# Иммуногенетика

**Иммуногенетика** – это наука изучающая генетический контроль иммунного ответа, генетику несовместимости матери и плода, генетику несовместимости тканей при пересадках, закономерности наследования антигенной специфичности, проблему поддержания генетического постоянства (гомеостаза) многомиллионной популяции соматических клеток организмов и другие.

Это новое направление в иммунологии начало развиваться с открытием Ландштейнером (Нобелевская премия) в 1900 году групп крови у человека (АВО) и объяснение их типа наследования Бернштейном в 1924-м году.

Группы крови и полиморфные системы белков – один из важных разделов этой науки.

**Антигены (АГ) –** это генетически чужеродные вещества, вызывающие при введении в организм развитие специфических иммунологических реакций. Антигены по которым особи одного вида различается между собой, называется аллоантигенами.

Эритроцитарные АГ представляет собой сложные биополимерные макромолекулы, которые накапливаются на оболочке (строме) эритроцитов и соединяется с молекулы веществ оболочки. Структура и химический состав эритроцитарных АГ разнообразны и характерны для каждой особи того или иного вида. АГ имеют различную специфичность: видовую, групповую, типовую, патологическую, органоидную, функциональную. Антигенные особенности обусловлены последовательностью и качественными различиями АМК. АГ после рождения не изменяются и не зависит от условий кормления и содержания.

**Антитела (АТ) –** это иммуноглобулины (белки) образующиеся в организме под воздействием АГ. Одиночные или сцеплено наследуемые в виде постоянного сочетания АГ, которые передаются от родителей потомкам как наследственные единицы, которые называются **группами крови.**

Совокупность групп крови, контролируемых аллелями одного локуса, образует систему крови. Системы групп крови подразделяется на простые, если 1-2 АГ, сложные 3 и более АГ. Антигены обозначаются заглавными буквами латинского алфавита, с подстрочными и верхними индексами и аллели обозначаются через вертикали черту.

Определение групп крови у КРС и овец основано на реакции **гемолиза** (разрушение страны эритроцитов с выделением из них гемоглобина). У свиней – полная и неполная **агглютинация** (склеивание эритроцитов) и реакция **гемолиза.** Эти реакции основаны на реакции «Антиген-Антитело».

**Например, у КРС** характеризуется 12 локусами, в которых сосредоточено более 500 аллелей (в разных хромосомах).

Группа крови каждой системы наследуется независимо от других систем и подчиняются III закону Менделя. Наиболее сложная В-система и очень сложно найти сходных животных по этой системе.

**Овцы** выявлено 16 систем с 89 аллелями групп крови. Исследуя группу крови в овцеводстве позволило выявить особенности генетической структуры, то есть обнаружить породные различия.

**Свиньи** выявлено 17 систем с 80 и более эритроцитарными АГ. В свиноводстве с помощью эритроцитарными АГ представляется возможным проводить оценки двух хряков на сочетаемость с одной самкой в один опорос.

**Лошади у** лошадей 9 систем групп крови более сложные A и D системы. Всего АГ приблизительно 33. Лошади очень сильно отличаются в различных регионах, географических зонах по АГ составу. У лошадей является обязательное требование запись АГ состава в племенной документации.

**Птица** установлено 14 генетической системы группы крови, включая 95 аллелей. Некоторые локусы имеют многоаллельную систему например A-8, B-13, P-10. Характер наследования – кодоминирование. В племенном птицеводстве групп крови используют в качестве маркеров линий с определенными качествами и правильной записи происходит.

**Использование в практике животноводства.**

1. Контроль достоверности происхождения.

2. Иммуногенетический анализ близнецов может быть одной двуяйцовые. В 90% случаях происходит анастомоз (срастание) кровеносных сосудов и у двуяйцовых двоек наблюдается химеризм (мозаицизм) эритроцитов. У двоек телочка бычок у 90% телок бесплодие, из-за химеризма половых хромосом у самки (ХХ/ХУ). Химерные у человека, и овец, и свиней встречается редко.

3. Межпородная и внутрипородная дифференциация, то есть может изучить историю эволюции домашних животных, происхождение и родство пород.

4. Построение генетических карт

5. Связь групп крови с резистентностью к болезням. Например, заболеваемость язвой 12 перстной кишки у людей I группы в 1,5 раза выше, чем у лиц с другими группами крови. Среди лиц II группа крови заболевание туберкулезом и раком желудка в 1,4 раза выше, чем у лиц с I группой крови. Аллель $B^{21}$ у групп крови у птиц коррелирует с повышенной резистентностью к болезни Марека. Цыплята с генотипом $B^{21}/B^{21}$ более резистентны к вирусу саркомы Рауса, чем особи с генотипом $B^{5}/B^{5}$.

6. Связь групп крови с продуктивностью. Селекционеры мечтают найти маркеры для прогнозирования продуктивности в раннем возрасте. У шведского черно-пестрого и красно-пестрого скота выявлена положительная корреляция аллеля $BO_1YD'$ системы B с содержанием жира в молоке. Аллели $B^{1}$ и $B^{3}$ с высокой яйценоскостью.

**Полиморфизм** – одновременное присутствие двух или более генетических форм одного вида в таком численном отношении, что и нельзя отнести к повторным мутациям. Он применяется в тех случаях, когда локус хромосомы в популяции имеет два и более аллелей с частотой больше 0,01. Основным методом изучения полиморфизма является ПЦР-ПДРФ, электрофорез в полиакриламидном или крахмальном геле и иммуноэлектрофорез. Например $Hb^{A}$ $Hb^{B}$, генотип $Hb^{A}$ $Hb^{A}$, $Hb^{B}$ $Hb^{B}$ или HbAA

и так далее. Человек $Hb^A$ – норма S, C, G и так далее более 50 патологий (S – серповидно-клеточная анемия, C – телассемией и так далее). $Hb^A$ $Hb^A$ – предрасположены к заболеванию, $Hb^S$ $Hb^S$ погибают от серповидно-клеточной анемии, а $Hb^S$ $Hb^A$ устойчивы к малярии.

**Ген каппа-казеина (CSN3)** охватывает участок генома размером более 13 тыс. пар нуклеотидов (п.н.) и включает 5 экзонов и 4-х интронов. Генный продукт – белок, казеин молока состоит из 169 аминокислот и имеет 10 генетических вариантов, однако из них наиболее распространенными являются лишь два: А и В, которые отличаются двумя аминокислотными заменами в позициях, соответственно 136 Тре →Ала и 148 Асп → Ала. Эти замены обусловлены точковыми мутациями в соответствующих кодонах молекулы ДНК 5309 Ц→Т и 5345 А→Ц.

У к-казеина аллельные варианты А и В связаны с белковостью и сыродельческими свойствами молока. Молоко, полученное от коров с желательными генотипами ВВ и АВ, по технологическим параметрам имеет преимущество для производства белковомолочных продуктов: сыра и творожных изделий. Однако, как оказалось, частота желательных генотипов ВВ и АВ у большинства молочных пород не высокая и составляет в среднем 30,9 %, особенно низка частота гомозигот ВВ – лишь 2,1 %.

Селекция молочного скота по гену каппа-казеина направлена на повышение частоты В-аллеля путем предпочтительного отбора быков с генотипами ВВ и АВ, нежели генотипа АА.

**Ген бета-казеина (CSN2)** выделен и определена его нуклеотидная последовательность, он состоит из 1093 пар нуклеотидов (п.н.), из них 627 п.н. относятся к структурной части и непосредственно кодирует 209 аминокислот белка. Белок имеет несколько (6) генетических вариантов, из них наиболее распространенными являются три: $A_1$, $A_2$ и В, которые отличаются точечными мутационными заменами в позициях соответственно 67 Гис→Про, 122 Сер→Арг.

Ген β-казеина контролирует синтез одного из главных фракций молочного белка. Этой фракции приходится 23 % общего белка или же 30 % казеина в молоке. Значение β-казеина в селекции молочного скота аналогичное к-казеину, т.е. от генотипа этого белка сильно зависят сыродельческие свойства молока и его белковомолочность. При этом предпочтительными в селекции являются, также как и у к-казеина, генотипы ВВ и АВ. Кроме того, по β-казеину выявлено, что этот белок у некоторых людей может вызвать аллергические реакции. Такими свойствам, как оказалось, обладает $A_1$- вариант β-казеин, а $A_2$ и В-варианты аллергические реакции не вызывают. В этой связи в некоторых странах мира, например, во Франции и Австралии осуществляется генотипирование коров и быков по β-казеину $A_2$ и организовано производство молочных продуктов, содержащих этот вариант β-казеина, которых могут потреблять даже люди, страдающие аллергией к коровьему молоку.

Селекция молочного скота по гену β-казеина осложняется тем обстоятельством, что его желательный В-аллель встречается у большинства пород с очень низкой частотой – 0,08. Тем не менее, если учитывать, что гены

к- и β-казеинов тесно сцеплены, у них часто желательные В-аллели сочетаются и поэтому совместная селекция по ним будет успешной.

**Ген альфа $s_1$-казеина (CSN1S1)** также выделена и определена его нуклеотидная последовательность, он состоит из 11333 пар нуклеотидов (п.н.), из них 342 п.н. являются структурными и кодируют 199 аминокислот в молекуле белка. $\alpha s_1$-Казеин имеет несколько (4) генетических варианта, однако из них лишь два варианта В и С обнаруживаются у молочного скота, кроме того, вариант С встречается только в гетерозиготном состоянии и с очень низкой частотой – в среднем у 5 % поголовья, остальное 95 % является гомозиготным по варианту В. Варианты В и С отличаются по одной мутационной замене в позиции 192 Глу→Гли.

Известно, что генотип ВС обеспечивает повышенное содержание казеинов и общего белка в молоке, однако очень низкая частота этого генотипа не позволяет организовать селекцию на белковомолочность в широких масштабах на уровне стада и породы.

**Ген бета-лактоглобулин (BLG)** также выделен и определена его нуклеотидная последовательность. Оказалось, что кодирующая часть ДНК данного гена достаточно большая и состоит из 7-и экзонов, охватывающих около 4-х тыс. пар оснований. Известно также последовательность нуклеотидов в структурной части, кодирующей 162 аминокислоты белка. Белок имеет много (их около 10) генетических вариантов, однако из них у молочного скота имеет распространение лишь два варианта: А и В, которые отличаются по двум мутационным заменам в позициях соответственно 64 Асп→Гли и 118 Вал→Ала. Ген β-лактоглобулина наследуется независимо от казеиновых генов, поскольку расположен в другой хромосоме.

Ген β-лактоглобулина контролирует синтез главного белка молочной сыворотки, составляющего в ней 42-45 % белка или 8-10 % общего белка в молоке. Он известен как основной компонент молока, обеспечивающий рост молодняка, поскольку является транспортным белком, источником аминокислот, регулирует ферментативные процессы в организме и обеспечивает пассивный иммунитет у новорожденных телят.

Кроме того, ген β-лактоглобулина отвечает за белковость молока, в основном, за её сывороточную часть, которая используется в детском питании как показатель оценки биологической ценности молока. При этом преимущество имеют животные с генотипом АА, обладающие повышенным содержанием сывороточного белка в молоке в сравнении с генотипами ВВ и АВ. Однако, как оказалось в молочных стадах частота желательного генотипа АА невысокая и составляет в среднем около 14%. Поэтому в Татарстане ген β-лактоглобулина, наряду с к-казеином, включен в программу разведения молочного скота с 1991 года с целью повышения желательных генотипов, соответственно АА и АВ.

**Ген пролактина (PRL)** расположен на 23-й хромосоме и состоит из пяти экзонов и четырех интронов, размер гена составляет около 10 тыс. пар нуклеотидов. Структурная часть гена кодирует полипептидную цепочку белка, включающего 199 аминокислот. У гена есть одна точечная мутация с заменой

А→Г, возникшая в кодоне для 103 аминокислоты, которая привела к полиморфизму с генетическими вариантами А и В.

Гормон пролактин относится одному из самых универсальных гормонов гипофиза, стимулирующего развитие молочных желез, образование и секрецию молока, тем самым активно участвует в формировании молочной продуктивности. Установлено, что животные, имеющие генотип АА, обладают высокой молочной продуктивностью, а с генотипом ВВ отличаются высоким содержанием белка и жира в молоке. В этой связи у хорошо отселекционированных по молочной продуктивности пород, как черно-пестрая и голштинская этот генотип имеет наибольшую частоту – 76-80% нежели у менее отселекционированных – 64%. Генетическая ситуация по этому локусу для молочного скота в целом благоприятная, так как какие-либо отрицательное влияние его аллелей на организм животных не выявлено, а для селекции присутствие обоих аллелей в популяции создает определенную гетерогенность в породе, необходимую для естественного отбора, который автоматически сбалансирует оптимальное соотношение между генотипами пролактина.

**Ген соматотропина (GH)** находится на 19-й хромосоме и состоит из пяти экзонов и четырех интронов, структурная часть которых кодируют включение 191 аминокислоты в состав главного гормона роста, продуцируемого передней долей гипофиза. В гене соматотропина известны три полиморфные области. Из них наиболее хорошо изучена мутационная замена Ц→А в пятом экзоне, приводящая к включению на 127 позиции аминокислоты валина вместо лейцина. Эта замена соответствуют аллелям V и L.

Гормон роста контролирует протекание метаболических процессов в организме, являющегося важнейшим регулятором роста мышечной ткани и органов, обладающего лактогенным и жиромобилирующим действием, позволяющим оценить как мясную, так и молочную продуктивность животных. Поэтому большой практический интерес представляет действие аллелей V и L на эти признаки продуктивности. Гормон роста прежде всего важное значение имеет для мясного скота, для которого установлено, что молодняк этого направления продуктивности генотипом VV отличается высокой энергией роста и повышенным уровнем внутримышечного жира, нежели с генотипом LL. В молочном скотоводстве также хорошо известно, что между живой массой и удоем коров существует положительная корреляция (связь), т.е. крупные коровы, как правило, обладают высокой молочной продуктивностью. Так, обильномолочные породы как черно-пестрая и голштинская по этому гену оказались более отселекционированными нежели другие менее молочные породы. У первых пород вовсе не выявлен гомозиготный генотип VV, обеспечивающий отложение внутримышечного жира, тогда как у последних пород этой генотип, а также носители его V- аллеля в гетерозиготном состоянии встречались с высокой частотой – 58%. Следовательно, узкоспециализированного молочного скота при селекции главенствующим признаком является удой, поэтому генотип VV, связанный с отложением жира в мышцах, по-видимому, не поддерживается отбором.

**Гены аномалий и заболеваний** идентифицируются у крупного рогатого скота по нескольким генетическим нарушениям, среди них наиболее доступными для выявления и диагностики являются три мутации: BLAD, CVM и Брахиспина.

- **мутация гена BLAD**, приводящая к дефициту адгезии лейкоцитов крови, при гомозиготности гена по этой мутации - генотип BL/BL, происходит ослабление иммунной системы, животные страдают от бактериальных инфекций дыхательной системы, пищеварительго тракта (диареи и др.), 50% этих животных гибнут в эмбриональный период, а оставшиеся в живых телята живут лишь в течение нескольких месяцев. Мутация даже в гетерозиготном состоянии может привести к ослаблению иммунитета к вирусным и бактериальным инфекциям, такие телята часто, отстают в развитии, показывают низкую продуктивность.

В молочных стадах и племпредприятиях Республики животных, носителей мутации данного гена не обнаружено.

- **мутация гена CVM**, приводящая к комплексному пороку позвоночника в результате нарушения его формирования у плода, который вызывает аборты у коров, рождение телят с уродствами конечностей, шеи, позвоночника и сдвигом функции внутренних органов. Мутация наследуется по аутосомно-рецессивному типу, обозначена символом CV, нормальный аллель TV. Молочные стада нашей Республики являются свободными от этой мутации, однако среди завезенных быков-производителей (n=70), два быка оказались гетерозиготными, т.е. имели генотип CV/TV, которые были выбракованы. Эта обстоятельство еще раз подчеркивает необходимость постоянного контроля генетических аномалий, особенно, у импортного поголовья.

Стандартным методом выявления полиморфизма структурных генов на уровне ДНК и установления генотипов по ним, определения наличия рецессивных мутаций, вызывающих аномалии, являются полимеразная цепная реакция (ПЦР) в сочетании с последующим рестрикционным гидролизом образующихся фрагментов (ПДРФ – полиморфизм длин рестрикционных фрагментов). Суть данного метода заключается в амплификации фрагмента ДНК, содержащего анализируемую точковую мутацию, с последующим расщеплением его соответствующей эндонуклеазой. По длине фрагментов делают вывод об отсутствии или наличии данного генотипа у животного. Таким образом, метод ДНК-генотипирования с помощью ПЦР-ПДРФ основан на том, что изменения нуклеотидной последовательности в аллельных вариантах генов приводят к появлению или исчезновению сайтов рестрикции (разрезания молекулы ДНК на отдельных фрагменты).

6. Гемолитическая болезнь новорожденных несовместимость матери и плода по системе резус-фактор на 2-3 месяца за счет поступления АГ плода $Rh^+$ в организм матери $Rh^-$ вызывает образование АТ. АТ проникая через плаценту в организм плода вызывают эритробластоз (разрушение эритроцитов). Во многом сходное заболевание встречается у телят, поросят, жеребят, но

плацента их непроницаемая для антител, и они накапливаются в молозиве. После сосания матери в первые 24-48 годы наблюдается патологические изменения в виде желтушности склеры глаз, слабости, учащенного дыхания снижения числа эритроцитов. Молодняк погибает. У жеребят по антигенам$A_1$ и Q.

**Понятие об иммунитете.**

**Иммунитет** – невосприимчивость организма к инфекционным агентами и генетически чужеродным веществом антигенной природы, или способ защиты организма от внедрения чужеродных веществ. Следствие этой функции – распознавание, а потом специфическое блокирование, нейтрализация или уничтожения генетически чужеродных веществ (бактерий, вирусов, раковых клеток и так далее).

За сохранение гомеостаза отвечает **иммунная система организма** – совокупность всех лимфоидных органов и скоплений лимфоидных клеток. Центральные органы иммунной системы включают: тимус, сумку Фабриция (у птиц) и ее аналог у млекопитающих, костный мозг, пейеровы бляшки и миндалины. К периферическим органам относят: лимфатические узлы, селезенку и кровь.

Главная функция иммунитета – это иммунологический надзор за постоянством внутренней среды организма (гомеостазом).

**Специфические и неспецифические факторы защиты.**

Существуют специфические и неспецифические факторы защиты.

К **специфическим факторам** относятся лимфоциты, которые обеспечивают специфическую реакцию организма на чужеродные вещества.

Стволовые лимфоидные клетки, мигрировавшие в тимус, превращаются в **Т-лимфоциты** (Т-клетки), которые ответственны за **клеточную** форму иммунного ответа, а сформировавшиеся в сумке Фабриция (у птиц) или ее аналоге у млекопитающих становятся **В-лимфоцитами** (В-клетками), которые ответственны за реализацию **гуморальной формы иммунного ответа** . Т- и В-системы лимфоцитов состоят из субпопуляцией клеток. Так, Т-клетки образуют субпопуляциею **Т-хелперов, Т-супрессоров, Т-киллеров**.

- **Т-хелперы** способствуют превращению В-лимфоцитов в плазматические клетки;
- **Т-супрессоры** блокирует антителообразование В-лимфоцитами и участвуют в становлением и поддержании иммунологической толерантности (не дает потерять организмом животного способности к выработке АТ на АГ);
- **Т-киллеры** разрушают клетки чужеродных трансплантатов и злокачественные клетки.

**В-система** в большей степени ответственна за иммунитет при многих бактериальных инфекциях, антитоксический иммунитет, анафилаксию, аллергию немедленного типа и другие.

**Т-система** главная роль в иммунитете против большинства вирусных инфекций, туберкулеза, бруцеллеза, в трансплантационном и

противоопухолевом иммунитете, аллергии замедленного типа, ряде иммунопатологий.

На поверхности В- и Т- лимфоцитов имеются рецепторы иммуноглобулиновой природы, причем на В-лимфоцитах их в десятки и сотни раз больше. **Рецепторы** – это макромолекулярные структуры клеточной поверхности, с помощью которых клетки узнают АГ. Поэтому проблема специфических рецепторов – одна из центральных в иммунологии, так как благодаря этому происходит распознавание генетически «своего» и «чужого». Синтез и специфичность рецепторов контролируются генетически.

К **неспецифическим** относят кожные и слизистые покровы, фагоциты (нейтрофилы, тканевые макрофаги), естественные иммуноглобулины, систему комплемента (включающая около 20 белков, интерферон, лизоцим, пропердин, лактоферрин и так далее). Они действуют как избирательно, так и в широком спектре. Например, интерферон обладает противовирусным действием, пропердин характеризуется выраженным антимикробным свойством, комплемент осуществляет бактериологическое действие.

В то же время фагоциты и комплемент участвуют и в специфических реакциях. Фагоциты, кооперируясь с Т- и В- лимфоцитами, принимают участие в иммунном ответе. Содержание лизоцима, комплемента, пропердина и другие веществ наследуются полигенно. На генетическое разнообразие по этим признакам указывают межпородные, межлинейные и межсемейные различия.

Имеются генетические дефекты, ведущие к потере способности нейтрофилов к фагоцитозу. Один из них впервые открыт у человека – **синдром Чедика-Хигаши**, а сейчас он известен и у КРС (особенно герефордской породы), норок, бизонов, мышей и другие. Синдром характеризуется наличием в цитоплазме лейкоцитов больших гранул.

У КРС приводит к частичному альбинизму, светобоязни и чувствительности к инфекциям. Наследуется аутосомно-рецессивным геном.

У собак генетически детерминируемое снижение числа нейтрофилов – **синдром циклическая нейтропения**. Встречается у колли с серым окрасом, которые погибают до полового созревания. Рецессивный ген серой окраски у колли обладает и плейотронным эффектом в отношении этого летального дефекта.

**Иммуноглобулины и их генетический контроль.**

**Иммуноглобулины** – это защитные белки или антитела, специфически реагирующие с антигеном, который индуцировал их образование. У большинства млекопитающих Ig разделяют на 5 классов: IgG; IgA; IgM; IgD и IgE. Кроме сыворотки крови Ig находятся в молозиве, молоке, слюне, секретах кишечника и так далее. Молекулы Ig построены из 2 длинных тяжелых (H) и двух коротких легких (L) полипептидных цепей, соединенных дисульфидными мостиками. Для всех классов Ig легкие цепи является общими, а тяжелые цепи каждого из 5 классов отличается по антигенным, иммунологическим и химическим особенностям.

| Ig | IgG | IgA | IgM | IgD | IgE |
|---|---|---|---|---|---|
| тяжелые | γ (гамма) | α (альфа) | μ (мю) | δ (дельта) | ε (эпсилон) |

цепи

Легкие цепи подразделяют на 2 типа: каппа (к-тип) и лямбда (λ-тип).

Иммуноглобулины контролируются 3 семействами генов, расположенными в разных хромосомах.

1. синтез всех классов тяжелых цепей (Н).
2. синтез легких к-цепей.
3. синтез легких λ-цепей.

Ig различаются по иммунологическим свойством, IgG составляющий основной массы, Ig нормальной сыворотки, способен проникать через плацентарный барьер; большая часть Ig новорожденного – это IgG его матери, IgM образуется на первые на антигенный стимул, IgA обнаруживается главным образом на слизистых и содержание в их секретах.

**Реакция АГ-АТ.** Главная биологическая функция антител – их способность вступать в специфическую и быструю реакцию с антигеном в результате чего образуется комплекс АГ-АТ. Специфичность иммунитета проявляется в том, что АТ действует только и на тот АГ, под влиянием которого они образовались. Организм, имеющий АТ, может оставаться в течение различного времени иммунным против АГ. Следовательно, гуморальный, как и клеточный иммунитет обладает **иммунологической памятью** – способностью при повторном контакте с АГ узнавать и отвечать на него иммунологической реакцией.

**Иммунный ответ –** это высокоспецифическая форма реакции организма на чужеродные вещества.

При введении АГ возникает **первичный иммунный ответ** – приблизительно через 2 дня в крови образуется АТ, титр которых возрастает, и достигает максимума (4-6 дню), а затем падает.

**Вторичный иммунный ответ** возникает на повторное введение того же АГ и характеризуется более высоким и быстрым нарастанием титра АТ (усиленное образование АТ на повторное введение АГ – иммунологическая память). Иммунологическая память сохраняется в течение многих месяцев и даже лет. (схема).

**Дефекты иммунной системы.**

Нарушения в различных звеньях иммунной системы приводят к многообразным патологическим иммунологическим реакциям. **Гиперчувствительность** (аллергия) возникает в результате чрезмерной иммунной реакции на чужеродные АГ. Иногда иммунные реакции направлены и против структур собственного организма (аутоиммунные реакции).

Выделяют первичные и вторичные иммунодефициты.

**Первичная иммунодефициты –** это генетически обусловленная неспособность организма реализовать то или иное звено иммунного ответа.

**Вторичная иммунодефициты –** явление приобретенными при индивидуальном развитии организма (онтогенезе). Они возникает в результате недостаточного кормления, воздействия ионизирующего излучения, заболевания лейкозом и другие.

В США в 1981 обнаружено новое заболевание иммунной системы – СПИД. Болезнь вызывается вирусом (LAV), в основном поражающим лимфоциты Т-хелперы, и характеризуются длительным инкубационным периодом – более 5 лет. Роль наследуемости в реакции организма на СПИД отчасти выражается в том, что только около 10% носителей вируса заболевают СПИДом.

У сельскохозяйственных животных наследственные иммунодефициты изучены недостаточно, но учитывая закон гомологических рядов Вавилова можно найти иммунодефициты, подобные тем, которые описаны у человека.

**Летальный фактор А-46.** Известен у КРС черно-пестрой, датской и фризской пород. Аутосомно-рецессивный. Телята рождаются нормальными, а к 4-8 неделям у них наблюдается поражение кожи, сыпь, алопеция (выпадение волос), паракератоз (аномально ороговение) вокруг рта, глаз, нижней челюсти. Чувствительны к вирусным инфекциям, вследствие снижения клеточного иммунитета.

**Комбинированный иммунодефицит (CID).** Известен у человека, жеребят арабской породы и длинношерстной таксы. Аутосомно – рецессивный. Связан с генетическими нарушениями образования и функционирования Т и В лимфоцитов. Животные не способны отвечать на иммунизацию. Жеребята остаются здоровыми до 2 месячного возраста, а после уменьшения материнских иммуноглобулинов погибают к 5- месячному возрасту от различных инфекций.

**Агаммаглобулинемия –** дефект гуморальный системы (В-лимфоциты). Встречается у человека и лошадей. Сцепление с полом (с Х-хромосомой). Восприимчивы к бактериальным инфекциям. Жеребята доживают до 17-18 месяцев.

**Селективный дефицит** IgM встречается у лошадей и характеризуется частичным или полным отсутствием IgM в сыворотке крови, погибают к 4-8 месяцам.

У кур выявлена **дисгаммаглобулинемия** при которой наблюдается низкое содержание IgA и повышенный уровень IgM. Приводит к высокой смертности птицы.