

اللَّهُمَّ ارْحَمْ

## دعای مطالعه

اللَّهُمَّ أَخْرِجْنِي مِنَ ظُلُمَاتِ الْوَهْمِ وَأَكْرِمْنِي بِنُورِ الْفَهْمِ  
اللَّهُمَّ افْتَحْ عَلَيْنَا أَبْوَابَ رَحْمَتِكَ وَانْشُرْ عَلَيْنَا خَزَائِنَ عُلُومِكَ  
بِرَحْمَتِكَ يَا أَرْحَمَ الرَّاحِمِينَ

پروردگارا، خارج کن مرا از تاریکی های فکر و گرامی بدار به نور فهم  
پروردگارا، بکشای بر ما در های رحمت را و بگستران کنج های دانشت را به امید رحمت  
تو ای مهربان ترین مهربانان

بباید به حقوق دیگران احترام بگذاریم

دوست عزیز، این کتاب حاصل دسترنج چندین ساله‌ی مؤلف، مترجم و ناشر آن است. تکثیر و فروش آن به هر شکلی بدون اجازه از پدیدآورنده کاری غیراخلاقی، غیرقانونی، غیرشرعی و کسب درآمد از دسترنج دیگران است، نتیجه‌ی این عمل نادرست، موجب رواج بی‌اعتمادی در جامعه و بروز بی‌آمدهای ناگوار در زندگی و محیط ناسالم برای خود و فرزندانمان می‌گردد.

# میانبر

## الگوریتم ایمنی شناسی

### ویژه رشته‌های:

کارشناسی ارشد: ایمنی شناسی، خون شناسی، ویروس شناسی،  
قارچ شناسی، انگل شناسی و علوم پایه پزشکی ...

دکتری: ایمنی شناسی پزشکی، باکتری شناسی پزشکی، انگل شناسی پزشکی،  
قارچ شناسی پزشکی، بیولوژی تولید مثل و بیوتکنولوژی پزشکی ...

### مؤلفین:

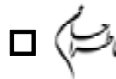
پریا بسیمی - شاهین بلوری حنفی - حمیده آقایی

ویراستار علمی:

امیررضا صفدریان

زیر نظر:

دکتر احمد خلیلی



سرشناسنامه	: بلوری حنفی، شاهین، ۱۳۷۰ -
عنوان و نام پدیدآور	: میانبر الگوریتم ایمنی شناسی ویژه رشته‌های ... / مؤلفین شاهین بلوری حنفی، پریا بسیمی، حمیده آقایی؛ ویراستار علمی امیر صفدریان
مشخصات نشر	: تهران: گروه تألیفی دکتر خلیلی، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری	: ۳۰۱ ص. : مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-422-083-5
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
موضوع	: ایمنی شناسی -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	: Immunology -- Study and teaching (Higher)
موضوع	: ایمنی شناسی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
موضوع	: Immunology -- Examinations, questions, etc (Higher)
شناسه افزوده	: بسیمی، پریا، ۱۳۷۱ -
شناسه افزوده	: آقایی، حمیده، ۱۳۷۱ -
شناسه افزوده	: صفدریان، امیررضا، ۱۳۵۸-، ویراستار
رده بندی کنگره	: QR۱۸۱ / ۸م۹ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی	: ۶۱۶/۰۷۹
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۲۴۰۱۷۷

## نام کتاب: میانبر الگوریتم ایمنی شناسی

مؤلفین: پریا بسیمی . شاهین بلوری حنفی . حمیده آقایی

ناشر: گروه تألیفی دکتر خلیلی

نوبت و سال چاپ: اول . ۱۴۰۱

شمارگان: ۱۵۰۰

چاپ و صحافی: شباب

مدیر تولید: اقبال شرقی

مدیر فنی و هنری: مریم آرده

بهاء: ۱۳۰۰۰۰ تومان

آموزشگاه دکتر خلیلی (دفتر مرکزی): ۰۲۱۶۶۵۶۸۶۲۱

آموزشگاه دکتر خلیلی (شعبه شریعتی): ۰۲۱۲۲۸۵۶۶۲۰

فروشگاه: تهران . خیابان انقلاب . روبه‌روی درب اصلی دانشگاه تهران . پاساژ فروزنده . طبقه همکف . پلاک ۳۳۱

تلفن: ۰۲۱۶۶۴۸۹۳۷۵ - ۰۲۱۶۶۴۸۹۳۴۹

مرکز پخش: ضلع جنوب‌غربی میدان انقلاب . جنب سینما پارس . مجتمع تجاری پارس . طبقه اول

مرکز فروش: ۰۲۱۶۶۵۶۹۲۱۶ - مدیر فروش: ۰۹۱۲۵۰۸۵۸۹

## طلیحه سخن مؤلف:

علم ایمنی‌شناسی، علم شناخت سیستم ایمنی بدن انسان و عوامل دخیل در آن است. ایمنی‌شناسی دارای طیف وسیع مباحث از قبیل بیماری‌های خودایمنی، بیماری‌های عفونی، واکنش‌های ازدیاد حساسیت، ایمنی‌شناسی در دوران بارداری، ایمونوهماٹولوژی و ... است. علی‌رغم آن‌که درس ایمنی‌شناسی یکی از واحدهای مهم در دوره‌ی کارشناسی و کارشناسی ارشد می‌باشد در آزمون ورودی مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

به این ترتیب بر آن شدیم که بتوانیم مجموعه‌ای را در اختیار علاقه‌مندان قرار دهیم تا بتوانند با خواندن کم‌ترین حجم بیش‌ترین بازدهی را داشته باشند.

کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های میانبر الگوریتم گروه تألیفی دکتر خلیلی می‌باشد که به سبکی متشکل از جداول و نمودارهای طبقه‌بندی شده؛ ابتدا کلیت مبحث و سپس جزئیات را در ذهن خواننده تثبیت می‌کند. این مجموعه در عین کامل و کم‌حجم بودن، از هزینه‌های مناسبی برای علاقه‌مندان برخوردار است که امروزه خود یک ویژگی محسوب می‌شود.

جای بسی تقدیر و تشکر از دکتر خلیلی بزرگوار و همکاران گرامشان که از هیچ کمکی در مسیر نگارش کتاب دریغ نداشته‌اند.

امیدواریم که به‌واسطه‌ی این کتاب چراغ راهی باشیم برای ادامه‌ی تحصیل تمام علاقه‌مندان در مسیر تحصیلات تکمیلی.

از تمامی عزیزان صمیمانه تقاضا دارم راهنمایی‌ها و انتقادات ارزشمند خود را به پست الکترونیکی اینجانب ارسال نمایند تا در آینده به منظور ارتقای کیفیت علمی و محتوایی کتاب، نواقص مرتفع گردد.

پریا بسیمی

parybassimi71@gmail.com

## فهرست مطالب

صفحه

فصل و عنوان

۷	فصل اول: خصوصیات کلی سیستم ایمنی
۱۰	فصل دوم: آنتی ژن (Ag) پادگن، سوپراآنتی ژن و میتوزن
۱۹	فصل سوم: آنتی بادی
۳۳	فصل چهارم: گیرنده FC (FCR)
۳۵	فصل پنجم: B cell
۴۵	فصل ششم: سیستم کمپلمان
۵۸	فصل هفتم: مجموعه مولکول های سازگاری نسجی اصلی (MHC)
۷۰	فصل هشتم: سلول های T (T cell)
۸۳	فصل نهم: DC Dendritic Cell (دندریتیک سل)
۸۸	فصل دهم: سایتوکاین و کموکاین
۱۱۴	فصل یازدهم: ایمنی ذاتی
۱۲۹	فصل دوازدهم: مولکول های چسبان
۱۳۵	فصل سیزدهم: ایمونولوژی پیوند
۱۴۰	فصل چهاردهم: ایمنی در برابر تومورها
۱۵۳	فصل پانزدهم: ارگان های لنفاوی (Lymphoid organs)
۱۶۸	فصل شانزدهم: ژنتیک ایمونوگلوبولین ها و TCR
۱۷۳	فصل هفدهم: سیگنالینگ
۱۸۱	فصل هجدهم: بیماری های ازدیاد حساسیت
۱۹۷	فصل نوزدهم: واکنش های حساسیت
۲۰۰	فصل بیستم: تحمل ایمونولوژیک
۲۰۶	فصل بیست و یکم: آپوپتوزیس (Apoptosis)
۲۱۰	فصل بیست و دوم: بیماری های خودایمنی (Autoimmune diseases)
۲۲۰	فصل بیست و سوم: نقص ایمنی
۲۳۴	فصل بیست و چهارم: ایدز (AIDS)
۲۴۱	فصل بیست و پنجم: سرولوژی
۲۴۷	فصل بیست و ششم: ایمونوهماتولوژی
۲۶۱	فصل بیست و هفتم: ایمنی علیه میکروب ها
۲۶۷	فصل بیست و هشتم: CD مارکر

## خصوصیات کلی سیستم ایمنی

- اولین تجربه ایمنی به میتزیدات (مهرداد ششم) نسبت داده شده است.
- مشتق از لغت لاتین Immunis (به معنای مصونیت سیاسی و اجتماعی)
- تعریف دقیق: واکنش بدن در برابر عوامل بیگانه بیماری‌زا و غیربیماری‌زا (مانند ماکرومولکول‌هایی مثل پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها) بدون در نظر گرفتن اثرات مفید یا مضر واکنش
- ایمنی
- \* سیستم ایمنی: مجموعه سلول‌ها و مولکول‌های دخیل در ایجاد ایمنی (Immune system)
- \* پاسخ ایمنی: به پاسخ هماهنگ اجزای سیستم ایمنی در مقابل عوامل بیگانه و غیربیگانه (Immune response) گفته می‌شود.
- = ایمنی طبیعی (Natural) = ایمنی فطری (Native) = ایمنی غیراختصاصی (Non specific) = دفاع عمومی (General defence)
- ۱- ایمنی ذاتی (Innate)
- ۱- حضور قبل از عفونت ← پاسخ سریع
- ۲- اولین سد دفاع ضد میکروبی
- ۳- پاسخ به عوامل بیماری‌زا، عدم پاسخ به عوامل غیربیماری‌زا
- ۴- پاسخ یکسان در عفونت‌های مکرر مشابه و یکسان
- ۵- عدم تشخیص تفاوت‌های جزئی بین عوامل بیگانه
- ۶- قادر به تشخیص شاخ‌های لیپیدی و کربوهیدراتی اختصاصی سطح پاتوژن‌ها
- شامل -
- سدهای فیزیکی شیمیایی مثل اپی‌تلیوم (سلول‌های پوششی بدن) و ترشحات ضد میکروبی آن‌ها
- سلول‌های بیگانه‌خوار (نوتروفیل‌ها و ماکروفاژها) و سلول‌های کشنده‌ی طبیعی (NK cells)
- پروتئین‌های خون نظیر سیستم کمپلمان و سایر مدیاتورها (واسطه‌های التهابی)
- سایتوکاین‌های ایمنی ذاتی
- = سازشی، تطابقی (Adaptive)، اختصاصی (specific)
- ۲- ایمنی اکتسابی (Acquired Immunity)
- قدرت تمایز فوق‌العاده بین ماکرومولکول‌ها و میکروب‌های مختلف (حتی بسیار مشابه)
- منجر به ایجاد خاطره ایمنی
- در مواجهه مجدد با یک میکروب یا عامل بیگانه خاص منجر به پاسخ قوی‌تر و شدیدتر با ماهیت متفاوت.
- شامل: لنفوسیت‌ها و فرآورده‌های آن‌ها
- خصوصیات کلی سیستم ایمنی
- انواع ایمنی

<p>Humoral Immunity =</p> <p>① ایمنی هومورال</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ایجاد Ab توسط لنفوسیت های B</li> <li>* مکانیسم دفاع اصلی در برابر میکروب های خارج سلولی و سموم</li> </ul>	<p>انواع پاسخ های ایمنی اکتسابی</p>	<p>۲- ایمنی اکتسابی (Acquired Immunity)</p>	<p>انواع ایمنی</p>
<p>ایمنی وابسته به سلول (CMI) = (Cell Mediated Immunity)</p> <p>② ایمنی سلولی</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ایجاد توسط لنفوسیت های T</li> <li>- مکانیسم دفاعی اصلی در برابر میکروب های داخل سلولی</li> </ul>			
<p>③ ایمنی فعال (Active Immunity)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- شکل طبیعی: در اثر مواجهه بدن با یک Ag بیگانه</li> <li>- شکل مصنوعی: ورود عمدی یک Ag خارجی به بدن توسط واکسیناسیون</li> </ul>	<p>روش های ایجاد ایمنی اکتسابی</p>	<p>④ ایمنی غیرفعال (passive Immunity): انتقال سرم یا پلاسما حاوی Ab و یا لنفوسیت اختصاصی یک فرد مصون به فرد دیگر.</p> <p>* مثال</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- انتقال Ab مادر از طریق جفت به جنین</li> <li>- انتقال Ab مادر از طریق آغوز به روده انسان</li> </ul> <p>* در ایمنی غیرفعال برخلاف ایمنی فعال، خاطره نداریم</p>	<p>نکته *</p>
<p>- پل ارلیش: ارائه تئوری مکمل بودن فیزیکی شیمیایی، اختصاصی (paul Ehrlich)</p> <p>بودن واکنش Ag- Ab و تئوری ایمنی هومورال</p> <p>- الی مچنیکف: ارائه تئوری ایمنی سلولی (پدر ایمنی سلولی) (Elie Metchnikoff)</p> <p>- جرج مکنز: اثبات ایمنی سلولی با نشان دادن امکان انتقال (George Mackaness)</p> <p>ایمنی در برابر باکتری درون سلولی مثل لیستریا مونوسایتوتوز (از طریق انتقال سلول های ایمن فرد مصون)</p>			
<p>⑤ مرحله شناسایی Ag (Recognition phase) توسط کلون اختصاصی آن Ag (نظریه گزینش کلونال یا انتخاب کلون)</p> <p>⑥ مرحله فعال شدن لنفوسیت ها (Activation phase)</p> <p>⑦ مرحله اجرایی (Effector phase)</p>	<p>- مراحل پاسخ های ایمنی اکتسابی</p>		
<p>⑧ همه آن ها حداقل بخشی از عمر خود را، در خون اند</p> <p>⑨ از سلول های بنیادی مغز استخوان و کبد جنینی منشاء می گیرند.</p>			<p>سلول های دخیل در سیستم ایمنی دارای ۲ ویژگی مشترک اند</p>



- این سلول‌ها اختصاصی Ag نیستند.
- شامل -
- ① فاگوسیت‌های حرفه‌ای
- \* اصلی‌ترین و مهم‌ترین سلول‌های بیگانه‌خوار بدن
  - \* شامل
    - مونوسیت‌های گردشی
    - ماکروفاژهای ساکن بافتی
  - \* نقش
    - فاگوسیتوز میکروب‌ها
    - تولید سایتوکاین‌های فراخوان و فعال‌کننده سایر سلول‌های التهابی در محل ورود عفونت
- ② سلول‌های بیگانه‌خوار چند هسته‌ای (PMNs) (PMN = Poly Morpho Nuclear)
- \* شامل
    - نوتروفیل‌ها (Neut)
    - ائوزینوفیل‌ها (Eos)
  - \* کارایی ائوزینوفیل‌ها از نظر سرعت فاگوسیتوز و مقدار مواد بلع شده کم‌تر از نوتروفیل‌ها می‌باشد.
  - \* نقش: فاگوسیتوز و انهدام پاتوژن‌ها
- ③ سلول‌های ترشح‌کننده واسطه‌های التهابی
- \* شامل
    - ماست‌سل‌ها (مهم‌ترین)
    - بازوفیل‌ها (Bas)
    - پلاکت‌ها (Plt)
- ④ سلول‌های دارای مکانیسم کشتن خارج سلولی (ADCC)
- (ADCC = Antibody-Dependent Cell-mediated Cytotoxicity)
- \* شامل
    - ائوزینوفیل‌ها
    - سلول‌های کشنده طبیعی (NK cells) (جزء گروهی از لنفوسیت‌ها به نام لنفوسیت‌های Null)
- شامل -
- شامل -
- لنفوسیت‌ها
  - سلول‌های کمکی (سلول‌های فرعی)
    - DC (سلول‌های دندریتیک)
    - سلول‌های بیگانه‌خوار تک هسته‌ای
    - سلول‌های اپی‌تلیال
  - دارای قدرت تقسیم و تمایز حتی پس از بالغ شدن
  - \* دو تفاوت عمده لنفوسیت‌ها با سایر سلول‌ها
    - استفاده از شاخص‌های سطحی برای شناسایی آن‌ها از یکدیگر (CD مارکر)
- سلول‌های سیستم ایمنی اکتسابی

## آنتی ژن (Ag) پادگن، سوپر آنتی ژن و میتوزن

L

- Antigen (آنتی ژن): موادی که بتوانند با گیرنده اختصاصی در سیستم ایمنی واکنش دهند.
- از لحاظ لغوی
  - Anti - ← بر علیه
  - gen - ← تولید کردن
 (تولید کننده Ab)
- تحریک سیستم ایمنی
  - ① ایجاد پاسخ ایمنی = ایمونوژن (ایجاد پاسخ ایمنی اختصاصی علیه یک Ag)
  - ② عدم ایجاد پاسخ ایمنی = تولرژن
- بی اثر بر سیستم ایمنی ← هاپتن
- اغلب مولکول‌هایی با وزن مولکولی پایین (کمتر از ۱۰/۰۰۰ دالتون) و برخی از مولکول‌های با وزن مولکولی بالا
  - یک ایپی‌توپ یا بخشی از یک ایپی‌توپ
  - تک ظرفیتی
  - عدم تحریک سیستم ایمنی به تنهایی
  - تحریک سیستم ایمنی در صورت اتصال کووالان به یک ایمونوژن مانند pr (حامل) (carrier)
  - قادر به اتصال به Ab ضد خود به تنهایی
- \*\*\* هاپتن
  - داروها
  - شامل
    - فلزات
    - گروه‌های شیمیایی و ...
- پاسخ سیستم ایمنی به کمپلکس هاپتن-کریر
  - Bcell ایپی‌تویی از حامل را به Tcell عرضه می‌کند.
  - Bcell اختصاصی هاپتن بوده و ایپی‌توپ خاصی از آن را شناسایی می‌کند.
- \*) Dual recognition: شناسایی ایپی‌توپ خاصی از Ag توسط Bcell و ایپی‌توپ دیگری از آن توسط Tcell
- اگر ایمونوژن منجر به ایجاد پاسخ آلرژی شود (ازدیاد حساسیت) ← آلرژن
- \* آلرگوئید: آلرژن بدون خاصیت
- \* آنتی‌ژنیسیته جزء خاصیت ذاتی مواد می‌باشد ولی ایمونوژنیسیته، تولرژنیسیته و آلرژنیسیته جزء خاصیت ذاتی مواد نمی‌باشد. (وابسته به ژنتیک میزبان)
- \* هر ایمونوژن یک Ag می‌باشد ولی یک Ag لزوماً ایمونوژن نمی‌باشد.
- سوپر آنتی ژن (ابر آنتی ژن)
  - عامل میتوز غیراختصاصی که محرک الیگوکلونال Tcell می‌باشد (در برخی رفرنس‌ها محرک پلی کلونال ذکر شده است).
  - بدون پردازش توسط APCها منجر به تکثیر و فعال شدن Tcell

Ag

<p>- اتصال به زنجیره <math>\alpha</math> از MHC II</p> <p>- اتصال به ناحیه متغیر از زنجیره <math>\beta</math> (CDR ۴)</p> <p>- اتصال به زنجیره <math>\beta</math> از MHCII</p> <p>- اتصال به ناحیه متغیر از زنجیره <math>\beta</math> (CDR ۴)</p>	<p>- باکتریال</p> <p>- ویرال</p>	<p>- انواع</p>
<p>- دارای عرضی خارج شیاری</p> <p>- عدم تولید Ab ضد سوپر Ag</p> <p>- عوارض به دلیل تولید شدید <math>\alpha</math>-TNF (علائم کلینیکی مثل مسمومیت غذایی)</p> <p>- پاسخ خود محدود شونده (آپتوز شدن Tcell های شدید تحریک شده)</p>		
<p>- در پاسخ به Ag های معمولی اغلب <math>\frac{1}{10^5}</math> کلون لنفوسیتی فعال شده اما در پاسخ به سوپر Ag <math>\frac{1}{4}</math> کلون ها فعال می گردد.</p>	<p>- سوپر آنتی ژن (ابر آنتی ژن)</p>	
<p>- آنروتوکسین های استافیلوکوکوس اورئوس</p> <p>- توکسین TSST<sub>1</sub> در استافیلوکوکوس اورئوس</p> <p>- اکسفولیپتوتوکسین در استافیلوکوکوس اورئوس</p> <p>- سموم اریتروزن استرپتوکوک پایوژنز</p> <p>- پروتئین M در استرپتوکوک پایوژنز</p> <p>- نوکلئوکسپید ویروس هاری</p> <p>- مایکوپلاسماها</p> <p>- ویروس لوسمی موشی</p> <p>- پروتئین gp 120 ویروس HIV</p> <p>- فرآورده ژن رترو ویروس ها (مثل HIV)</p>	<p>- مثال</p>	<p>Ag</p>
<p>- اثر آلوستریک: اتصال Ab اول باعث ممانعت فضایی اتصال Ab دوم می شود. (هنگامی که دو شاخص Ag ای به هم نزدیک باشند، البته گاهی از روشی غیر از ممانعت فضایی (مثل تغییر شکل فضایی در ساختار فضایی Ag) می تواند اثر خود را اعمال کند.</p>		
<p>= شاخص آنتی ژنیک</p> <p>- قسمتی از یک Ag که توانایی اتصال و شناسایی به واسطه ی Ab یا TCR /BCR را داشته باشد.</p> <p>* تمایز Ag ها ناشی از تفاوت در اپی توپ آن ها می باشد.</p> <p>* ظرفیت یک Ag معادل اپی توپ های آن است.</p> <p>* شاخص آنتی ژنیک</p> <p>- در صورت ایجاد پاسخ ایمنی ← شاخص ایمونولوژیک</p> <p>- در صورت عدم پاسخ ایمنی ← شاخص تولرژنیک</p> <p>- ناحیه فعال Ag</p> <p>- کوچک ترین واحد Ag</p> <p>- معادل ظرفیت Ag</p> <p>- اپی توپ هر Ag دارای ۳ خصوصیت مهم</p>		
<p>Continuous, Sequential, ترتیبی، ردیفی، رشته ای، متوالی، خطی،</p> <p>- ایجاد توسط پیوند کووالان اجزای مجاور هم</p> <p>- pt های دارای ۶ اسید آمینه</p> <p>- قندهای دارای ۶-۴ مونوساکارید</p> <p>- حضور در تمامی ماکرومولکول ها اعم از قند، فسفولیپید، اسید نوکلئیک (تک رشته، دو رشته، pt (رشته ای، کروی)</p>	<p>① اپی توپ پیوسته</p> <p>AG در اصل مولرژنیک در AG</p> <p>- انواع اپی توپ</p>	<p>- اپی توپ</p>

<p>= ناپیوسته، فضایی، ساختاری، غیر تریبیسی، Discontinuous.  <b>Conformational</b>          - ایجاد توسط پیوند غیر کووالان اجزاء          - اغلب در اطراف Ag و تصویر ۳ بعدی مولکول (mimotope determinant)          - حضور در اسید نوکلئیک دو رشته‌ای و pI های کروی          * عدم حضور در ساختمان اول pr          * از بین رفتن در اثر دناتوره شدن pr          - سلول های T توانایی شناسایی اپی توپ فضایی را ندارند.          - سلول های B توانایی شناسایی اپی توپ های خطی و فضایی را دارند.          - دارای خاصیت ایمونوژنی بیش تر نسبت به اپی توپ خطی</p>	<p>① اپی توپ شکلی          Ag در          از لحاظ محل قرارگیری در          (A)</p>		
<p>② Neoantigenic determinant (شاخص جدید Ag ای): اپی توپ جدید ناشی از فسفریلاسیون یا پروتئولیز مولکول pr ای          - از Ab علیه اپی توپ خطی جهت شناسایی دناتوره شدن pr          - از Ab علیه اپی توپ فضایی جهت شناسایی طبیعی بودن pr          - از Ab علیه شاخص جدید Ag ای جهت شناسایی فعال یا غیرفعال بودن pr (آنزیم)</p>	<p>***</p>		
<p>① اپی توپ فعال: همواره منجر به پاسخ ایمنی (Immuno-potent determinant)          = غیرفعال، پنهان، ساکت، خاموش          - عموماً پنهان بوده و عرضه نمی شود          - ایمنی‌زا در صورت دناتوره شدن یا اتصال به pI دیگر          * ظرفیت کلی Ag: مجموع اپی توپ فعال + اپی توپ نهفته          * واکنش ایمنی علیه یک Ag: جمع جبری واکنش لئوسیت‌ها علیه اپی توپ Ag</p>	<p>② اپی توپ نهفته          (Silent determinant)          B از لحاظ ایمنی‌زایی</p>	<p>- انواع اپی توپ</p>	<p>Ag          - اپی توپ</p>
<p>- اپی توپی که فقط در یک Ag مشخص وجود دارد و مخصوص آن Ag است.          - مثال: اپی توپ اختصاصی سالمونلا که مخصوص سالمونلا بوده و در باکتری دیگری وجود ندارد.</p>	<p>① اپی توپ اختصاصی (specific)</p>	<p>Ag</p>	
<p>- مشترک در چند Ag          - واکنش متقاطع:          (cross reaction)          اپی توپ باعث واکنش ایمنی و یا مصونیت در برابر چند ارگانیزم می شود.          - واکنش متقاطع در تفسیر واکنش‌های سرولوژی و ایمونولوژی</p>	<p>② اپی توپ مشترک          C از لحاظ ویژگی اختصاصیت</p>		

<p>① ای بی توپ تکراری</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>= ای بی توپ مولتی والان (چند ظرفیتی)</li> <li>- دارای چند شاخص Ag ای از یک نوع یکسان</li> <li>- تولید یک نوع Ab علیه تمام این ای بی توپ ها</li> <li>- بیش تر در پلی ساکاریدها و اسیدهای نوکلئیک</li> </ul> <p>② ای بی توپ غیر تکراری</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>= Ag های چند شاخصی (مولتی دترمینانت)</li> <li>- دارای چند شاخص Ag ای متفاوت</li> <li>- علیه هر ای بی توپ تولید یک Ab متفاوت</li> <li>- غالباً در pr های کروی</li> </ul>	<p>(D) از لحاظ تکرار</p>			
<p>① غالب</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ایجاد پاسخ ایمنی قوی تری نسبت به سایر ای بی توپ های آن مولکول</li> <li>- سطحی، در دسترس، هیدروفیل</li> </ul> <p>② زیر غالب</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- تحریک غیر مؤثر سیستم ایمنی</li> <li>- درونی، دور از دسترس هیدروفوب</li> </ul> <p>(Immuno-dominant determinant)</p> <p>* ای بی توپ حفاظتی: ای بی توپ هایی که جزء ساختار حیاتی ارگانسیم اند و هدف گرفتن آن منجر به مرگ ارگانسیم می شود.</p> <p>(1) مصونیت زا ← منجر به مصونیت فرد (Protective)</p> <p>(2) غیر مصونیت زا ← عدم ایجاد مصونیت در فرد (Non-protective)</p>	<p>(E) از لحاظ قدرت تحریک (قدرت ایمنی زایی)</p> <p>(F) از لحاظ ایجاد مصونیت</p>	<p>- انواع ای بی توپ</p>	<p>- ای بی توپ</p>	<p>Ag</p>
<p>① ساختمان ژنتیکی میزبان</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- مهم ترین عامل مرتبط با میزبان</li> <li>- پاسخ ایمنی افراد نسبت به Ag ها متفاوت است.</li> <li>- ایجاد پاسخ ایمنی به صورت اتوزومی غالب به ارث می رسد</li> <li>- واکنش ایمنی تحت کنترل ژنتیکی می باشد (توسط ژن های Ir (MHCII) در کروموزوم ۶)</li> <li>- پلی ساکارید خالص LPS</li> <li>- در انسان و موش ایمونوژن است</li> <li>- در خوکچه هندی و خرگوش غیر ایمونوژن</li> </ul> <p>② جنس میزبان</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- خانم ها به دلیل تولید استروژن ↑ تولید Ab ↑ ایمنی همورال ↑</li> <li>- آقایان نسبت به خانم ها دارای ایمنی سلولار ↑</li> <li>- * خانم ها نسبت به آقایان مقاومت ↑ تری به عفونت های چرک زا دارند.</li> </ul> <p>③ سن میزبان ← در کودکان و افراد مسن سیستم ایمنی تضعیف شده</p> <p>④ تغذیه</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- نقش بارز پروتئین ها، ویتامین ها و Zn (روی) در تقویت سیستم ایمنی</li> <li>- کاهش pr: مرتبط با کاهش سیستم ایمنی</li> </ul>	<p>(1) عوامل مرتبط با میزبان</p> <p>(2) عوامل مرتبط با Ag</p>	<p>- عوامل مؤثر در ایمونوژنیسیته</p> <p>- به دو دسته تقسیم می شوند</p> <p>(1) عوامل مرتبط با میزبان</p>	<p>(1) عوامل مؤثر در ایمنی زایی یک Ag (ایمونوژنیسیته Ag)</p>	<p>عوامل مؤثر در ایمنی زایی یک Ag (ایمونوژنیسیته Ag)</p>

- (۱) بیگانگی Ag برای بدن
- شرط اول، اصلی و لازم برای ایمونوزن بودن آنتی‌ژن
  - وظیفه اصلی سیستم ایمنی ← تمایز خودی از غیر خودی
  - تنها Agهایی برای بدن ایمونوزن‌اند که بیگانه باشند.
  - هرچه بیگانگی بیشتر (دارای فاصله بیشتر از لحاظ فیلوژنی) قدرت ایمنی‌زایی بیشتر
- (۲) شکل Ag
- شاخص‌های شکلی (فضایی) دارای قدرت ایمنی‌زایی بیشتر نسبت به شاخص‌های خطی ←
  - قدرت ایمنی‌زایی پروتئین کروی بیشتر از سایرین
  - ذره‌ای قدرت ایمنی‌زایی بیشتر نسبت به Ag محلول و کلونیدی دارد.
  - \* تزریق شکل مونومریک pI ایمونوزن موجب ایجاد تولرانس و تحمل نسبت به شکل پلی‌مر آن می‌شود.
- (۳) نوع بار الکتریکی Ag
- هرچه تفاوت بار الکتریکی بین Ab, Ag ↑ ایمنی‌زایی ↑
  - هیدروفیل بودن منجر به در دسترس قرارگیری
  - در دسترس بودن اتصال رسپتور و اپی‌توپ
  - هیدروفیل بودن باعث کشش و تمایل بیشتر بین مولکول‌ها
  - در مجموع بار الکتریکی و در دسترس بودن اپی‌توپ لازم و ملزوم یکدیگراند.
  - استثناء: دکستران فاقد بار الکتریکی ← ایمونوزن
  - \* بار الکتریکی Ab عکس بار الکتریکی مطلق Ag (در مورد کمپلکس هاپتن-کریر، بار Ab ضد بار کریر می‌باشد).
- (۴) عوامل مرتبط با Ag
- (۴) ترکیب (ماهیت) شیمیایی
- ترتیب ایمنی‌زایی: لیبیدها و استروئیدها > لیسید نوکلئیک > پلی‌ساکارید > pI رشته‌ای > pI کروی
  - اگر یک ایمونوزن ضعیف به همراه حامل پروتئینی گردد ← ایمنی‌زایی ↑
  - تا کنون Ab علیه DNA دو رشته‌ای حیوانات دیده نشده است.
  - حضور اسیدآمینه آروماتیک ← افزایش ایمنی‌زایی \* (تیروزین مهم‌ترین)
  - اسیدآمینه L از اسیدآمینه D ایمونوزن تراست.
  - کیسول باسیلوس آنتراسیس ← D گلوتامیک اسید ← ایمونوزن خیلی ضعیف
  - اسفنگومیلین و سفالین (فسفاتیدیل اتانول آمین) از لیبیدها ← قدرت ایمنی‌زایی بسیار بالا
  - بر علیه کرم‌ها و آلبومین تخم‌مرغ ← IGE
  - بر اساس ماهیت Ag
  - بر علیه گاماگلوبولین و آلبومین گاوی ← IGG
  - پاسخ Ab متفاوت است
  - بر علیه مایکوباکتریوم توبرکلوزیس و سایر
  - (مایکوباکتریوم‌ها ← ایمنی سلولار)
- (۵) پیچیدگی شیمیایی
- هرچه ماده پیچیده‌تر ← ایمونوزن تر
  - ← تعریف هتروژنیسیته ← به تنوع واحدهای ماکرومولکول‌ها گویند.
  - یک واحد سازنده
  - هوموپلی‌مرها
  - ایمونوزن ضعیف
  - دکستران، گلیکوژن و ...
  - انواع پلی‌مر هتروژنیسیته
  - هتروپلی‌مرها
  - چند واحد سازنده
  - ایمونوزن فعال
  - (کوپلی‌مرها)
  - pI های کروی
  - قدرت ایمنی‌زایی: لپید، اسید نوکلئیک و استروئیدها > pI رشته‌ای و pI صنایعی و پلی‌ساکارید > pI کروی بیش از ۱۰۰ kDa

- ۶) اندازهی مولکول (وزن مولکولی)
    - هرچه ماده بزرگتر ← ایمونوژن قوی تر
    - به طور کلی مواد کوچکتر از ۱۰KDa یا اصلاً ایمونوژن نبوده و یا خیلی ضعیفاند.
    - ← مثل: گلوکاگون (۲۶۰۰Da) و انسولین (۵۰۰۰D)
    - قوی ترین ایمونوژن ها ← prهای کروی با وزن بیش تر از ۱۰۰ KDa
    - استثنا: اسید نوکلئیک با وزن مولکولی ↑ ← ایمونوژن ↓
  - ۷) قابلیت حلالیت (تجزیه پذیری Ag)
    - ایتیمم تجزیه پذیری مهم
    - هرچه تجزیه پذیری ↓ ← شناسایی ↓ ← تحریک ↓
    - هرچه تجزیه پذیری سریع ← دفع ↑ ← تحریک ↓
    - پلی مرهای صنعتی ← عدم تجزیه پذیری و عدم تحریک سیستم ایمنی (پروتز مصنوعی)
  - ۸) مقدار (دوز) Ag
    - دوز Ag باید در حد مناسب باشد (Optimal)
    - در صورت تزریق کم Ag ← منجر به تولرانس
    - در صورت تزریق میزان زیاد Ag ← منجر به تولرانس
- \* تزریق کم Ag:
- در روش حساسیت زدایی نسبت به آلرژن ها (بسر دکا) از این روش برای تولرانس به آلرژن بهره برده می شود.
- ۹) راه ورود Ag
    - در مسیر هرچه جذب و دفع آهسته شود ← ایمونوژن بودن ↑
    - Ag خوراکی ← ایمونوژنی ↓ ← تخریب در اسید معده
    - (A) راه دهانی (oral)
      - عموماً منجر به القاء تولرانس
      - محرک سیستم ایمنی گوارشی
      - بهترین روش در واکنش های پویو ویروس (هدف تولید S-IgA)
    - (۱) وریدی (i.v)
      - در بار اول تزریق ← حداقل واکنش ایمنی
      - در بار دوم ← احتمال شوک آنافیلاکسی
      - جذب سریع و تولرانس ↑
    - (۲) صفاقی (i.p) ← به دلیل جذب سریع ← ایمنی ↓ (عدم کاربرد انسانی)
    - (B) تزریقی
      - جذب کند و تحریک آهسته
      - (۳) عضلانی (i.m) ← دوام Ab ↑
      - (۴) دری (i.d) ← از لحاظ قدرت: SC > I.P > IV
      - (۵) زیر جلدی SC ← از بهترین راه های تزریق (بهترین SC)
    - (C) راه تنفسی ← دارای ایمونوژنیسیته ↓
  - ۱۰) توالی تزریق
    - در ایمنی زایی بسیار مهم (فاصله و تعداد دفعات ورود یک Ag)
    - \* بهترین تزریق در فاز نزولی (افت Ab) می باشد.
    - فاصله تزریقات نزدیک ← ایمنی زایی ↓
  - ۱۱) رقابت Ag: هرگاه با تجویز یک Ag یا ای توپ، پاسخ ایمنی علیه Ag یا شاخص دیگر مهار شود.

- (۱) براساس ساختار ← پروتئین، پلی‌ساکارید، اسید نوکلئیک و لیپیدها
- (۲) براساس ماهیت
- Ag محلول ← مثل پروتئین‌های درون سرم
  - Ag کلوئیدی ← مثل کاردیوپولپپین قلب گوساله
  - Ag ذره‌ای ← مثل باکتری‌ها، ویروس‌ها و RBC
- روش‌های ردیابی
- Ag محلول ← پرسی پیتاسیون (رسوبی)
  - Ag کلوئیدی ← فلوکولاسیون
  - Ag نامحلول ← آگلوتیناسیون
  - شناسایی RBC ← هماگلوتیناسیون
- (۳) انواع Ag از نظر ارتباط گونه‌ای
- اتو Ag ← Ag یک فرد برای خودش
  - آلو Ag ← Ag یک فرد برای فردی از همان گونه (گروه‌های خونی انسان)
  - ایزو Ag ← عمدتاً آلو Ag‌های مطرح در مادر و جنین
  - هترو Ag ← Ag یک فرد برای فردی از گونه دیگر (Ag انسان و میمون)
  - گزنو Ag ← Ag یک فرد برای فردی از یک گونه کاملاً دور (انسان و مرغ)
- Ag‌هایی که صرف‌نظر از ارتباط گونه‌ای قرابت Ag دارند.
- Ag هتروفیل ← مهم‌ترین مثال آن آنتی‌ژن فورسمن
  - حضور در گونه‌های مختلفی از حیوانات، گیاهان و میکروارگانیسم‌ها
- Ag همولوگ ← Ag که بر علیه آن Ab اختصاصی تولید می‌شود.
- Ag که با Ab اختصاصی علیه Ag اصلی (همولوگ) واکنش می‌دهد.
- Ag هترولوگ ← واکنش متقاطع انجام می‌گیرد (به دلیل شباهت میان Ag اصلی و Ag هترولوگ)
- Ag هتروفیل نوعی Ag هترولوگ است.
- (۴) انواع Ag از لحاظ پاسخ ایمنی
- Ag وابسته به تیموس (TD)
- تولید Ab توسط B سل علیه آن‌ها نیازمند TH می‌باشد.
  - عمدتاً پروتئینی و مشتقات آن
  - Ab علیه آن عمدتاً از نوع IgG مثل Ag H سالمونلا
  - علیه این Ag‌ها
    - ایزوتایپ سوئیچینگ
    - بلوغ افینیتی
    - ایجاد خاطره
- دخالت Tcell
- (۵) انواع Ag از لحاظ نقش تیموس در پاسخ
- مستقل از تیموس (Ti)
- برای تولید Ab نیاز به Tcell نمی‌باشد.
  - عمده این Ag‌ها ← پلی‌ساکاریدی و اجزای دیواره باکتری‌ها
  - دسته اول ← Lps که IgM علیه آن تولید می‌شود.
  - دسته دوم ← مثال
    - پلی‌ساکارید کپسولی باکتری
    - گلیکولیپید گروه خونی
    - اسیدهای نوکلئیک
  - Ab علیه آن IgM و گاهاً IgG2
- انواع
- Ti-1
  - Ti-2
- ⑥ سایتوکاین لازم برای تولید IgG در دسته دوم (مستقل از تیموس‌ها) گاهاً از
- NK Cell
  - NKT
  - DC
  - T $\gamma$  $\delta$
- تأمین می‌شود.
- (۶) انواع Ag از لحاظ عرضه و شناسایی
- Ag‌های معمولی
  - سوپر Ag‌ها



- تعریف: موادی هستند که باعث افزایش خاصیت ایمنوزنی ایمنوزن ضعیف می‌شوند.

- \* محرک غیراختصاصی سیستم ایمنی
- \* عدم تغییر در ساختمان و ماهیت Ag
- Ag های محلول
- دوز پایین Ag
- Ag هایی با ایمنوزنیسته کم
- واکنش‌های توکسوئید و کشته شده
- Ag های نامحلول
- دوز بالای Ag
- Ag هایی با ایمنوزنیسته زیاد
- واکنش‌های زنده

- ادجوانت + ایمنوزن ضعیف ← افزایش ایمنی‌زایی
- ادجوانت + هاپتن ← بی‌اثر
- ادجوانت باید با Ag مخلوط گردد (کوئزوگه نباید شود)
- GM - CSF
- IL<sub>۲</sub>
- IL<sub>۱۲</sub>
- IFN $\gamma$  و C<sub>d</sub>
- BCG: ادجوانت به کار رفته در درمان تومور سفت مثانه
- قوی‌ترین ادجوانت‌ها هستند.

- نکات -

ادجوانت

- (۱) ادجوانت کامل فروند (باسیل سل کشته شده + امولسیون آب و روغن)
- \* ممنوع در انسان به دلیل اثرات التهابی قوی و گرانولوماتوز
- (۲) ادجوانت ناقص فروند: امولسیون آب و روغن
- \* امروزه به جای باسیل سل از مورامیل پپتید محلول در آب استفاده می‌شود.
- \* به دلیل ایجاد آبنه استریل امروزه از روغن‌های طبیعی مثل اسکوالن (پیش‌ساز کلسترول) استفاده می‌گردد.
- \* ادجوانت فروند منجر به { تقویت ایمنی سلولی (ازدیاد حساسیت تأخیری)
- { تقویت ایمنی هومورال (به ویژه تولید IgG)

A) ادجوانت فروند

① باکتریال

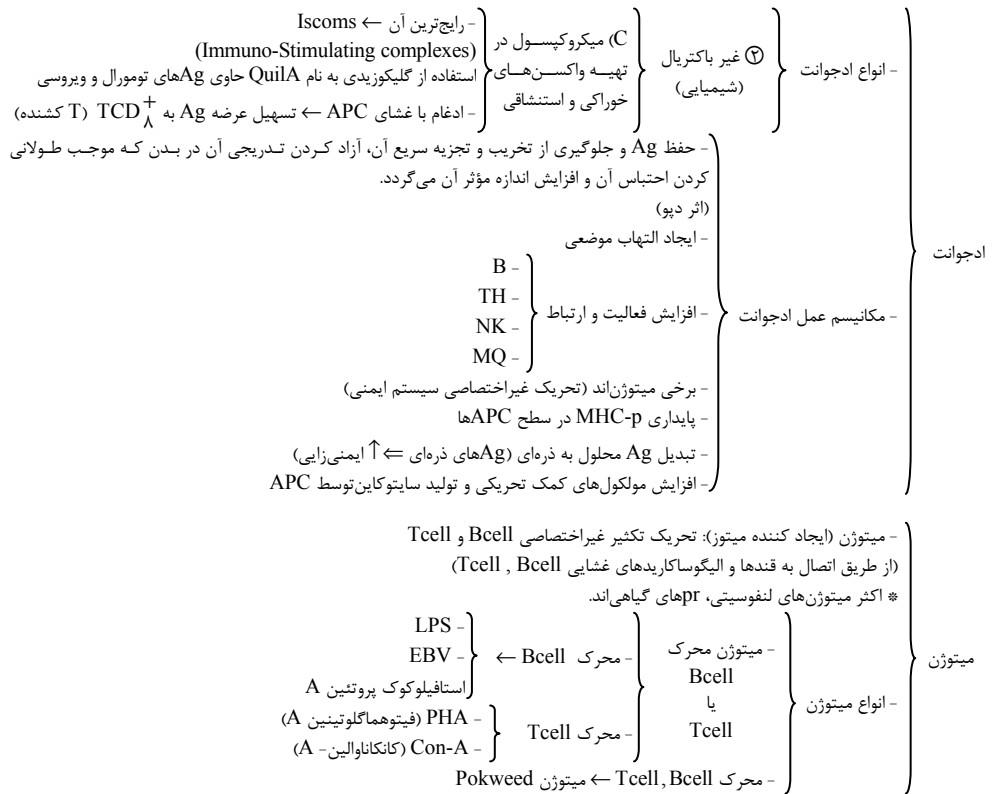
B) LPS ← ادجوانت قوی که خاصیت خود را از lipid دارد.

- انواع ادجوانت -

- باسیل کشته شده بوردتلاپرتوزیس در واکنس DPT (دیفتری، سیاه‌سرفه، کزاز)
- ایجاد ازدیاد حساسیت تأخیری
- افزایش TCD<sub>۸</sub><sup>+</sup> و کاهش TCD<sub>۸</sub><sup>+</sup> در گره لنفوی ناحیه)
- منجر به { افزایش TH<sub>۲</sub> و فعال شدن ایمنی هومورال برای تولید IgE
- آنسفالوپاتی بزرگسالان

C) باسیل بوردتلا پرتوزیس (عامل سیاه‌سرفه)

- = فسفات و هیدروکسید آلومینیوم
- رایج‌ترین ادجوانت مصرفی در انسان
- منجر به تحریک تولید IgE (در صفاق)
- A) ترکیبات آلومینیوم
- ② غیر باکتریال (شیمیایی)
- B) vita و پلی نوکلئوتیدهای صنعتی



## آنتی‌بادی

L

- تعریف: گلیکوپروتئین‌های محلولی که به طور اختصاصی به Ag متصل می‌شوند.
- ایمونوگلوبولین (Ig): به دلیل تعلق به دسته‌ای از پروتئین‌های کروی (گلوبولین‌ها) و داشتن دومین گاماگلوبولین (اکثرأ در هنگام الکتروفورز در منطقه  $\gamma$  قرار می‌گیرند).
- آنتی کر
- پادتن
- همولایزین
- اسامی دیگر
- نامیده شده توسط دانشمند آلمانی (ارلیش)
- عمل کننده به عنوان رسپتور دو طرفه
- از یک طرف اتصال به طور اختصاصی به Ag
- از یک طرف اتصال به کمپلمان و سلول‌های مختلف (برای انجام اعمال بیولوژیک)
- امروزه برای همولیزین در آزمایش ثبوت مکمل به کار می‌رود.
- آمبوسپتور (Amboceptor)
- حضور در سرم، مایعات بافتی و یا غشای سلولی
- \* حدود ۲۰ درصد پروتئین‌های پلاسما در انسان
- ساختار: دارای یک ساختار پایه از ۴ زنجیره پلی‌پپتیدی
- ✓ دو زنجیره یکسان پلی‌پپتید کوتاه (زنجیره سبک) (light) (۲۵KDa)
- ✓ دو زنجیره یکسان (زنجیره سنگین) پلی‌پپتیدی بلند (Heavy) (۵۵KDa)
- \* مناطق N-ترمینال (انتهای ۵')، شامل دومین حاوی ۱۱۰ اسیدآمینو در زنجیره سبک و سنگین است ← نواحی متغیر (به ترتیب دومین‌های VL و VH)
- \* مناطق C-ترمینال (انتهای ۳') ← نواحی ثابت (به ترتیب دومین‌های CL و CH)
- کاپا (ژن آن روی بازوی کوتاه کروموزوم ۲)
- \* فقط یک نوع
- \* انواع زنجیره‌های سبک
- لامبدا (ژن آن روی بازوی کوتاه کروموزوم ۲۲)
- \* دارای ۴ زیر نوع (subtype)
- ☑ نسبت  $\frac{k}{\lambda}$  در انسان  $\frac{۶۵}{۳۵}$  و در موش  $\frac{۹۵}{۵}$
- \* زنجیره سنگین (ژن آن روی بازوی بلند کروموزوم ۱۴)
- نواحی کد کننده ناحیه متغیر
- قطعات  $\left\{ \begin{array}{l} V- \\ D- \\ J- \end{array} \right\}$  هستند. (در ناحیه متغیر)
- \* قطعه D خاص زنجیره سنگین است.
- برحسب نوع قطعه کد کننده ناحیه ثابت ایزوتایپ‌های مختلف Ab را داریم، (کلاس)

- \* در پستانداران ۵ کلاس Ab داریم:
  - IgM (دارای زنجیره  $\mu$ )
  - IgG (دارای ۴ زیرکلاس) (زنجیره  $\gamma$ )
  - IgA (دارای ۲ زیرکلاس) (زنجیره  $\alpha$ )
  - IgD (زنجیره  $\delta$ )
  - IgE (زنجیره  $\epsilon$ )
- \* در مجموع کلاس‌ها و زیرکلاس‌ها ۹ ایزوتایپ را تشکیل می‌دهند.
- (در واقع ایزوتایپ‌های Ab به وسیله زنجیره سنگین تعیین می‌شود. جایگاه نواحی ثابت Ab از سمت  $\delta'$  به  $\gamma'$  :
- $C\mu \rightarrow C\delta \rightarrow C\gamma_3 \rightarrow C\gamma_1 \rightarrow C\alpha_1 \rightarrow C\gamma_2 \rightarrow C\gamma_4 \rightarrow C\epsilon_1 \rightarrow C\alpha_2$
- به همین دلیل اولین Ab تولیدی IgM می‌باشد. (نزدیکی به انتهای  $\delta'$ )
- Ab دارای ۲ فرم
  - مونومر ( $L_2 H_2$ )
  - مولتیمر  $(L_2 H_2)_n \leftarrow [n > 1]$
- \* قطعه دمی (Tail piece)
  - = قطعه پپتیدی اضافی (حدود ۱۸ اسید آمینه)
  - حضور در انتهای زنجیره سنگین  $\delta, \alpha, \mu$
  - عدم حضور در زنجیره سنگین  $\epsilon, \gamma$
- \* پروتئین بنس جونز (Bence-Jones protein)
  - $\mu$  غیر معمولی نسبت به حرارت
  - حضور در ادرار بیماران مبتلا به مالتیپل میلوما (Multiple myeloma)
  - در حرارت  $60^\circ$  تا  $70^\circ$  درجه نامحلول و در سایر دماها محلول
  - مولکول‌های زنجیره سبک یک شکل و هموزن (دارای وزن مولکولی  $\downarrow$ ) ← خروج از خون توسط کلیه و ورود آن به ادرار
- \* نوع جدیدی از زنجیره سبک Ig در سیتوپلاسم سلول‌های نابالغ pre-B
  - به مقدار زیاد در لوسمی حاد لنفوبلاستیک (ALL) (Acute lymphoblastic Leukemia)
  - عدم حضور در ترشحات و سرم
  - به نام زنجیره سبک نوع سای (در موش)
- \* آنتی‌بادی
  - حضور در هر یک از زنجیره‌های پلی‌پپتیدی سبک و سنگین Ig به صورت حلقه‌های فشرده و کروی
  - مجموعه aaهای یک حلقه (حدود  $60^\circ$  تا  $100^\circ$ ) به همراه aaهای کناری در خارج حلقه ← دومین (حدود aa  $110^\circ$ )
  - حوز، قلمرو
  - شامل ۴-۳ مارپیچ  $\alpha$  و ۲ صفحه  $\beta$
  - مقاوم‌ترین ناحیه Ab
- مولکول‌های دارای دومین Ab، عضو سوپر خانواده ایمونوگلوبولین‌ها هستند (IgSF).
- \* منطقه تبدیل switch Region =
  - محلی که حوزه متغیر (V) به حوزه ثابت (C) در هر زنجیره سبک یا سنگین متصل می‌شود.

