ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ БИОТЕХНОЛОГИЯ ФАКУЛЬТЕТІ
БИОФИЗИКА, БИОМЕДИЦИНА ЖӘНЕ НЕЙРОҒЫЛЫМ КАФЕДРАСЫ

Дәріс №5
Антигендер, антиденелер

Дәріскер: б.ғ.к., профессор Аблайханова Н.Т.

Алматы, 2026

ЖОСПАР

I

Кіріспе

- Антигендер мен антиденелер туралы түсінік

II

Негізгі бөлім

- Антигендердің құрылымы
- Антигендердің түрлері мен жіктелуі
- Антигендердің қасиеттері
- Адам ағзасының антигендері, MHC
- Антиденеңің құрылымы
- Иммуноглобулиндердің кластары
- Антиген мен антиденеңің байланысы

III

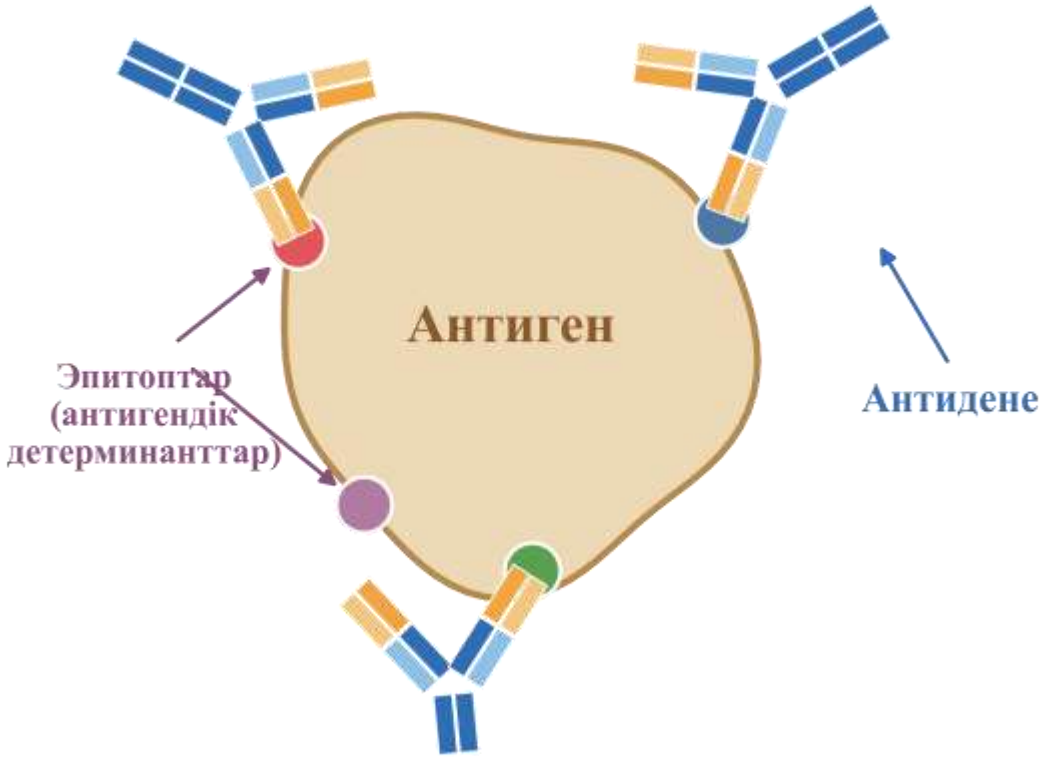
Қорытынды

- Негізгі тұжырымдар
- Бақылау сұрақтары
- Әдебиеттер

АНТИГЕН

Антигендер – адам және жануарлар ағзасына түскенде иммундық реакция шақыратын заттар.

Яғни бөгде затты ағзадан шығаруға бағытталған арнайы серпілістерге қатысатын, генетикалық бөгде, жоғары молекулалық химиялық қосылыстар.



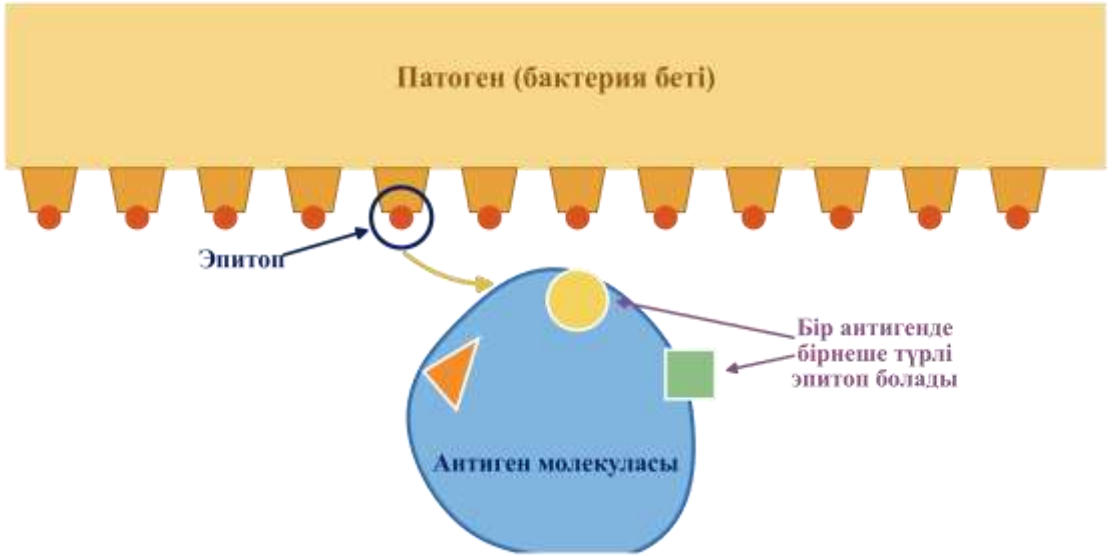
АНТИГЕН ҚҰРЫЛЫМЫ

В-жасушалық эпитоптар

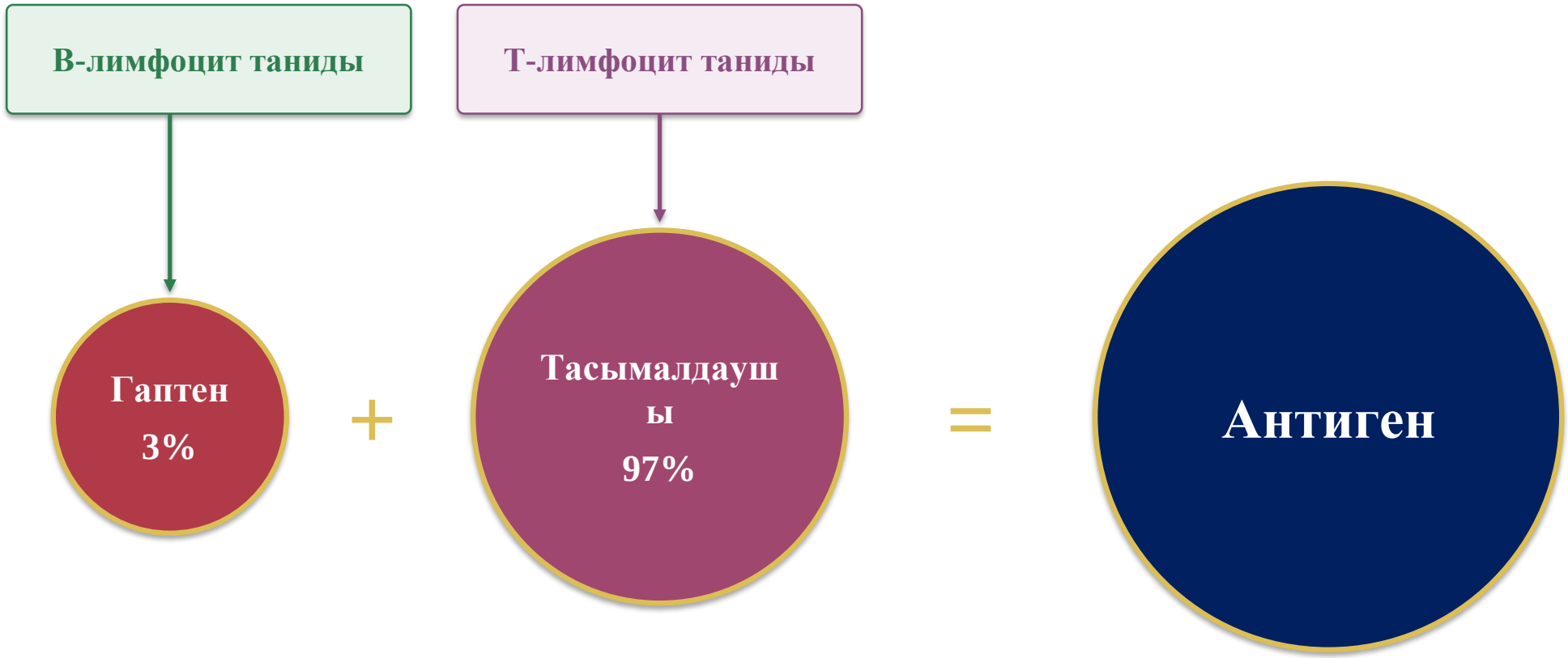
В-лимфоциттер танитын және оларға қарсы антиденелер түзілетін эпитоптар (гаптендік детерминанттар).

Т-жасушалық эпитоптар

Т-лимфоциттер танитын тасымалдаушы детерминанттар; оларға қарсы жасушалық иммунитет серпілістері бағытталады.



АНТИГЕНДЕРДІҢ ҚҰРЫЛЫМ СЫЗБАСЫ



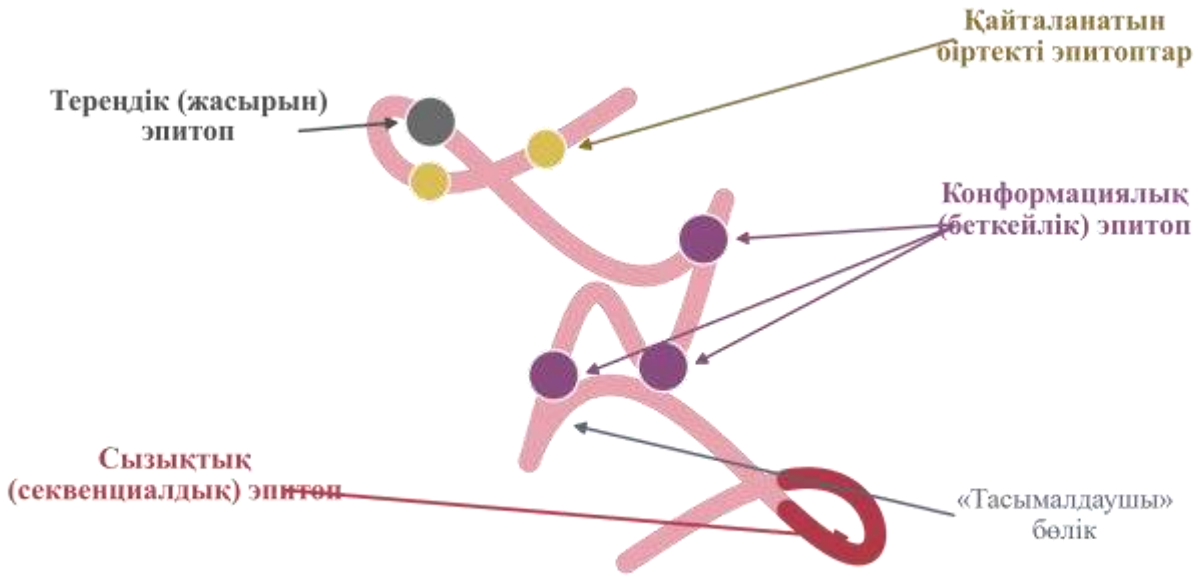
Гаптен

липидтер, стероидтар, пикрин қышқылы

Тасымалдаушы

табиғи: нәруыздар, полиқанттар, липоқанттар, нуклеин қышқылдары; жасанды: полипептидтер, полиэлектролиттер

АНТИГЕНДЕРДІҢ ЭПИТОПТАРЫ

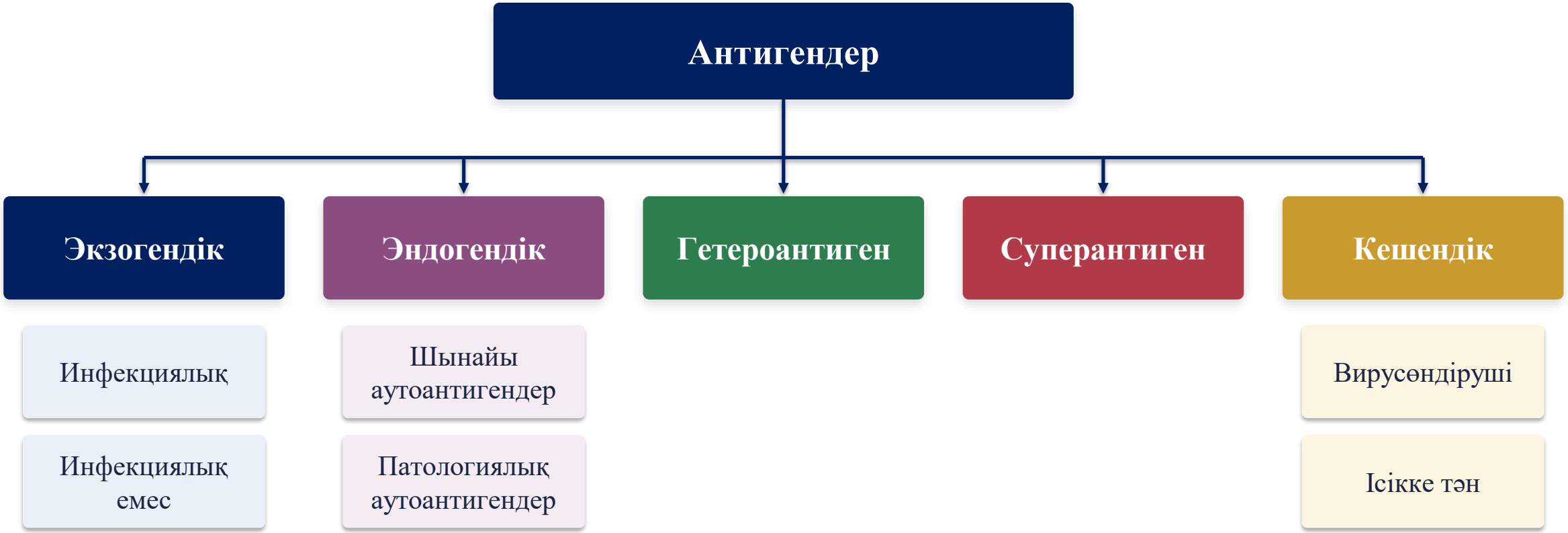


Эпитоптың түрлері

- Сызықтық (секвенциалдық)
- Беткейлік (конформациялық)
- Шеткі және орталық
- Тереңдік (жасырын)

Эпитоп – ықшам, бірақ құбылмалы: антиген құрылымы өзгерсе, жаңа эпитоп пайда болуы немесе бұрынғысы жоғалуы мүмкін.

АНТИГЕНДЕРДІҢ ТҮРЛЕРІ



АНТИГЕННІҢ ТҮРЛЕРІ: АНЫҚТАМАЛАРЫ

Түрі	Топшалары	Анықтамасы
Гетероантиген		Әр түрлі түрлерге жататын, бірақ құрылымы жағынан жақын антигендік детерминанттардан тұрады
Кешендік антигендер	Вирусөндіруші	Вирус жұқтырған жасушаларға қарсы иммундық серпіліс шақырады – вирусқа қарсы иммунитеттің негізі
	Ісікке тән антиген	Иммундық жауап шақырып, ісікке қарсы иммунитетті дамытады

ЭКЗОГЕНДІК АНТИГЕНДЕР



Инфекциялық антигендер

вирустар, риккетсиялар, бактериялар, паразиттер, саңырауқұлақтар



Инфекциялық емес антигендер

бөгде нәруыздар, шаң-тозаң, дәрілік заттар, әр түрлі тағамдардағы антигендік гаптендер

ЭНДОГЕНДІК АНТИГЕНДЕР (АУТОАНТИГЕНДЕР)

Эндогендік антигендер – әр түрлі себептерден туындаған, өз ағзасына қарсы иммундық жауапты қалыптастыратын өзіндік антигендер.

Шынайы аутоантигендер

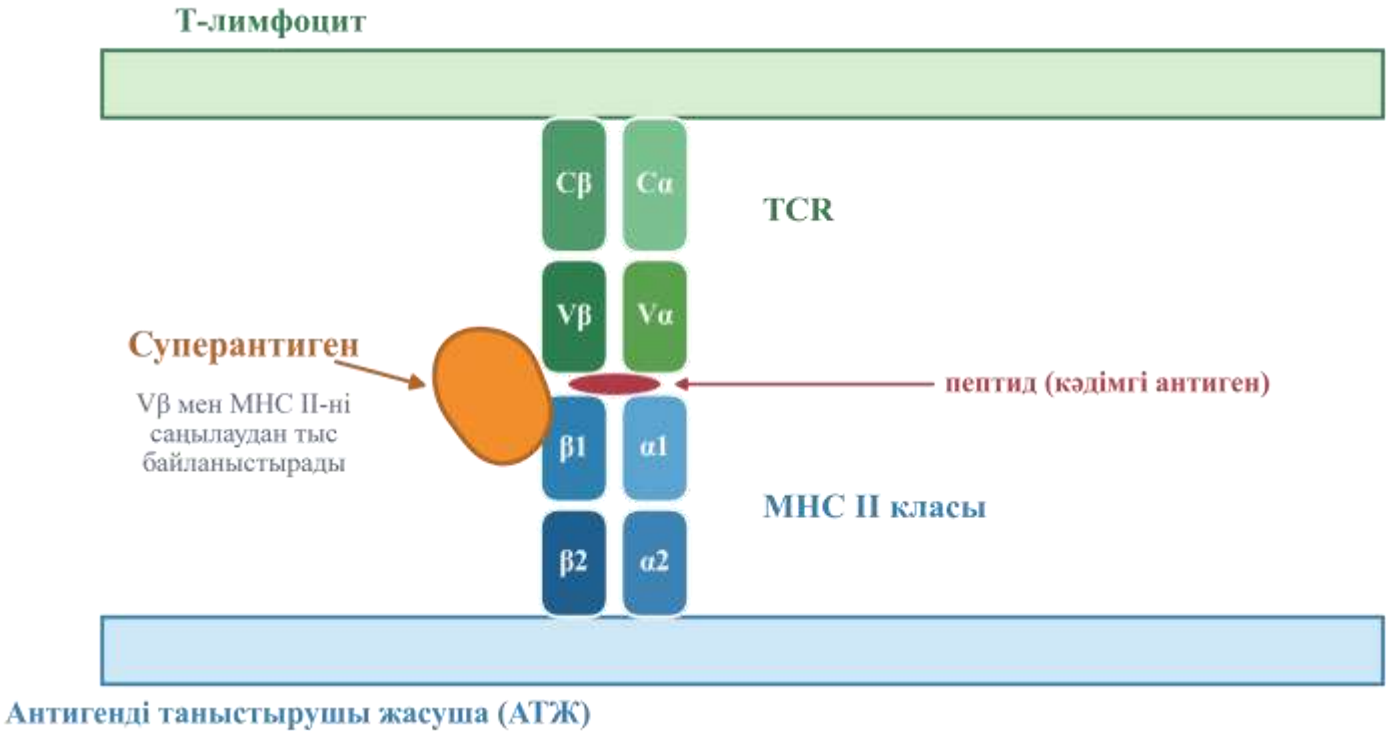
Эмбриогенез кезінде иммундық жүйенің қалыптасу үрдісінде және ересек ағзада иммунокомпетентті жасушалармен жанаспаған, гистогематикалық тосқауылдардың артында орналасқан антигендер (мысалы, көз бұршағы, ми, аталық без).

Патологиялық аутоантигендер

Ағзаның өз жасушалары мен тіндерінің компоненттері; әртүрлі зақымдаушы факторлар мен жұқпалы агенттердің әсерінен өзгеріп, бөгде қасиетке ие болады.

СУПЕРАНТИГЕНДЕР

Суперантигендер – антигенді байланыстыратын саңылаудан тыс, антигенді таныстырушы жасушалардың MHC II класымен және Т-лимфоциттің Т-жасушалық рецепторымен (Vβ) тікелей әрекеттесетін микробтардың антигендері.



Ерекшелігі

- Т-жасушалардың 20%-на дейін бірден белсендіреді
- Цитокиндердің шамадан тыс бөлінуі
- Мысал: стафилококк энтеротоксиндері, уытты шок синдромының токсині

ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ БОЙЫНША ЖІКТЕЛУІ

Нәруыздар	гормондар, ферменттер
Көмірсулар	декстран
Нуклеин қышқылдары	ДНҚ, РНҚ
Конъюгацияланған	динитрофенилденген нәруыздар
Полипептидтер	α-аминқышқыл полимерлері, глутамин мен аланиннің кополимері
Липидтер	холестерин, лецитин

ШЫҒУ ТЕГІ БОЙЫНША ЖІКТЕЛУІ



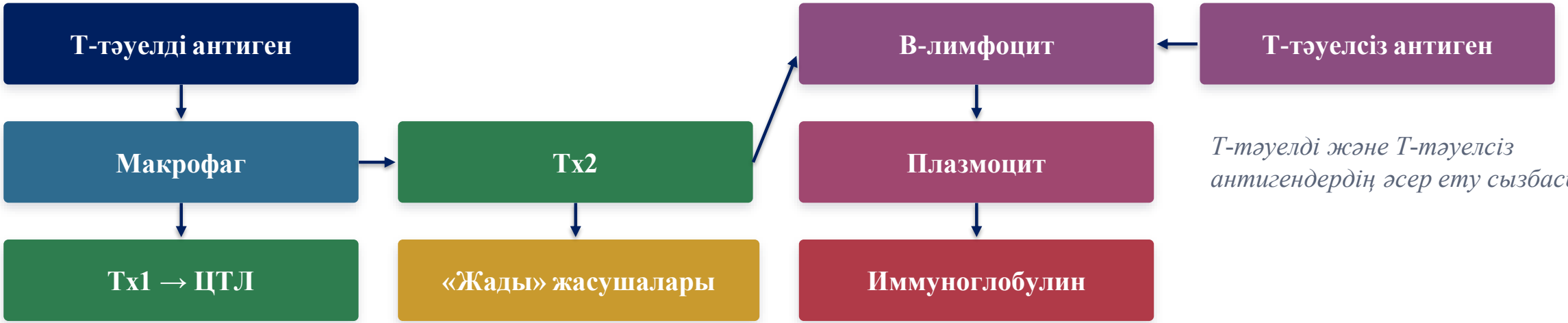
ИММУНДЫҚ ЖАУАБЫ БОЙЫНША ЖІКТЕЛУІ

Т-тәуелді антигендер

В-лимфоциттердің антидене түзуі үшін міндетті түрде Т-лимфоциттер мен макрофагтардың қатысуын қажет ететін антигендер (көпшілік нәруыздар).

Т-тәуелсіз антигендер

Т-лимфоциттер мен макрофагтардың көмегінсіз В-лимфоциттерде антидене түзілуін шақыратын антигендер (полисахаридтер, ЛПС).



Т-тәуелді және Т-тәуелсіз антигендердің әсер ету сызбасы

АНТИГЕНДЕРДІҢ ЖҮРУ ЖОЛДАРЫ

1. Антигендер макрофагтардың бетіндегі рецепторлармен байланысып, лимфоциттердің антиденелік рецепторына көшеді

2. Антигендер макрофаг ішіне пиноцитоз арқылы еніп, жойылады немесе макрофагтың РНҚ-сымен бірге лимфоцит рецепторларына беріледі

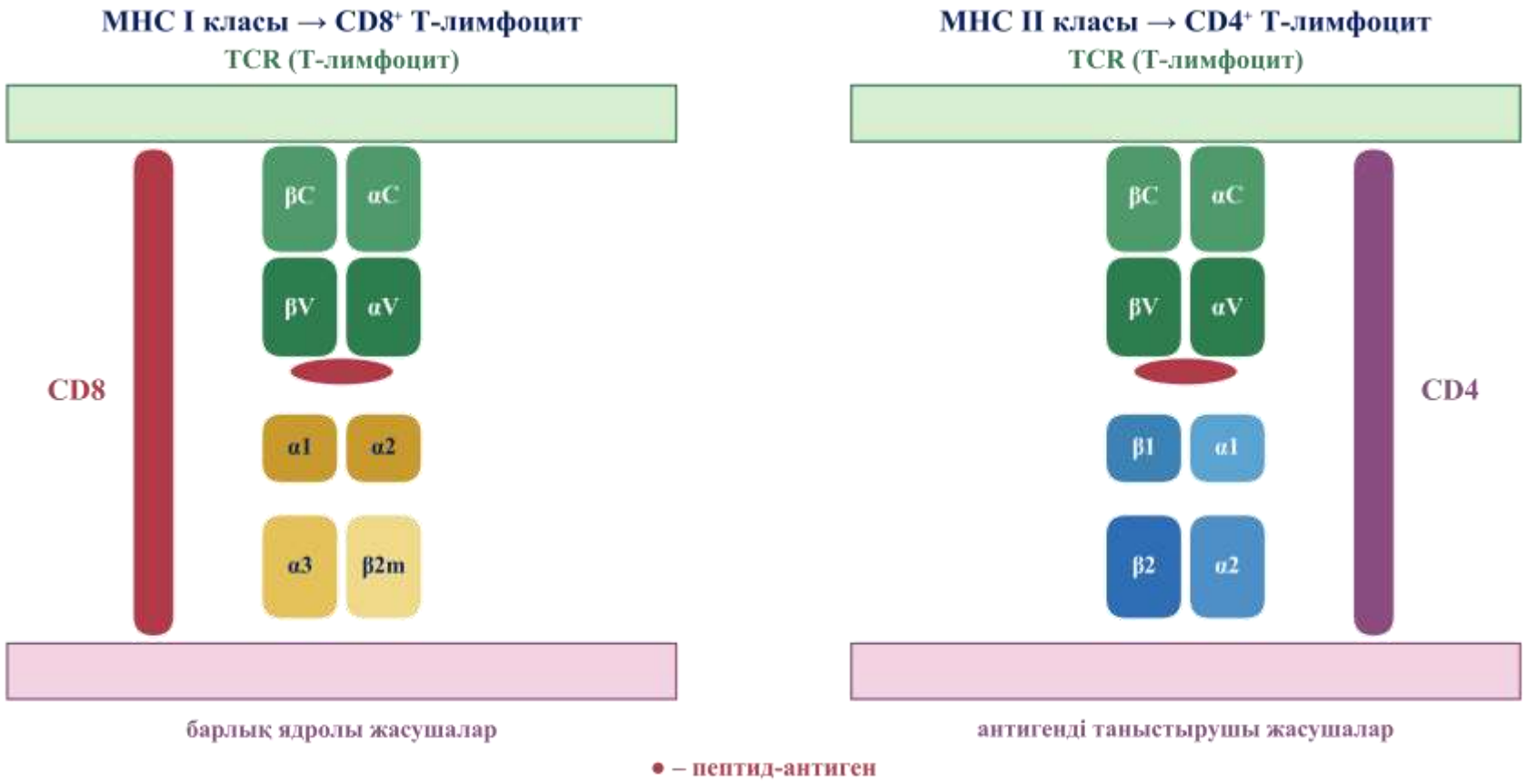
3. Антигендер антиденемен макрофагтың дендритті өсінділерінде кездесіп, лимфоциттермен байланысады

4. Антигендер макрофагпен кездеспей, тікелей лимфоцит рецепторымен байланысып, оның ішіне енеді

АНТИГЕННІҢ ҚАСИЕТТЕРІ

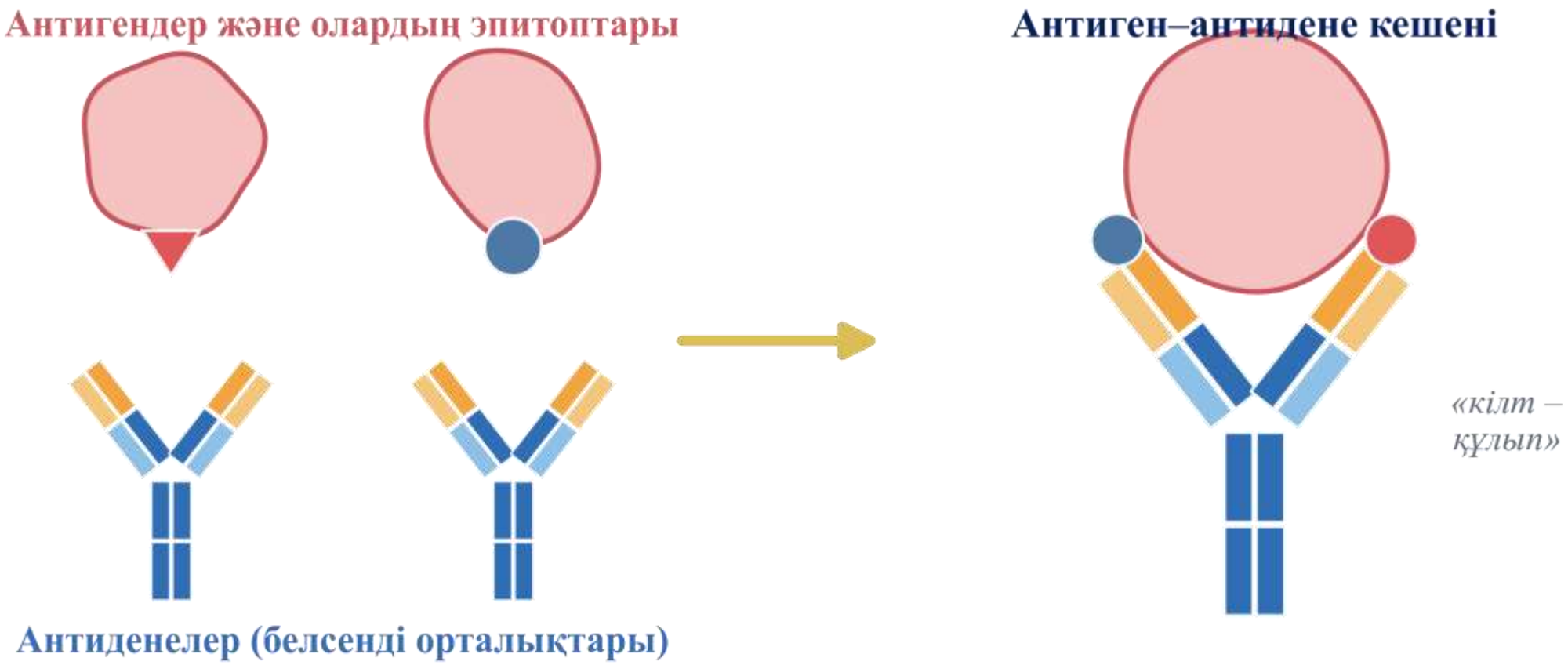
Қасиеті	Топшалары	Анықтамасы
Бөгделік		Генетикалық өзгешелікті, антигеннің ағзадан айырмашылығын көрсетеді
Антигендік		Заттың иммундық жауапты қоздыру қабілеті
Иммуногендік		Иммунитет тудыру қабілеті; бөгделікпен, молекулалық массамен, химиялық құрылыспен анықталады
Арнайылық	Түраралық	Әр түрге жататын ағзалардың айырмашылығы
	Топтық	Бір түр ішіндегі әртүрлі топтардың ерекшелігі
	Тіндік	Бір ағзаның әр түрлі тіндеріндегі антигендік айырмашылық
	Сатылық	Әр даму сатысындағы жасушалардың антигендік айырмашылығы
	Органоидтық	Жасуша органоидтарының антигендік айырмашылығы

Т-ЛИМФОЦИТТЕРГЕ ПЕПТИД-АНТИГЕННІҢ ТАНЫСТЫРЫЛУЫ



CD8⁺ Т-лимфоциттер антигенді MHC I класымен, ал CD4⁺ Т-лимфоциттер MHC II класымен бірге таниды

АНТИГЕН МЕН АНТИДЕНЕНІҢ БАЙЛАНЫСУЫ



Антиденеңің белсенді орталығы антигеннің эпитопына «кілт пен құлып» сияқты кеңістіктік сәйкестікпен байланысады

АНТИГЕННІҢ ТОЛЫҚ АНЫҚТАМАСЫ

Антиген

Ағзада антидене түзілуін және иммундық жауаптың басқа түрлерін тудыра алатын, антиденелермен және антигенді таныстырушы жасушалармен әрекеттесе алатын генетикалық бөгде зат (нәруыз, полисахарид, липополисахарид, липопротеин, нуклеопротеин).

Антигеннің ағзаға ену жолдары

Тері немесе шырышты қабықтар арқылы; ағзаның ішкі ортасына тікелей ену (инъекция, жарақат); немесе ағзаның өз бойында түзілу (эндогендік антигендер).

АНТИГЕНДЕРДІҢ ҚАСИЕТТЕРІ: АНТИГЕНДІК

Антигендердің басты қасиеттері: **антигендік, арнайылық және иммуногендік**

Антигендік | **Арнайылық** | **Иммуногендік**

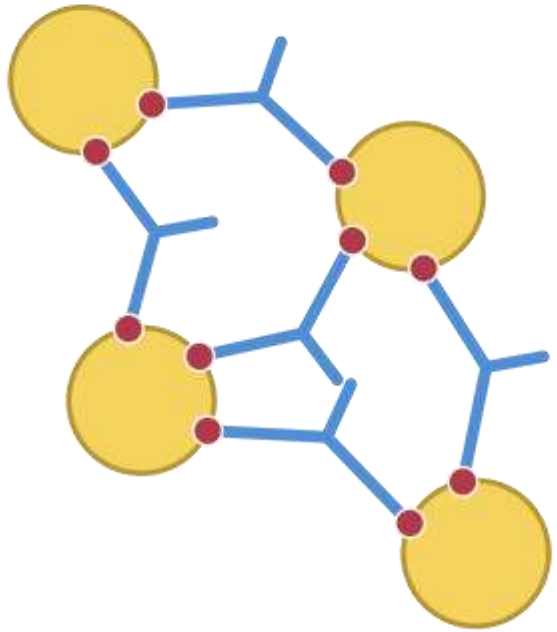
Антигендік

Антиген молекуласының иммундық жүйе бөлімдерінің белсенділігін арттырып, иммунитет факторларымен (антидене, эффекторлық лимфоциттер клоны) арнайы байланысқа түсу қабілеті.

Иммундық жүйемен байланысуға антигеннің тек белгілі бір бөлігі жауапты – ол **«антигендік детерминант»** немесе **«эпитоп»** деп аталады.

ЭПИТОПТАР САНЫ ЖӘНЕ БӨГДЕЛІК

Үш эпитопы бар антигендер



Антиденелер антигендерді өзара «торға» байланыстырады

Эпитоптар саны

Заттың антигендік қасиеті эпитоптың болуына және санына байланысты. Ірі антигендердің құрамына көптеген эпитоптар кіреді.

Бөгделік

Антигендік қасиет іске асуы үшін зат міндетті түрде бөгде болуы керек. Жүре пайда болған иммунитет генетикалық өзгеше антигендерді ажыратады.

ИММУНОГЕНДІК

Иммуногендік – антигеннің макроорганизмде өзіне қарсы қорғаныс жауабын туғызу мүмкіндігі. Оның дәрежесі үш топ факторға байланысты:

1

Антигеннің молекулалық ерекшелігі

мөлшері, химиялық құрамы, құрылымының күрделілігі

2

Антигеннің клиренсі

ағзадағы тазартылуы және өңделуі

3

Макроорганизмнің реактивтілігі

генотипі, жасы, иммундық жүйенің жағдайы

АНТИГЕНДЕРДІҢ ЖІКТЕЛУІ

Антигендер сипаттамалық қасиеттеріне қарай бірнеше топқа бөлінеді:

1. Түріне
2. Табиғатына
3. Молекулалық құрылысына
4. Иммуногендік дәрежесіне
5. Бөгделік дәрежесіне
6. Иммундық жауаптың бағыттылығына

АУТО- ЖӘНЕ НЕОАНТИГЕНДЕР

Экзогендік және эндогендік

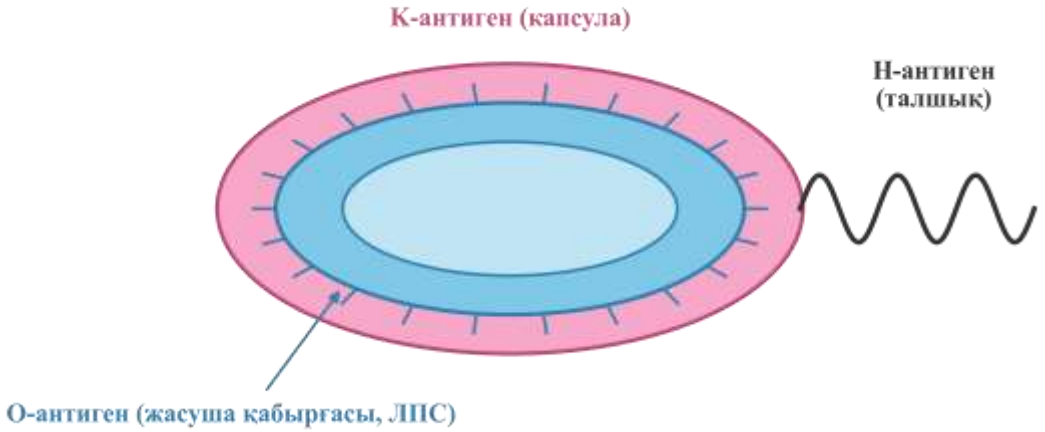
ағзадан тыс және ағзаның өзінде пайда болған антигендер

Аутоантигендер

физиологиялық жағдайда ағзада түзілетін, құрылысы тұрақты өзіндік молекулалар

Неоантигендер

қалыпты молекулалардың генетикалық өзгерістен (модификация) кейін бөгделік қасиетке ие болған түрлері



Бактерия антигендерінің мысалы: O-, H- және K-антигендер

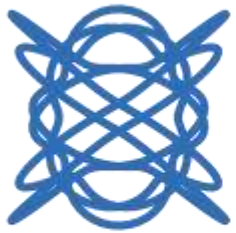
ТАБИҒАТЫНА ЖӘНЕ МОЛЕКУЛАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫСЫНА СӘЙКЕС

Табиғатына сәйкес

нәруызды (протеидтер) немесе нәруыз емес (полисахаридтер, липидтер, липополисахаридтер, нуклеин қышқылдары) биополимерлер

Молекулалық құрылысы бойынша

глобулалық (молекуласы шар тәрізді) және фибриллалық (жіп тәрізді)



Глобулалық (шар тәрізді)



Фибриллалық (жіп тәрізді)

ИММУНОГЕНДІК ДӘРЕЖЕСІ БОЙЫНША: ТОЛЫҚ ЖӘНЕ ТОЛЫМСЫЗ

Толық (құнды) антигендер

Антигендігі мен иммуногендігі жоғары; иммундық жүйе оларға антидене өндірумен жауап береді.

Молекулалық массасы жеткілікті (10 кДа жоғары), молекуласы ірі, глобула тәрізді, иммундық факторлармен тығыз байланысады.

Толымсыз антигендер – гаптендер

Терминді К. Ландштейнер ұсынған.

Молекулалық массасы төмен болғандықтан, жеке енгізгенде иммундық жауап туғыза алмайды.

Бірақ антигендік қасиетін сақтайды: дайын антиденелермен және лимфоциттермен арнайы әрекеттеседі.

БӨГДЕЛІК ДӘРЕЖЕСІ БОЙЫНША: КСЕНО-, АЛЛО-, ИЗОАНТИГЕНДЕР

К

Ксеногендік (гетерологиялық)

Эволюцияның ерте сатысында түзілген, әр түрге жататын жануарларға ортақ антигендер. Оларды 1911 ж. Д. Форсман ашқан.

А

Аллоантигендер

Генетикалық туыс емес, бірақ бір түрге жататын ағзаларға тән антигендер. Мысалы: адам қанының топтары (АВ0 жүйесі).

И

Изоантигендер

Генетикалық ұқсас ағзаларға (бір жұмыртқалы егіздерге) ортақ; изотрансплантат толық иммунологиялық сәйкестікке байланысты қабылданады.

ИММУНОГЕНДЕР, ТОЛЕРОГЕНДЕР ЖӘНЕ АЛЛЕРГЕНДЕР

Заттың физика-химиялық қасиетіне, ену жағдайына және ағзаның реактивтілігіне байланысты бөлінеді:

Иммуногендер

Иммундық жүйенің өнімді реакциясын тудырады (антиденелер, антиген-реактивті лимфоциттер клоны). Иммундиагностикада, иммунды емдеуде және алдын алуда қолданылады.

Толерогендер

Иммуногенге керісінше: иммунологиялық толеранттылық – эпитопқа жауап бермеушілік тудырады. Мономерлі, төмен молекулалы, эпитоп тығыздығы жоғары. Аллергияның алдын алу мен емдеуде қолданылады.

Аллергендер

Ағзаның аса жоғары сезімталдығын (аллергиялық реакцияны) тудыратын антигендер: тозаң, тағам, дәрілер, үй шаңы.

АДАМ АҒЗАСЫНЫҢ АНТИГЕНДЕРІ

Адам тіндерінің аллоантигендік қасиеті бар екенін **1900 ж. К. Ландштейнер** дәлелдеді. Бұл антигендер ағзаның қалыпты қызметіне қажет және трансплантацияда иммунологиялық сәйкестікті анықтау, клиникалық-лабораториялық диагностика мен ғылыми зерттеулер үшін аса маңызды.

Қан топтарының антигендері

АВ0, резус жүйелері

Гистосәйкестік антигендері

HLA (изоантигендер)

Ісіктік-эмбриондық антигендер

AFP, CEA – ағзаға және тінге тән

НЕГІЗГІ ГИСТОСӘЙКЕСТІК КЕШЕНІНІҢ АНТИГЕНДЕРІ (MHC)

MHC (Major histocompatibility complex) адамда **HLA** (Human leukocyte antigens) деп аталады

Белгісі	MHC I класы	MHC II класы
Кездесетін жері	Барлық ядролы жасушалар	Антигенді таныстырушы жасушалар
Таныстыратын жасуша	$CD8^+$ Т-лимфоциттер	$CD4^+$ Т-лимфоциттер
Антиген көзі	Жасушаішілік (вирустық, ісіктік)	Жасушадан тыс (фагоцитозданған)
Құрылымы	α1, α2, α3 + β2-микроглобулин	α1, α2 + β1, β2 тізбектері

MHC-ның классикалық емес молекулалары да бар (мысалы, CD1).

АНТИГЕНДЕР МАКРООРГАНИЗМГЕ ЕНГЕН КЕЗДЕ БОЛАТЫН ПРОЦЕСТЕР

Антигеннің енуі және иммундық жүйемен кездесуі сатылап өтіп, біраз уақытқа созылады; ол үнемі иммунитет факторларының қарсылығына кездеседі. Антигендер эндогендік немесе экзогендік болуы мүмкін. Экзогендік антигендердің ену жолдары:

1

Тері және шырышты қабық

жара, микрожарақат, жәндік шағуы

2

Ішек-қарын жолы

эпителий жасушаларының эндоцитозы

3

Жасушааралық саңылау

аяқталмаған фагоцитоз, жасушаішілік паразиттер

4

Тікелей жасуша арқылы

жасушадан жасушаға таралатын вирустар

АНТИГЕННІҢ АҒЗАДА ТАРАЛУЫ

Лимфогендік жол
лимфа арқылы лимфа түйіндеріне

Гематогендік жол
қан арқылы мүшелер мен тіндерге

Антиген белгілі бір ретпен таралып, көбінесе **лимфа түйіндерінде, бауырдың лимфоидтық тінінде, көкбауырда, өкпеде** сүзіліп, сол жерлерде иммундық қорғаныс факторларымен кездеседі.

Нәтижесінде антигендер бейтараптанып, ағзадан шығарылады. Алғашқы күресті **туа біткен иммунитет** факторлары бастайды – олар күрделі әрі әртүрлі болғанымен, белсенділігін арттыруға ұзақ уақыт қажет емес.

ЖҮРЕ ПАЙДА БОЛҒАН ИММУНИТЕТТІҢ ІСКЕ ҚОСЫЛУЫ

Егер антиген **4 сағат** ішінде бейтараптанып шығарылмаса, жүре пайда болған иммунитет факторлары іске кіріседі: «өзімдік – бөтен» тану және арнайы антиденелер мен реактивті лимфоциттер клонын бөліп шығару.

1

Антиген молекуласының белсенді учаскесін байланыстыру

2

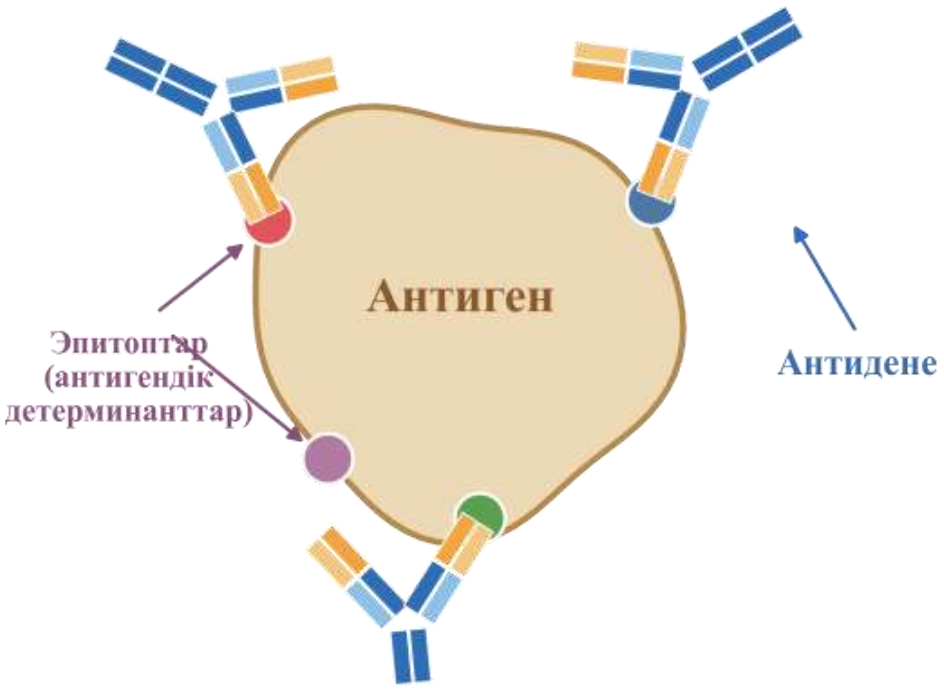
Антигенді бұзу немесе бөліп тастау

3

Толық ыдырату, оқшаулау (капсуламен қоршау) не ағзадан шығару

Нәтижесінде гомеостаз қалпына келеді; қатар иммундық жады, толеранттылық немесе аллергия қалыптасуы мүмкін

АНТИДЕНЕЛЕР



Антиденелер (иммуноглобулиндер)

Антигендерді жоятын қан плазмасындағы ерекше нәруыздар.

Басты қасиеті – **арнайылығы**: ағзаға түскен бөгде денелерді таниды, бейтараптандырады, жояды.

Ол үшін алдымен бөгде денемен (антигенмен) байланысқа түсуі қажет.

ІСІК АНТИГЕНДЕРІ

Қатерлі ісік жасушалары қалыпты жасушалардан ерекшеленетін арнайы немесе артық экспрессияланған антигендерге ие. Олар иммундық жүйенің ісікті тануында маңызды рөл атқарады.

Ісікке тән антигендер (TSA)

- Тек қатерлі ісік жасушаларында кездеседі
- Мутация нәтижесінде пайда болатын жаңа нәруыздар (мысалы, мутантты p53 немесе Ras)

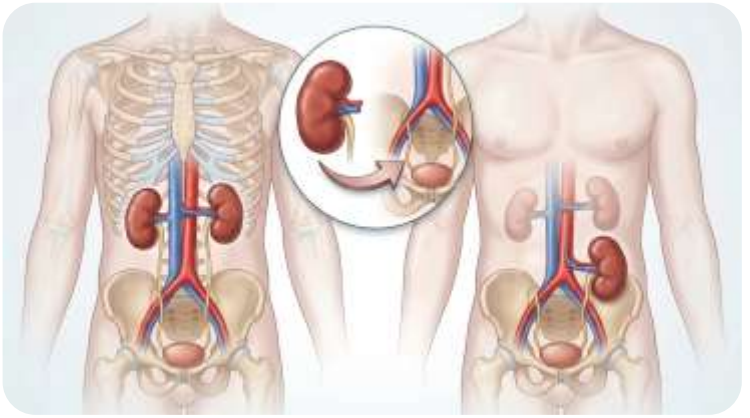
Ісікпен байланысты антигендер (TAA)

- Қалыпты жасушаларда да болады, бірақ ісікте мөлшері жоғары
- α-фетопротеин (AFP) – бауыр ісігі
- Карциноэмбриондық антиген (CEA) – ішек және өкпе ісігі

АҒЗАДА АНТИДЕНЕЛЕР ҚАЙ КЕЗДЕ ТҮЗІЛЕДІ?





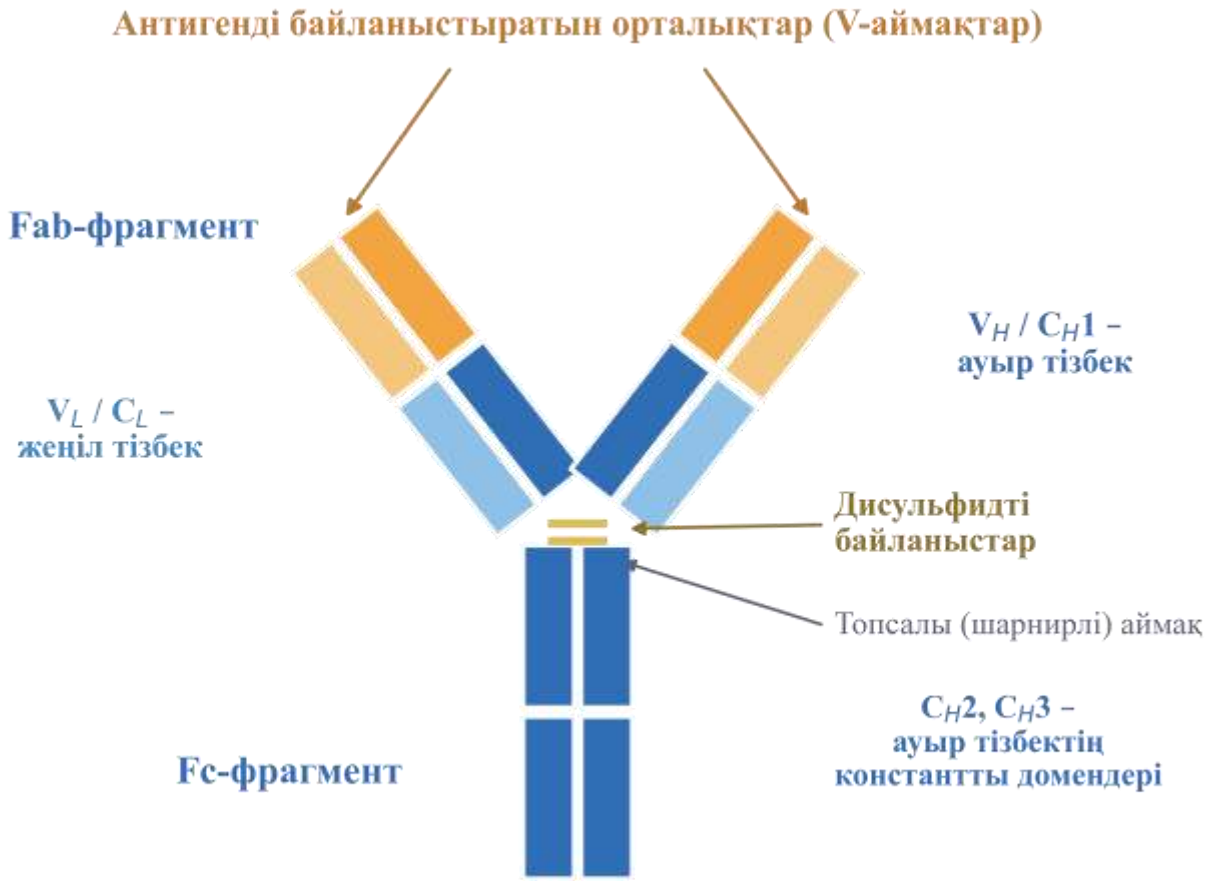


Ағзаға антигендер енген кезде

Жасанды вакцинация кезінде

Мүшелерді ауыстырып қондырғанда (трансплантация)

АНТИДЕНЕНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ



Құрылысы

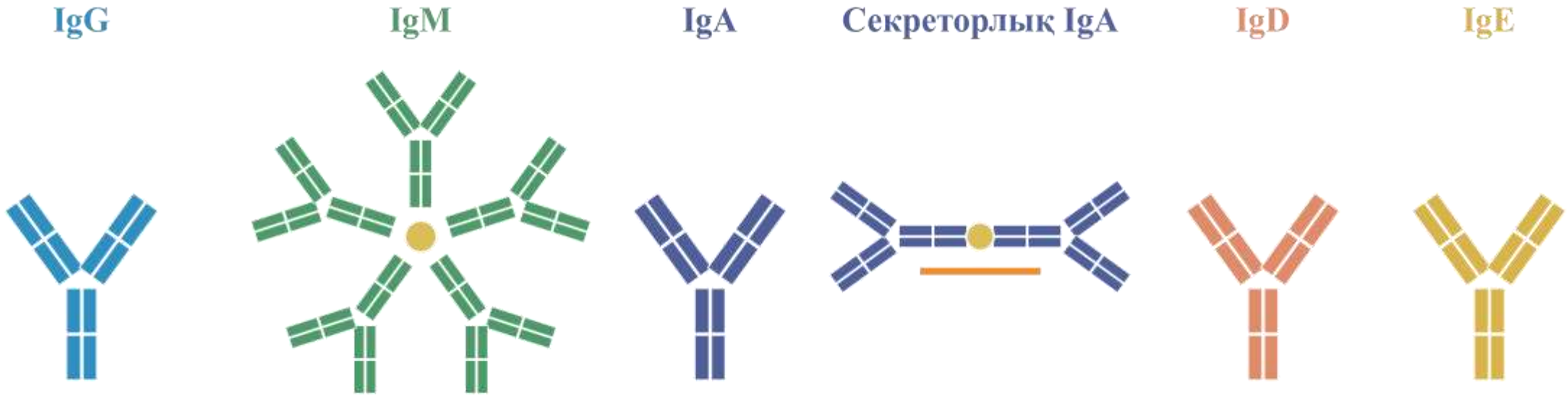
Антиденелер **γ-глобулиндерге** жататын нәруыздар.

Аминқышқылдарынан тұратын **4 полипептидтік тізбектен** құралады: екеуі ауыр (H), екеуі жеңіл (L).

Тізбектер бір-бірімен **дисульфидті көпіршелер** арқылы байланысады.

Молекуланың ұшында антигенге арнайы әсер ететін **белсенді орталық** болады.

ИММУНОГЛОБУЛИНДЕРДІҢ 5 КЛАСЫ



IgG
сарысудағы үлесі: ~75%

IgA
сарысудағы үлесі: ~15%

IgM
сарысудағы үлесі: ~10%

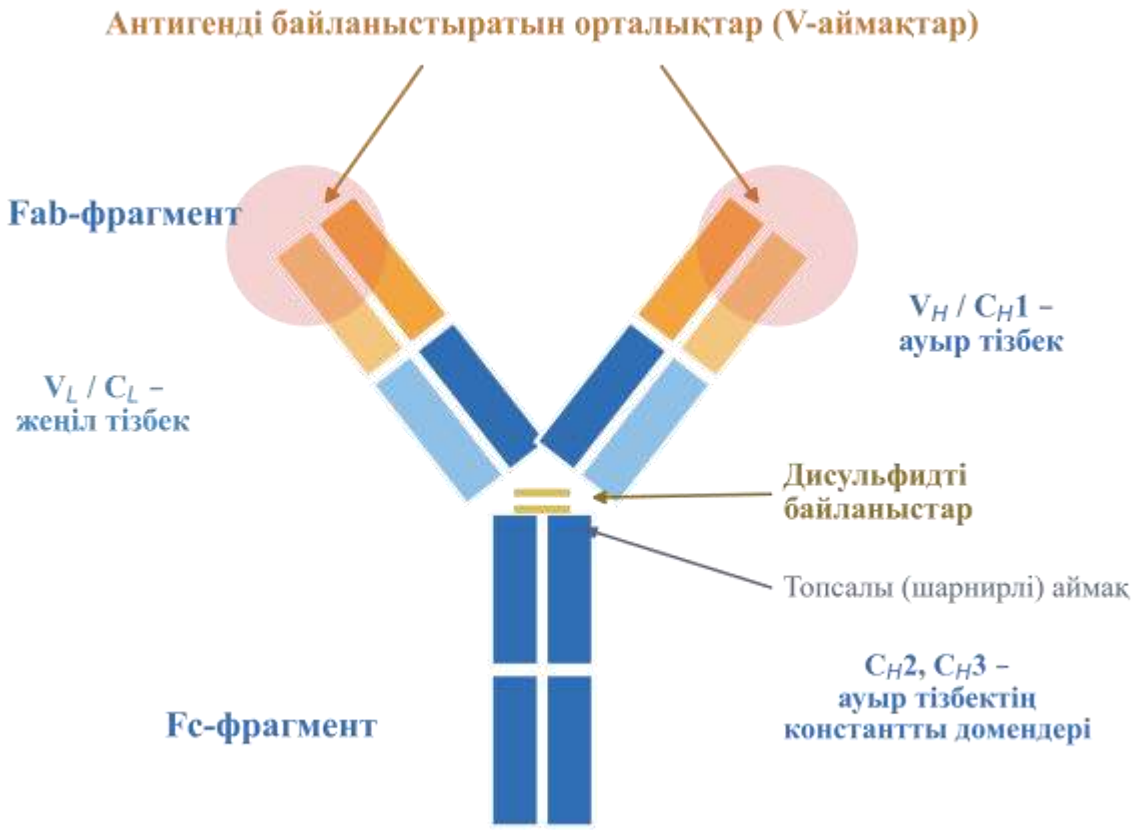
IgD
сарысудағы үлесі: <1%

IgE
сарысудағы үлесі: іздік мөлшер

ИММУНОГЛОБУЛИН КЛАСТАРЫНЫҢ СИПАТТАМАСЫ

IgG	Ең көп таралған класс. Қанда болады, плацента арқылы өтеді, жоғары температураға төзімді. Антигендерді тұндыру және агглютинация арқылы залалсыздандырады.
IgA	Екі түрі бар: сарысулық және секреторлық. Токсиндерді бейтараптайды. Лимфа түйіндерінде, көкбауырда, шырышты қабаттарда түзіледі.
IgM	Плацента арқылы өтпейді. Антиген енгенде немесе вакцинадан кейін ең бірінші түзіледі. Фагоцитозды белсендіреді; қан топтарының антиденелері осы класқа жатады.
IgE	Ұлпалық базофилдермен (мес жасушалары) байланысады; аллергия және паразиттік (гельминттер, қарапайымдылар) ауруларда мөлшері артады.
IgD	Жетілмеген В-лимфоциттердің мембранасында болады; қанда өте аз. В-лимфоциттерді белсендіреді, IgM қызметін толықтырады.

АНТИДЕНЕНІҢ БЕЛСЕНДІ ОРТАЛЫҒЫ ЖӘНЕ КОМПЛЕМЕНТАРЛЫҚ



Белсенді орталық

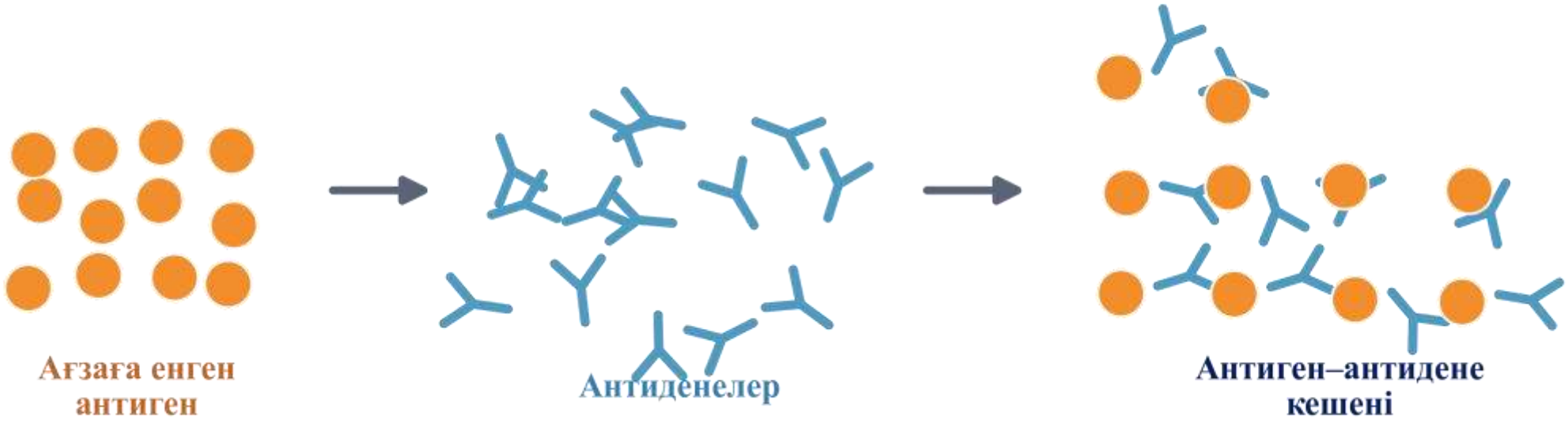
Барлық антиденелерде антигенмен әрекеттесетін белсенді орталық болады; ол **10–20 аминқышқылынан** тұрады (әсіресе тирозин, лизин, триптофан).

Әр антиденеңің кеңістіктік құрылымы бір антигенге сәйкес келеді – бұл **комплементарлық** деп аталады.

V – вариабельді бөлік; **C** – константты бөлік

L – жеңіл тізбек; **H** – ауыр тізбек

АНТИГЕН–АНТИДЕНЕ РЕАКЦИЯСЫНЫҢ КЕЗЕҢДЕРІ



1-кезең (арнайы)

Көзге көрінбейді: антидененің антиген бетіне адсорбциясы; 37°С-та бірнеше минут жүреді

2-кезең (арнайы емес)

Көзге көрінеді: агглютинация, тұнбаға түсу (преципитация), лизис құбылыстарымен аяқталады

АНТИГЕН–АНТИДЕНЕ РЕАКЦИЯСЫНЫҢ ТЕРІС ӘСЕРЛЕРІ

Дене температурасының күрт көтерілуі, анафилактикалық шок, есекжем, бронх демікпесі, аутоиммундық бұзылыстар, трансплантаттың қабылданбауы, аллергиялық реакциялар.





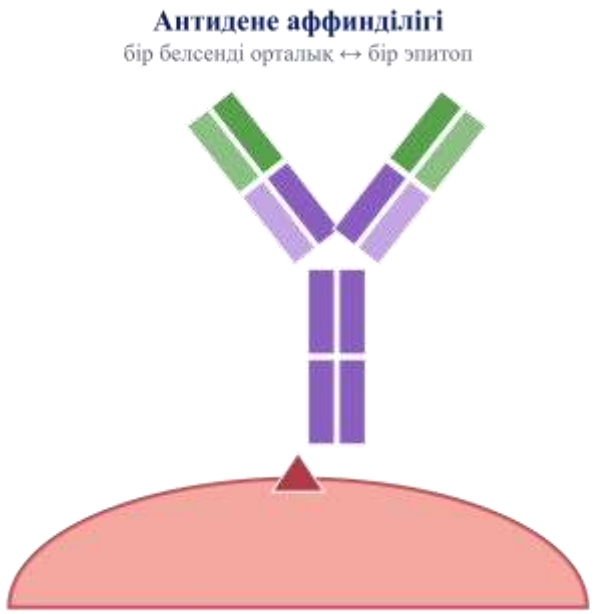


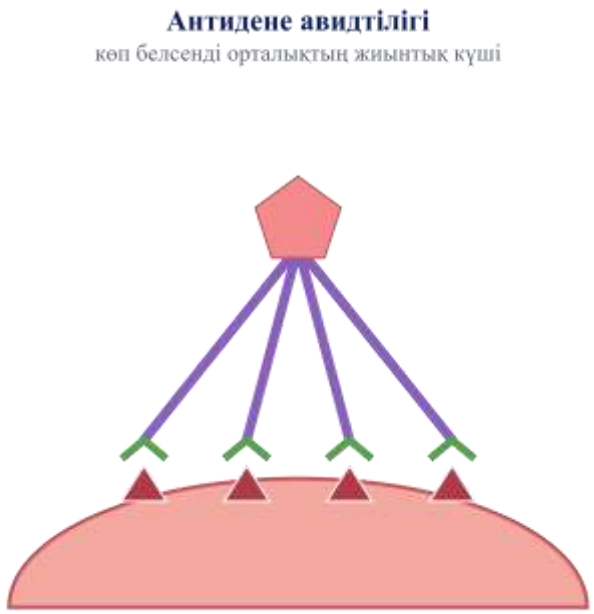
Аллергиялық реакция

Анафилактикалық шок – өмірге қауіпті жағдай

Жүйелі қызыл жегі – аутоиммундық ауру

АНТИДЕНЕЛЕРДІҢ АФФИНДІЛІГІ ЖӘНЕ АВИДТІЛІГІ





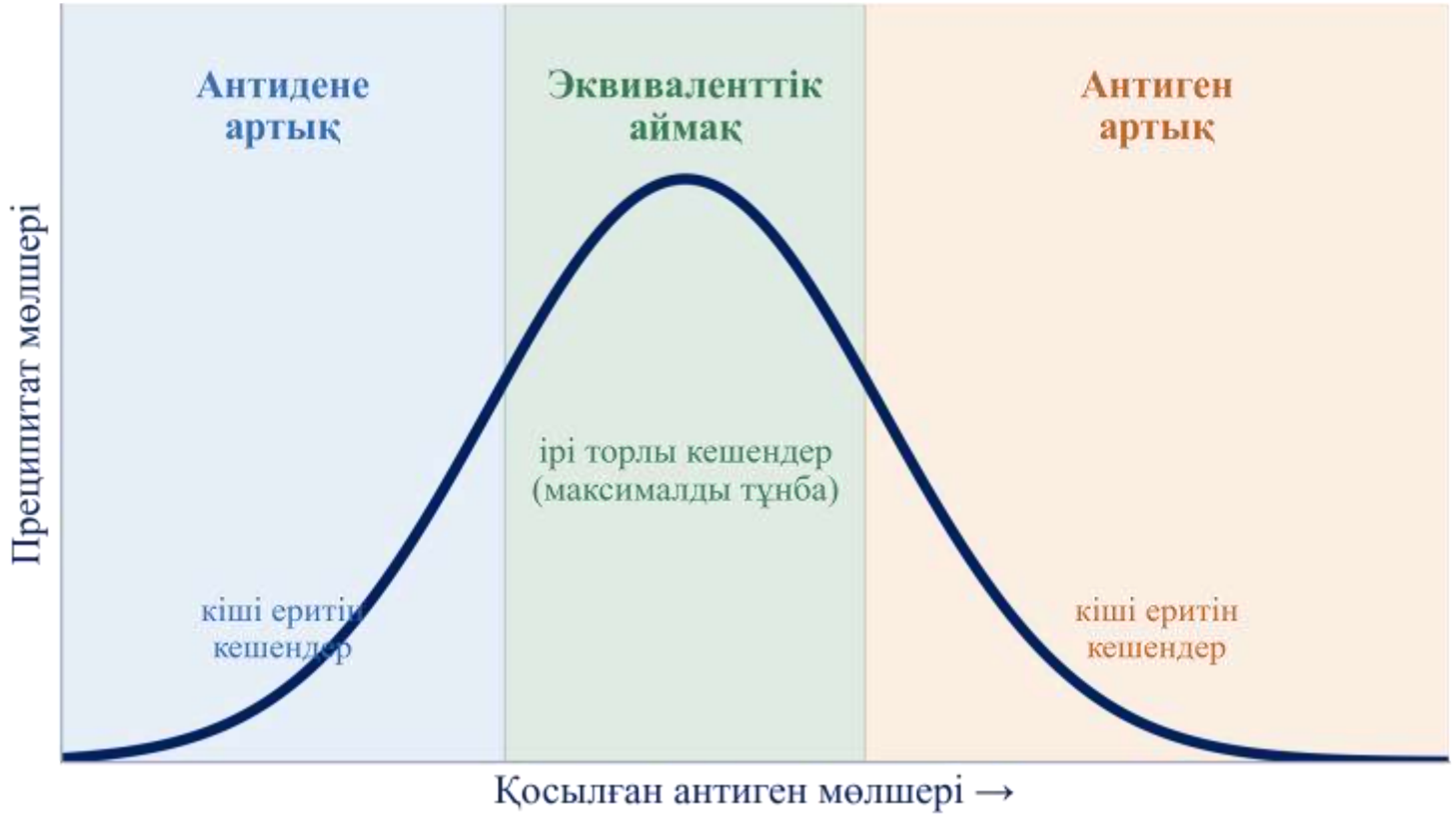
Аффинділік

Антигеннің жеке эпитопы мен антидененің бір белсенді орталығы арасындағы байланыс күші.

Авидтілік

Антидененің барлық белсенді орталықтарының күрделі антигенмен байланысуының жиынтық (кумулятивтік) күші.

АНТИГЕН МЕН АНТИДЕНЕ АРАҚАТЫНАСЫ: ПРЕЦИПИТАЦИЯ АЙМАҚТАРЫ



Антидене артық

антигендер антиденелермен «жабылып», кіші еритін кешендер түзіледі

Эквиваленттік аймақ

ірі торлы кешендер – тұнба барынша көп

Антиген артық

кешендер ұсақ, еритін күйде қалады

ҚОРЫТЫНДЫ

1

Антигендер

иммундық жауапты тудыратын бөгде заттар: бактериялар, вирустар, токсиндер, ісік жасушалары

2

Антиденелер

иммундық жүйенің оларды бейтараптандыру үшін өндіретін арнайы нәруыздары

3

Маңызы

олардың өзара әрекеттесуі – вакцинация мен иммунотерапияның негізі

Антиденелер антигендерді тану және жою арқылы ағзаны инфекциялар мен патологиялық процестерден қорғайды – бұл иммундық жүйенің табиғи қорғанысында шешуші рөл атқарады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Антиген дегеніміз не? Оның негізгі қасиеттерін атаңыз.
2. Гаптен мен тасымалдаушының айырмашылығы неде?
3. Эпитоптардың қандай түрлері бар?
4. Т-тәуелді және Т-тәуелсіз антигендерді салыстырыңыз.
5. Суперантигендердің әсер ету ерекшелігі қандай?
6. MHC I және II кластарының айырмашылығы.
7. Антиденеңің құрылысын сипаттаңыз.
8. Иммуноглобулиндердің 5 класын салыстырыңыз.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Abbas A.K., Lichtman A.H., Pillai S. Cellular and Molecular Immunology. 10th ed. – Philadelphia: Elsevier, 2021. тт
2. Dong, H. The Basics of Cancer Immunotherapy / H. Dong, S. N. Markovic (eds.). — 2nd ed. — Cham : Springer International Publishing, 2024. — XIII, 221 p.
3. Хаитов Р.М. Иммунология : учебник - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. - 520 с.
4. Murphy K., Weaver C. Janeway's Immunobiology. 9th ed. – New York: Garland Science, 2016.
5. Parham P. The Immune System. 5th ed. – New York: W.W. Norton & Company, 2021.