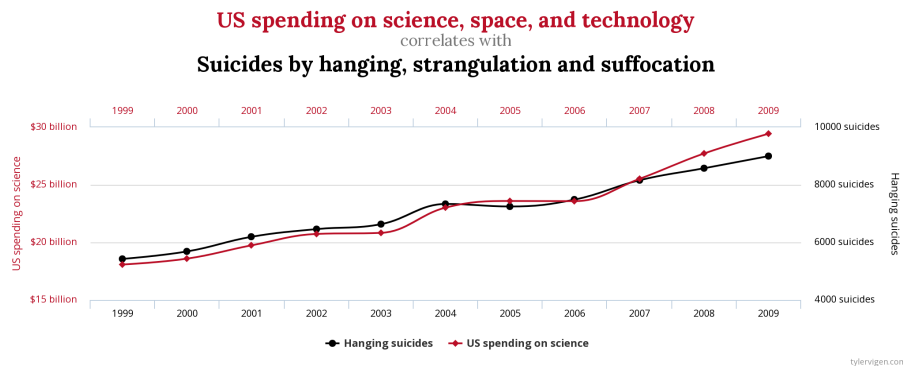


Korelacja i przyczynowość. Eksperymenty i badania korelacyjne w psychologii a możliwość wnioskowania przyczynowego. Jak w badaniach możemy kontrolować zmienne?

Korelacja nie implikuje przyczynowości

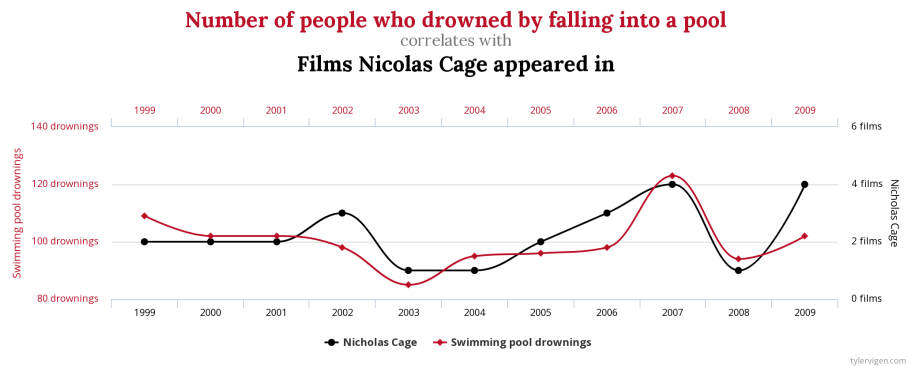


Rysunek 1: Hm...

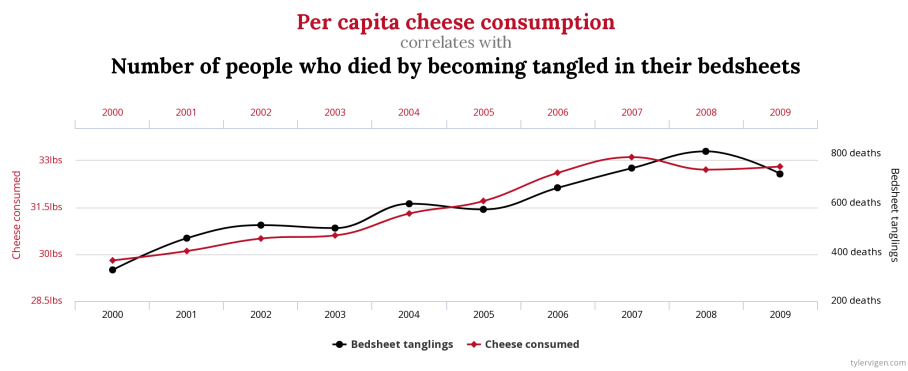
Wykres pochodzi z <http://tylervigen.com/spurious-correlations>,
creative commons license

Wykres pochodzi z <http://tylervigen.com/spurious-correlations>,
creative commons license

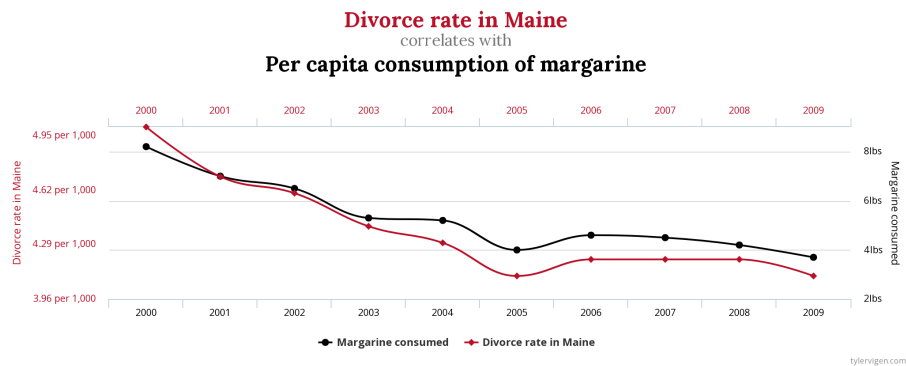
Wykres pochodzi z <http://tylervigen.com/spurious-correlations>,
creative commons license



Rysunek 2: Hm...

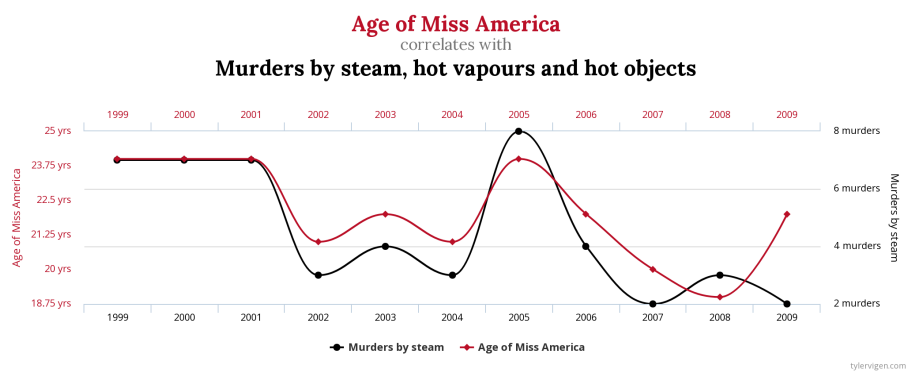


Rysunek 3: Hm...



Rysunek 4: Hm...

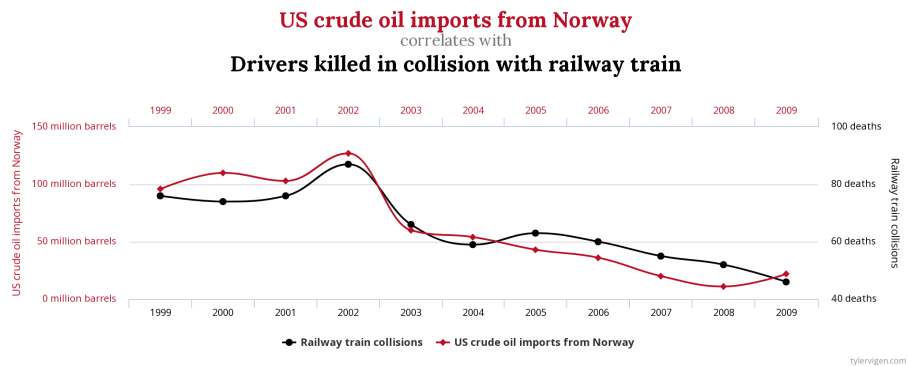
Wykres pochodzi z <http://tylervigen.com/spurious-correlations>,
creative commons license



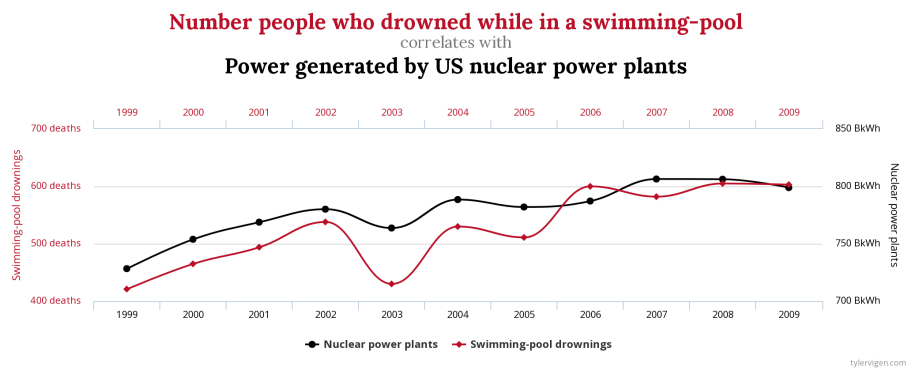
Rysunek 5: Hm...

Wykres pochodzi z <http://tylervigen.com/spurious-correlations>,
creative commons license

Wykres pochodzi z <http://tylervigen.com/spurious-correlations>,
creative commons license



Rysunek 6: Hm...



Rysunek 7: Hm...

Wykres pochodzi z <http://tylervigen.com/spurious-correlations>,
creative commons license

Przywódcy Związku Radzieckiego/Rosji



Dlaczego wnioskowanie przyczynowe jest wyzwaniem?

Przykłady związków między zmiennymi

- długość życia a przynależność do grup o niskim i wysokim statusie socjo-ekonomicznym (w wybranym okresie, np. w dzieciństwie)
- spodziewana długość życia a dochody (na podstawie analiz demograficznych)

-
- palenie tytoniu przez matkę i niska masa urodzeniowa dziecka

Dla zainteresowanych: związek u ludzi został pokazany z wykorzystaniem **zmiennej instrumentalnej** - w tym przypadku była to akcyza na produkty tytoniowe.

-
- płeć a zdolności matematyczne (uwaga: nie ma różnicy między dziewczynkami a chłopcami w ogólnym poziomie zdolności matematycznych)

-
- jedzenie cukierków w dzieciństwie i ryzyko bycia aresztowanym za brutalne przestępstwo w dorosłości

Czekolada i nagroda Nobla

- Wyniki badania opublikowanego w NEJM [link](#) wskazują, że między konsumpcją czekolady (kg/rok/mieszkaniec) a liczbą nagród Nobla jakie zdobyli obywatele danego państwa istnieje silna, dodatnia, istotna statystycznie korelacja ($r = 0,791$; $p < 0,0001$)

Korelacja to to co widzimy :) przyczynowość = interpretacja

- Należy pamiętać, że kiedy interpretujemy jakąś obserwację przyczynowo zakładamy, że manipulacja zmienną niezależną spowoduje określone zmiany zmiennej zależnej

Statystyczny związek między zmiennymi

Zmienne a przyczynowość

- Zmienna niezależna **wyjaśnia zmienność** zmiennej zależnej.
- Czasem zmienna niezależna **wpływa na** zmienną zależną, ale nie zawsze.

Podstawowe rodzaje zależności statystycznych

- Różnice pomiędzy grupami
- Korelacje

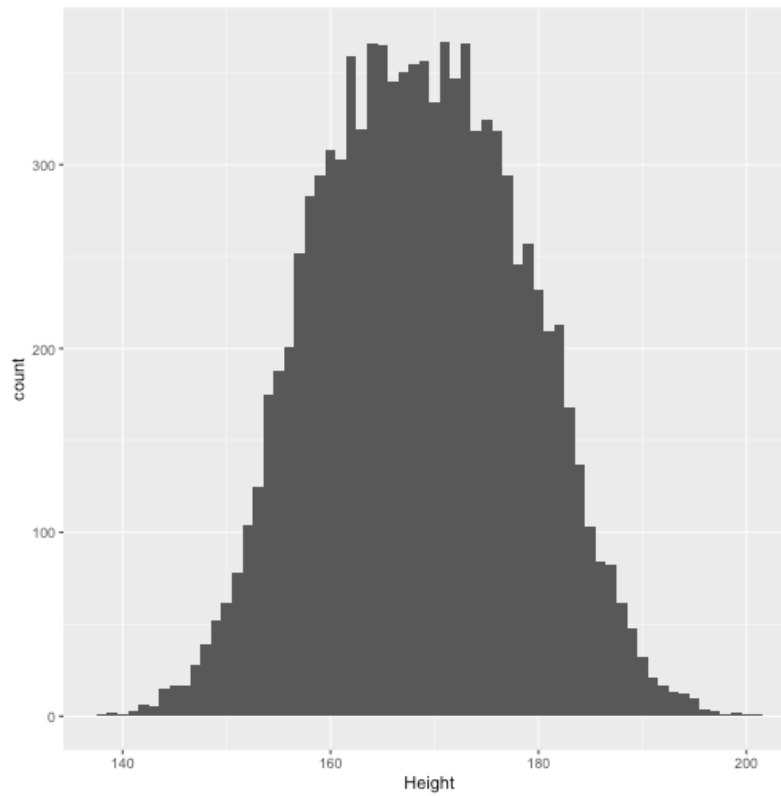
Porównywanie grup

Jak porównujemy grupy

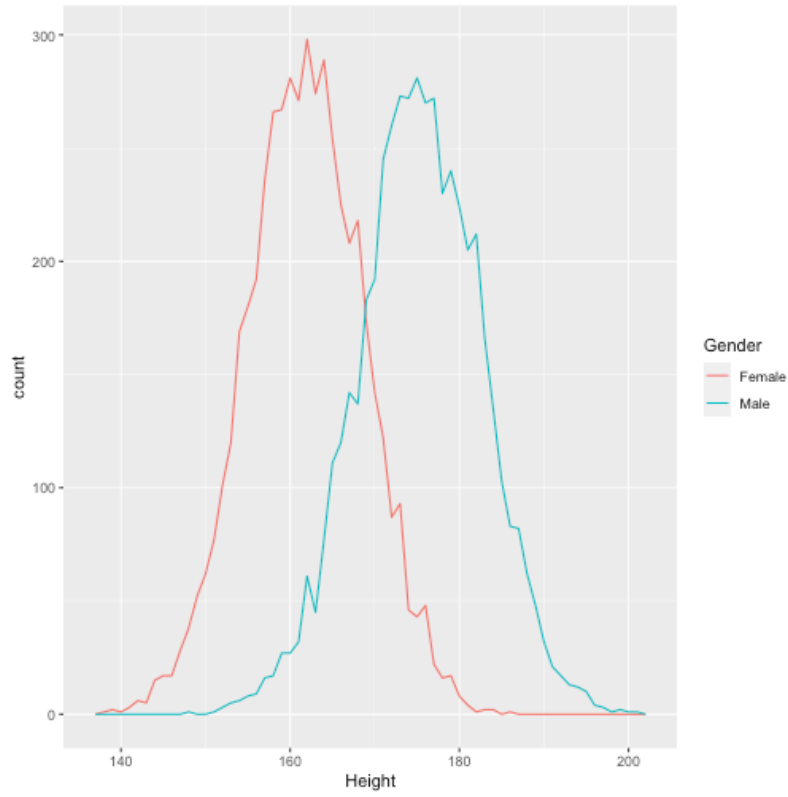
- Miary tendencji centralnej: średnia, mediana, moda
- Miary zmienności, rozproszenia wyników wokół średniej: odchylenie standardowe, wariancja

Czy mężczyźni są wyżsi niż kobiety?

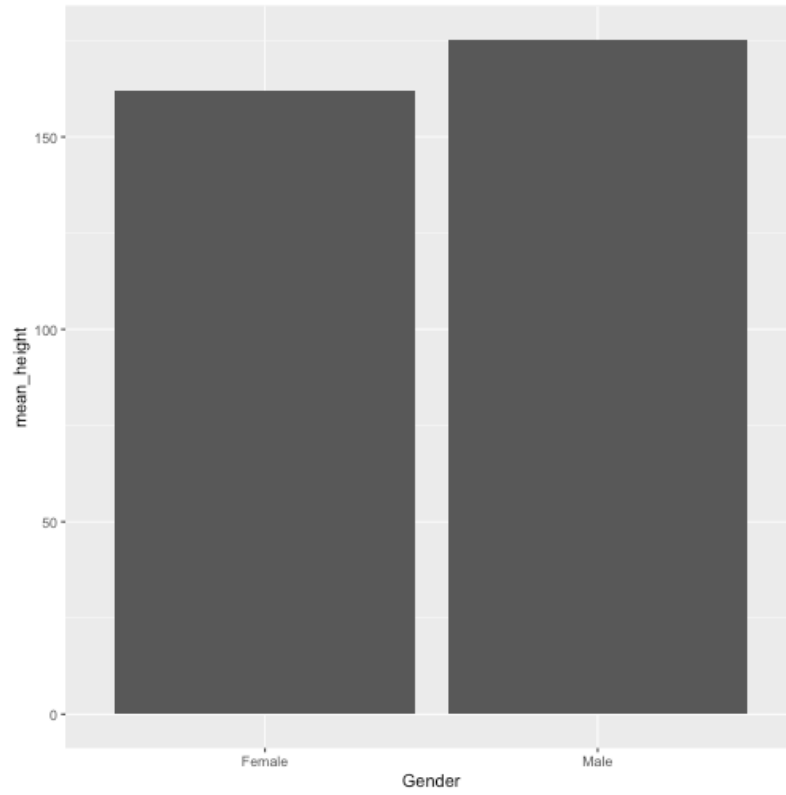
Rozkład wzrostu w próbie



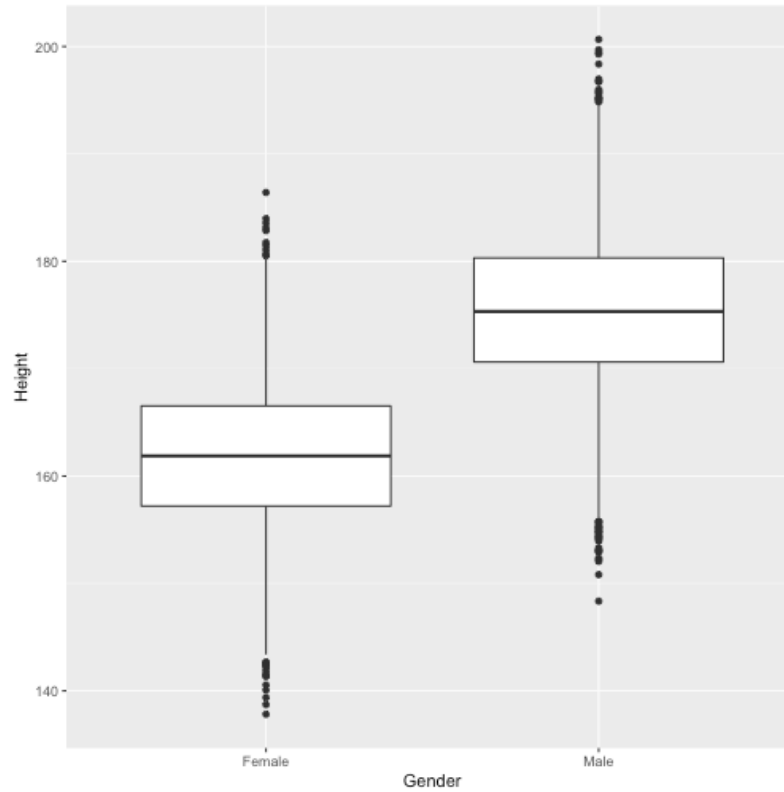
Rozkład wzrostu w zależności od płci



Czy mężczyźni są wyżsi niż kobiety?



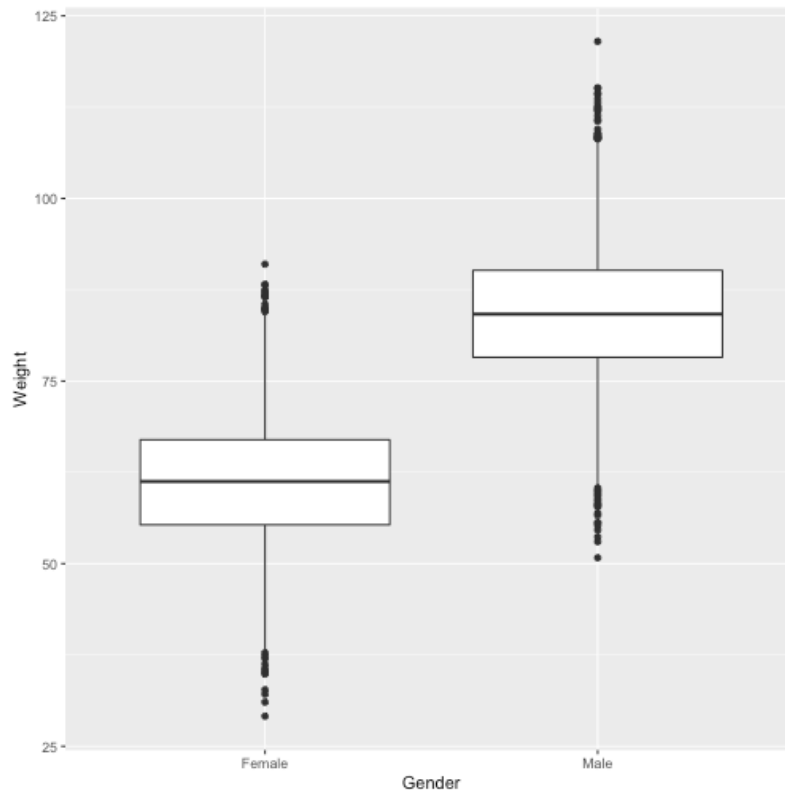
Czy mężczyźni są wyżsi niż kobiety?



Wykres ramka-wąsy (Tukey)

- *Box-and-whiskers plot*
- W środku mediana
- Ramka od Q1 do Q3
- Wąsy od min do max **bez obserwacji odstających**

Czy mężczyźni są ciężsi niż kobiety?



Korelacje

Korelacja

- Siła związku między zmiennymi
- Im silniejszy związek, tym dwie zmienne są bliżej zależności **liniowej**
- Związek najczęściej wyrażony współczynnikiem korelacji

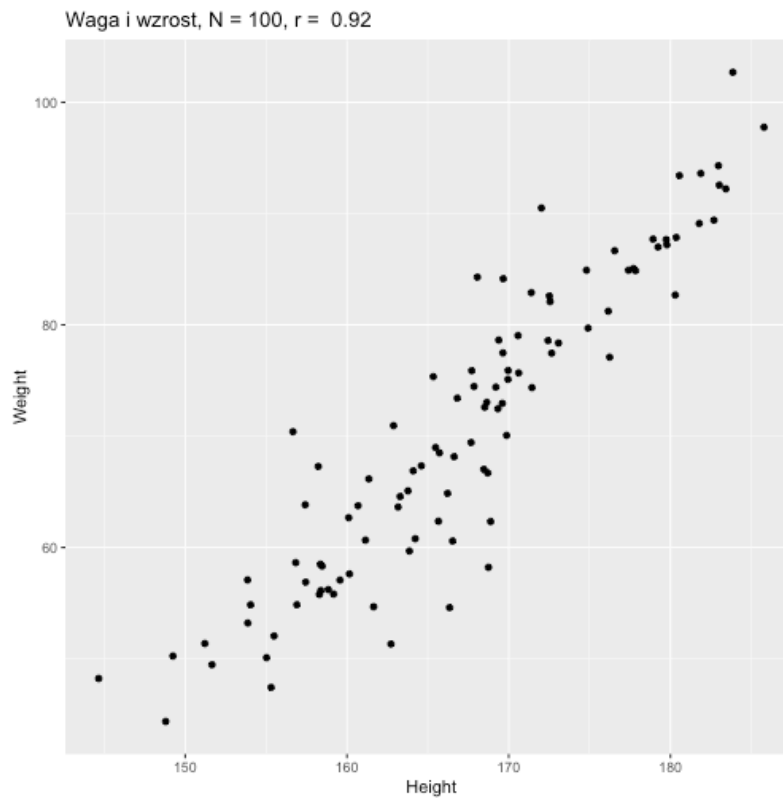
Współczynnik korelacji

- Technicznie kilka różnych, w praktyce podobna interpretacja
- r Pearsona, ρ Spearmana, τ Kendalla
- Wartości od -1 do 1, im wyższa wartość bezwzględna, tym silniejszy związek
- Wsp. korelacji = 1 lub -1 - idealna zależność liniowa

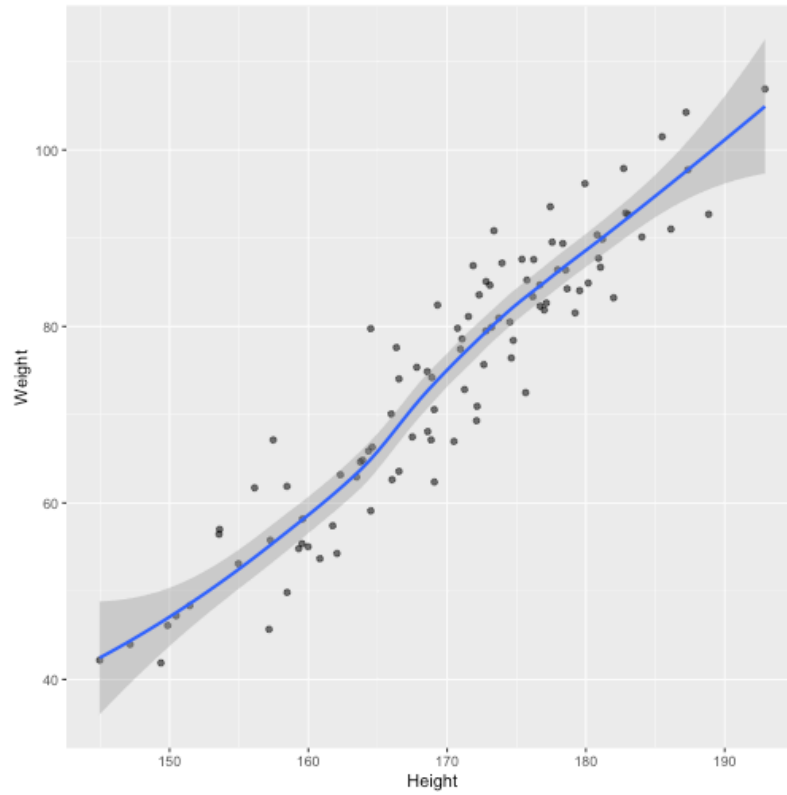
Korelacje dodatnie i ujemne

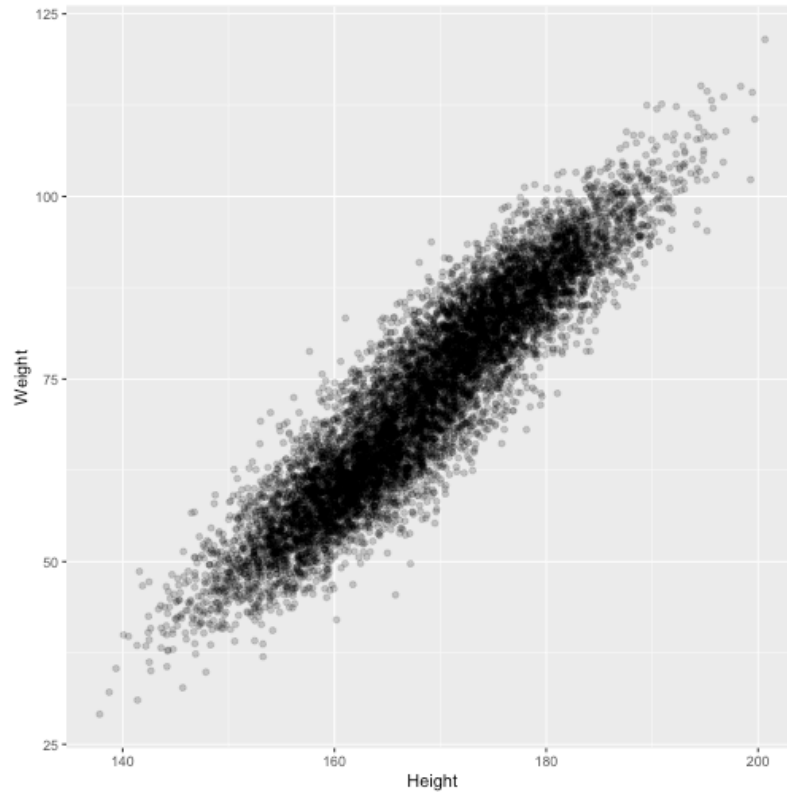
- Dodatni/pozytywny związek, $r > 0$: wyższe wartości A wiążą się z wyższymi B
- Ujemny/negatywny związek, $r < 0$: wyższe wartości A wiążą się z niższymi B

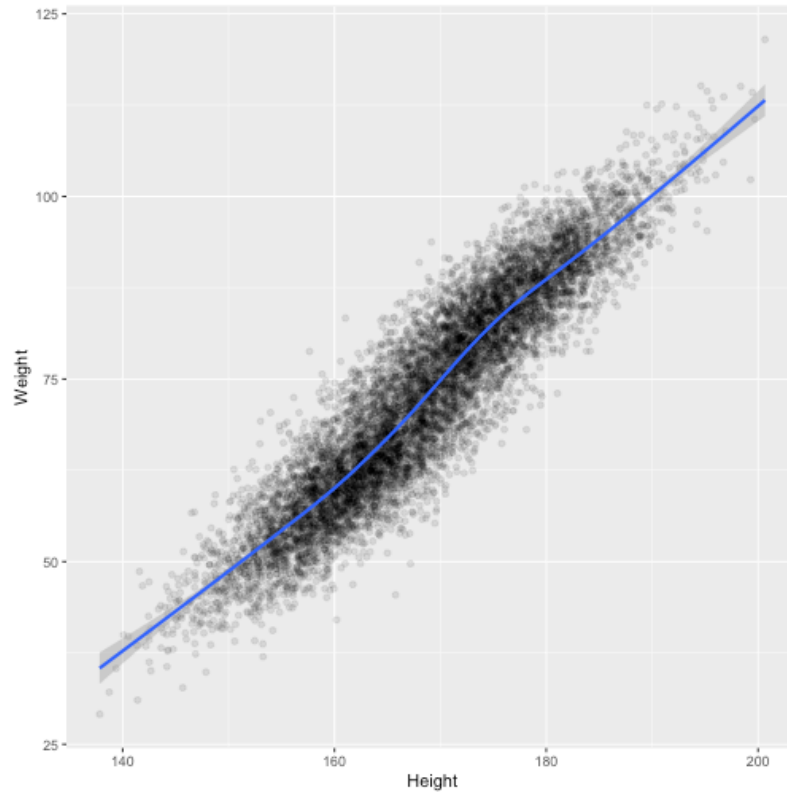
Waga jest związana ze wzrostem? (N=100)



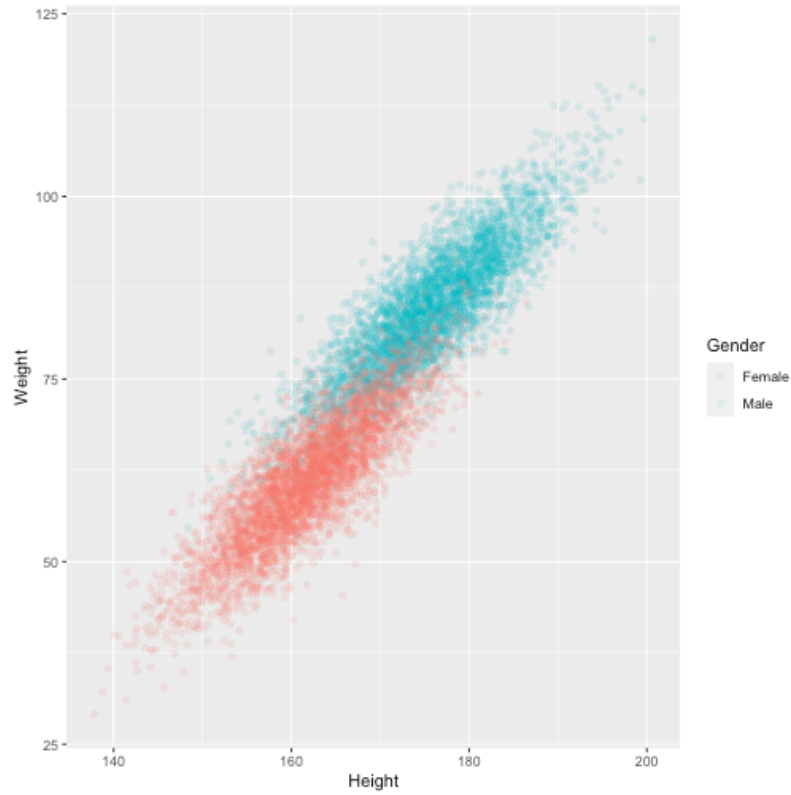
Waga jest związana ze wzrostem? (N=100)



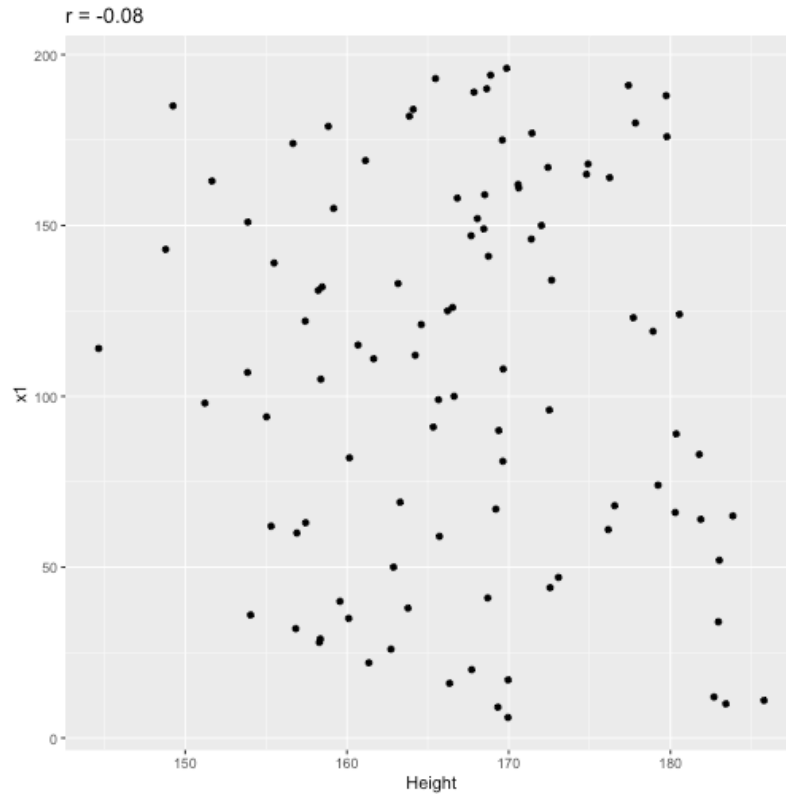
Waga a wzrost (N=10000)

Waga a wzrost (N=10000)

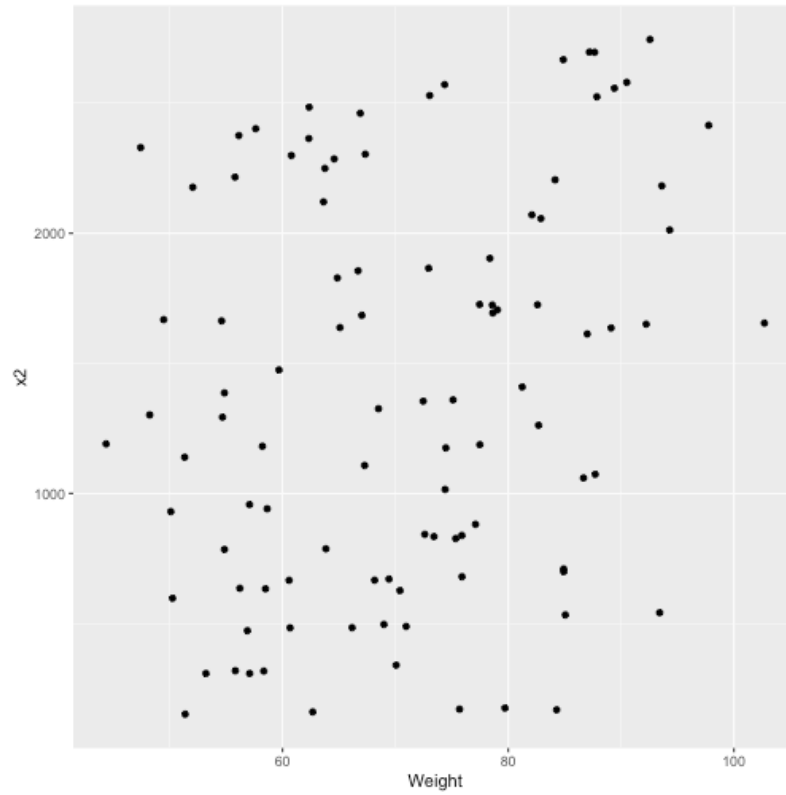
Waga, wzrost a płeć?



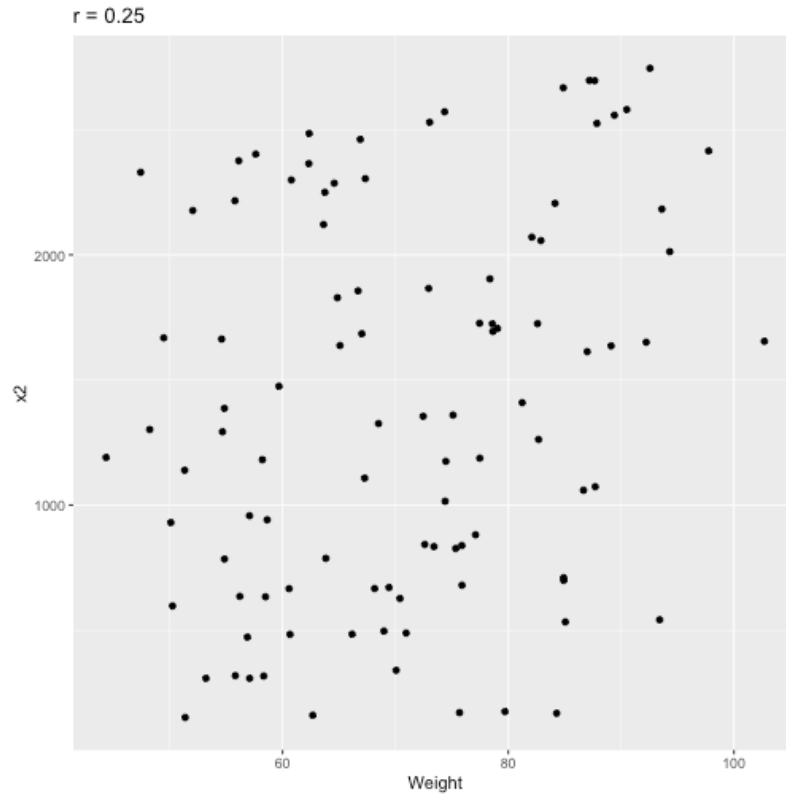
Brak związku między zmiennymi ($|r| < 0,1$)



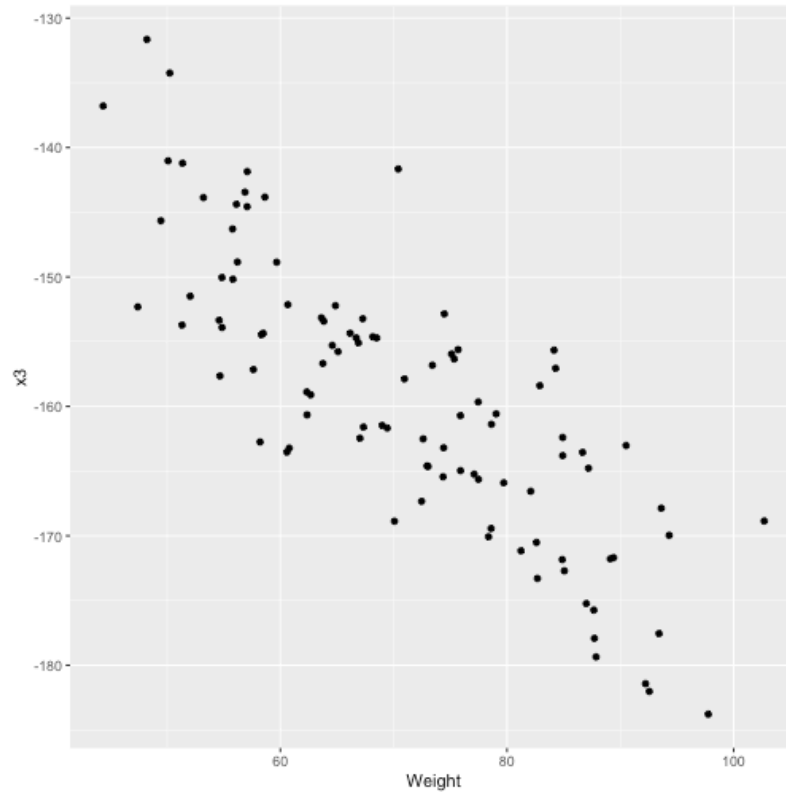
Jaki to związek?



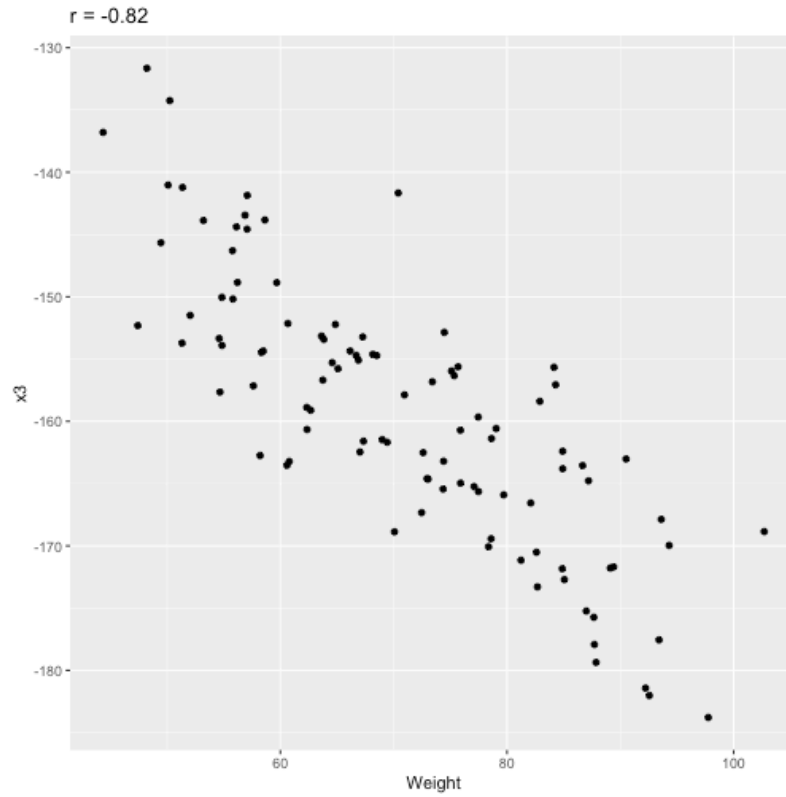
Słaby, dodatni związek ($0,1 < |r| < 0,3$)



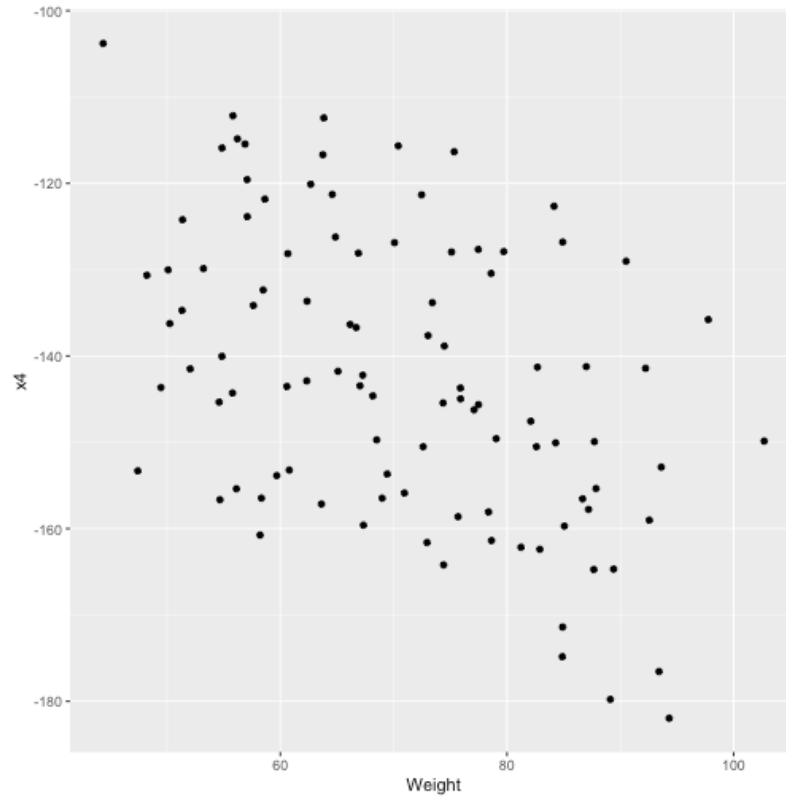
Jaki to związek?



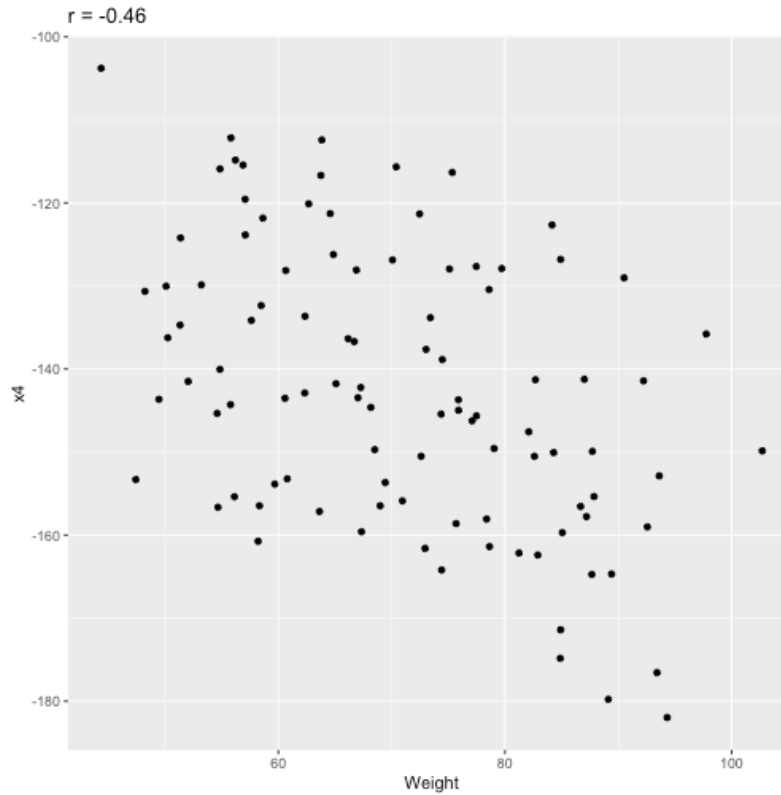
Silny, ujemny związek ($|r| > 0,5$)



Jaki to związek?



Umiarkowany, ujemny związek ($0,3 < |r| < 0,5$)

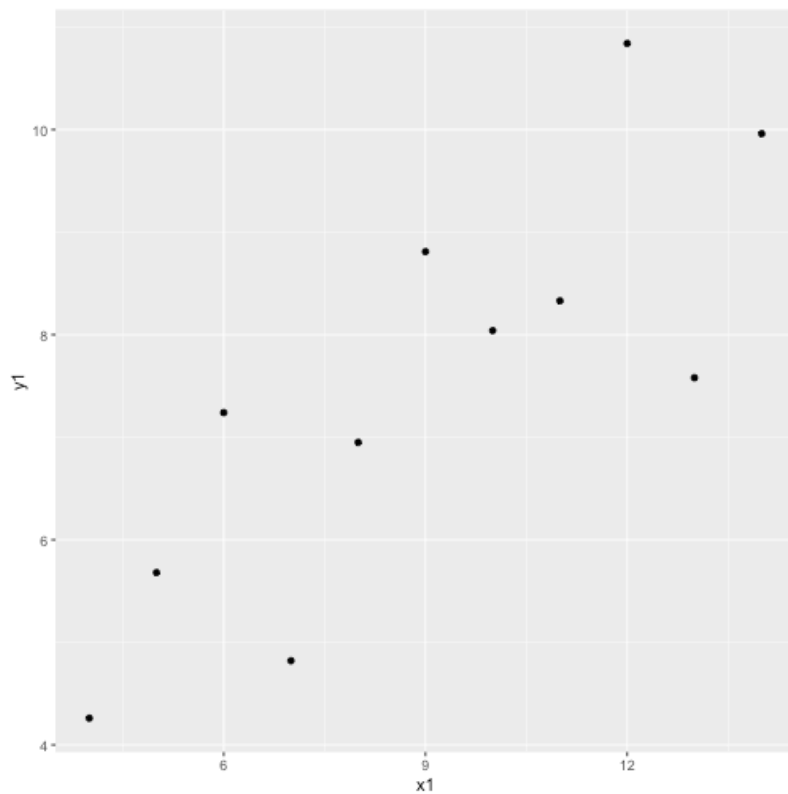


Korelacje dodatnie i ujemne - symulacja

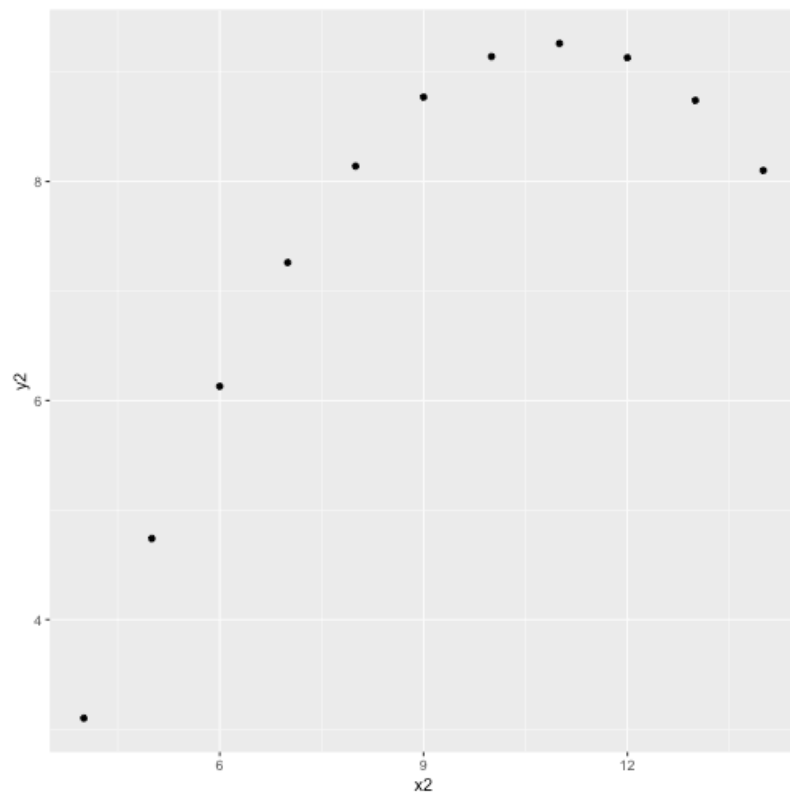
<https://rpsychologist.com/correlation/>

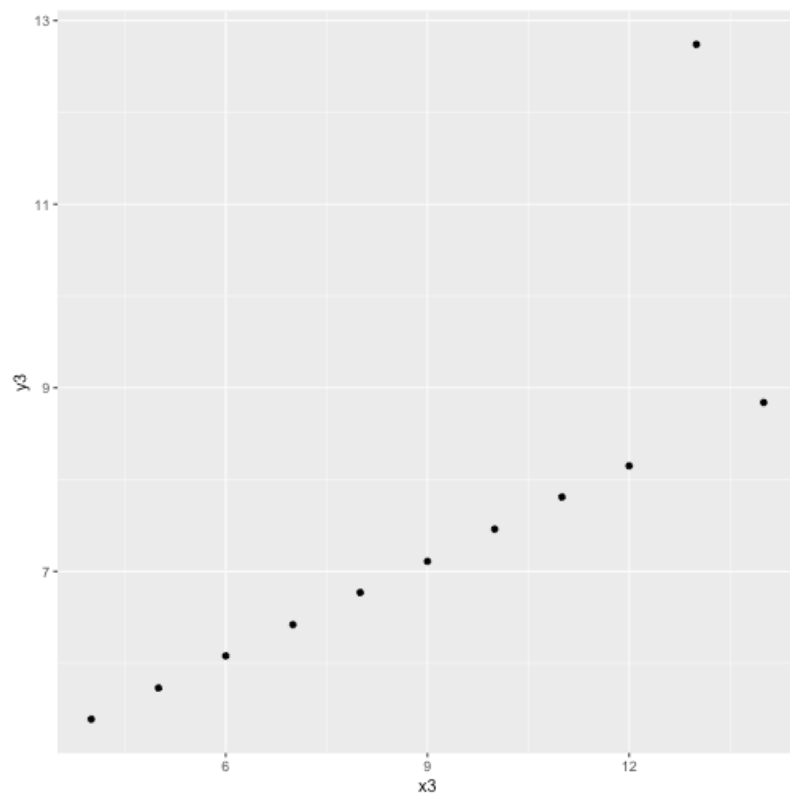
Czy z tą korelacją to zawsze taka prosta sprawa?

- Kwartet Anscombe'a
- Zagadka: $r = ?$

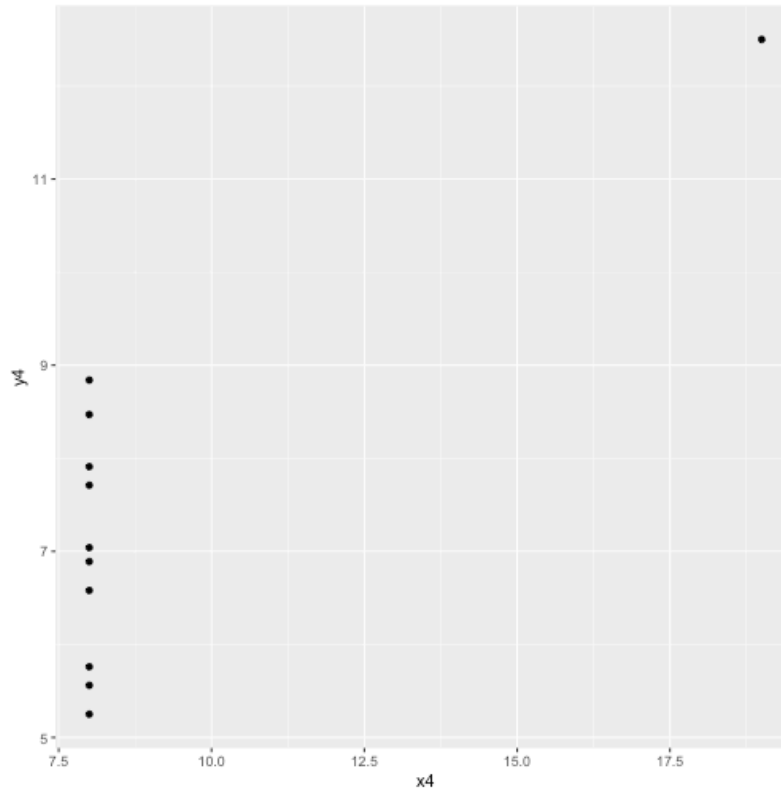
Pierwszy obrazek z kwartetu

Drugi obrazek z kwartetu



Trzeci obrazek z kwartetu

Czwarty obrazek z kwartetu

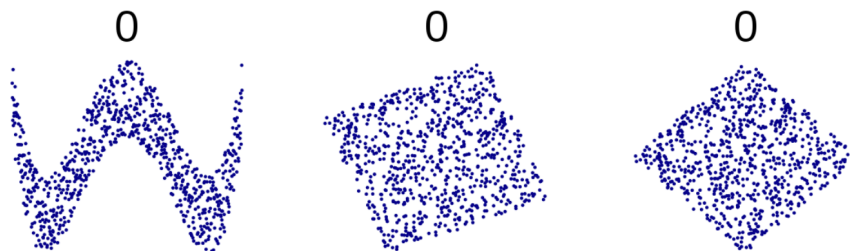


$r = ?$

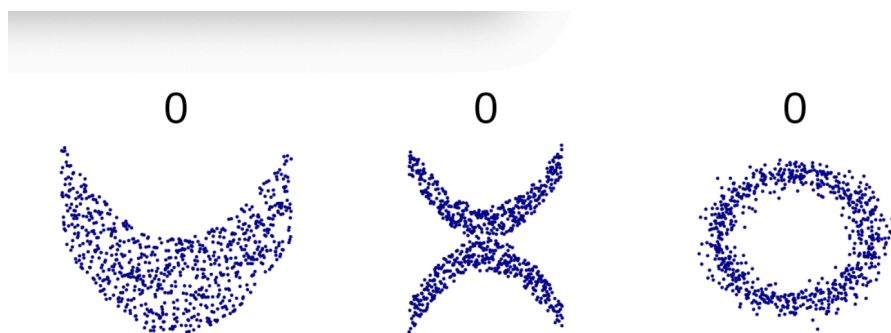
$r = 0.816$ dla WSZYSTKICH zbiorów

Jak to jest możliwe?

- Współczynnik korelacji jest czuły na związki **liniowe**
- Zaburzenie liniowości powoduje “dziwne” efekty
- Czy można powiedzieć że we wszystkich 4 przypadkach związek jest taki sam?



Rysunek 8: r to zero!



Rysunek 9: tu też r zero!

Inne dziwolągi (zaburzenie liniowości)

Inne dziwolągi (zaburzenie liniowości)

Wyjaśnianie wariancji

Równanie jednozmiennej regresji liniowej

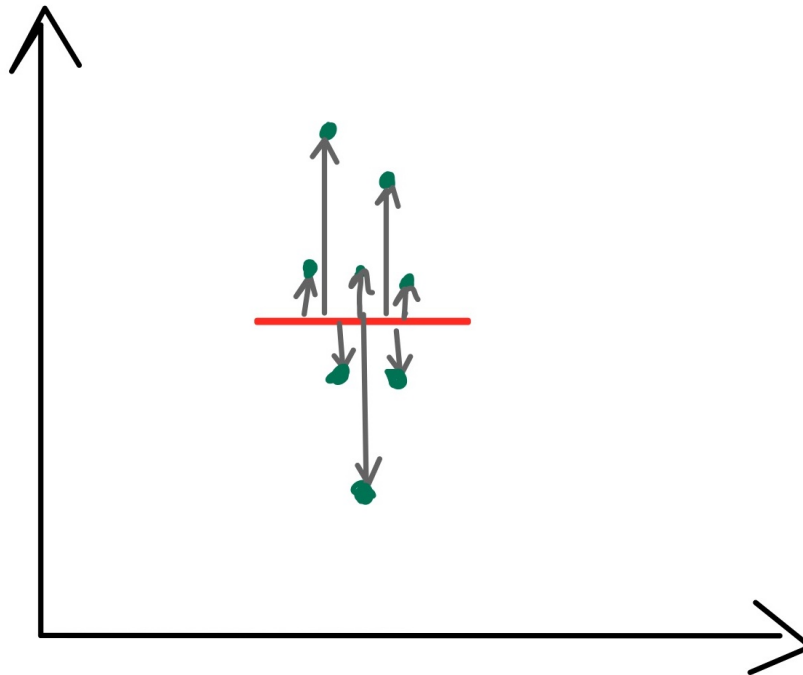
$$y = \beta_0 + \beta_1 * x + \epsilon$$

x - zmienna niezależna, predyktor

y - zmienna zależna

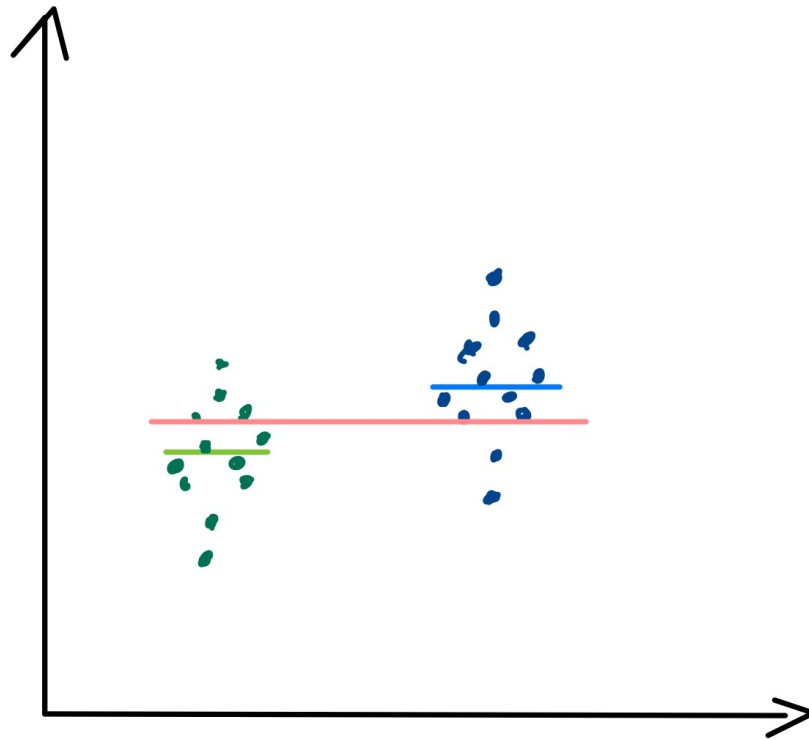
β_0, β_1 - współczynniki regresji

Jeżeli nie mamy żadnej zmiennej wyjaśniającej wariancję (czyli predyktora), naszym najlepszym “strzałem” będzie stwierdzenie, że obserwacja ma wartość średnią.



Jeżeli mamy predyktor, który mówi, że w grupie A średnia jest o tyle i tyle większa, niż w grupie B, to szacując wartość zmiennej zależnej warto wziąć pod uwagę przynależność do grupy...

...bo wtedy pomylimy się mniej, niż biorąc pod uwagę tylko ogólną średnią!



Różnica pomiędzy tym, jak bardzo mylimy się, biorąc pod uwagę tylko ogólną średnią i biorąc pod uwagę predyktor to właśnie wariancja wyjaśniana przez predyktor.

Związek statystyczny a przyczynowość

Podstawowe pytanie

- Czy jeśli między a i b występuje związek (korelacja, różnica między grupami) to a **spowodowało** b?
- Być może tak...

- ...albo nie!!!!!!!!!!
- Tylko na podstawie faktu, że a związane jest z b nie możemy wyciągnąć wniosków przyczynowo-skutkowych!

Jakie są konsekwencje błędnego przyjęcia, że zachodzi związek przyczynowy między zmiennymi?

Jakie są możliwości? (przykłady z wikipedia.org)

A powoduje B

- Wiek koreluje ze wzrostem u dzieci
- Dziecko rośnie ponieważ się starzeje, a nie na odwrót

B powoduje A

- Im szybciej kręcą się wiatraki, tym wiatr wieje szybciej...
- Więc wiatraki powodują wiatr
- ...
- ...mamy dobre argumenty, żeby sądzić, że jest dokładnie na odwrót

B powoduje A

- Ludzie w średniowieczu wierzyli, że posiadanie wszy jest gwarancją życia w dobrym zdrowiu
- Obserwacja: bardzo rzadko można zaobserwować wszy na chorym człowieku
- ???
- Wszy okazują się być bardzo wrażliwe na temperaturę. Przy najmniejszym stanie podgorączkowym uciekają

Trzeci czynnik C powoduje A i B

- Spożycie lodów jest silnie dodatnio skorelowane z liczbą zgonów w wyniku utonięcia
- ?
- Wzrost temperatury powoduje wzrost spożycia lodów. Wzrost temperatury powoduje, że więcej ludzi się kąpie i, w konsekwencji, więcej jest utonięć.

A powoduje B a B powoduje A (zależności cykliczne, sprzężenia zwrotne)

- Rowerzyści mają niższe BMI niż ludzie nie jeżdżący na rowerze
- Czy jazda na rowerze obniża BMI?
- Czy niskie BMI sprzyja jeżdżeniu na rowerze?

Dodatnie i ujemne sprzężenia zwrotne (*feedback loops*)

- Dodatnie sprzężenie zwrotne:
 - wzrost A powoduje wzrost B
 - wzrost B powoduje wzrost A
 - wzrost A powoduje wzrost B
 - itd.
 - obie zmienne wzrastają

Dodatnie i ujemne sprzężenia zwrotne (*feedback loops*)

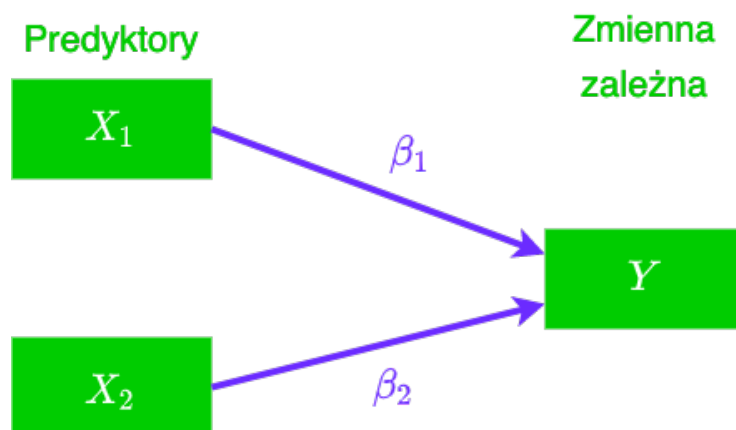
- Ujemne sprzężenie zwrotne:
 - spadek A powoduje spadek B
 - spadek B powoduje spadek A
 - spadek A powoduje spadek B
 - itd.
 - obie zmienne maleją

Sprzężenia zwrotne w psychologii

- Depresja i ból
- Fear avoidance model of chronic pain
- Nieśmiałość i lęk

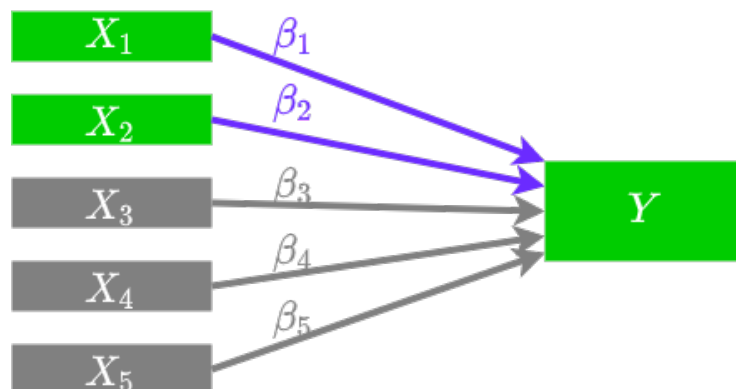
Graficzna reprezentacja związku między zmiennymi

Użyteczne narzędzie



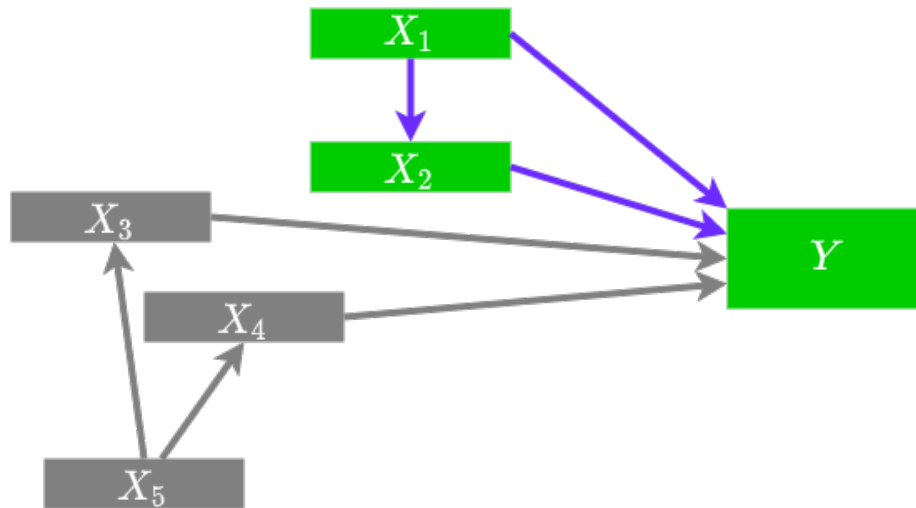
$$Y = \beta_0 + \boxed{\beta_1 * X_1} + \boxed{\beta_2 * X_2} + \varepsilon$$

Nie wiemy o niektórych predyktorach!



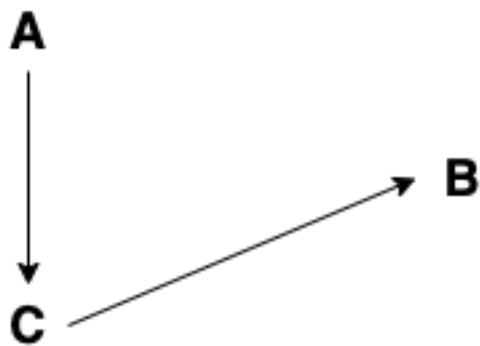
$$Y = \beta_0 + \boxed{\beta_1 * X_1} + \boxed{\beta_2 * X_2} + \boxed{\varepsilon}$$

A predyktory też mogą być ze sobą powiązane!

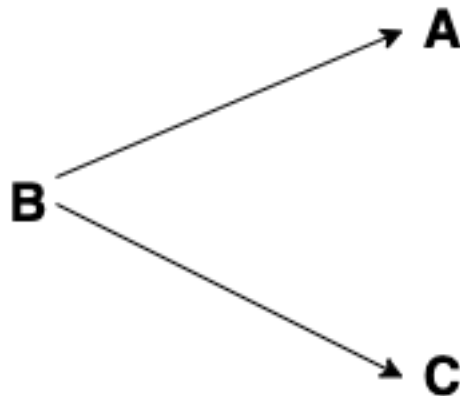


Przyczynowe sieci Bayesa

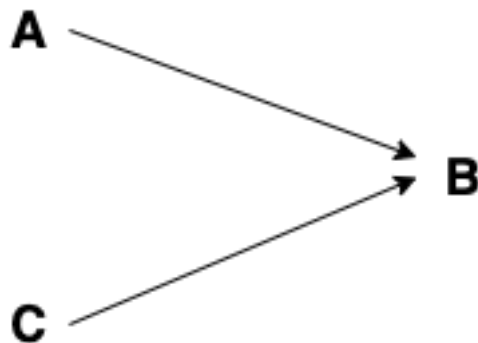
Łańcuch



Schemat rozwidlenia



Schemat zbiegu



Paradoks Berksona (Berkson's paradox)

- W momencie, w którym udział w badaniu zależy od wystąpienia *przynajmniej jednej* z badanych zmiennych, możemy zaobserwować związek, który nie występuje i np. niesłusznie wyciągnąć wniosek, że wystąpienie jednej choroby chroni przed wystąpieniem drugiej.
- Związek między dwoma zmiennymi obserwujemy ze względu na charakterystykę próby.

Oryginalny przykład paradoksu Berksona

- Cukrzyca a zapalenie woreczka żółciowego wśród hospitalizowanych pacjentów. Nawet jeżeli nie ma żadnej zależności w ogólnej populacji, może stać się tak, że w badaniu pacjentów, którzy trafiają do szpitala zaobserwujemy, że cukrzyca chroni przed zapaleniem woreczka żółciowego.

- Osoby które nie mają ani cukrzycy, ani zapalenia woreczka żółciowego mają mniejszą szansę, by trafić do szpitala.

-
- Ergo, w grupie bez cukrzycy na coś trzeba chorować i może być to zapalenie woreczka żółciowego, pacjentów z zapaleniem woreczka będzie więcej, niż w ogólnej populacji! (Jeżeli szpital leczyłby tylko cukrzycę i zapalenie woreczka, wszyscy mieliby zapalenie woreczka.) A w grupie z cukrzycą tego problemu nie ma - pacjenci trafili do szpitala, bo mają cukrzycę i inny powód nie był potrzebny. W efekcie może okazać się nawet, że cukrzyca chroni przed zapaleniem woreczka żółciowego.

Inny przykład paradoksu Berksona

- Ujemna korelacja między talentem a urodą oszacowana w oparciu o próbe sławnych osób.
- By zostać sławnym, trzeba albo mieć talent, albo urodę.
- Jeżeli ktoś jest bardzo urodziwy, nie koniecznie musi być utalentowany i na odwrót...
- Zaobserwujemy korelację nawet, jeżeli nie ma jej w ogólnej populacji.

Supły

- Jeżeli spróbowalibyśmy odtworzyć sieć powiązań przyczynowych w otaczającym nas świecie, okazałoby się, że wiele zjawisk jest uwarunkowanych poziomem wielu różnych zmiennych i zbiory tych zmiennych są wspólne dla różnych zjawisk.
- Spróbujcie odpowiedzieć sobie na pytanie, czy to stan zdrowia wpływa na powodzenie w życiu, czy odwrotnie!

-
- Niektórzy w związku z występowaniem supłów w obszarze statusu socjo-ekonomicznego i powiązanych zmiennych mówią nawet o efekcie św. Mateusza: "Każdemu bowiem, kto ma, będzie dodane, tak że nadmiar mieć będzie. Temu zaś, kto nie ma, zabiorą nawet to, co ma" (Mt 25, 29)

Kiedy możemy mówić o związku przyczynowym?

Korelacja to to co widzimy :) przyczynowość = interpretacja

- Należy pamiętać, że kiedy interpretujemy jakąś obserwację przyczynowo zakładamy, że manipulacja zmienną niezależną spowoduje określone zmiany zmiennej zależnej.

Kiedy możemy mówić o związku przyczynowym?

- Kiedy zrobimy dobry **eksperyment**, w którym:
 - kontrolujemy wszystkie zmienne zakłócające i jedynym, co się zmienia, jest poziom zmiennej niezależnej (wykluczalność);
 - losowo przydzielimy osoby do różnych poziomów zmiennej niezależnej (randomizacja).

Z zachowaniem *OLBRZYMIEJ* ostrożności również, gdy:

- Zaobserwujemy związek między zmiennymi (na marginesie: istnieją matematyczne narzędzia, które pozwalają na uprawdopodobnienie założenia o przyczynowości);
- Ustalimy następstwo czasowe (przyczyna musi poprzedzać skutek);
- Będziemy skutecznie kontrolować zmienne zakłócające (uwaga: nigdy nie możemy być pewni, że kontrolujemy wszystkie!);
- Wykluczymy alternatywne wyjaśnienia.

Ustalenie, że te warunki są spełnione wcale nie jest takie proste!

Podstawowe rodzaje badań w psychologii

Pytania, które warto sobie zadać

- Czy to my manipulujemy zmienną niezależną, kontrolując jednocześnie poziom innych zmiennych, czy tylko rejestrujemy jej poziom? (wykluczalność!)
- Czy to my kontrolujemy, kto trafi do której grupy (u kogo wystąpi określony poziom zmiennej niezależnej)? (randomizacja!)

Gdy nie kontrolujemy doboru do grup

- Brak randomizacji
- Nie mamy wpływu na zmienne zakłócające związane z charakterystyką badanych i ich historią.
- W efekcie nie możemy w pełni przypisać obserwowanego efektu zmieniającym się poziomom zmiennej niezależnej.

Gdy nie manipulujemy sami zmienną niezależną

- Brak wykluczalności
- Nie mamy żadnej gwarancji, że nie zaszły inne równie / bardziej istotne zmiany
- Nie możemy w związku z tym na podstawie naszego badania wnioskować o zależności przyczynowo-skutkowej między zmiennymi

Rodzaje badań

- Eksperyment
- Quasi-eksperyment
- Eksperyment naturalny
- Badania obserwacyjne

Eksperymenty

Jakie warunki powinno spełniać badanie, by było eksperymentem?

- randomizacja + wykluczalność
- Eksperymentem “właściwym” jest np. eksperyment Ascha

Paradoks Simpsona na przykładzie leczenia kamieni nerkowych

| | Leczenie A | Leczenie B |
|--------|---------------|----------------------|
| Ogółem | 78% (273/350) | 83% (289/350) |

Tabela przedstawia liczbę i odsetek tych, u których leczenie zakończyło się sukcesem.

| | Leczenie A | Leczenie B |
|---------------|----------------------|----------------------|
| Małe kamienie | 93% (81/87) | 87% (234/270) |
| Duże kamienie | 73% (192/263) | 69% (55/80) |
| Ogółem | 78% (273/350) | 83% (289/350) |

Tabela przedstawia liczbę i odsetek tych, u których leczenie zakończyło się sukcesem. Źródło danych: Charig, C. R., Webb, D. R., Payne, S. R., & Wickham, J. E. (1986). Comparison of treatment of renal calculi by open surgery, percutaneous nephrolithotomy, and extracorporeal shockwave lithotripsy. *BMJ*, 292(6524), 879–882. <https://doi.org/10.1136/bmj.292.6524.879>

Co nie było kontrolowane?

- Dobór badanych do grup

- Paradoks Simpsona pokazuje, jak ważna w eksperymentach jest randomizacja!

Quasi-eksperymenty

Manipulujemy zmienną niezależną, nie kontrolujemy doboru do grup

- Quasi-eksperyment, np. badanie Langer i Rodin dotyczące wzbudzania odpowiedzialności
- Znajdujemy w świecie dwie naturalnie występujące grupy, które nie powinny różnić się pod względem badanej zmiennej, w podanym przykładzie osoby mieszkające w domu opieki na dwóch różnych piętrach
- Dokonujemy manipulacji eksperymentalnej i mierzymy jej efekty porównując te grupy

-
- Niebezpieczeństwo: osoby w obydwu grupach mogły różnić się jeszcze zanim podjęliśmy badania!

Eksperyment naturalny

Jak przebiegają eksperymenty naturalne

- Znajdujemy dwie grupy, które różnią się poziomem zmiennej niezależnej.
- Rejestrujemy poziom zmiennej zależnej.

Przykłady

- Badania bliźniąt :)
- Jeżeli chcemy wykazać, że dana cecha jest przynajmniej w pewnym stopniu zdeterminowana genetycznie, porównujemy to, na ile podobne są do siebie bliźnięta jednojajowe z tym, na ile podobne są do siebie bliźnięta dwujajowe.

Badania obserwacyjne

Nie manipulujemy zmienną niezależną, nie kontrolujemy doboru do grup

- porównanie grup, np. ryzyko podejmowane przez kobiety i mężczyzn podczas zmierniania na autobus
- badania korelacyjne, np. związek między różnymi cechami osobowości

Kontrola zmiennych w badaniach obserwacyjnych

Korelacja krzyżowa danych panelowych

Kontrola zmiennej zakłócającej na etapie doboru próby

Kontrola statystyczna - wielozmiennowe modele regresji