement membrane

lamina rara

lamina densa

lamina reticularis

he

bl

fc

Note the basement matrix or basal lamina in the TEM of the follicle cells on the left and its absence in the above TEM of a prohemocyte. Hemocytes lack basement matrices

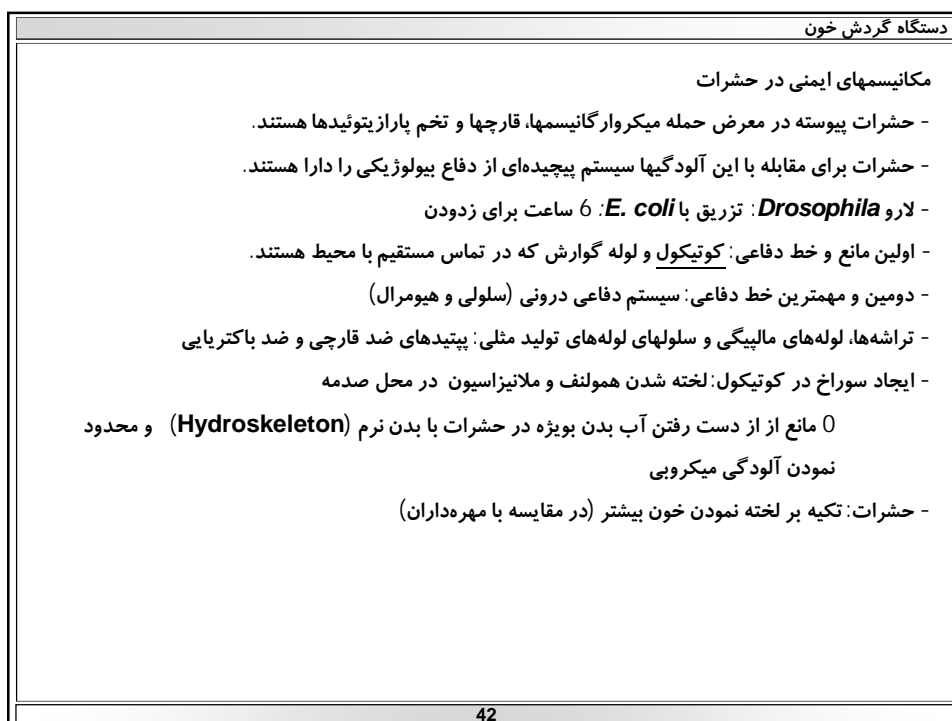
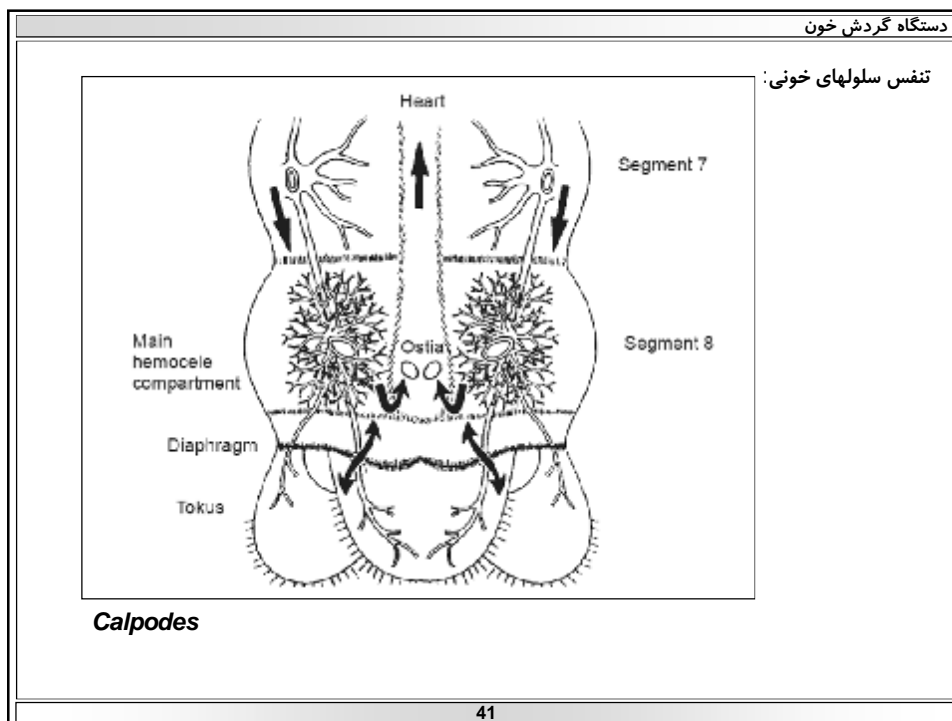
In this micrograph cationized ferritin molecules was added and one can see that they are attracted to the anionized sites in the basal lamina. This was in *Phormia regina* follicle cells (fc). He-hemolymph

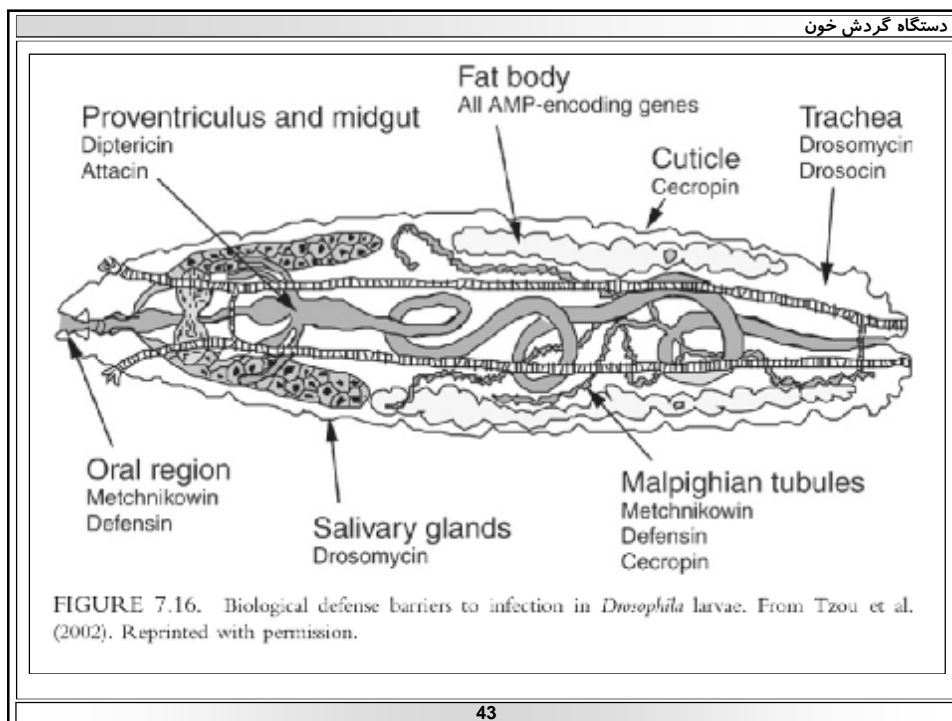
39

دستگاه گردش خون

TEM of prohemocyte
 These hemocytes are considered 'stem cells' and give rise to other types of blood cells.
IMPORTANT-Note
 That there is no basement matrix or 'self' around hemocytes but, that this layer surrounds every other cell or tissue in insects. Without this matrix, the hemocytes recognize it as foreign and either encapsulate or phagocytize it.

40





دستگاه گردش خون

مکانیسمهای ایمنی در حشرات

- بسیاری از مسیرهای ایمنی با **pattern recognition molecules** آغاز می شود.

pathogen-associated molecular patterns or PAMPs

PAMPs associated with stressed, injured

heat-shock proteins -

امکان تشخیص خودی از غیر خودی فراهم می شود.

گیرنده های تشخیص الگو (**pattern recognition receptors**)

به اجزایی از میکروارگانیسمها پاسخ می دهند: مانند:

lipopolysaccharides و peptidoglycans

peptidoglycan recognition protein (PGRP): کاسکیدی را آغاز می کند که باعث ملانیزاسیون می شود.

باکتریهای گرم مثبت با **circulating PGRP** و گرم منفی با **transmembrane PGRP**

دروزوفیلا حداقل دارای سیزده **PGRP** مختلف است.

6 هومولوگ **thioester-containing proteins (TEPs)** در دروزوفیلا و 19 تا در آنوفل

TEP در حشرات باکتریهای گرم منفی را **opsonize** می کند.

44

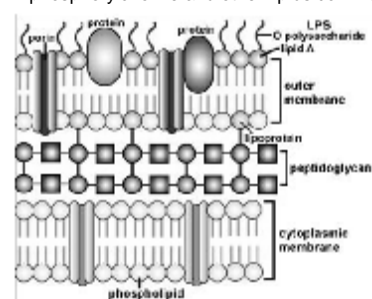
مکانیسمهای ایمنی در حشرات

- لکتینها:

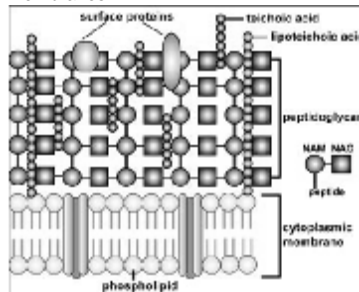
- 0 پروتئینهای متصل شونده به کربوهیدراتها
- 0 تولیدشان در بدن حشرات: با صدمه القاء می شوند.
- 0 در همولف گردش می کنند و به کربوهیدراتهای دیواره سلولی میکروارگانیسمها متصل می شوند.
- 0 با وجود چندین جایگاه اتصالی: توده شدن سلولهای متصل شده به لکتین
- اتصال لکتینها به سطح باکتریها سیگنال اولیه **opsonization**: تشخیص توسط هموسیتها

Examples of **microbial-associated PAMPs** include:

- a. **lipopolysaccharide** (LPS) from the outer membrane of the gram-negative cell wall;
- b. bacterial lipoproteins and lipopeptides;
- c. porins in the outer membrane of the gram-negative cell wall;
- d. **peptidoglycan** found abundantly in the gram-positive cell wall and to a lesser degree in the gram-negative cell wall;
- e. lipoteichoic acids found in the gram-positive cell wall;
- f. lipoarabinomannan found in acid-fast cell walls
- g. mannose-rich glycans h. flagellin found in bacterial flagella;
- i. bacterial and viral nucleic acid. j. *N*-formylmethionine, an amino acid common to bacterial proteins;
- k. double-stranded viral RNA unique to many viruses in some stage of their replication;
- l. single-stranded viral RNA from many viruses having an RNA genome;
- m. lipoteichoic acids, glycolipids, and zymosan from yeast cell walls; and
- n. phosphorylcholine and other lipids common to microbial membranes



Structure of a Gram-Negative Cell Wall



Structure of a Gram-Positive Cell Wall

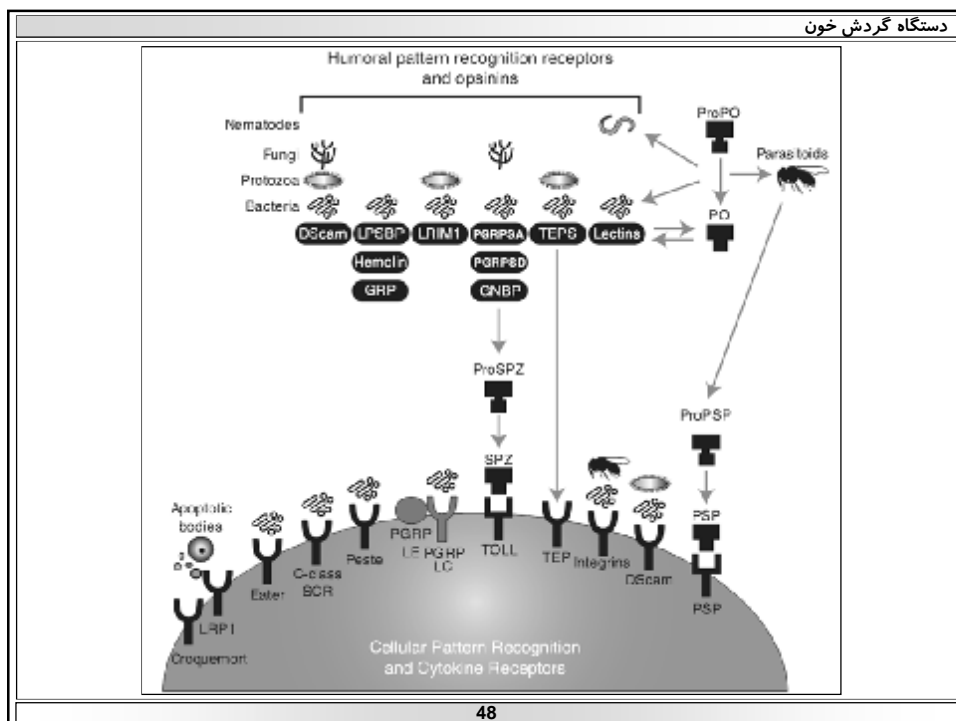
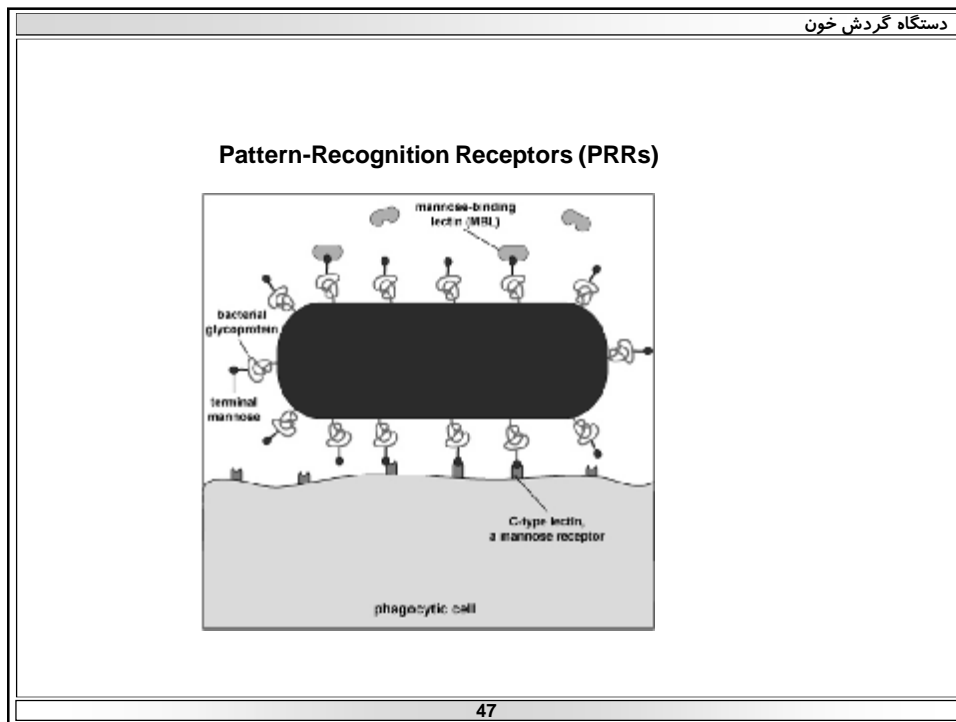


FIGURE 2.3 Humoral and cellular receptors involved in recognition of foreign invaders by insect hemocytes. In *Drosophila* and the mosquito *Anopheles gambiae*, soluble and cellular forms of Dscam and TEP proteins bind and opsonize several different microbes. Mosquito TEP and LRIM1 proteins are also involved in killing *Plasmodium* and possibly other protozoans. Other humoral receptors with recognition and opsonizing activities include LPSBPs, GNBPs, and PGRPs. Homologs of these proteins have been identified from several insect species and shown to bind different bacteria and fungi. In *Drosophila*, binding of microbial ligands by PGRP-SA and -SD also stimulates proteolytic processing of ProSpaetzle (ProSPZ) to form the cytokine Spaetzle (SPZ) which activates the Toll pathway. Another soluble receptor, hemolin, is known only from Lepidoptera. Immunelectins from Lepidoptera also bind bacteria and nematodes, and form complexes with PO that potentially facilitates localized deposition of melanin on the surface of microorganisms, nematodes, and parasitoids. In *Drosophila*, several cellular receptors including Eater, Peste, dScrib, and PGRP-LC with its co-receptor PGRP-LE bind bacteria. The CD36 homolog Croquemort mediates uptake of apoptotic bodies in *Drosophila* while LRPI has a similar function in *An. gambiae*. Dimeric integrins identified in *Drosophila*, mosquitoes, and Lepidoptera mediate phagocytosis of certain bacteria and encapsulation of large foreign targets like parasitoids. In Lepidoptera, parasitoids and other encapsulation targets also induce proteolytic processing of proPSP to the cytokine PSP which induces adhesion of plasmatocytes.

مکانیسمهای ایمنی در حشرات

- ایمنی ذاتی (innate immunity):

- قادر به تشخیص خودی از غیر خودی است.
- کارا تر از ایمنی اکتسابی است: چون به ژنهای کمتری نیاز دارد و سریعتر عمل می کند.
- تخصصی عمل می کند.

- ایمنی اکتسابی (acquired or adaptive):

- در مهره داران عالی قادر به تولید حجم عظیمی از آنتی بادیهای مختلف است.
- حشرات قادر به تولید immunoglobulins یا آنتی بادی نیستند.
- حشرات دارای ملکولهای شبه-ایمونوگلوبولین هستند:
- 0 ژن *Dscam* دروزوفیلا
- 0 این ژن: 38000 ایزوفرم ملکولی پروتئینی
- 0 در سیستم عصبی، اجسام چربی و هموسیتها
- 0 با تمایل مختلف به سلولهای باکتری متصل می شوند.
- 0 در کل اینکه: این شبه-ایمونوگلوبولینها به عنوان آنتی بادیهای اولیه عمل می کنند.

ایمنی مبتنی بر سلول (cell-mediated immunity)

فاگوسیتوز:

- هموسیتها قادر به تشخیص برخی از اجسام خارجی در همولنف هستند و فاگوسیتوز آنها
- پلاسماتوسیتها و گرانولوسیتها (سلولهای گرانولار): سلولهای اصلی در فاگوسیتوز
- مرحله اول: تشخیص جسم خارجی توسط گیرنده‌های سطح غشاء هموسیت (سیستم ایمنی ذاتی)
- مرحله دوم (انرژی خواه = از مسیر گلیکولیز):
- این تشخیص با ایجاد پای کاذب و و بدرون کشیدن
- جسم خارجی درون فاگوزوم متصل به غشاء دنبال
- می‌شود. سپس فاگوزوم بدرون سلول حرکت می‌کند
- و با لیزوزوم ادغام می‌شود و هضم جسم خارجی
- صورت می‌گیرد.

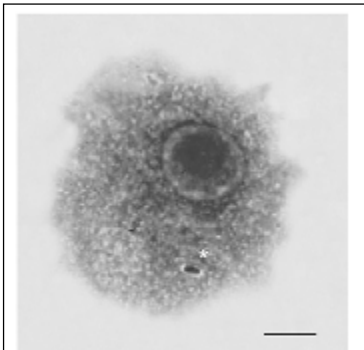


Fig. 2 *In vitro* bacterial phagocytosis from *Calliphora vomitoria* plasmatocyte (szelenisk) (Bar = 10 μ m) (Modified from Francolini et al., 1996).

51

ایمنی مبتنی بر سلول (cell-mediated immunity)

Encapsulation

- بدو صورت سلولی (cellular) و هیومرال (humeral)
- سلولی: (در بالبولکداران)
- پاسخ هموسیتها به اجسام بزرگتر: جداساختن آنها از دیگر سلولها با encapsulation
- در همه گروههای حشرات وجود دارد.
- در مواردی که جسم خارجی از دفاع تک سلولها فرار می‌کنند عمل می‌کند.
- این پاسخ در برابر موجودات زنده بسیار قوی است و بدنال آن ملانیزاسیون رخ می‌دهد (melanotic).
- در حالیکه در برابر عوامل غیرزنده ضعیف است و همیشه بدنال آن ملانیزاسیون رخ نمی‌دهد (no melanotic).

52

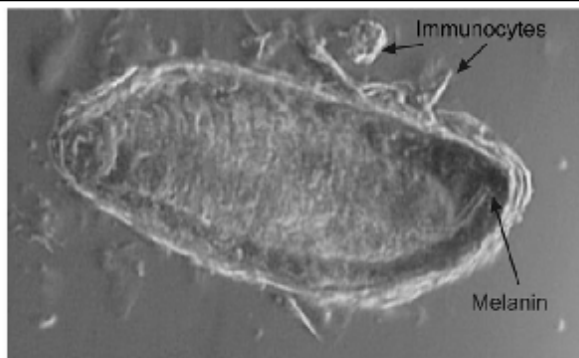


Fig. 3 Encapsulation of the egg of the wasp parasitoid *Leptopilina boulaoui* in *Drosophila melanogaster* host (Courtesy Prof. Nappi AJ).

ایمنی مبتنی بر سلول (cell-mediated immunity)

Encapsulation

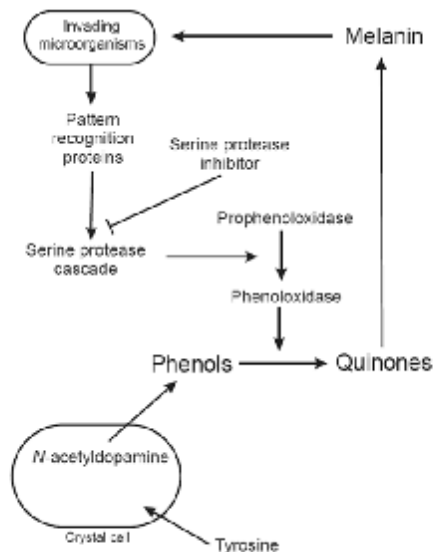
سلولی: (در پالپولکداران)

- 0 چندین لایه از هموسیتها جسم خارجی را احاطه می کنند و از تماس آن با سلولهای میزبان و رسیدن اکسیژن و مواد غذایی جلوگیری می کند.
- 0 پلاسماتوسیتها و گرانولوسیتها در این پاسخ دفاعی دخیل هستند و جسم خارجی را در ابتدا تشخیص می دهند.
- 0 به محض تشخیص گرانولوسیتها دی گرانوله می شوند. مواد آزاد شده از گرانولها چسبنده است و به سطح جسم خارجی می چسبند.
- 0 دگرانوله شدن و تجزیه شدن سلولهای گرانولار پلاسماتوسیتها را فعال می کند که در تشکیل کپسول شرکت نمایند.
- 0 سلولهای اولیه احاطه کننده جسم خارجی می میرند.
- 0 پلاسماتوسیتهای بعدی زنده می مانند. (لایه ای به عمق تا 50 سلول)
- 0 با تشکیل شدن کپسول، با پوششی شبیه غشای پایه پوشیده می شود.
- 0 بدنبال تشکیل کپسول، ملانیزاسیون رخ میدهد.
- 0 زمان تقریبی انکپسوله شدن 1 تا 3 روز است.

ایمنی مبتنی بر سلول (cell-mediated immunity)

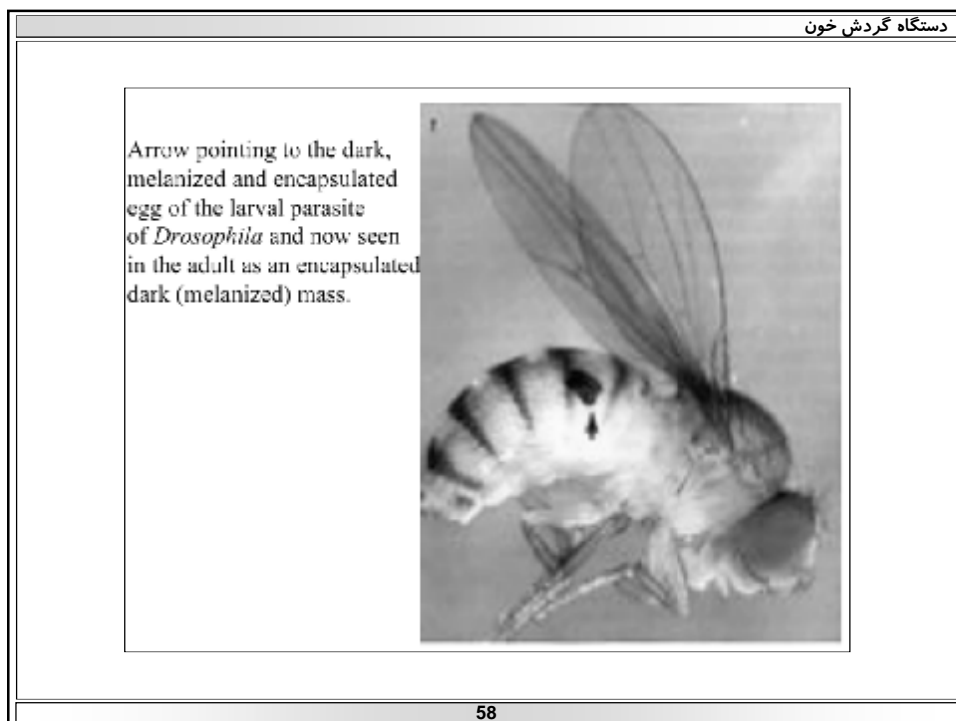
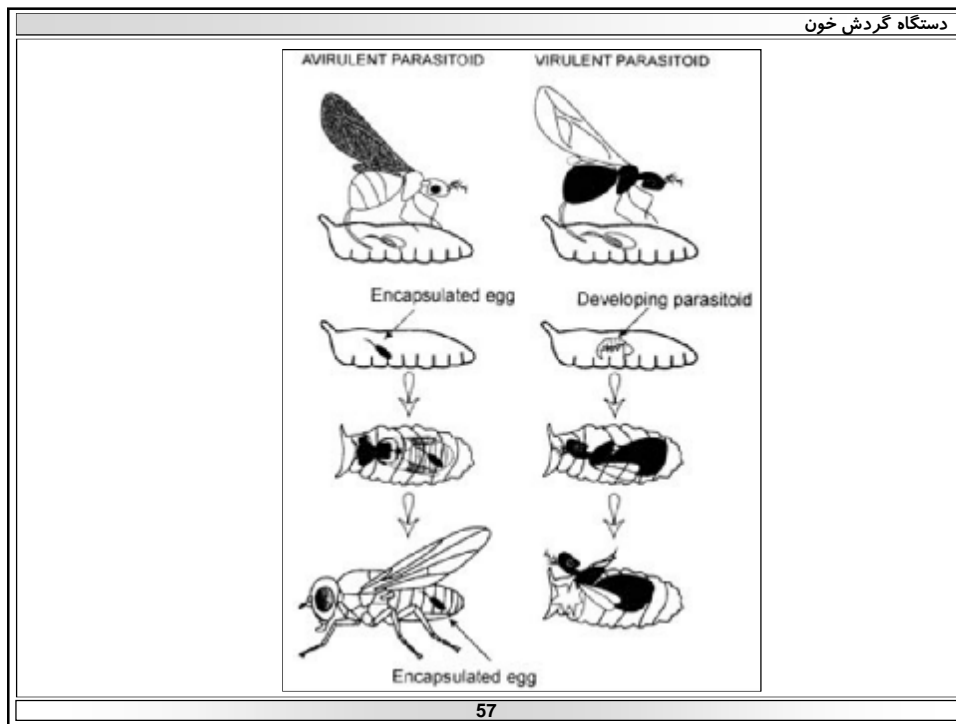
ملانینزاسیون:

- ملانین با فعال شدن سیستم فعال کننده پروفنل اکسیداز (proPO System) سنتز می شود.
- این سیستم همچنین به عنوان سیستم تشخیصی عمل می کند و با آلودگی به میکروارگانیسمها فعال می گردد.
- (بویژه اتصال PGRP به پپتیدوگلیکان این سیستم را فعال می کند)
- با فعال شدن این سیستم پروفنل اکسیداز به فنل اکسیداز تبدیل می گردد.
- پروفنل اکسیداز (PPO) شکل غیر فعال (زایموژن) فنل اکسیداز است.
- در همولنف (پلاسما، هموسیت یا در هر دو)، کوتیکول، سلولهای پوششی روده میانی
- نقش فنل اکسیداز (phenoloxidase):
- 1- اسکروتیزاسیون کوتیکول حشرات
- 2- انکپسولیشن و ملانینزاسیون ارگانیسمهای خارجی
- 3- ترمیم زخم



in the absence of infection, serine protease inhibitors, or **serpins**, inhibit the serine proteases and prevent the prophenoloxidase from becoming activated.

FIGURE 7.18. Mechanism of humoral encapsulation by the deposition of melanin on foreign invaders. The serine protease inhibitor restricts phenoloxidase activity to the site of the infection.



Humoral encapsulation

In some insects, encapsulation of the parasite or foreign object does not involve the hemocytes. In these insects, strands or threads of material are produced in the hemolymph. These surround the parasite and aid in forming the capsule. Later, the melanization reaction occurs.

Nodule formation may also trap large numbers of invading bacteria. Nodules consist of aggregations of hemocytes that produce extracellular material that form a matrix to catch large numbers of bacteria that are too big to be phagocytized. Larger nodules may eventually also be encapsulated.

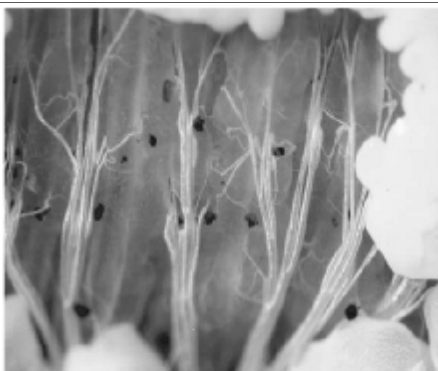


FIGURE 3.4 A photomicrograph (40 \times magnification) of nodules formed in a tobacco hornworm, *M. sexta*, 4h after injection with the bacterium *S. marcescens*. Nodules are typically colored by a final melanization reaction and attached to body and organ surfaces. The nodules seen here are attached to the alimentary canal which is formed by malpighian tubules. The muscles surrounding the alimentary canal feature large tracheae, clearly visible in this image (from Starkey and Miller, 2006, with permission of Wiley-Blackwell.) (See Plate 3.4 for color version of this figure.)

Nodule formation

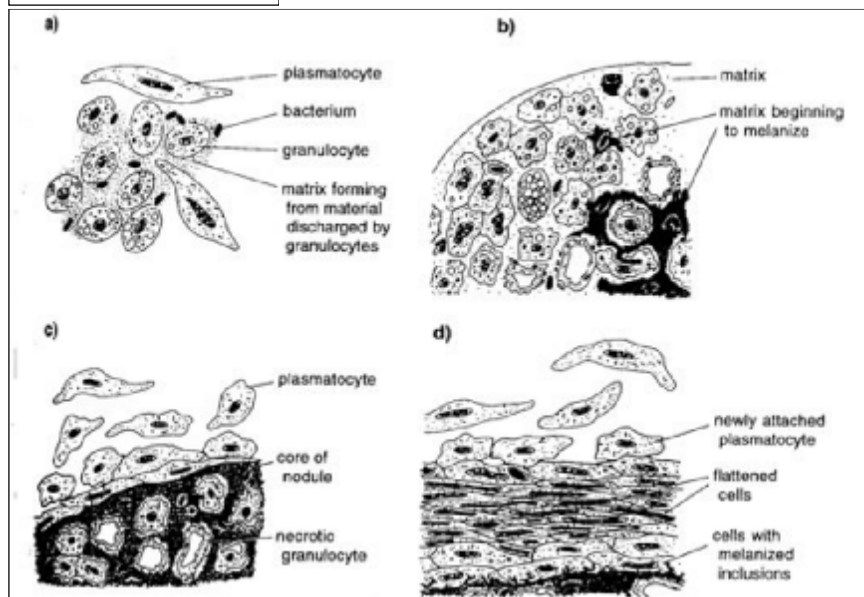
Into two phases:

In the first, the bacteria are entrapped in the material released by exocytosis from the granular cells and melanization then occurs externally.

In the second, plasmotocytes, adhere and flatten the necrotic core forming the typical multicellular sheath.

61

Nodule formation



62

Nephrocytes are mesodermal cells found throughout the hemocele that are able to sequester high-molecular-weight colloids but not bacteria. Included in this category of cells are the **pericardial cells**, the best known of the nephrocytes. They are primarily located on each side of the heart, attached to the dorsal vessel and alary muscles by connective threads, but they are sometimes numerous around the fat body as well. These cells absorb chemicals by pinocytosis and return the degraded substances to the hemolymph. They contain numerous granular inclusions. In addition to this detoxification function, there is evidence that the pericardial cells also synthesize and secrete hemolymph proteins.

Humoral Immunity

- برای تکمیل ایمنی مبتنی بر سلول هموسیتها
- حشرات پپتیدهای ضد میکروبی تولید می کنند: توسط اجسام چربی
- در زمان آلودگی بدخل همولنف آزاد می شوند.
- 2 تا 4 ساعت بعد از الودگی و با سرعتی سه برابر تولید باکتری
- هر حشره 10 تا 15 نوع مختلف antimicrobial peptide تولید می کند.

Antimicrobial peptide family	Acts against
Attacin	Antibacterial (Gram -)
Cecropin	Antibacterial (Gram -)
Defensin	Antibacterial (Gram +)
Diptericin	Antibacterial (Gram -)
Drosomycin	Antifungal
Drosocin	Antibacterial (Gram -)
Metchnikowin	Antifungal

FIGURE 7.19. General activity spectra of antimicrobial peptide families.

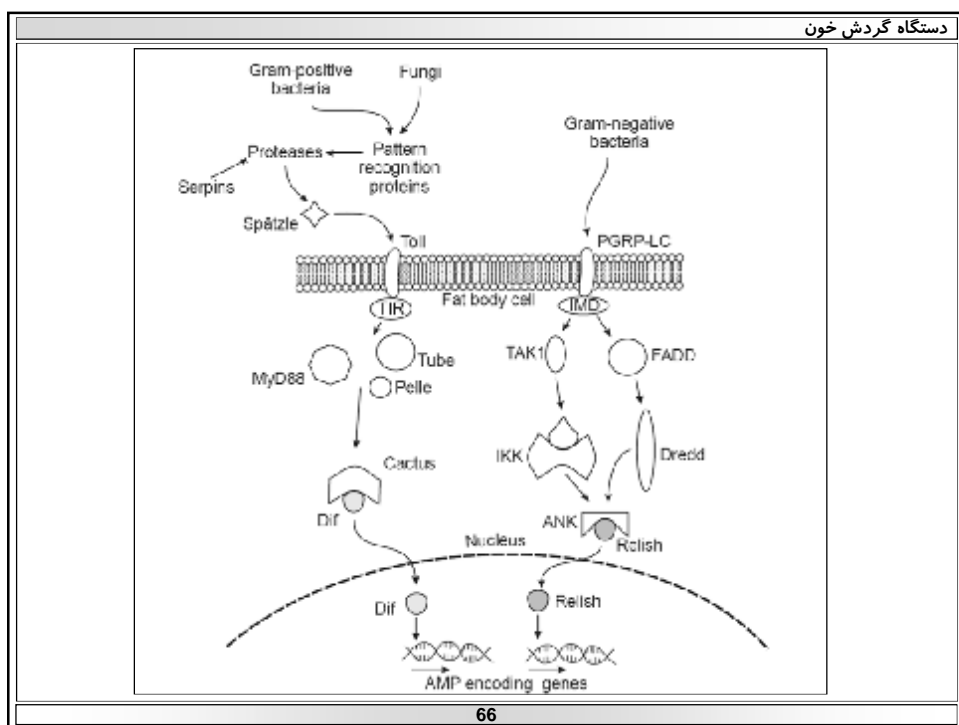
دستگاه گردش خون

Humoral Immunity

- بیان ژنهای تولید پپتیدهای ضد میکروبی تحت دو سیستم:

- 1- Toll signaling pathway**
Antifungal and antibacterial (gram-positive) peptides
- 2- immune deficiency (IMD)**
Gram-negative antibacterial peptides

65



دستگاه گردش خون

پایان

67