

БИОЛОГИЈА ЧОВЕКА

ГЕНЕТИКА

10. предавање

XIII I MMXXVI

Проф. др Данијела Петровић

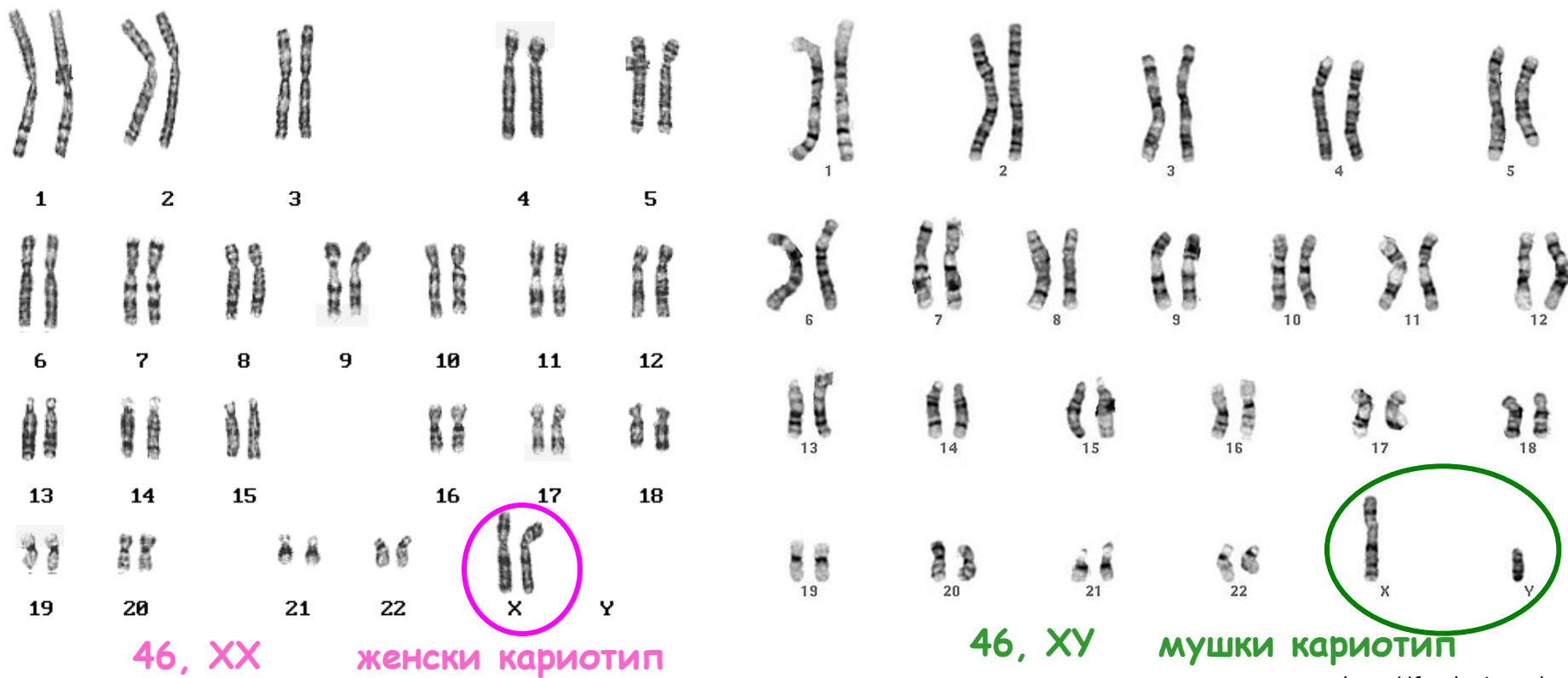
Педагошки факултет - Сомбор
Универзитет у Новом Саду

ХУМАНА И МЕДИЦИНСКА ГЕНЕТИКА

- Хумана генетика је наука која изучава процесе наслеђивања и варијабилности особина код људи. Наслеђивање подразумева преношење информација са једне генерације на другу, док се под варијабилношћу подразумева варирање истих особина између јединки исте врсте.
- За дефинисање механизма процеса преношења и варирања одређених својстава код људи, користе се знања многих научних дисциплина, као нпр. молекуларне биологије, цитогенетике, популационе генетике, имуногенетике као и различите методологије биолошког истраживања као нпр. метода близанаца или анализа родослова (**генеалог**ија).
- Хумана и медицинска генетика остварила је драматичан развој у последњих пар декада када је објашњено много наследне патологије и наследних болести. Пун замах ова област је достигла развојем **генетског инжењеринга**, познате као технологије манипулације генима, као и комплетирањем дешифровања хуманог генома. Будућност се огледа у развоју и примени **генске терапије**, као и примени најкурентнијих истраживања везаних за "**стем**" ћелије. У генетици се фактички налази превентивна медицина будућности.

- Најстарији записи везани за генетику датирају око 6000 година уназад, када су у гравирама на камену из Халдеје приказана родословна стабла.
- Индиректно се хумана генетика први пут помиње пре више од 1500 година, када је у Талмуду описано преношење хемофилије.
- Тек у XVII веку научници почињу да се занимају за наследна обележја човека тако што проучавају полидактилију и албинизам.
- У XIX веку Адамс проучава родословна стабла и препоручује стварање генетичких регистара; Дарвин анализира бракове у сродству (сам је био ожењен својом рођаком); док Галтон проучава близанце и утицај средине на њихову генетичку конституцију.
- У XX веку, тачније 1956. године, Тијо и Леван су у култури ткива плућа хуманог ембриона установили да **човек има 46 хромозома**. Касније мапирање ових хромозома, почетком XXI века (2003/04), представља научну прекретницу за цело човечанство (Human Genome Project).

- Од 23 пара хромозома **22** пара су **аутозоми** а **1** пар су **полни** хромозоми
- **Женски** пол се одликује присуством два иста хромозома **XX**, док **мушки** пол карактеришу два различита хромозома **XY**. Стога је женски пол код људи **хомогаметски**, пошто образује само један тип гамета, док је код мушкараца **хетерогаметски** пошто има две врсте гамета: једне са X хромозомом а друге са Y.
- Плни хромозоми садрже гене за детерминацију и диференцијацију пола, али поред тога X хромозом садржи и велики број других гена који детерминишу различита соматска својства.

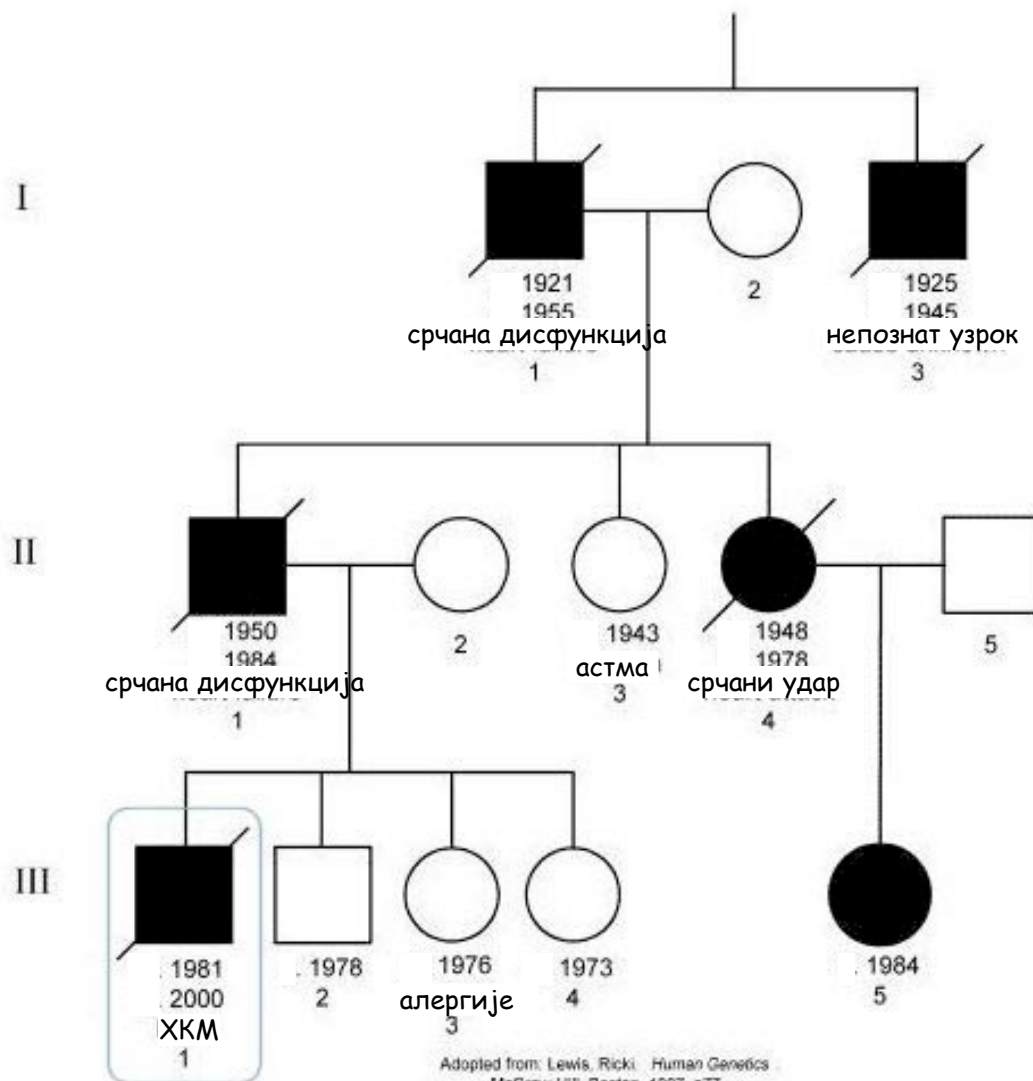


- У сваком од 23 пара хромозома, један је наслеђен од оца, а други је пореклом од мајке. То значи да свака нормална хумана соматска ћелија има две гарнитуре хромозома (23 од оца и 23 од мајке) и кажемо да је **диплоидна** - $2n$ ($2 \times 23 = 46$). Свака нормална хумана полна ћелија је **хаплоидна** - n , пошто има само једну хромозомску гарнитуру.
- Геном представља наследни материјал, тј. сет хромозома који се налази у једној полној ћелији-гамету (22 различита аутозома и 1 полни хромозом).

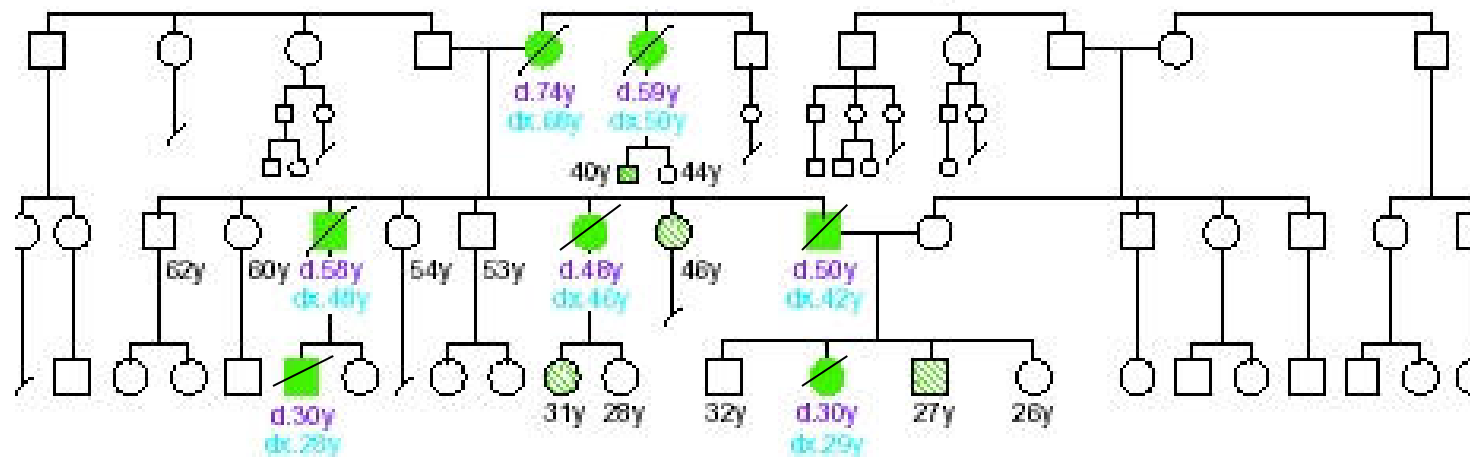
КОНГЕНИТАЛНЕ МАЛФОРМАЦИЈЕ

- Око 50% урођених (конгениталних) аномалија резултат је поремећаја у наследној основи, док је осталих 50% последица других фактора (биолошки, хемијски, физички).
- Промене наследне основе могу бити на нивоу:
 - 1) гена - **моногенска обољења** (на нивоу једног гена) - 15%
- **полигенска обољења** (на нивоу више гена) - 10%
 - 2) хромозома - **хромозомске аберације** (хромозомопатије) - 25%
- Познавање наслеђивања болести или аномалија предуслов је адекватног генетичког савета. Генетички савет подразумева објашњење дијагнозе и ризика кроз интерперсоналну комуникацију.
- Први корак је узимање анамнезе од пацијента и конструисање **породичног стабла (родослов)**, где су у кратким цртама прикупљени подаци о породици пацијента са генетичким оптерећењем.

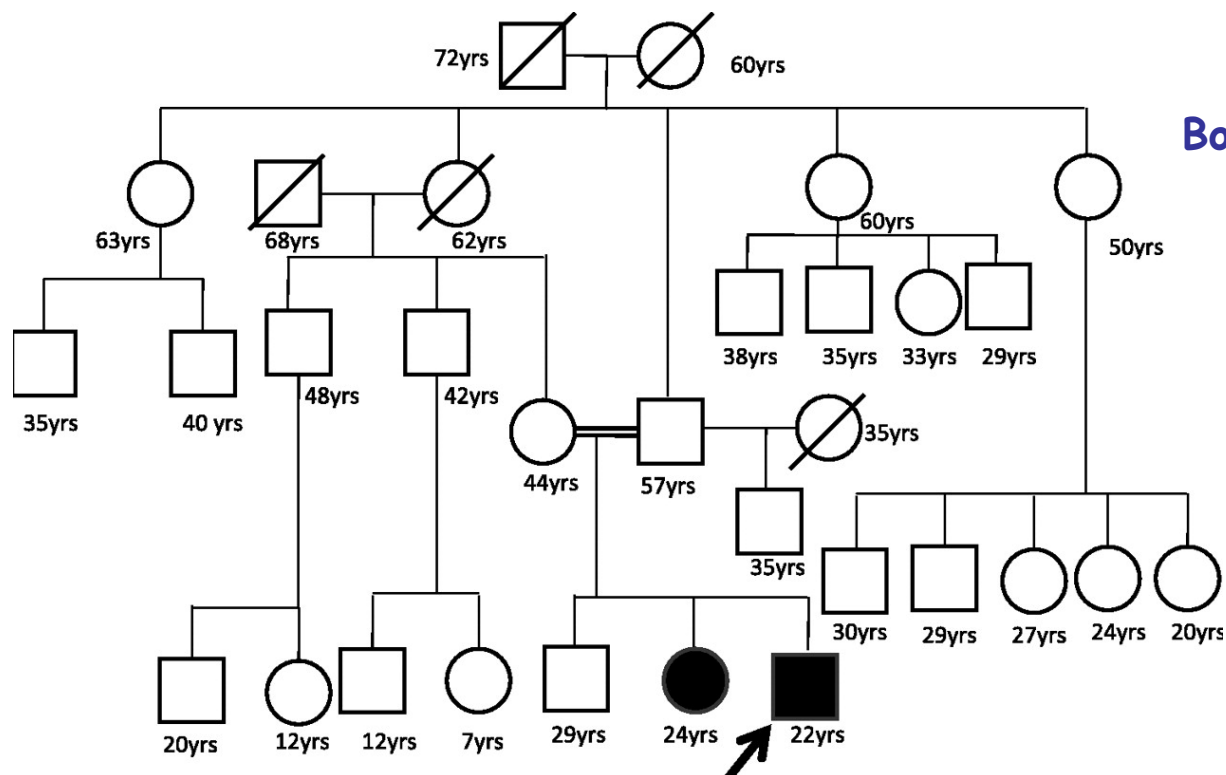
Хипертрофична кардиомиопатија (ХКМ)



Хантингтонова хореа



www.healthline.com/images



Boucher-Neuhauser синдром

<http://jnnp.bmj.com>

❖ Аутозомно-доминантно наслеђивање (моногенско)

- Особа је носилац и мутираног и нормалног генског алела (**хетерозигот**) и тај се мутирани генски алел испољава
- Ризик да се обољење пренесе је **50%**.
- Оболели мушкарци и жене се јављају у истој пропорцији, болест се преноси са генерације на генерацију.
- Неки пацијенти са аутозомно-доминантним наследним обољењем нису мутирани ген наследили ни од једног од родитеља, него је болест последица **свеже (de novo) мутације** у герминативним ћелијама генетски здравих родитеља.
- Примери:
 - Синдактилија - срасли прсти 1:2000-1:3000 (а)
 - Полидактилија - (вишепрстост) - шестопрстост 1:500 (б)
 - Ахондроплазија - врста патуљастог раста 1:25000 (в)
 - Холт-Орамов синдром - кардио-скелетни синдром 1:100000 (г)
 - Хантингтонова хореа - врста неуролошког обољења, учесталост веома варира 4-8:100000 САД, 2-10:100000 Европа, 7:1000 Маракаибо регион у Венецуели



www.eatonhand.com/img/img00041

a



<http://rpmedia.ask.com>

6



<http://upload.wikimedia.org/wikipedia>

B



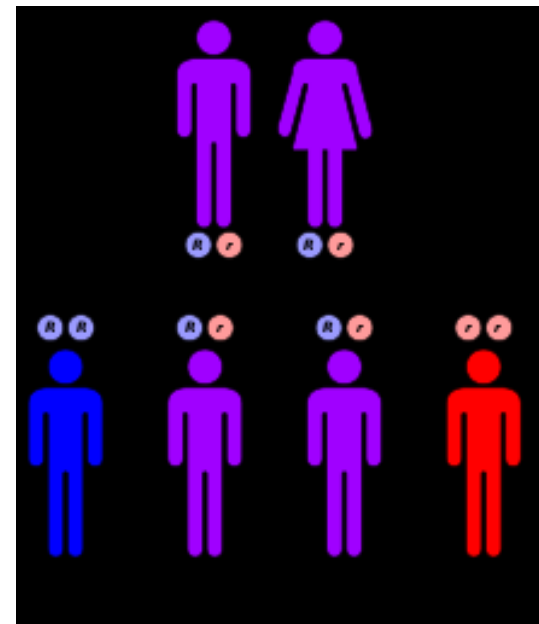
www.superhands.us/pages/evan.html

┐

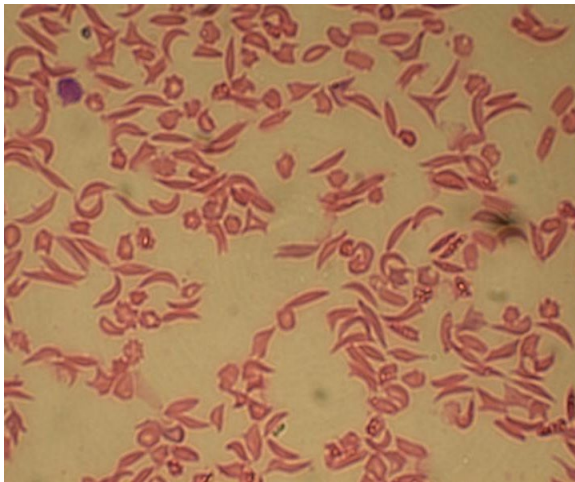
- Више од половине својстава код човека је детерминисано доминантним геном на неком од аутозома. Неке од њих су:
 - Способност увртања језика у тубу
 - Способност попречног савијања језика
 - Слободна ушна ресица
 - Ушна ресица без длачица
 - Спојене обрве
 - Изражена пегавост
 - Маљавост на дисталним фалангама
 - Нормално разликовање боја
 - Рупица на бради
 - Бели прамен косе код мушкарца
 - Смеђе или зелене очи
 - Тамна коса
 - Равна коса
 - Леви палац преко десног (код склапања шака)
 - Закривљеност малог прста (ка домалом)
 - Кажипрст краћи од домалог прста код мушкарца
 - Осећај горког укуса
 - Извијена ивица косе на средини чела
 - Ћелавост код мушкарца

❖ Аутозомно-рецесивно наслеђивање (моногенско)

- Рецесивно обољење се испољава једино ако је мутација присутна у оба генска алела, тј. ако се налази се у **ХОМОЗИГОТНОМ** стању.
- Особе које су хетерозиготи за рецесиван мутирани алел су здрави носиоци. Вероватноћа да ће они дати фенотипски **здравог носиоца је 50%**, **потпуно здравог хомозигота 25%** и **оболелог хомозигота 25%**.
- Јавља се код оба пола са једнаком учесталашћу; кад оба родитеља имају испољен дати поремећај сва су деца оболела.
- Примери:
 - **Цистична фиброза** - дисфункција екзокриних жлезда делеција $\Delta 508$ на хромозому 7 код 2/3 пацијената
 - У општој популацији учесталост је око 1:2500, а носиоца 1:25



- **Српаста анемија** - присуство измењеног хемоглобина, који кристалише и мења облик еритроцита од округлог ка српастом (а).
Учесталост: 1:5000 општа популација, 1:500 Афро-американци, 1:4 Западна Африка.
- **Таласемија** - синтетисани глобински ланаци нормалне структуре али у неадекватним, тј. смањеним количинама 1:200000 (б).
- Бројне **ензимопатије**

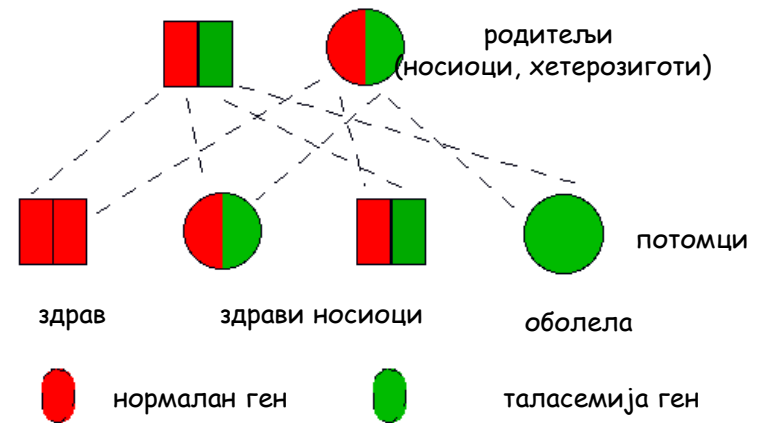


www.sac.edu



а

Таласемија (наслеђивање)



http://sickle.bwh.harvard.edu/beta_tha

б

- **Ензимопатије**

- **Фенилкетонурија** - фенил аланин хидроксилаза 1:10000 (а)
- **Алкаптонурија** - хомогентизинска оксидаза 1:100000-200000
- **Галактоземија** - галактозо-1-фосфат уридил трансферазе 1:50000
- **Мукополисахаридоза (I, II, III, IV, V, VI, VII, IX)** - различити ензимски дефицити 1:50000-1:250000 (б)
- **Тај-Саксова болест** - хексозаминидаза А (в) 1:4000, носиоци 1:30 Ашкенази Јевреји
- **Ниeman-Пикова болест** - сфингомијелиназа (г) 1:40000, носиоци 1:90 Ашкенази
- **Албинизам** - тирозиназа 1:20000 (д)



<http://www.glogster.com/squigs9588/pku-biology-project>

а



<https://runkle-science.wikispaces.com/Mucopolysaccharidosis>

б



в

www.soulumination.org/index.php/site/person/jordan



г



http://the-medical-dictionary.com/oculocutaneous-albinism-tyrosinase-positive-article_2.htm

д



<http://store.albinism.org>

❖ Наслеђивање везано за X хромозом (моногенско)

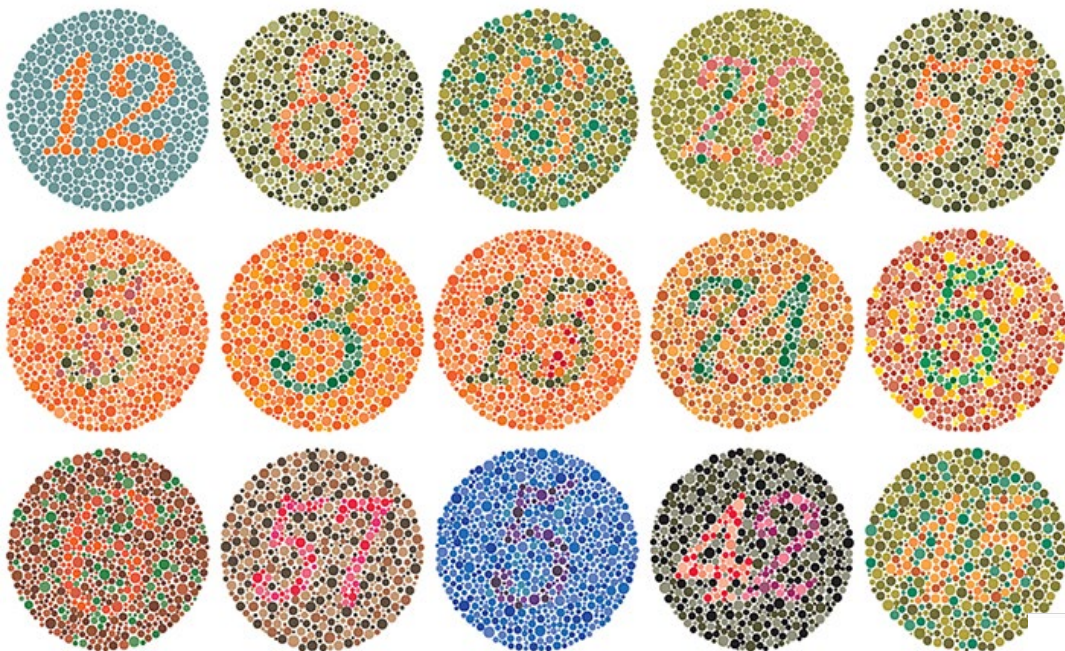
1) Рецесивно наслеђивање везано за X хромозом

- Болест се испољава код свих мушкараца који носе мутирани ген, а код женских особа само ако су хомозиготи.
- Болест се преноси преко женских, здравих, хетерозиготних носиоца, које дају болесне мушке потомке и ћерке здраве носиоце.

- Примери:

- **Хемофилија А** - поремећај коагулације крви - недостатак фактора VIII. Учесталост је 1:5000-1:10000 ♂
- **Дишенова мишићна дистрофија** - одликује је прогресивна слабост, атрофија и дегенерација мишића (екстремитета, тупа), што води леталном исходу. Фреквенција је 1:4000 ♂ а 1/3 случајева представља нову генску мутацију
- **Далтонизам** - слепило за боје, тј. смањена способност разликовања боја (појединих или свих). Поред мутације на X хромозому, мутације на још 18 других хромозома могу изазвати неки од облика овог поремећаја. Учесталост везана за X хромозом је око 1:20 ♂

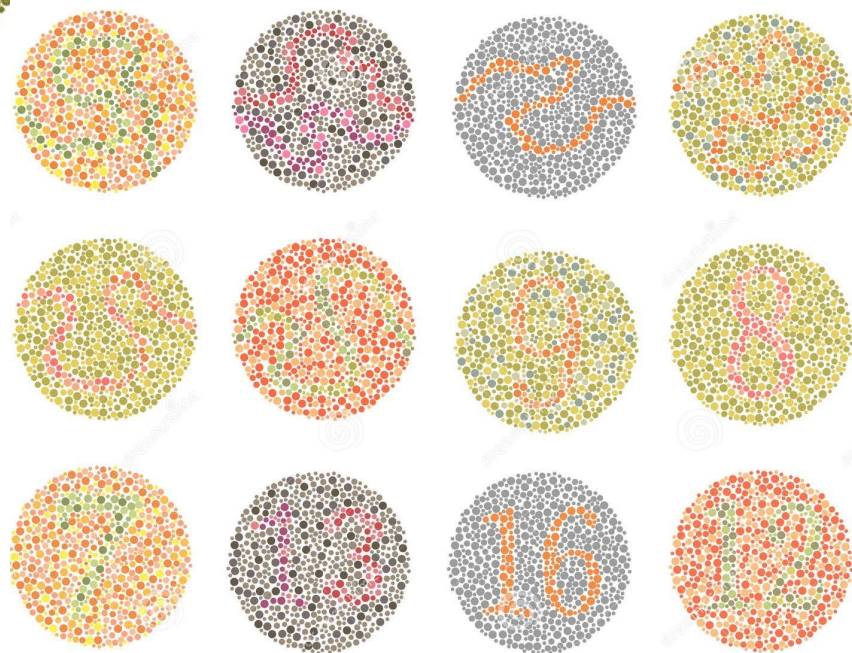
ТЕСТ ЗА РАЗЛИКОВАЊЕ БОЈА



<https://www.aoa.org/healthy-eyes/eye-and-vision-conditions/color-vision-deficiency>



<https://www.dreamstime.com/daltonism-ishihara-test-red-green-number-image150427216>



<https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-image-ishihara-test-color-blindness-disease-image38281686>

2) Доминантно наслеђивање везано за X хромозом

- Врло је мали број ових обољења и она се испољавају код оба пола.
- Оболели мушкарци преносе болест на сву своју женску децу, а на ниједног мушког потомка.
- Пример:
Витамин Д резистентни рахитис - постепено долази до деформитета костију и смањеног раста услед немогућности бубрежних тубула да реасорбују фосфате.

3) Синдром фрагилног X

- Сматра се да је после Дауновог синдрома најчешћи узрок менталне ретардације.
- Карактерише га измењено понашање, поремећај говора, специфичан изглед лица са великим, лоше моделираним ушним шкољкама и избоченим челом.
- Фреквенција 1:1000-1:4000♂ и 1:8000 ♀
- Носиоци 1:250-1: 800♂ и 1:130-1:250 ♀



http://period8sts1112.blogspot.com/2011_12_01_archive.html

■ Полигенско наслеђивање

- Овај вид наслеђивања односи се на својства и болести детерминисане **већим бројем гена**.
- Овај већи број гена на различитим локусима је и под утицајем спољашње средине (мултифакторијално наслеђивање), те се у овим случајевима може говорити о **генетичкој предиспозицији** индивидуе али и о утицају **чиниоца околине**.
- *Својства која се овако наслеђују су:* интелигенција, таленат за музику, сликарство, способност за оријентацију у простору, тен - боја коже, боја косе, боја очију, крвни притисак, телесна грађа, висина, телесна маса итд.
- *Болести које се овако наслеђују су:* расцеп усне или непца, шизофренија, епилепсија, манично-депресивна психоза, дијабетес, реуматоидни артритис, коронарна болест, канцер, хипертензија, дефекти неуралне тубе, аутизам итд.

ХРОМОЗОМСКЕ АБЕРАЦИЈЕ

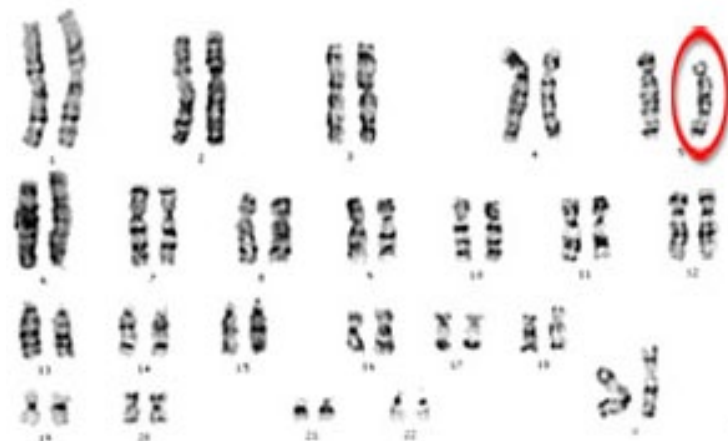
- Хромозомске аберације или хромозомопатије подразумевају промене у наследној основи на нивоу хромозома.
 - Деле се на структурне и нумеричке
- 1) У **структурне** промене спадају: **делеције** – што подразумева губитак дела хромозома, **транслокације** – подразумева трансфер генетичког материјала са једног хромозома на други, **дупликације** – удвостручење одређеног сегмента хромозома итд.
 - 2) У **нумеричке** аберације спадају: **анеуплоидија** – представља присуство или одсуство једног или више хромозома и **полиплоидија** – подразумева више целих хаплоидних комплемената.
- Најчешће **анеуплоидије** су **монозомије**, када недостаје један хромозом, и **тризомије**, када постоји хромозом у вишку; док су најчешће **полиплоидије** **триплоидија** ($3n$ – 3 хаплоидне гарнитуре хромозома) и **тетраплоидија** ($4n$).

Структурне аберације хромозома

- Синдром мачијег плача – Cri du chat синдром
- Фреквенција 1:25000-1:50000 4♀:3♂
- **Делеција** кратког крака хромозома 5
- Деца имају таква задебљања на ларинксу да испуштају звуке сличне мјауку мачке. Поред карактеристичног плача, код свих пацијената постоји тешка психомоторна ретардација, застој у расту, микроцефалија. Мишићна хипотонија јавља се у 50-90% ових пацијената, док урођену срчану ману срећемо код 1/3 деце са овим синдромом.
- Око 90% случајева су спорадичне, свеже (de novo) мутације.



www.cridchat.u-net.com

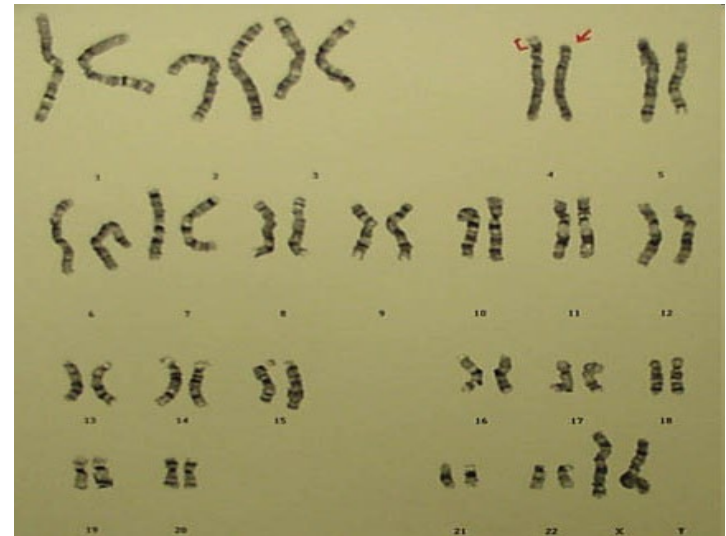
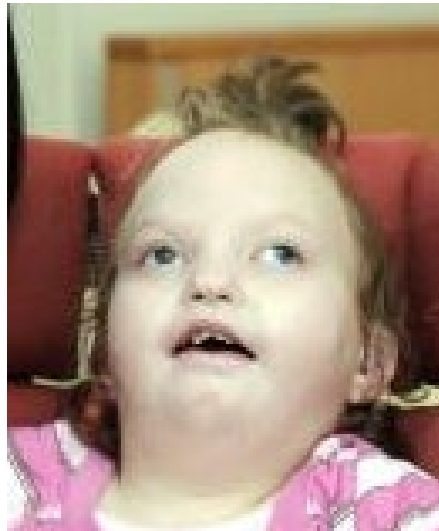


<http://learn.genetics.utah.edu>

46, XX del(5)(p15.2)

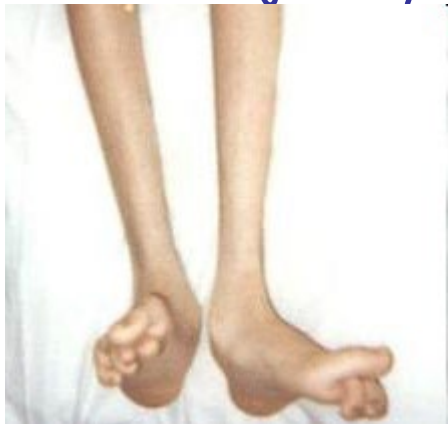
■ Синдром 4p- или Wolf-Hirschhorn синдром

- Учесталост је 1:50000 2♀:1♂
- **Делеција** кратког крака хромозома 4
- Карактеристичан краниофацијални фенотип са размакнутим очима, непропорционално великим челом и малом брадом ("грчка маска"). Постоје још и оштећења на непцу, ушима, очима, мозгу, чести епи напади у детињству, ментална ретардација, застој у расту, срчане мане, хипотонија мишића итд.
- Скоро 85-90% свих случајева овог синдрома су настали de novo мутацијом.



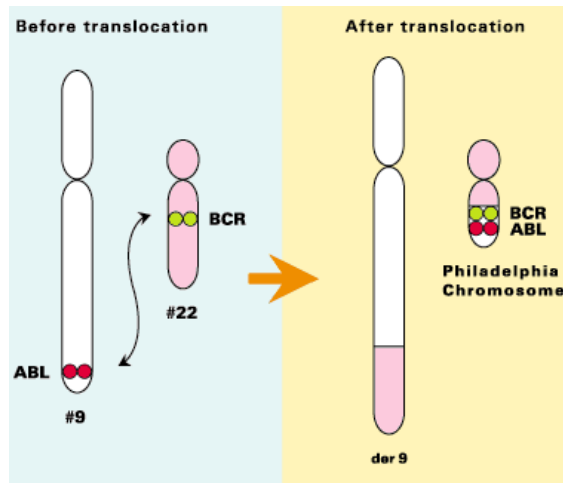
46, XX del(4)(p16.3)

- Наследна моторно-сензорна неуропатија или Charcot-Marie-Tooth (1A) болест
- Учесталост $\approx$ 1:2500
- У већини случајева (70-80%) **дупликација** великог региона на кратком краку хромозома 17.
- Дуплициран је ген за протеин који улази у састав мијелинског омотача. Осим овог, промене у још 13 других гена могу довести до ове болести.
- Ово је обољење нерава које доводи до мишићне атрофије и губитка осећаја за додир, првенствено у ногама, а касније и рукама. Ове особе имају велике потешкоће у извођењу моторних радњи (мишићи екстремитета, језик), али им је животни век уобичајен као и осталој популацији



■ Филадельфија хромозом 95%Ph+ CML

- Балансирана **транслокација** између хромозома 9 и 22
- Узрокује хроничну мијелоидну леукемију (CML), која се обично јавља у средњем добу, и ретко код деце.
- Транслокација доводи до фузионисања два гена, који кодира нов протеин, који потом стимулише и убрзава ћелијску деобу. Пошто ово није нормално, физиолошко стање ћелије, као последица долази до појаве патологије тј. леукемије.



<http://posterous.com/getfile/files.posterous.com>



46, XX, t(9;22)(q34;q11)

Нумеричке аберације аутозома

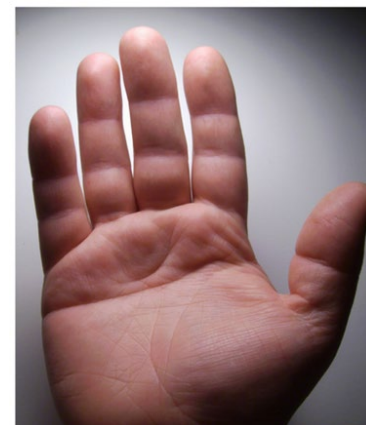
■ Даунов синдром

фреквенција 1:733

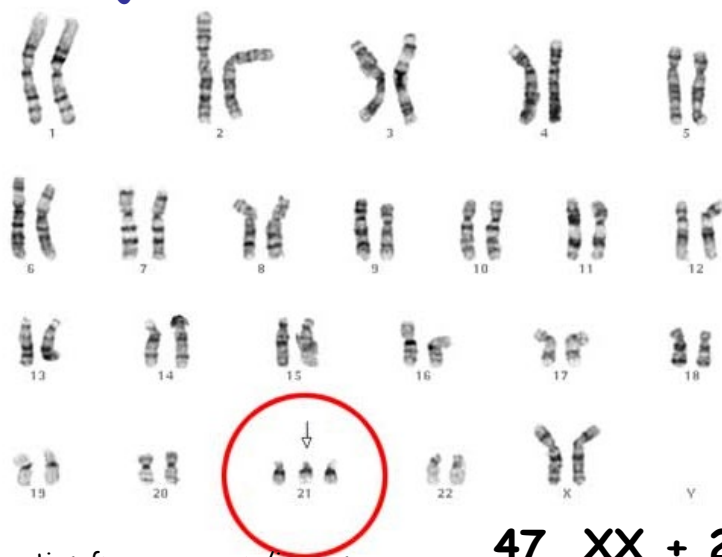
- Тризомија хромозома 21

- Ово је прва описана тризомија и најчешћа аберација хромозома у хуманом кариотипу.

- Специфичан и лако препознатљив фенотип, округло лице, косе очи, лоше модификоване уши ниско постављене, мала, стално отворена уста са језиком који проминира, кратке, здепасте шаке са браздом четири прста у око 60% пацијената. Такође је уочљива мишићна хипотонија, хиперфлексбилност зглобова, ментална ретардација, срчане аномалије итд.



<https://www.upsidedowns.co.nz/about-down-syndrome>

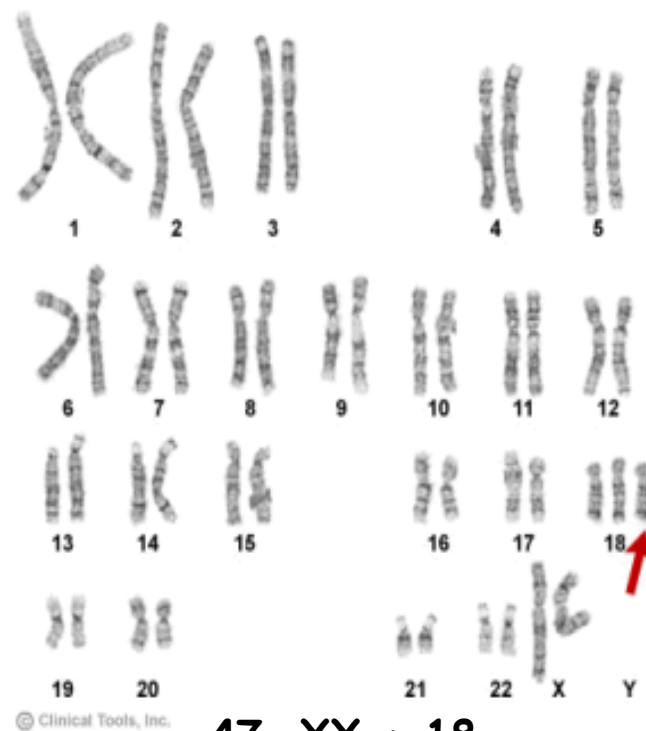


47, XX + 21



■ Едвардсов синдром фреквенција 1:3000, 80%♀

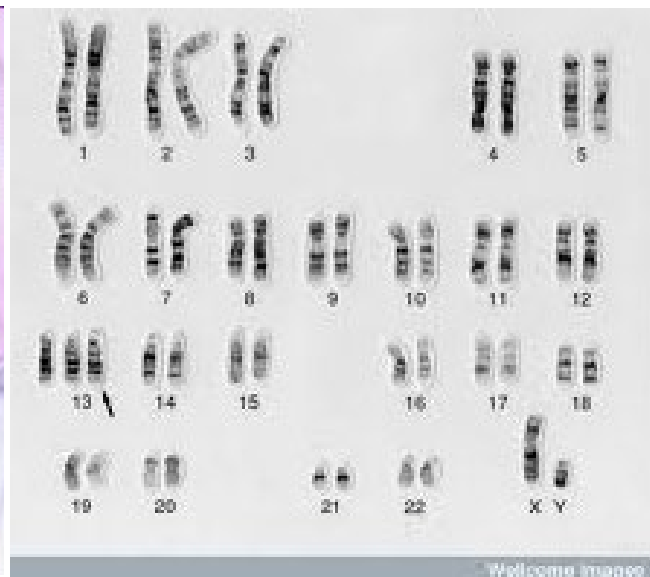
- **Тризомија** хромозома 18
- Сматра се да се око 95% случајева ове тризомије спонтано абортира.
- Пацијенти са овим синдромом имају тешке, мултипле аномалије, са карактеристичним положајем прстију шаке, изражену хипертонију, тешку менталну ретардацију, срчане мане, малформације бубрега итд.
- Услед тешких аномалија, свега 5-10% деце са овим синдромом преживи прву годину живота.



47, XX + 18

■ Патау синдром фреквенција 1:5000-1:10000

- **Тризомија** хромозома 13
- Изражене су тешке мултипле аномалије због чега око 50% ових пацијената умире у првих месец дана живота, а само мали број од њих доживи првих годину дана.
- Синдром карактерише тешко оштећење нервног система, праћено менталном ретардацијом и застојем у расту. Веома чести су расцепи непца и уста, одсуство очију, тешке срчане мане, полидактилија итд.



<http://medgen.genetics.utah.edu/photographs>

47, XY + 13

Нумеричке аберације полних хромозома

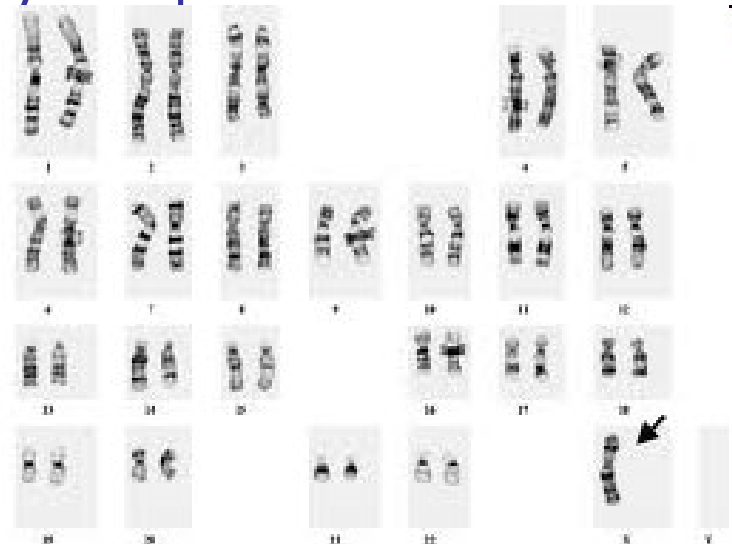
- Тарнеров синдром (45, XO) учесталост 1:2000 - 1:5000
- **Монозомија** хромозома X
- Специфичну клиничку слику чине мали раст, изражен птеригијум врата, инфантилне спољне гениталије. По рођењу су веома често присутни едеми на дорзалној страни стопала. Оваријуми су често у виду трака од везивног ткива, присутна је примарна аменореја, а аксиларна и пубична маљавост је слабо изражена.
- Овај синдром обично не доводи до менталне ометености, иако се могу приметити потешкоће у решавању невербалних или математичких проблема.



<https://emedicine.medscape.com/article/949681-overview?form=fpf>



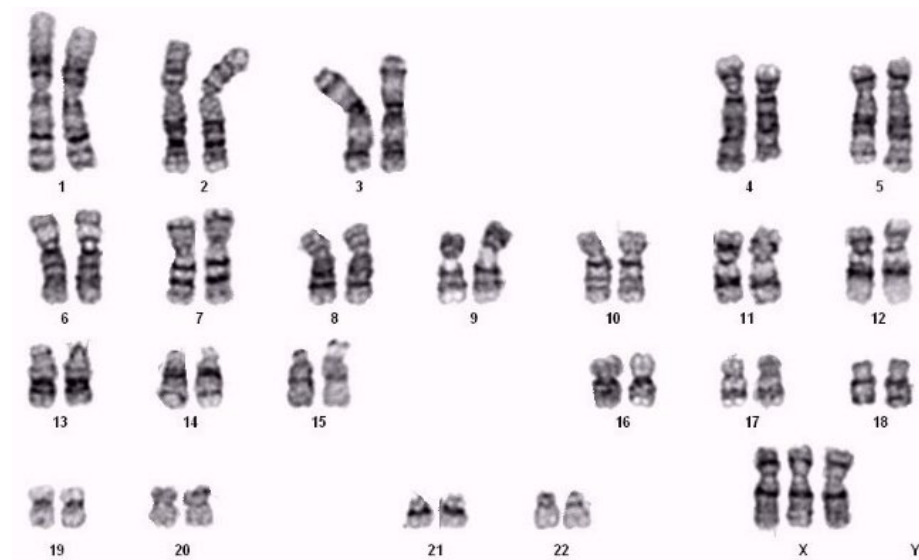
<http://medicmesiralex2010.blogspot.com/2010/12/chromosomal-disorders.html>



45, XO

<http://www.subtelomeres.com/ChromosomeAbnormalities>

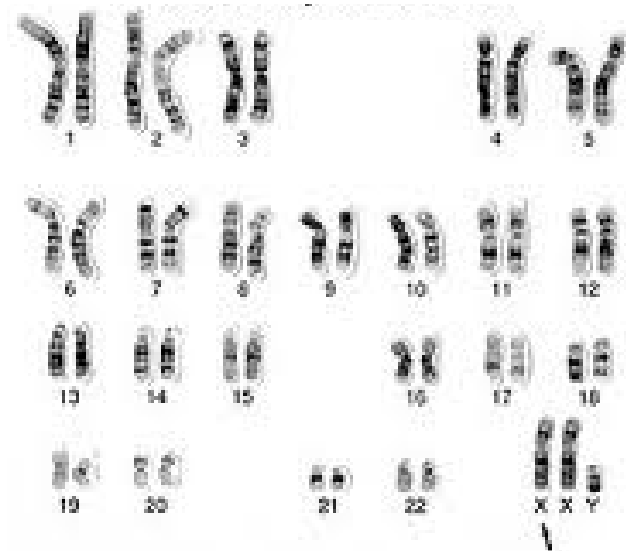
- Синдром XXX (Трипл X синдром) (47, XXX)
- Тризомија хромозома X
- Сматра се да 1 у 1000 жена има овакав кариотип.
- Овај синдром се углавном открива сасвим случајно, пошто већина ових жена нема никакву фенотипску експресију. Обично дају нормално потомство.
- Отприлике 2/3 имају незнатно мањи ниво интелигенције од просечног (вербални IQ), док је остатак нормалних когнитивних способности.



47,XXX

■ Клинефелтеров синдром (47, XXУ)

- Учесталост је 1:1000
- Поремећај у којем мушкарци имају **Х хромозом у вишку**.
- Клиничка слика овог синдрома није посебно специфична, па се неретко открива тек у зрело доба током испитивања узорака стерилитета.
- Касни пубертет, са неразвијеним секундарним сексуалним карактеристикама мушкарца су први знаци синдрома.
- Карактеристике ових пацијената су: високи, издужени фенотип са честом диспропорцијом (дуге ноге, кратак труп), инфантилне спољне гениталије, смањена маљавост, гинекомастија, стерилитет итд.



47, XXУ

