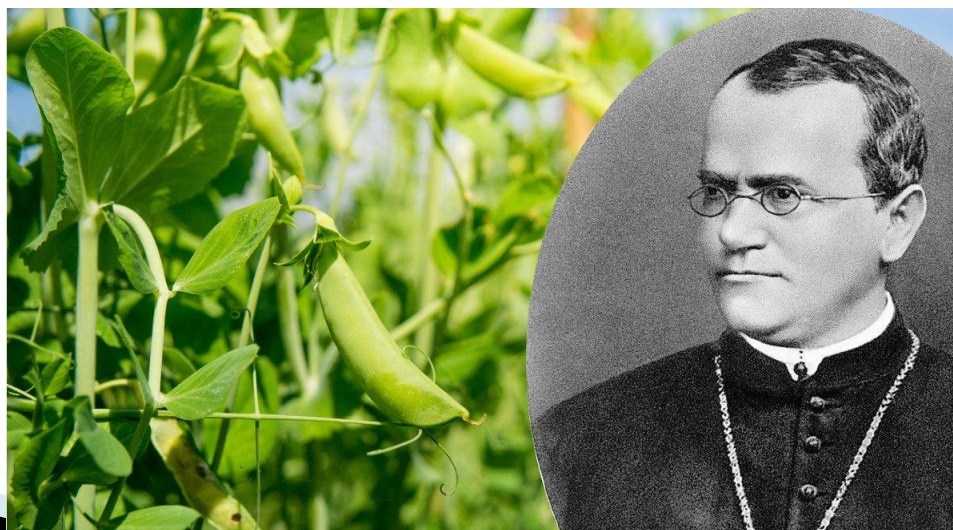
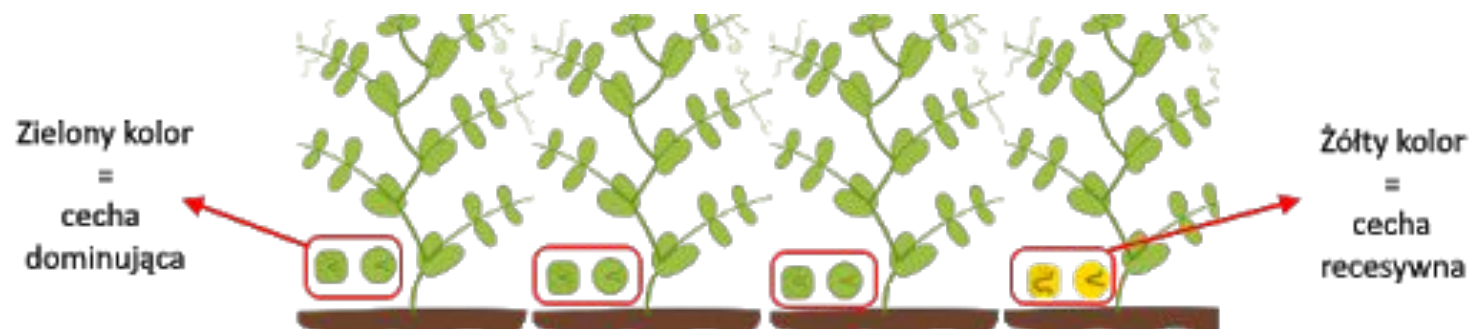


Dziedziczenie cech ilościowych

Dziedziczenie – sposób przekazywania genów potomstwu



Dziedziczenie

1. **mendlowskie** - jeden gen = jedna cecha

- *np. allele jednego genu decydują o barwie kwiatów groszku*

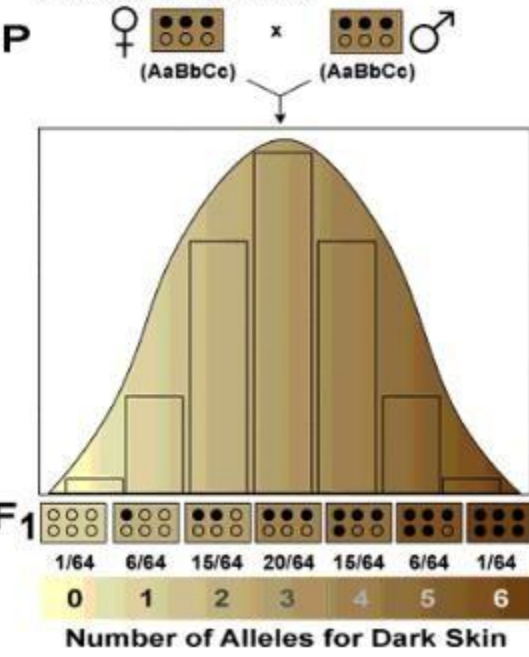
2. **poligenowe** - interakcje kilku genów

3. **wieloczynnikowe** - interakcje wielu genów i środowiska

- proste przełożenie jednego genu na jedną cechę fenotypową (jak u Mendla) zdarza się rzadko
- powstawanie wielu cech wynika z interakcji kilku różnych genów
- **złożone sieci współzależności** – złożoność występuje na skutek oddziaływania i kombinacji genów (ilość elementów składowych jest nieistotna)

Jeżeli cecha zależy tylko od czynników genetycznych mówimy o dziedziczeniu **poligenowym** (np. kolor skóry)

● = Dominant Allele Present
○ = Recessive Allele Present



Dept. Biol. Penn State ©200

Phenotypes:

Number of dark-skin alleles: 0 1 2 3 4 5 6

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings

<http://ibbio.pbworks.com/w/page/36703335/Topic%2010%3A%20Genetics%20HL>

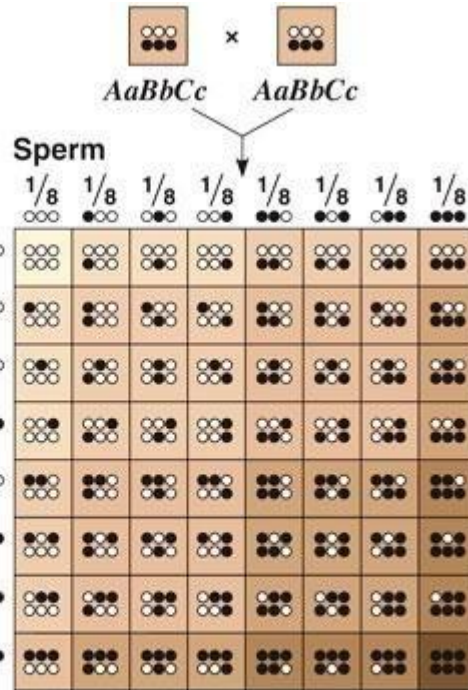


Table 1 : the various shades of human skin colour

Phenotypes	Genotypes	Units of pigment
Extremely dark	AABBCC	6
Very dark	AaBBCC	5
Dark	AaBbCC	4
Intermediate	AaBbCc	3
Light	aaBbCc	2
Very light	aabbCc	1
Extremely light	aabbcc	0

http://preuniversity.gkrai.org/html/9_GENETICS.htm

geny dopełniające



cecha zostanie wykształcona pod warunkiem uzupełniania się niezbędnych (dwóch lub większej ilości) genów nieallelicznych, cecha nie ujawni się w przypadku braku dominującego allelu jednego z genów biorących udział w dziedziczeniu tej cechy

geny kumulatywne



w przypadku pewnych cech (np. ilościowych) stopień ujawnienia się cechy jest uzależniony od sumowania się efektów działania różnych genów nieallelicznych

Plejotropizm

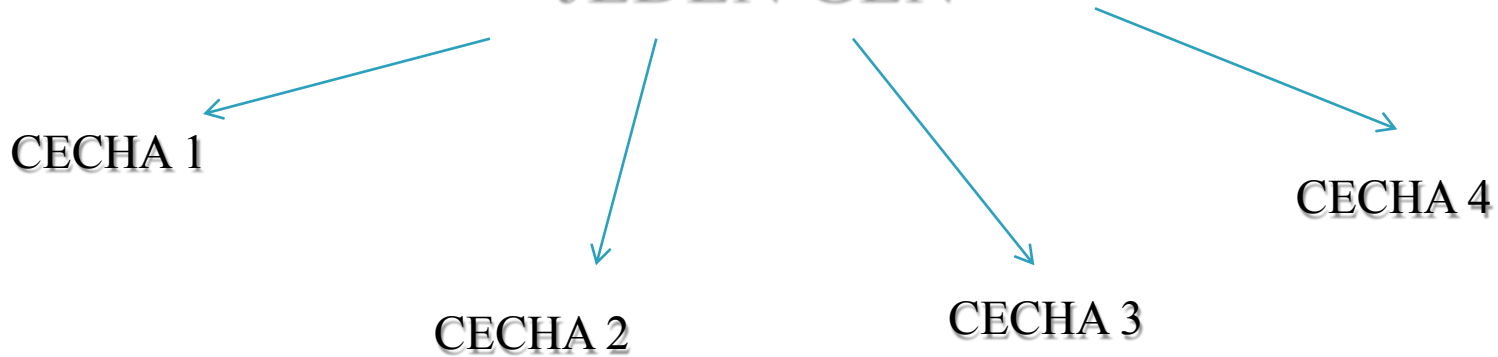
JEDEN GEN

CECHA 1

CECHA 2

CECHA 3

CECHA 4



Dziedziczenie wieloczynnikowe

Na wartość cechy wpływa:

- **Komponenta genetyczna** - wspólne oddziaływanie wielu genów (różnych loci), a konkretnie ich alleli. Każdy z nich ma wpływ na daną cechę, a ich działanie sumuje się
- **Komponenta środowiskowa** – szeroko rozumiany wpływ środowiska, a więc czynników takich, jak:
 - Żywienie
 - Temperatura
 - Klimat

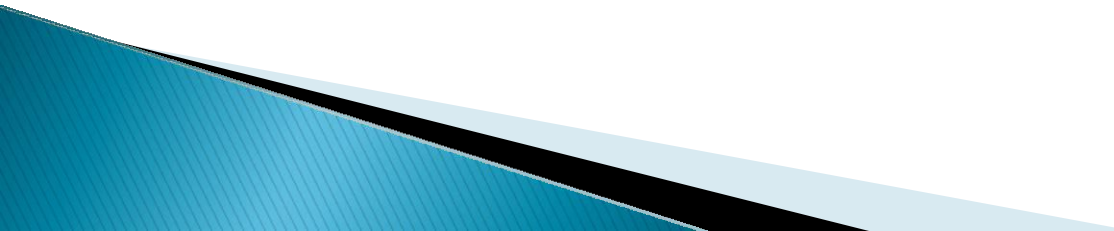
Cechy mendlowskie i wieloczynnikowe

Mendlowskie	Wieloczynnikowe
Proste podłoże genetyczne: mutacje pojedynczych genów z wysoką penetracją	Udział wielu czynników genetycznych, każdy z nich o niewielkiej penetracji
Mutacja genu jest czynnikiem sprawczym	Polimorfizmy genów wpływają na predyspozycje (dodatnie lub ujemne)
Metoda badania: parametryczna analiza sprzężeń	Metody badań: wiele różnych, przeważnie nieparametrycznych metod statystycznych
Choroby rzadkie	Wiele częstych chorób

Cechy wieloczynnikowe

- Częste choroby, odziedziczalna część ryzyka nowotwory (*nie dziedziczne*)
 - *choroby serca i układu naczyniowego*
 - *cukrzyca*
 - *choroby psychiczne*
- Prawidłowa zmienność fenotypowa
- Za odziedziczalność muszą też odpowiadać częste warianty sekwencyjne (częste polimorfizmy)

Przyczyny zmienności

- Korelacja **genetyczna** – *wpływ genotypu na fenotyp*
 - Korelacja **środowiskowa** – *wpływ środowiska na fenotyp*
 - Korelacja **genotyp-środowisko** – *zależność między genotypem a stopniem wpływu środowiska*
- 

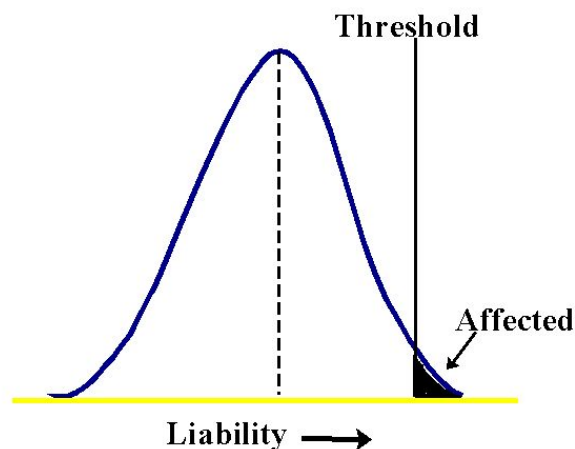
Cechy wieloczynnikowe progowe

Cechy warunkowane przez wpływ wielu genów i czynników środowiskowych, ale przybierające dwie lub zaledwie kilka form fenotypowych

np. **osoby zdrowe – osoby chore**

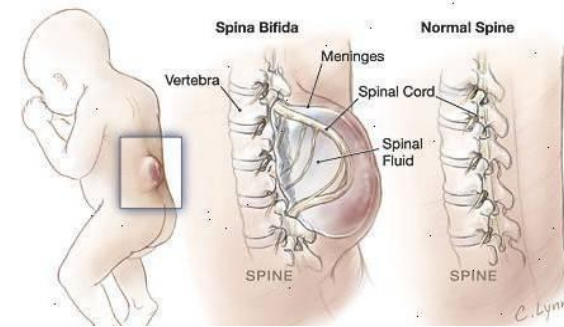
(w przypadku tych cech zmienność ciągłą wykazuje tzw. „skłonność”)

- Cukrzyca: choroba ujawnia się wskutek współdziałania czynników genetycznych i niegenetycznych (np. nieodpowiednia dieta) **po przekroczeniu wartości progowej**

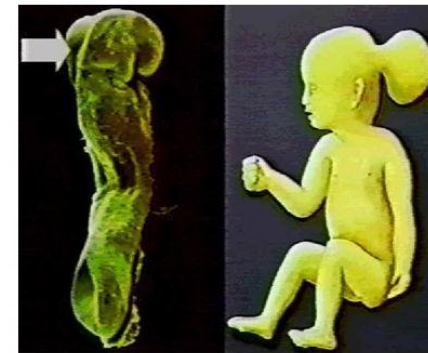


można wówczas mówić, że choroba jest skrajną manifestacją wieloczynnikowej cechy ilościowej

Choroby jako cechy wieloczynnikowe progowe:

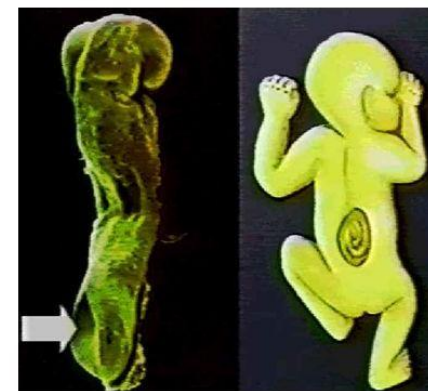


Rodzaje wad cewy nerwowej



Odcinek górny:

- Bezmózgowie
- Małomózgowie
- Przepuklina oponowo - mózgową



Odcinek dolny:

- Otwarty rozszczep kręgosłupa
- Przepuklina oponowa
- Przepuklina oponowo rdzeniowa



<https://www.estheticon.pl/chirurdzy/rozszczip-podniebienia-rozszczip-wargi/georgia/tbilisi>

Cechy wieloczynnikowe skokowe

- Wartość cechy wyrażana jest poprzez liczbę określonych jednostek. Chociaż w populacji cecha przyjmuje wartości od minimalnej do maksymalnej, to wartość cechy u konkretnego osobnika musi wyrażać się całkowitą liczbą jednostek (zwykle przyjmuje wartości liczb całkowitych 1,2,3,4 *etc*)
- Cechy takie są determinowane zwykle przez kilka genów o wyraźnym wpływie na fenotyp
- Przykłady:
 - Liczba składanych jaj
 - Liczba młodych w miocie

Cechy wieloczynnikowe ciągłe - ilościowe

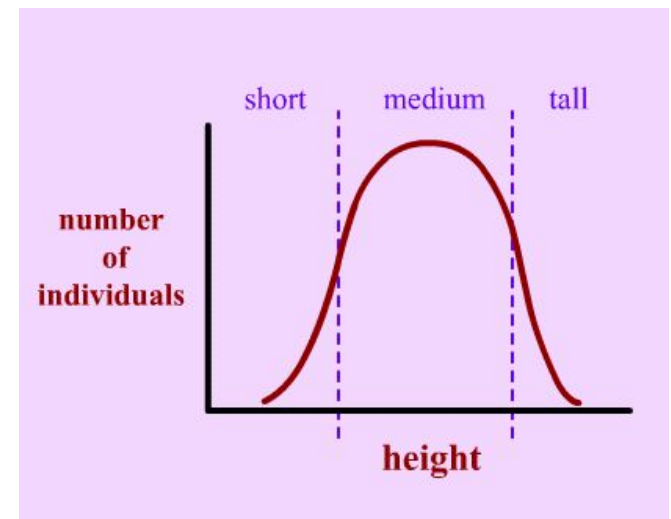
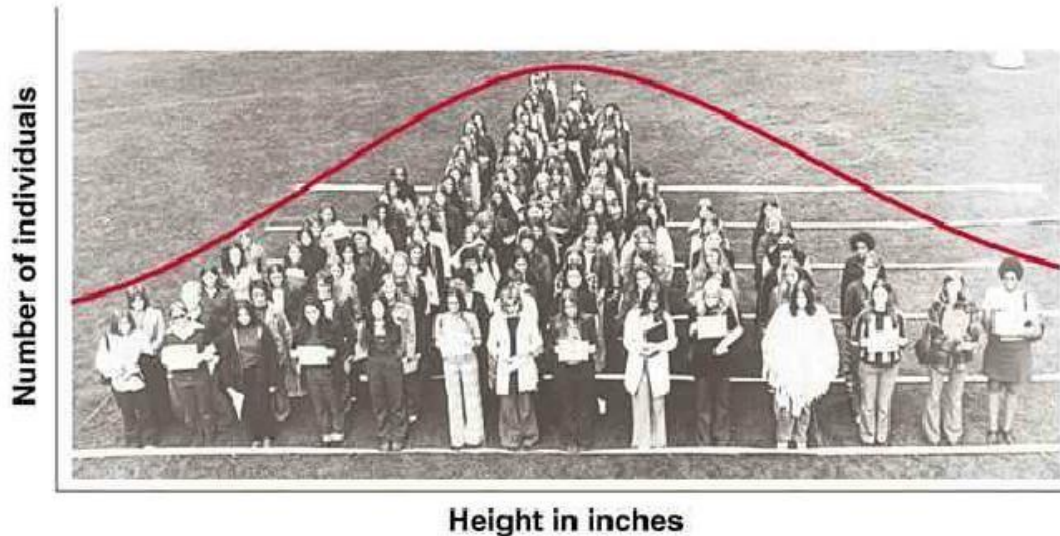
- cechy ilościowe - takie, które mogą być zmierzone, **np. wzrost, ciężar ciała, stężenie cholesterolu we krwi, ciśnienie tętnicze**
- oraz takie, których natężenie można przedstawić liczbowo (w umownych jednostkach) **np. inteligencja (IQ)**

wzrost (cm): *Na ostateczny wzrost wpływają zarówno czynniki genetyczne (wzrost rodziców), jak również czynniki niegenetyczne (odżywianie się, choroby przewlekłe itp.)*

- liczba możliwych fenotypów jest praktycznie nieograniczona - dokładność ich pomiaru zależy jedynie od dokładności skali przyrządu pomiarowego
- występuje rozkład ciągły natężenia cechy – wartość cechy w populacji może przybierać dowolną wartość pomiędzy maksimum i minimum

Cechy ilościowe

- W populacji są osobniki skrajne – o maksymalnym i minimalnym natężeniu cechy
- Większość osobników wykazuje przeciętne natężenie cechy
- rozkład cechy w populacji ilustruje krzywa Gaussa (in. rozkład normalny)

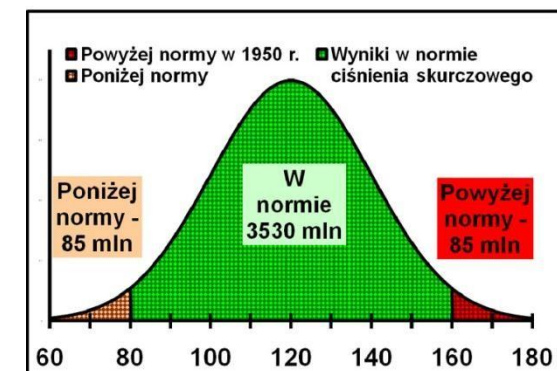
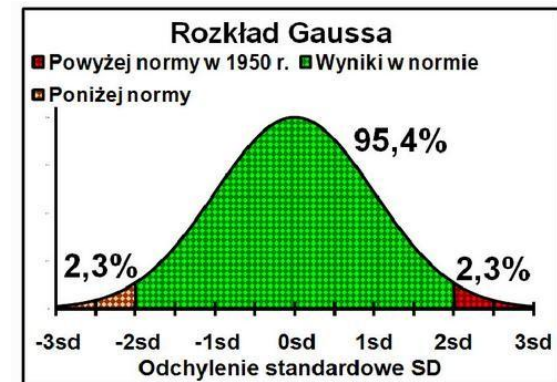
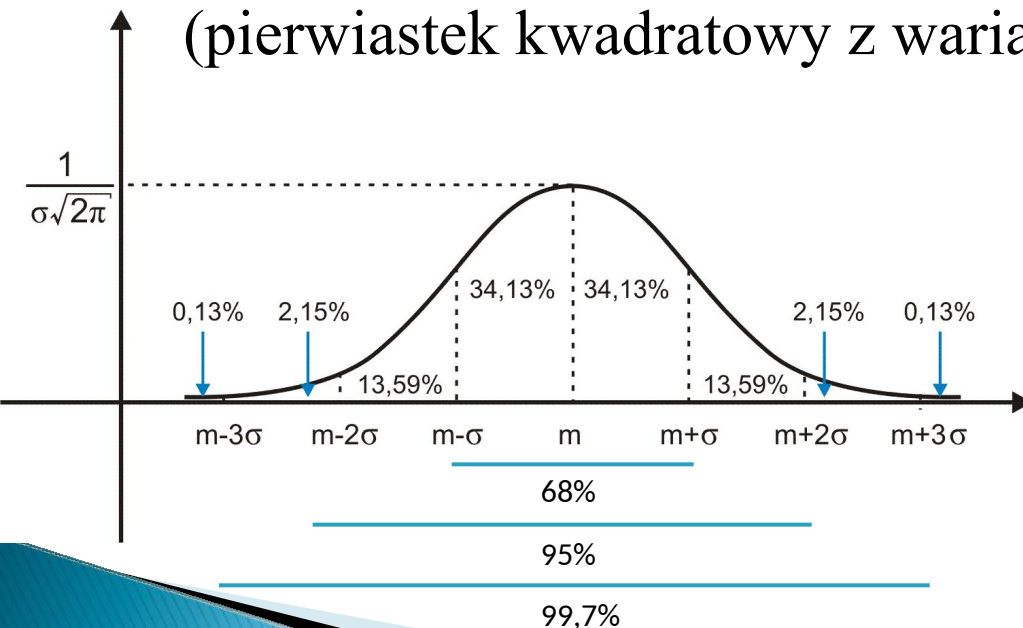


Rozkład ciągły cechy - krzywa Gaussa

Charakteryzowany jest przez parametry:

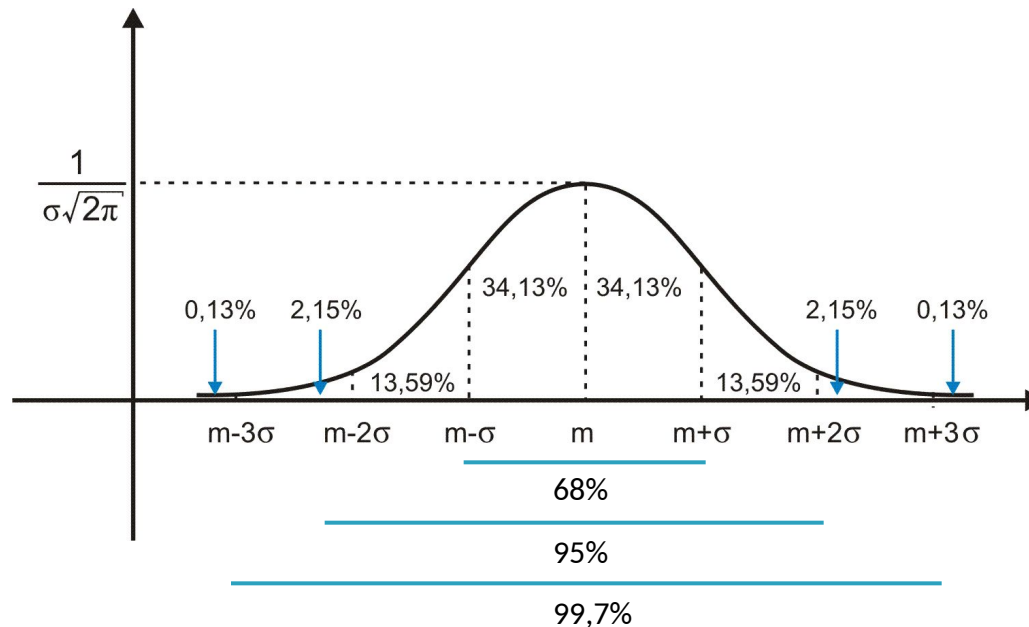
- **Średnia** (szczytowa wartość dystrybucji)
- **Wariancja** (średni kwadrat odchyłeń od średniej)
- **Odchylenie standardowe**

(pierwiastek kwadratowy z wariancji)



Geny o dużym efekcie

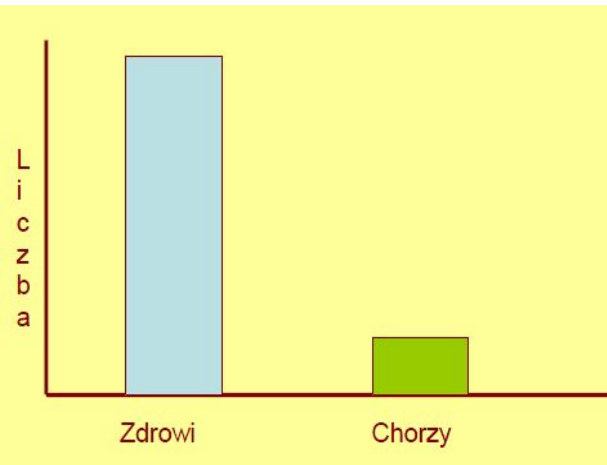
gdy u przeciwstawnych homozygot wartość cechy różni się przynajmniej o jedno odchylenie standardowe



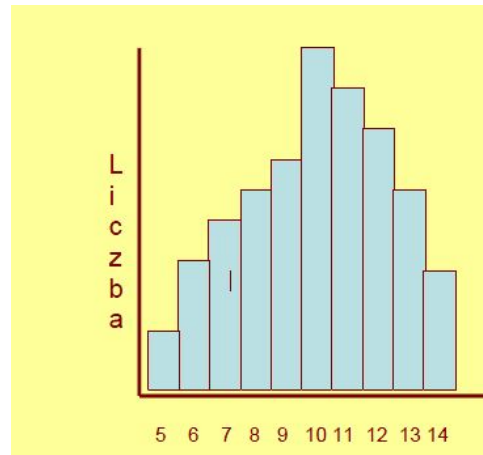
Dystrybucja cechy

- Jest to parametr opisujący populację, informujący jaka część osobników danej populacji wykazuje każdą z możliwych wartości cechy (każdy możliwy fenotyp)
 - Opis dystrybucji cechy zależy od liczby klas fenotypowych
- Im większa liczba fenotypów, tym trudniejszy opis dystrybucji cechy

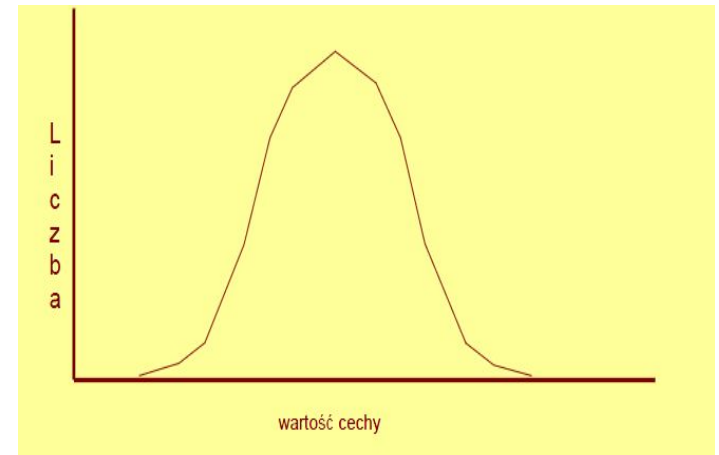
Dystrybucja cechy



dystrybucja progowa



dystrybucja skokowa



**dystrybucja ciągła
(ilościowa)**

Geny kumulatywne

Geny kumulatywne – rodzaj genów które wyróżniają się następującymi właściwościami:

- geny z różnych par warunkują tę samą cechę
- efekt ilościowy działania poszczególnych genów jest niewielki
- efekty działania tych genów kumulują się
- cechy warunkowane tymi genami podlegają w znacznym stopniu działaniu środowiska

Zmienność ciągła a genotypy

1 gen

P1 aa x **P2** AA

F1: aA

F2 : 1:2:1

	A	a
A	AA	Aa
a	aA	aa

2 geny

P1 aabb x **P2** AABB

F1: aAbB

F2 : 1:4:6:4:1

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AabB	Aabb
aB	aABB	aABb	aaBB	aaBb
ab	aAbB	aAbb	aabB	aabb

3 geny

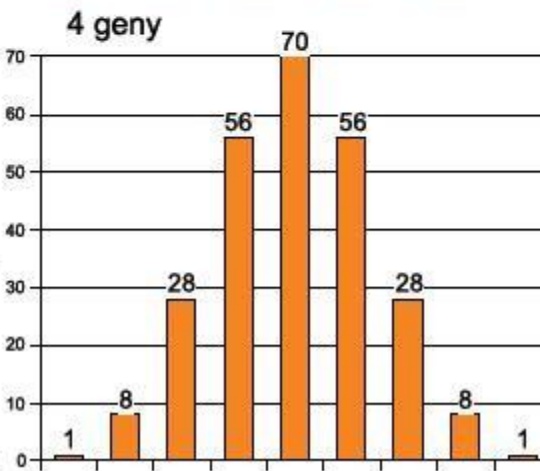
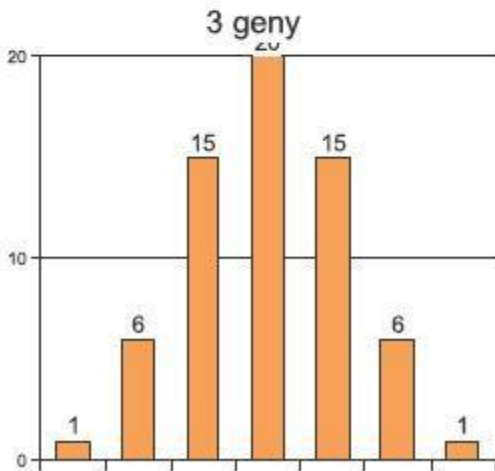
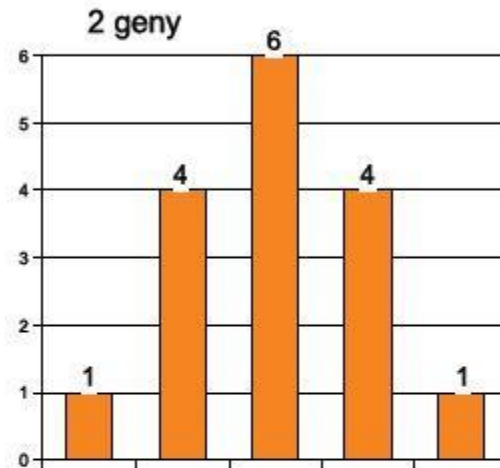
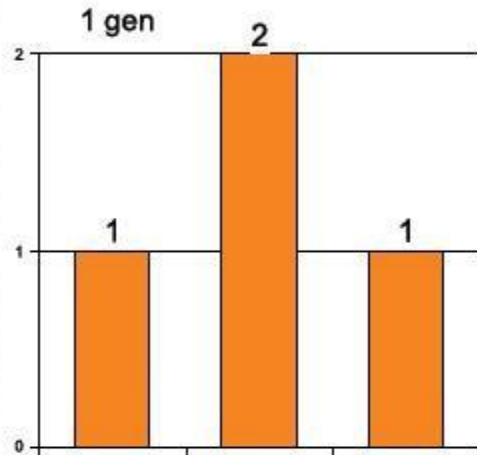
P1 aabbcc x **P2** AABBCC

F1: aAbBcC

F2 : 1:6:15:20:15:6:1

	ABC	ABc	AbC	aBC	Abc	aBc	abC	abc
ABC	AABBCC	AABBcC	AABbCC	AaBBCC	AABbCc	AaBBCc	AaBbCC	AaBbCc
ABc	AABBcC	AABBcc	AABbcC	AaBBcC	AABbcc	AaBBcc	AaBbcC	AaBbcc
AbC	AAbBCC	AAbBCc	AAbbCC	AabBCC	AAbbCc	AabBCc	AabbCC	AabbCc
aBC	aABBCC	aABBcC	aABbCC	aaBBCC	aABbCc	aaBBCc	aaBbCC	aaBbCc
Abc	AAbBcC	AAbBcc	AAbbcC	AabBcC	AAbbcc	AabBcc	AabbcC	Aabbcc
aBc	aABBcC	aABBcc	aABbcC	aaBBcC	aABbcc	aaBBcc	aaBbcC	aabbCc
abC	aAbBCC	aAbBCc	aAbbCC	aabBCC	aAbbCc	aabBcC	aabbCC	aabbCc
abc	aAbBcC	aAbBcc	aAbbcC	aabBcC	aAbbcc	aabBcc	aabbcC	aabbcc

Zmienność ciągła



Krzyżówki heterozygot pod względem alleli we wszystkich loci

Trójkąt Pascala

liczba alleli	współczynniki rozwinienia dwumianu									liczba kombinacji
0	1									1
1	1 1									2
2	1 2 1									4
3	1 3 3 1									8
4	1 4 6 4 1									16
5	1 5 10 10 5 1									32
6	1 6 15 20 15 6 1									64
7	1 7 21 35 35 21 7 1									128
8	1 8 28 56 70 56 28 8 1									256

Im więcej genów kształtuje cechę, tym:

- więcej klas fenotypów
- mniejsze różnice między klasami
- mniejszy udział fenotypów skrajnych

Liczba klas

Liczba klas fenotypów w zależności od liczby genów warunkujących cechę.



Liczba klas fenotypów

Liczba klas fenotypów w pokoleniu F2

$$L = 2n + 1$$

L – liczba klas fenotypów

n – liczba genów (par alleli)

$$2n = L - 1$$

Skrajne fenotypy

Prawdopodobieństwo pojawienia się skrajnego fenotypu w pokoleniu F2:

$$p = \left(\frac{1}{4}\right)^n$$

p – prawdopodobieństwo

n – liczba genów (par alleli)

Geny kumulatywne

□ Wzrost

W determinowaniu wzrostu człowieka bierze udział około 150 genów



Odziedziczalność

Odziedziczalność – parametr wskazujący względny wpływ czynników genetycznych na powstawanie wartości cechy

- inaczej: proporcja zmienności fenotypowej wyjaśnianej zmiennością genetyczną w populacji
- *Jest stosunkiem wariancji genetycznej do wariancji całkowitej (sumy wariancji genetycznej i środowiskowej)*
- *Wariancja genetyczna jest sumą wariancji addytywnej, nieaddytywnej (naddominancja) i epistatycznej*

Ale...

- Nie jest to miara udziału cech dziedzicznych w fenotypie - jest to miara udziału cech dziedzicznych w **zmienności** fenotypu

Odziedziczalność

Niska (0,01-0,3)

- *Cechy związane z rozrodczością* (miara rozrodczości)
- Mleczność

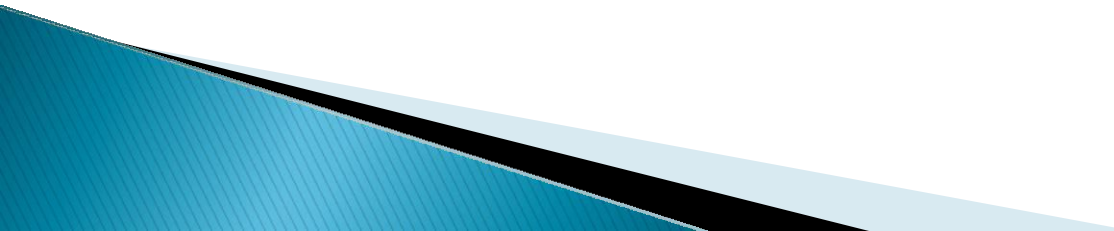
Średnia (0,32-0,6)

- *Cechy użytkowe*
- Zawartość tłuszczu w mleku

Wysoka (0,61-1,0)

- *Pewne cechy morfologiczne*
- wzrost

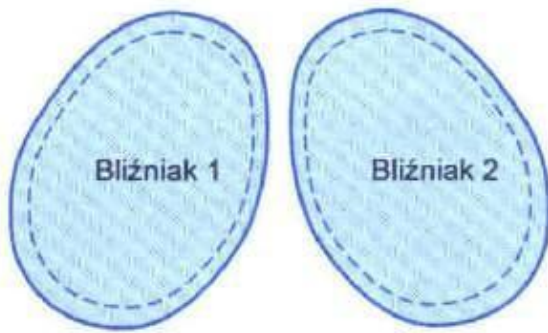
Odziedziczalność – metody badania

- • badania bliźniąt
 - Rola czynników środowiskowych (zwykle bliźnięta wychowywane są podobnych warunkach)
 - Duża wartość badań nad bliźniętami, które zostały rozdzielone we wczesnym dzieciństwie i były wychowywane oddzielnie
- 

Badania nad zgodnością u bliźniąt

- Monozygotyczne (jednojajowe) - powstają z jednej zygoty, która dzieli się na dwa zarodki podczas pierwszych 13 dni ciąży; genetycznie jednakowe (3-4/1000 we wszystkich populacjach)
- Dizygotyczne (dwujajowe) - dwie komórki jajowe zapłodnione przez dwa plemniki, mają po połowie genów wspólnych (w Europie 9-20/1000)

Badania nad zgodnością u bliźniąt



Łożysko dwuowodniowe
dwukosmówkowe =
bliźnięta monozygotyczne
(podział zygoty w 1-3 dniu)
lub dzygotyczne



Łożysko dwuowodniowe
jednokosmówkowe =
bliźnięta monozygotyczne
(podział zygoty w 4-6 dniu)



Łożysko jednoowodniowe
jednokosmówkowe =
bliźnięta monozygotyczne
(podział zygoty w 7-13 dniu)

— Kosmówka
- - - Owodnia

Ryc. 10.1. Rozpoznanie zygoty na podstawie wyglądu owodni i kosmówki.

Badania nad zgodnością u bliźniąt

Tabela 10.2. Podobieństwo bliźniąt pod względem cech ilościowych (ciągłych)

Cecha	Stopień podobieństwa bliźniąt	
	Monozygotycznych (%)	Dizygotycznych (%)
Wzrost	95	52
Iloraz inteligencji	90	60
Liczba listewek na opuszkach palców	95	49
Ciśnienie krwi, skurczowe	50	27

Badania nad zgodnością u bliźniąt - zgodność pod względem cech jakościowych

Cecha	Monozyg(%)	Dizyg(%)
Schorzenia atopowe	50	4
Rozszczep wargi +/- rozszczep podniebienia	35	5
Cukrzyca	40	6
Nieppełnosprawność intelektualna	60	3
Padaczka	37	10
Schizofrenia	45	12
Nowotwór	17	11

Badania nad zgodnością u bliźniąt- zgodność pod względem cech jakościowych

- Współczynnik zgodności waha się od kilku do kilkudziesięciu procent - im wyższa jest wartość współczynnika zgodności, tym większy jest udział czynników genetycznych

Badania korelacji wśród rodzin

Tabela 10.5. Korelacje rodzinne dla niektórych cech ilościowych (ciągłych)

Cecha	Korelacje dla krewnych pierwszego stopnia	
	Wartości obserwowane	Wartości oczekiwane
Wzrost	0,53	0,5
Iloraz inteligencji	0,41	0,5
Liczba listewek na opuszkach palców	0,49	0,5
Skurczowe ciśnienie krwi	0,18	0,5

Wartości korelacji rodzinnych pod względem wymienionych cech są bliskie tym, jakich można oczekiwać na podstawie proporcji wspólnych genów

Badania korelacji wśród rodzin

Tabela 10.6. Częstość występowania cech jakościowych w zależności od stopnia pokrewieństwa

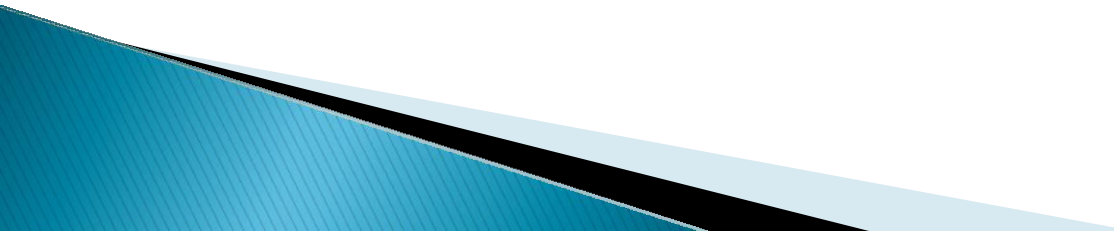
Cecha	Częstość występowania (%)			Częstość w populacji
	Krewni pierwszego stopnia	Krewni drugiego stopnia	Krewni trzeciego stopnia	
Rozszczep wargi	4	0,6	0,3	0,1
Tarń dwudzielna/bezmózgowie	4	1,5	0,6	0,3
Zwężenie odźwiernika	2	1	0,4	0,3
Padaczka	5	2,5	1,5	1
Schizofrenia	10	4	2	1
Psychoza afektywna dwubiegunowa	15	5	3,5	1

8*

Częstość występowania obniża się odpowiednio do zmniejszania się proporcji wspólnych genów, ale u wszystkich osób spokrewnionych przewyższa wartość dla populacji

Do cech ilościowych należy:

Przykłady cech wieloczynnikowych ilościowych u człowieka:

- Wzrost
 - Waga ciała
 - Inteligencja
 - Liczba krwinek czerwonych
 - Ciśnienie krwi
- 

Choroby uwarunkowane wieloczynnikowo (kompleksowo)

choroby, które są wynikiem zarówno predyspozycji genetycznych (zmienności genów),
jak i działania czynników środowiskowych

- Do 20 roku życia ujawniają się u ok. **5% populacji** (w większości wady wrodzone izolowane); wiele częstych chorób wieku dorosłego
- *Nadciśnienie tętnicze 10% populacji*
- *Miażdżyca wysoki %*
- *Łuszczyca 1-2% populacji*
- *Skaza atopowa (atopowe zapalenie skóry) 25%*
- *Schizofrenia 1%*
- *Choroba maniakalno-depresyjna 1-2%*
- *Gościec przewlekły postępujący 1%*
- *Choroba Alzheimera 5-10%*
- *Cukrzyca insulinoniezależna 3-7% (osób dorosłych)*
- *Nowotwory 25%*

Atopowe zapalenie skóry (AZS)

Atopowe zapalenie skóry (AZS) jest genetycznie uwarunkowaną, przewlekłą, nawrotową, zapalną dermatozą, której towarzyszy świąd i charakterystyczny obraz zmian skórnych. Często współistnieje z innymi chorobami atopowymi (alergiczny nieżyt nosa i spojówek, astma oskrzelowa).

AZS dotkniętych jest 10-25% wszystkich dzieci



Atopowe zapalenie skóry to **choroba wieloczynnikowa**, w etiopatogenezie której odgrywa rolę wiele nieallelicznych genów i wiele indukujących ją czynników środowiskowych.



Choroby cywilizacyjne

Współczesne choroby o masowym zasięgu, które powszechnie uważa się za wynik bogacenia się społeczeństwa. Określane także jako

„choroby Zachodu”. Są zjawiskiem przeciwnym do tak zwanych "chorób biedy", które wynikają głównie z zubożenia danej społeczności .

Choroby cywilizacyjne to w większości przewlekłe choroby niezakaźne (NCDs) i inne problemy zdrowotne, dla których styl życia i społeczne warunki związane z rozwojem gospodarczym uważane są za istotny czynnik ryzyka. Częstotliwość ich występowania zależy od stopnia rozwoju cywilizacyjnego społeczeństwa.

Czynniki ryzyka

- mała aktywność ruchowa
- nieprawidłowe i zbyt kaloryczne żywienie
- nadmierne obciążenia emocjonalno-psychiczne
- palenie tytoniu
- alkohol

Choroby cywilizacyjne

- Otyłość
- Cukrzyca
- Astma
- Choroby układu sercowo-naczyniowego
- Miażdżyca
- Nadciśnienie tętnicze
- Nowotwory
- Alkoholizm
- Osteoporoza
- Dna moczanowa
- Alergie

Otyłość

- Badania epidemiologiczne wskazują, że 30-70% zmienności ciężaru ciała może być związane z czynnikami genetycznymi

- **Liczne czynniki są związane z wystąpieniem otyłości**
 - genetyczne
 - socjalne
 - hormonalne
 - psychologiczne
 - aktywność fizyczna
 - uszkodzenie mózgu

Przyczyny otyłości:

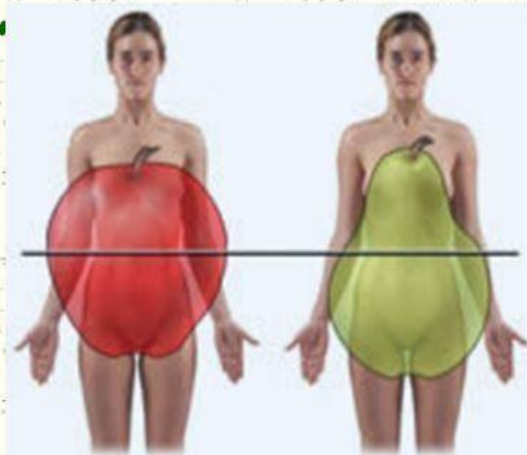
- niska podstawowa przemiana materii
- tzw. oszczędne geny sprzyjają lepszemu przyswojeniu i wykorzystaniu energii obecnej w pokarmach
- niedożywienie w okresie płodowym
- niska ilość adiponektyny w mleku matki
- preferencyjne utlenianie węglowodanów
- zaburzeniami regulacji neurohormonalnej (brak uczucia sytości)
- ograniczenie termogenezy poposiłkowej (białko: termogenina)
- zaburzenia czynności gruczołów wydzielania wewnętrznego (np. hiperinsulinemia)
- podwyższona aktywność białek stymulujących syntezę triglicerydów
- nieodpowiednia dieta i nieregularne posiłki
- ograniczenie ruchu i wysiłku fizycznego

Otyłość

Typy otyłości

1. Otyłość androidalna, brzuszna
(trzewna) typu „jabłko”

2. Otyłość gynoidalna
(pośladkowo-udowa)
typu „gruszka”



Otyłość ginoidalna

pośladkowo-udowa, charakterystyczna dla kobiet, najczęściej powoduje:

- kłopoty z oddychaniem
- bezdech senny
- zaburzenia rytmu serca
- zwyrodnienie kości i stawów
- żylaki

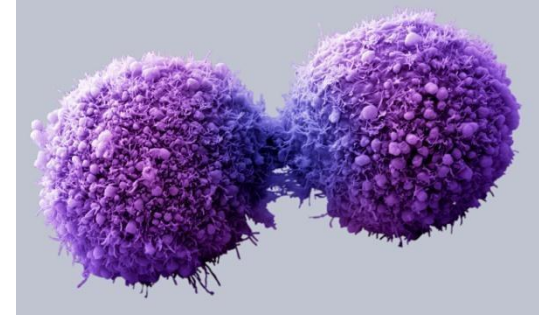
Otyłość androidalna

u mężczyzn nadmiar tkanki tłuszczowej gromadzi się zwykle wewnątrz jamy brzusznej i najczęściej wywołuje:

- udar mózgu
- nadciśnienie tętnicze
- miażdżycę
- zawał mięśnia sercowego
- cukrzycę
- dyslipidemię - nieprawidłowe stężenie lipidów we krwi

Bez względu na płeć otyłe osoby są szczególnie narażone na nowotwory odczynu, wątroby, trzustki i nerek. Kobiетom grozi także rak macicy i piersi, a mężczyznom - rak prostaty i jelita.

Nowotwory



- Nowotwory są spowodowane

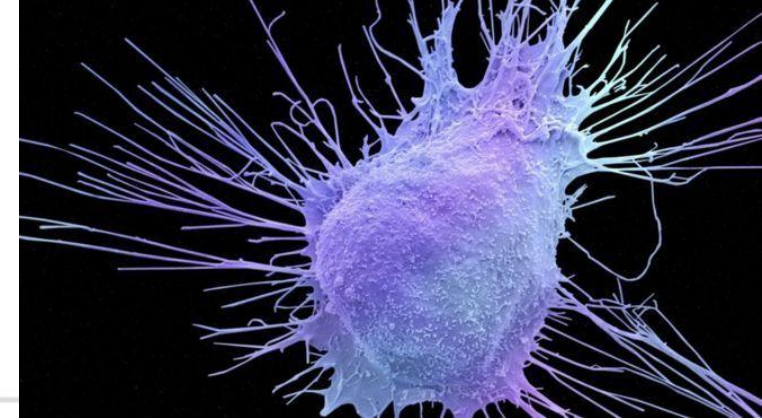
zaró w htt p://londo ncann abiselub .com/w p-c onte nt/up loads/2015/06/cancercells.jpg n o p r z e z

czynnikami dziedziczne (genetyczne) jak i środowiskowe

- **95%** przypadków nowotworów spowodowanych jest czynnikami genetycznymi i środowiskowymi równocześnie lub też wyłącznie czynnikami środowiskowymi

tylko **5%** przypadków spowodowanych jest

Uwarunkowania środowiskowe



http://icbf-1.bbci.co.uk/news/660/epsprodpb/138B9/production/_86375008_c0231776-prostate_cancer_cell_sem-spl.jpg

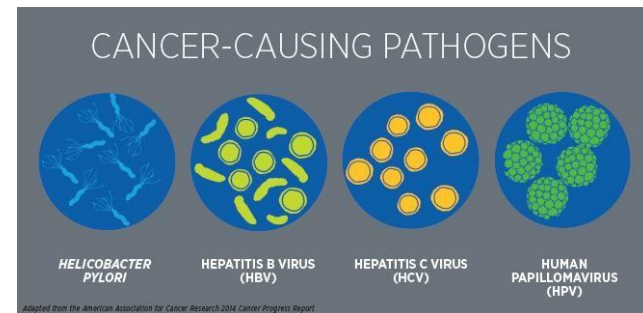
- Środowisko cywilizacyjne:
 - Czynniki związane ze stylem życia
 - Ekspozycja zawodowa
 - Czynniki jatrogenne
- Środowisko przyrodnicze:
 - Czynniki biologiczne
 - Czynniki fizyczne

Czynniki środowiskowe

Karcynogen (czynnik rakotwórczy) jest fizycznym, chemicznym lub biologicznym czynnikiem, który może prowadzić do mutacji w DNA i przyczyniać się do rozwoju nowotworu

□ Biologiczne

Np. wirusy



Wirusowe DNA może zostać wbudowane w DNA komórki gospodarza

- Wirusowe DNA może kodować onkogeny
- Jego insercja może prowadzić do zmiany proto-onkogenu (gospodarza) w onkogen
- może prowadzić do inaktywacji genów supresorowych

Czynniki środowiskowe

□ Biologiczne

np. spadek odporności

Zdrowy układ odpornościowy jest kierowany do eliminowania komórek rakowych. Kiedy komórki nowotworowe są zmienione, białka na powierzchni komórki, nie są rozpoznawane przez fagocyty

Ryzyko nowotworu wzrasta z:

- z wiekiem
- W przypadku, gdy układ odpornościowy został stłumiony przez długi czas
- zakażenie HIV
- leki immunosupresyjne
- Lęk i depresja

Czynniki środowiskowe

□ Chemiczne

Substancje rakotwórcze

- Azbest, chlorek winylu i benzenu
- Węglowodory w dymie papierosowym
- Aflatoksyny: toksyny wytwarzane przez pleśnie

□ Fizyczne

Promieniowanie

- UV (od słońca i lamp opalających)
- Rentgenowskie: medyczne i stomatologiczne
- Promienie kosmiczne i promieniowanie gamma

ĆWICZENIA

Zadanie

Skrzyżowano organizmy o genotypach: AaBbCcDd. Ilu klas fenotypów można spodziewać się w następnym pokoleniu przy założeniu, że wymienione geny kształtują cechę ilościową?

$$L = 2n + 1$$

Jakie będzie prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych klas?

Zadanie

Zaobserwowano, że u badanych organizmów występuje 5 klas fenotypów pod względem badanej cechy. Ile genów prawdopodobnie kształtuje tę cechę?

$$L = 2n + 1$$

$$2n = L - 1$$

Zadanie

Skrzyżowano organizmy o genotypie AABBccDD z organizmami aabbCCDD. Oba genotypy były reprezentowane przez taką samą liczbę osobników.

Po skrzyżowaniu otrzymanego potomstwa otrzymano pokolenie F2.

Podaj liczbę klas fenotypów w pokoleniu F2.

$$L = 2n+1$$

Zadanie

Skrzyżowano organizmy heterozygotyczne pod względem wszystkich 5 genów warunkujących daną cechę (genotyp: AaBbCcDdEe).

Jaka część potomstwa będzie miała genotyp aabbccdee?

$$p=(1/4)^n$$

Zadanie

Skrzyżowano organizmy o genotypach:

$AaBbCcDd$. Załóżmy, że wymienione geny decydują o stopniu zaciemnienia sierści (allele oznaczone dużą literą sprawiają, że sierść jest ciemniejsza). Oblicz:

- a. Ile klas fenotypów można się spodziewać w następnym pokoleniu?
- b. Jaką część potomków będą stanowiły osobniki o najciemniejszej sierści?

Dziękuję za uwagę