

Heart Diseases

Michał Szelezin

Plik źródłowy

Link do Kaggle.com

1. Wstęp

Obiektem dzisiejszej analizy, będzie plik z wynikami medycznymi oraz danymi na temat stylu życia pacjentów w celu oszacowania ryzyka chorób serca. Dzięki tym informacjom postaram się uzyskać odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy istnieje zależność pomiędzy wiekiem oraz płcią pacjentów, a prawdopodobieństwem wystąpienia choroby serca?
2. Które badania mają największą korelację między konkretnymi wynikami a istnieniem choroby serca?
3. Czy istnieje korelacja pomiędzy konkretnymi badaniami?

2. Omówienie danych

Plik źródłowy zawiera dane dla następujących kategorii:

- **Wiek** - *Age*
- **Płeć** - *Sex*
 - 1 - mężczyzna
 - 0 - kobieta
- **Typ bólu serca** - *Chest.pain.type*
 - 1 - typowy dławicowy
 - 2 - atypowy dławicowy
 - 3 - ból nieprzypominający dławicy
 - 4 - bez bólu
- **Ciśnienie tętnicze w spoczynku** - *BP*
- **Poziom cholesterolu** - *Cholesterol*
- **Poziom glukozy na czczo** - *FBS.over.120*
 - 1 - wysoki
 - 0 - niski
- **Wynik EKG w spoczynku** - *EKG.results*
 - 0 - prawidłowy zapis
 - 1 - nieprawidłowości w zapisie typu przerost
 - 2 - inne nieprawidłowości w zapisie
- **Maksymalne tętno** - *Max.HR*
- **Dławica piersiowa wysiłkowa** - *Exercise.angina*
 - 1 - występuje
 - 0 - brak występowania
- **Wartość obniżenie odcinka ST** - *ST.depression*
 - 0.0 - brak obniżenie
 - 01.-1.0 - niewielkie obniżenie

- >1.0 - istotne obniżenie
- **Kategoria nachylenia odcinka ST** - *Slope.of.ST*
 - 1 - ST rosnący
 - 2 - ST płaski
 - 3 - ST opadający
- **Liczba głównych naczyń wieńcowych** - *Number.of.vessels.fluro*
 - 0 - brak widocznych zwężeń
 - 1 - jedno naczynie z widoczną zmianą
 - 2 - dwa naczynia z widoczną zmianą
 - 3 - trzy naczynia z widoczną zmianą
- **Wynik testu obciążeniowego(scyntygrafia serca)** - *Thallium*
 - 3 - normalny przepływ
 - 6 - defekt stały
 - 7 - defekt odwracalny
- **Istniejące choroby serca** - *Heart.Disease*
 - Presence - istnieje choroba serca
 - Absence - brak występowania choroby serca

```
dane<-read.csv("Heart_Disease_Prediction.csv")
head(dane,5)
```

```
##   Age Sex Chest.pain.type  BP Cholesterol FBS.over.120 EKG.results Max.HR
## 1  70   1              4 130          322           0         2    109
## 2  67   0              3 115          564           0         2    160
## 3  57   1              2 124          261           0         0    141
## 4  64   1              4 128          263           0         0    105
## 5  74   0              2 120          269           0         2    121
##   Exercise.angina ST.depression Slope.of.ST Number.of.vessels.fluro Thallium
## 1                0           2.4         2                   3         3
## 2                0           1.6         2                   0         7
## 3                0           0.3         1                   0         7
## 4                1           0.2         2                   1         7
## 5                1           0.2         1                   1         3
##   Heart.Disease
## 1      Presence
## 2      Absence
## 3      Presence
## 4      Absence
## 5      Absence
```

```
tail(dane,5)
```

```
##   Age Sex Chest.pain.type  BP Cholesterol FBS.over.120 EKG.results Max.HR
## 266 52   1              3 172          199           1         0    162
## 267 44   1              2 120          263           0         0    173
## 268 56   0              2 140          294           0         2    153
## 269 57   1              4 140          192           0         0    148
## 270 67   1              4 160          286           0         2    108
##   Exercise.angina ST.depression Slope.of.ST Number.of.vessels.fluro Thallium
## 266                0           0.5         1                   0         7
## 267                0           0.0         1                   0         7
## 268                0           1.3         2                   0         3
## 269                0           0.4         2                   0         6
## 270                1           1.5         2                   3         3
##   Heart.Disease
```

```
## 266      Absence
## 267      Absence
## 268      Absence
## 269      Absence
## 270      Presence
```

3. Uporządkowanie danych

```
summarise(dane, across(everything(), ~sum(is.na(.))))
```

```
##   Age Sex Chest.pain.type BP Cholesterol FBS.over.120 EKG.results Max.HR
## 1   0   0           0 0           0           0           0           0
##   Exercise.angina ST.depression Slope.of.ST Number.of.vessels.fluro Thallium
## 1           0           0           0           0           0
##   Heart.Disease
## 1           0
```

```
dane <- arrange(dane, desc(Age))
head(dane, 10)
```

```
##   Age Sex Chest.pain.type BP Cholesterol FBS.over.120 EKG.results Max.HR
## 1   77   1           4 125           304           0           2      162
## 2   76   0           3 140           197           0           1      116
## 3   74   0           2 120           269           0           2      121
## 4   71   0           4 112           149           0           0      125
## 5   71   0           3 110           265           1           2      130
## 6   71   0           2 160           302           0           0      162
## 7   70   1           4 130           322           0           2      109
## 8   70   1           2 156           245           0           2      143
## 9   70   1           3 160           269           0           0      112
## 10  70   1           4 145           174           0           0      125
##   Exercise.angina ST.depression Slope.of.ST Number.of.vessels.fluro Thallium
## 1           1           0.0           1           3           3
## 2           0           1.1           2           0           3
## 3           1           0.2           1           1           3
## 4           0           1.6           2           0           3
## 5           0           0.0           1           1           3
## 6           0           0.4           1           2           3
## 7           0           2.4           2           3           3
## 8           0           0.0           1           0           3
## 9           1           2.9           2           1           7
## 10          1           2.6           3           0           7
##   Heart.Disease
## 1      Presence
## 2      Absence
## 3      Absence
## 4      Absence
## 5      Absence
## 6      Absence
## 7      Presence
## 8      Absence
## 9      Presence
## 10     Presence
```

Możemy zauważyć, że nie występują żadne braki w wierszach, a zmienne uporządkowaliśmy malejąco wg wieku pacjentów. Wartości w poszczególnych kategoriach wydają się wiarygodne dla podanego przez mnie opisu, a przydatność konkretnych zmiennych będziemy sprawdzać w trakcie dalszej pracy, wstępnie wszystkie dane mają potencjalną wartość dla naszej analizy.

Przygotuję dwie nowe tabele dzielące osoby z chorobą oraz bez choroby serca, które mogą potencjalnie się przydać w dalszych rozważaniach

```
dane_bez <- filter(dane, Heart.Disease=="Absence")
head(dane_bez,5)
```

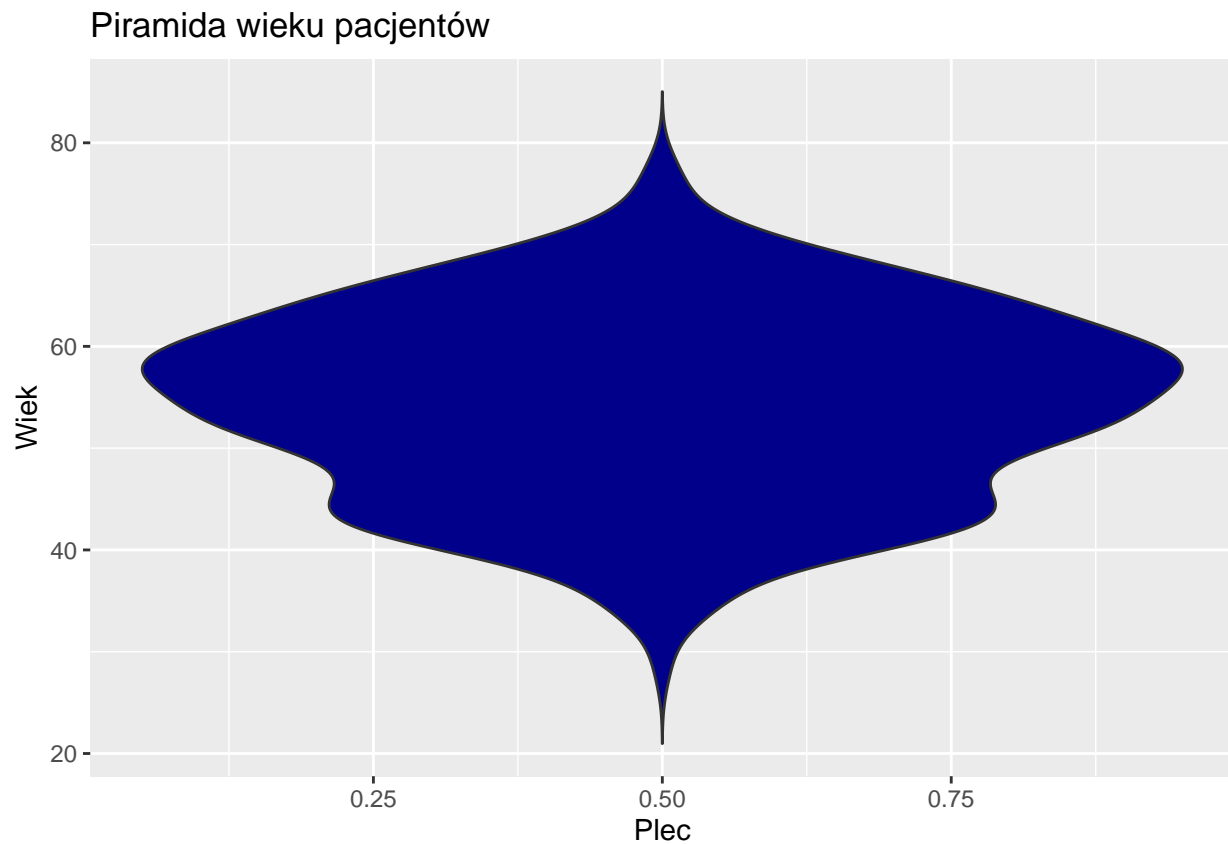
```
##   Age Sex Chest.pain.type  BP Cholesterol FBS.over.120 EKG.results Max.HR
## 1  76   0                3 140          197           0         1    116
## 2  74   0                2 120          269           0         2    121
## 3  71   0                4 112          149           0         0    125
## 4  71   0                3 110          265           1         2    130
## 5  71   0                2 160          302           0         0    162
##   Exercise.angina ST.depression Slope.of.ST Number.of.vessels.fluro Thallium
## 1                0           1.1           2                0         3
## 2                1           0.2           1                1         3
## 3                0           1.6           2                0         3
## 4                0           0.0           1                1         3
## 5                0           0.4           1                2         3
##   Heart.Disease
## 1      Absence
## 2      Absence
## 3      Absence
## 4      Absence
## 5      Absence
```

```
dane_cho <- filter(dane, Heart.Disease=="Presence")
head(dane_cho,5)
```

```
##   Age Sex Chest.pain.type  BP Cholesterol FBS.over.120 EKG.results Max.HR
## 1  77   1                4 125          304           0         2    162
## 2  70   1                4 130          322           0         2    109
## 3  70   1                3 160          269           0         0    112
## 4  70   1                4 145          174           0         0    125
## 5  69   1                3 140          254           0         2    146
##   Exercise.angina ST.depression Slope.of.ST Number.of.vessels.fluro Thallium
## 1                1           0.0           1                3         3
## 2                0           2.4           2                3         3
## 3                1           2.9           2                1         7
## 4                1           2.6           3                0         7
## 5                0           2.0           2                3         7
##   Heart.Disease
## 1      Presence
## 2      Presence
## 3      Presence
## 4      Presence
## 5      Presence
```

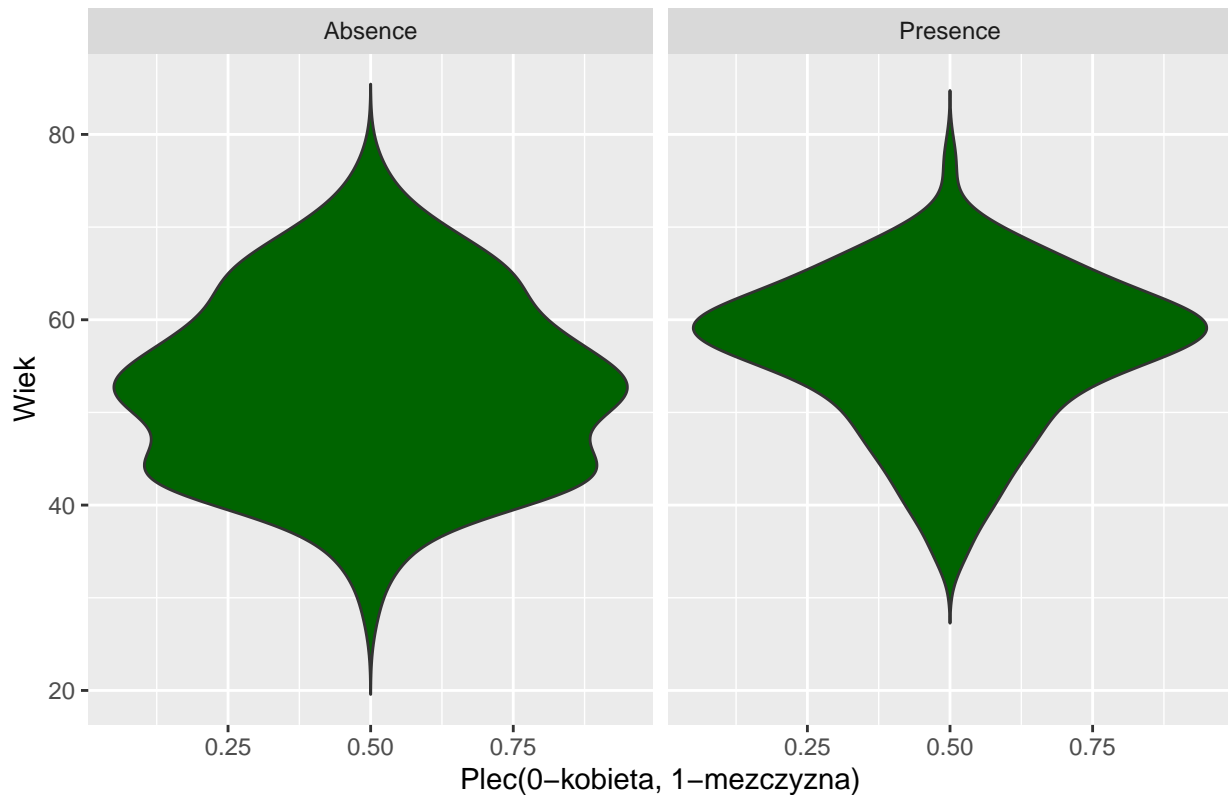
4. Wiek, płeć oraz występowanie choroby serca

```
ggplot(data = dane, aes(x = Sex, y = Age))+  
  geom_violin(fill = "darkblue", trim=FALSE)+  
  labs(  
    title="Piramida wieku pacjentów",  
    x="Płeć",  
    y="Wiek"  
  )
```



```
ggplot(data = dane, aes(x = Sex, y = Age))+  
  geom_violin(fill = "darkgreen", trim=FALSE)+  
  facet_wrap(~ Heart.Disease)+  
  labs(  
    title="Występowanie chorób serca w piramidzie wieku",  
    x="Płeć(0-kobieta, 1-mężczyzna)",  
    y="Wiek"  
  )
```

Występowanie chorób serca w piramidzie wieku



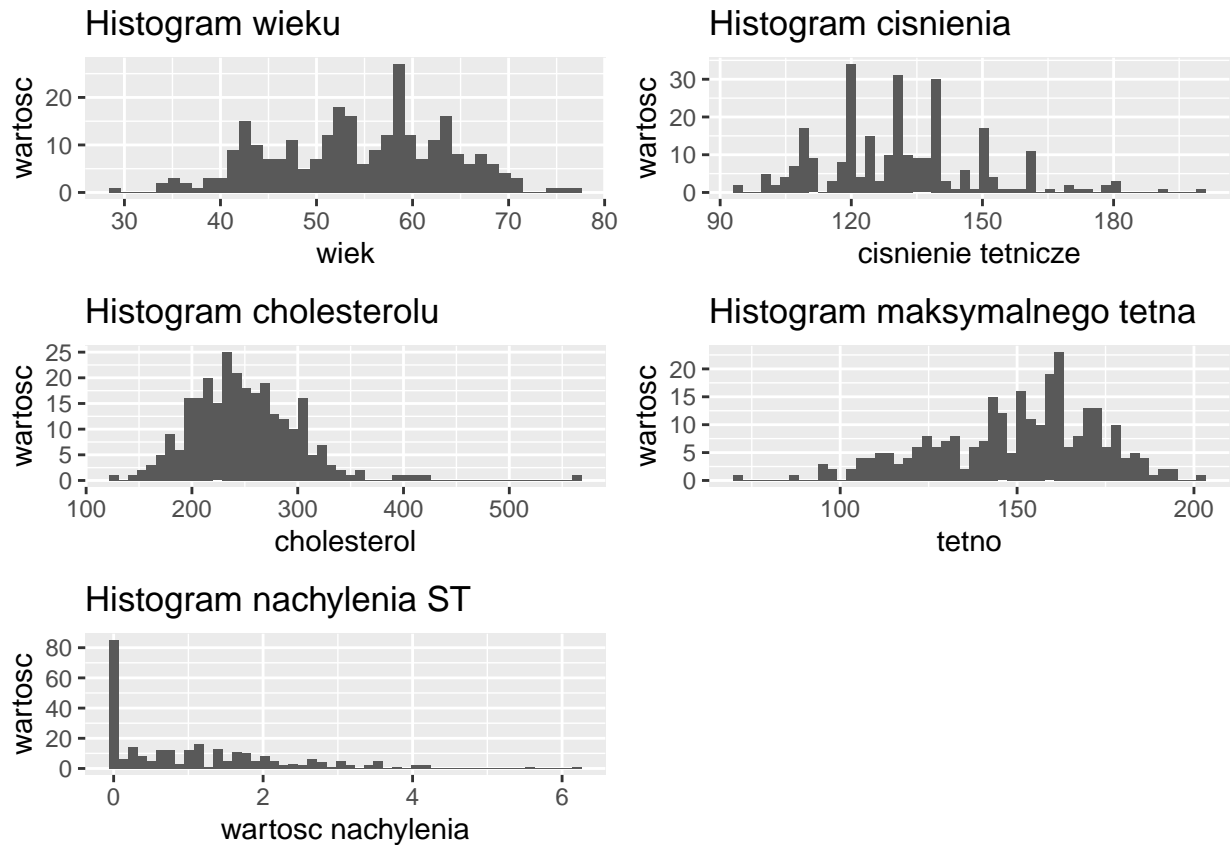
Z wykresu jesteśmy w stanie wywnioskować, że istnieje pewna zależność między wiekiem, a częstotliwością występowania, czyli:

- wraz z wiekiem rośnie prawdopodobieństwo na rozwinięcie choroby serca
- po osiągnięciu wieku 60 lat drastycznie spada prawdopodobieństwo rozwinięcia choroby jeśli wcześniej nie wystąpiła
- na okolicie wieku 50 lat przypada punkt krytyczny przed nagłym wzrostem ryzyka rozwinięcia choroby serca

Korelacja występuje tylko pomiędzy dwiema zmiennymi liniowymi, nie kategorycznymi, więc wszystkie te wnioski są jedynie zależnościami, a nie korelacją, ze względu na charakter badanych zmiennych.

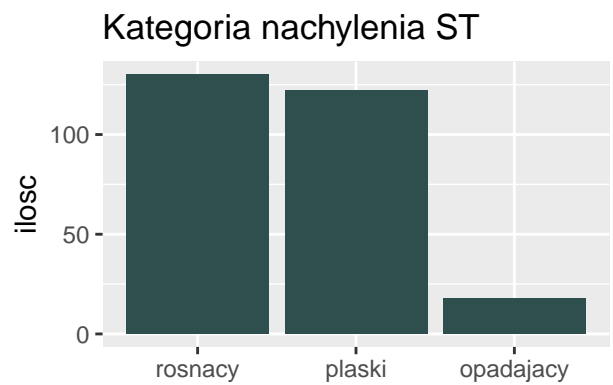
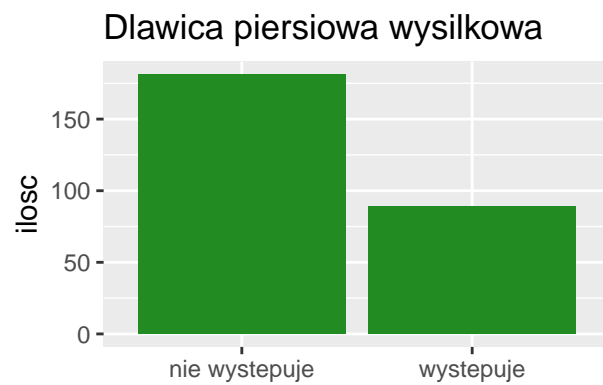
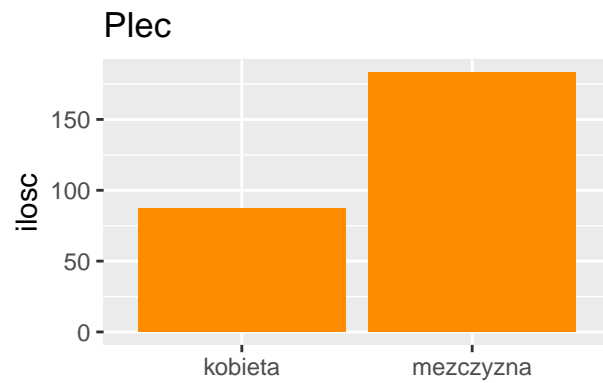
5. Histogramy dla zmiennych numerycznych

```
h1 <- ggplot(dane, aes(x=Age)) +geom_histogram(bins=40) +labs(title="Histogram wieku",x="wiek",y="wartość")
h2 <- ggplot(dane, aes(x=BP)) +geom_histogram(bins=50) +labs(title="Histogram ciśnienia",x="ciśnienie tętna",y="wartość")
h3 <- ggplot(dane, aes(x=Cholesterol)) +geom_histogram(bins=50) +labs(title="Histogram cholesterolu",x="cholesterol",y="wartość")
h4 <- ggplot(dane, aes(x=Max.HR)) +geom_histogram(bins=50) +labs(title="Histogram maksymalnego tętna",x="maksymalne tętno",y="wartość")
h5 <- ggplot(dane, aes(x=ST.depression)) +geom_histogram(bins=50) +labs(title="Histogram nachylenia ST",x="nachylenie ST",y="wartość")
grid.arrange(h1,h2,h3,h4,h5, ncol=2)
```



6. Wykresy dla zmiennych kategorycznych

```
b1 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Sex)))+geom_bar(fill="darkorange")+labs(title="Płeć",x="",y="ilość")+sc
b2 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Chest.pain.type)))+geom_bar(fill="steelblue")+labs(title="Typ bólu w kl
b3 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Exercise.angina)))+geom_bar(fill="forestgreen")+labs(title="Dławica pie
b4 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Slope.of.ST)))+geom_bar(fill="darkslategray")+labs(title="Kategoria nach
b5 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Number.of.vessels.fluro)))+geom_bar(fill="lightblue")+labs(title="Liczba
b6 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Thallium)))+geom_bar(fill="brown")+labs(title="wynik testu obciążeniowe
b7 <- ggplot(dane, aes(x=factor(EKG.results)))+geom_bar(fill="mediumpurple")+labs(title="Wynik EKG w sp
b8 <- ggplot(dane, aes(x=factor(FBS.over.120)))+geom_bar(fill="pink")+labs(title="Poziom glukozy na czc
grid.arrange(b1,b2,b3,b4,ncol=2)
```



```
grid.arrange(b5,b6,b7,b8,ncol=2)
```




7. Porównanie zmiennych numerycznych względem choroby serca

```
g1<-ggplot(dane, aes(x=Heart.Disease,y=Max.HR))+
  geom_boxplot(fill="tomato")+
  labs(
    title="Tętno, a choroba",
    x="Występowanie choroby",
    y="Maksymalne tętno"
  )+
  scale_x_discrete(labels=c("Absence"="Brak choroby","Presence"="Występowanie choroby"))

g2<-ggplot(dane, aes(x=Heart.Disease,y=Age))+
  geom_boxplot(fill="skyblue")+
  labs(
    title="Wiek, a choroba",
    x="Występowanie choroby",
    y="Wiek"
  )+
  scale_x_discrete(labels=c("Absence"="Brak choroby","Presence"="Występowanie choroby"))

g3<-ggplot(dane, aes(x=Heart.Disease,y=BP))+
  geom_boxplot(fill="darkslategray")+
  labs(
    title="Ciśnienie, a choroba",
```

```

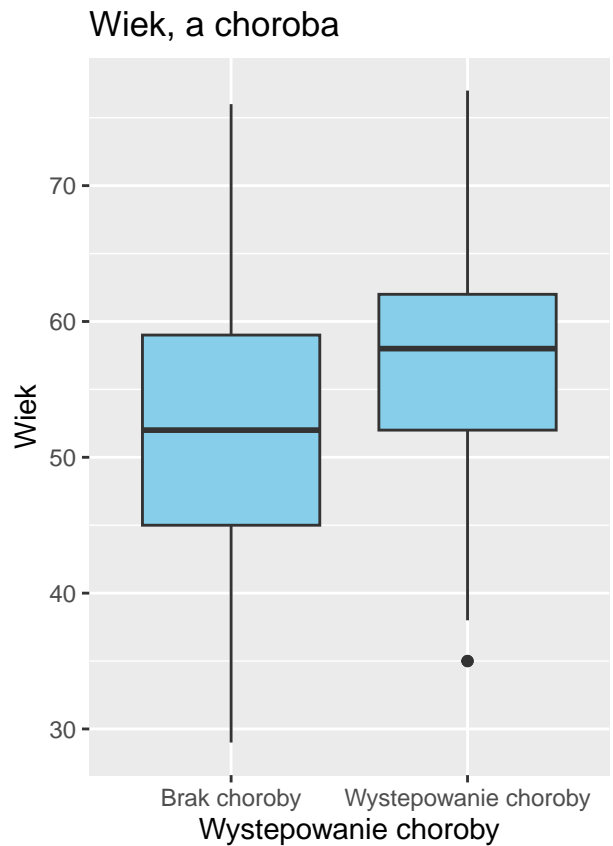
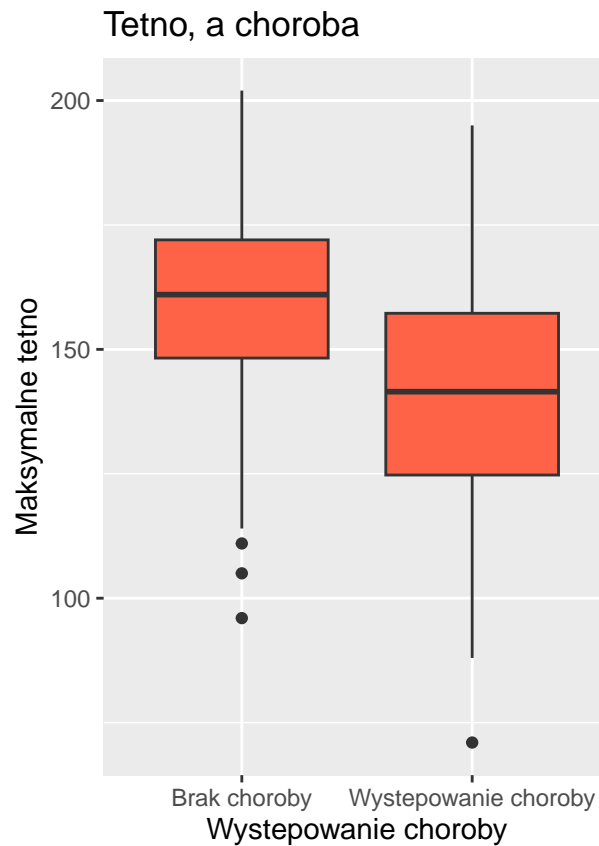
    x="Występowanie choroby",
    y="Ciśnienie tętnicze w spoczynku"
  )+
  scale_x_discrete(labels=c("Absence"="Brak choroby","Presence"="Występowanie choroby"))

g4<-ggplot(dane, aes(x=Heart.Disease,y=Cholesterol))+
  geom_boxplot(fill="mediumpurple")+
  labs(
    title="Cholesterol, a choroba",
    x="Występowanie choroby",
    y="Poziom cholesterolu"
  )+
  scale_x_discrete(labels=c("Absence"="Brak choroby","Presence"="Występowanie choroby"))

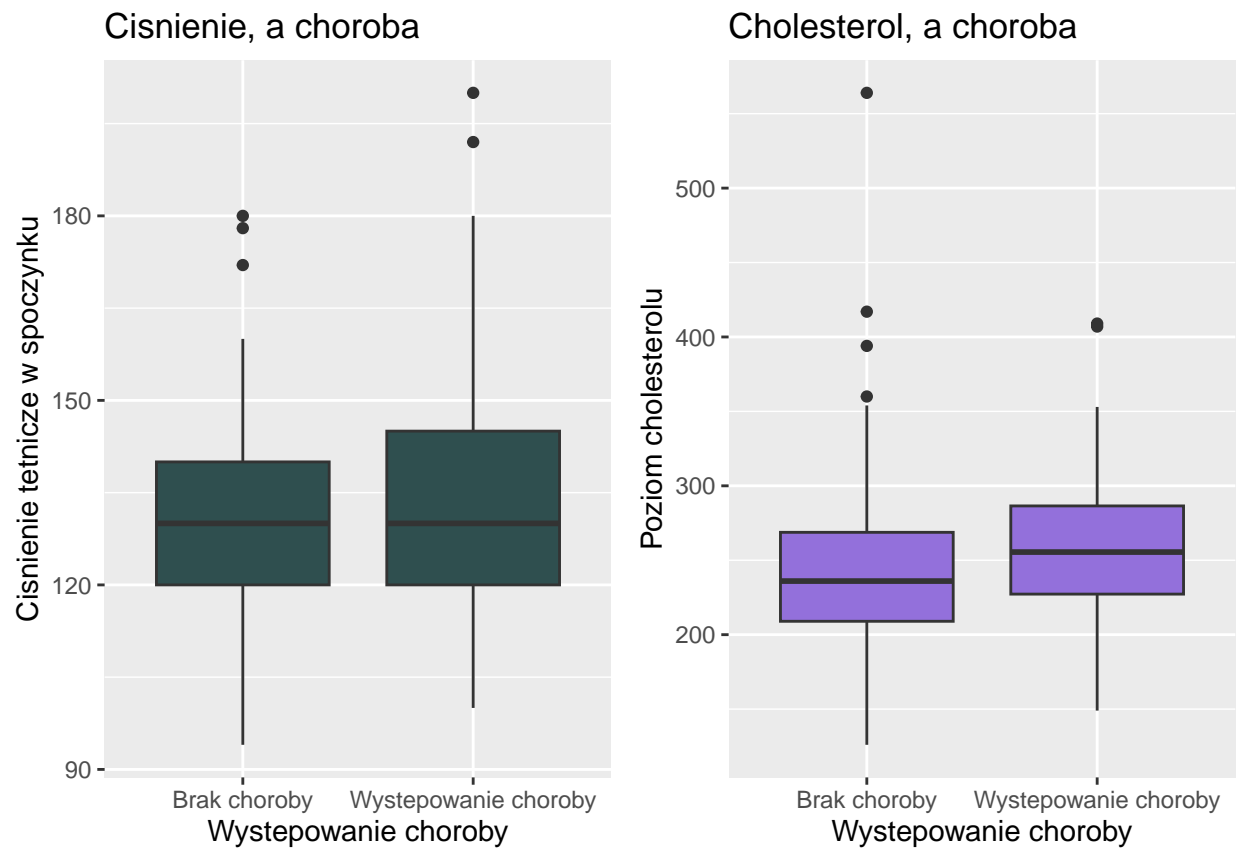
g5<-ggplot(dane, aes(x=Heart.Disease,y=ST.depression))+
  geom_boxplot(fill="firebrick")+
  labs(
    title="Nachylenie ST, a choroba",
    x="Występowanie choroby",
    y="Wartość nachylenia ST"
  )+
  scale_x_discrete(labels=c("Absence"="Brak choroby","Presence"="Występowanie choroby"))

grid.arrange(g1,g2, ncol=2)

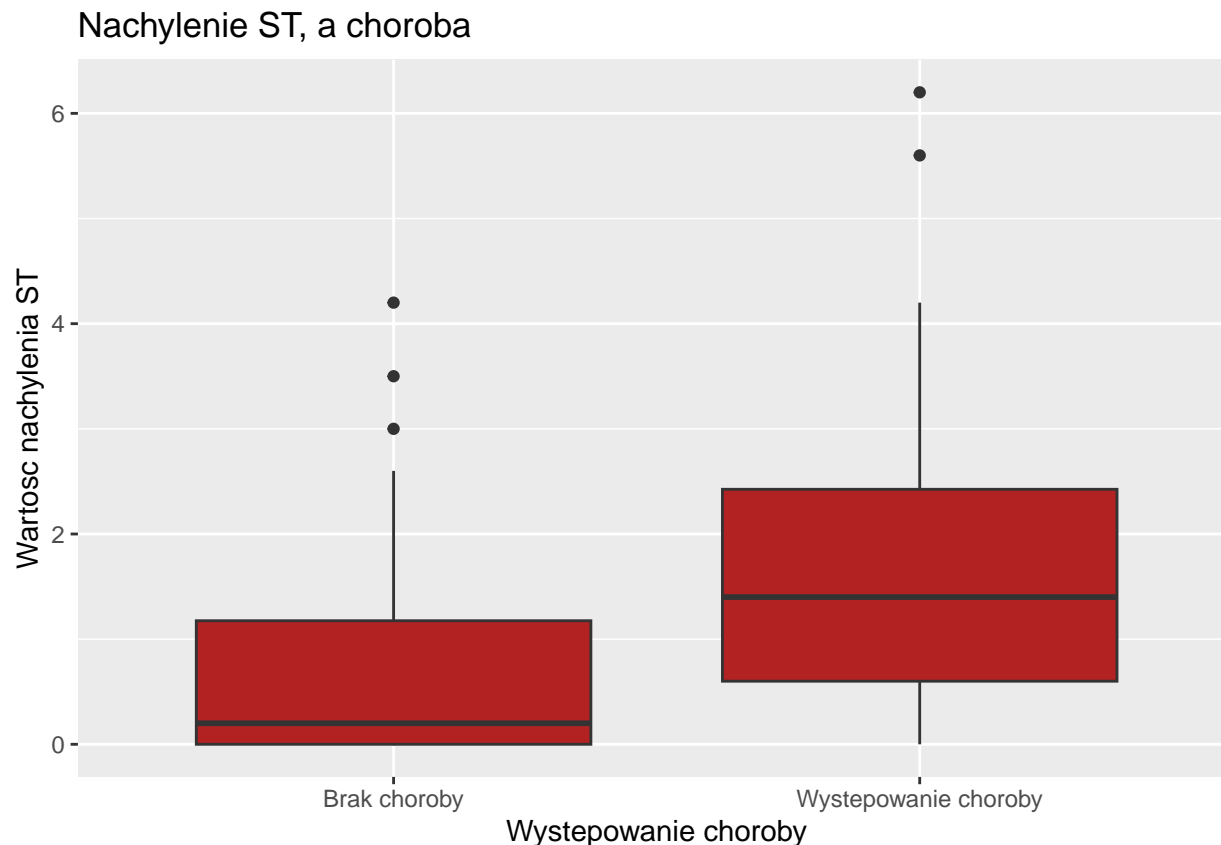
```



```
grid.arrange(g3,g4, ncol=2)
```



g5



8. Test Wilcoxa dla zmiennych numerycznych

```
t1 <- wilcox.test(Max.HR ~Heart.Disease, dane)
t2 <- wilcox.test(Age ~Heart.Disease, dane)
t3 <- wilcox.test(BP ~Heart.Disease, dane)
t4 <- wilcox.test(Cholesterol ~Heart.Disease, dane)
t5 <- wilcox.test(ST.depression ~Heart.Disease, dane)
tabela_testow <- data.frame(
  zmienna = c("Tętno", "Wiek", "Ciśnienie", "Cholesterol", "Nachylenie ST"),
  p_values=c(
    t1$p.value,
    t2$p.value,
    t3$p.value,
    t4$p.value,
    t5$p.value
  )
)
tabela_testow
```

```
##      zmienna      p_values
## 1      Tętno 5.841045e-12
## 2      Wiek 2.051984e-04
## 3  Ciśnienie 3.154067e-02
## 4 Cholesterol 7.700853e-03
## 5 Nachylenie ST 2.979412e-11
```

Wyniki testów wskazują na zdecydowany wpływ wartości nachylenia ST oraz maksymalnego tętna na prawdopodobieństwo wystąpienia choroby serca. Również istotnymi statystykami w diagnozie jest wiek pacjenta, oraz poziom cholesterolu. Natomiast mediana i wynik testu Wilcoxa ($p > 0.03$) informują o braku korelacji między ciśnieniem tętniczym a chorobą serca.

9. Porównanie zmiennych katerycznych względem choroby serca

```
s1 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Sex),fill=Heart.Disease))+geom_bar(position="stack")+labs(title="Płeć",
  theme(
    axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)
  )

s2 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Chest.pain.type),fill=Heart.Disease))+geom_bar(position="stack")+labs(t
  theme(
    axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)
  )

s3 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Exercise.angina),fill=Heart.Disease))+geom_bar(position="stack")+labs(t
  theme(
    axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)
  )

s4 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Slope.of.ST),fill=Heart.Disease))+geom_bar(position="stack")+labs(title
  theme(
    axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)
  )

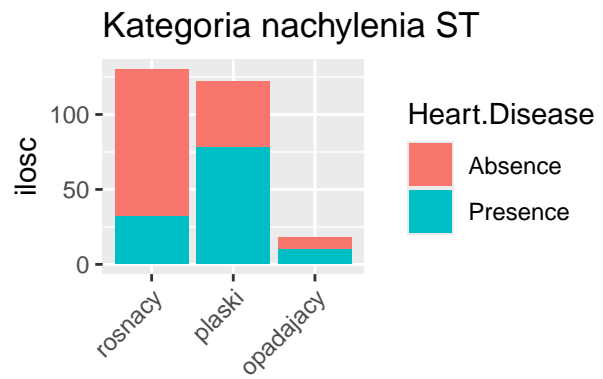
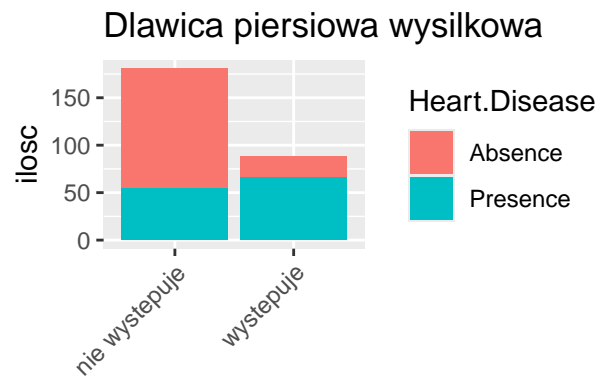
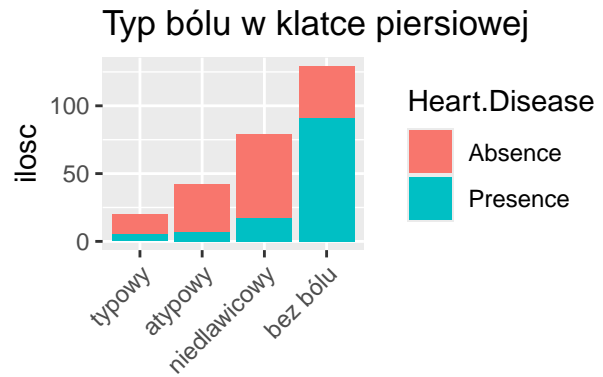
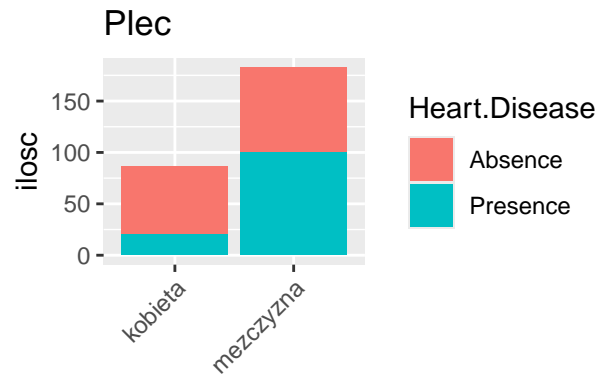
s5 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Number.of.vessels.fluro),fill=Heart.Disease))+geom_bar(position="stack"
  theme(
    axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)
  )

s6 <- ggplot(dane, aes(x=factor(Thallium),fill=Heart.Disease))+geom_bar(position="stack")+labs(title="w
  theme(
    axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)
  )

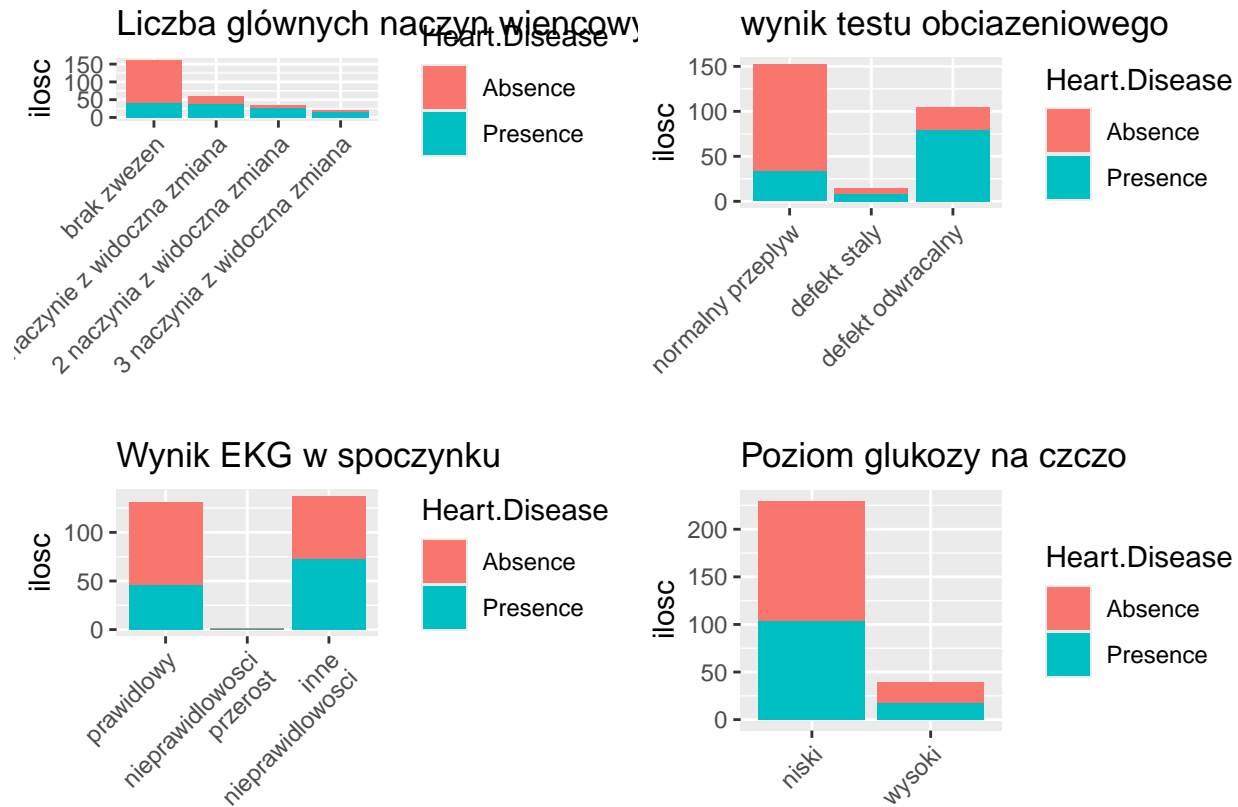
s7 <- ggplot(dane, aes(x=factor(EKG.results),fill=Heart.Disease))+geom_bar(position="stack")+labs(title
  theme(
    axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)
  )

s8 <- ggplot(dane, aes(x=factor(FBS.over.120),fill=Heart.Disease))+geom_bar(position="stack")+labs(titl
  theme(
    axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1)
  )

grid.arrange(s1,s2,s3,s4,ncol=2)
```



```
grid.arrange(s5,s6,s7,s8,ncol=2)
```



10. Test Spearmana o korelacji między badaniami

```
zmienne <- dane[,c("Max.HR", "Age", "BP", "Cholesterol", "ST.depression")]
wynik <- rcorr(as.matrix(zmienne), type="spearman")
wynik
```

```
##          Max.HR   Age    BP Cholesterol ST.depression
## Max.HR         1.00 -0.40 -0.04        -0.06        -0.42
## Age           -0.40  1.00  0.28         0.21         0.26
## BP            -0.04  0.28  1.00         0.19         0.18
## Cholesterol   -0.06  0.21  0.19         1.00         0.01
## ST.depression -0.42  0.26  0.18         0.01         1.00
##
## n= 270
##
## P
##          Max.HR   Age    BP    Cholesterol ST.depression
## Max.HR                0.0000  0.4823  0.3553        0.0000
## Age                   0.0000        0.0000  0.0005        0.0000
## BP                    0.4823  0.0000        0.0017        0.0026
## Cholesterol           0.3553  0.0005  0.0017        0.8209
## ST.depression         0.0000  0.0000  0.0026  0.8209
```

Na podstawie wyników testu Spearmana jesteśmy w stanie stwierdzić, że istotnie statystycznie ($p < 0.05$) są

wyniki dla par:

- **Tętno i Wiek** - $p = -0.40$ (umiarkowanie silna ujemna korelacja)
- **Tętno i Nachylenie ST** - $p = -0.42$ (umiarkowanie silna ujemna korelacja)
- **Wiek i Ciśnienie** - $p = 0.28$ (umiarkowanie silna dodatnia korelacja)
- **Wiek i Cholesterol** - $p = 0.21$ (słaba dodatnia korelacja)
- **Wiek i Nachylenie ST** - $p = 0.26$ (słaba dodatnia korelacja)
- **Ciśnienie i Cholesterol** - $p = 0.19$ (słaba dodatnia korelacja)
- **Ciśnienie i Nachylenie ST** - $p = 0.18$ (słaba dodatnia korelacja)

```
Sp1 <- ggplot(dane, aes(x=Max.HR, y=Age))+
  geom_point()+
  geom_smooth(method = "loess", se=TRUE, color="salmon") +
  labs(
    title="Związek między maksymalnym tętnem, a wiekiem",
    x="Tętno",
    y="Wiek"
  )

Sp2 <- ggplot(dane, aes(x=Max.HR, y=ST.depression))+
  geom_point()+
  geom_smooth(method = "loess", se=TRUE, color="darkorange") +
  labs(
    title="Związek między maksymalnym tętnem, a wartością nachylenia ST",
    x="Tętno",
    y="Nachylenie ST"
  )

Sp3 <- ggplot(dane, aes(x=Age, y=BP))+
  geom_point()+
  geom_smooth(method = "loess", se=TRUE, color="skyblue") +
  labs(
    title="Związek między wiekiem, a ciśnieniem tętniczym",
    x="Wiek",
    y="Ciśnienie"
  )

Sp4 <- ggplot(dane, aes(x=Age, y=Cholesterol))+
  geom_point()+
  geom_smooth(method = "loess", se=TRUE, color="forestgreen") +
  labs(
    title="Związek między wiekiem, a cholesterolem",
    x="Wiek",
    y="Cholesterol"
  )

Sp5 <- ggplot(dane, aes(x=Age, y=ST.depression))+
  geom_point()+
  geom_smooth(method = "loess", se=TRUE, color="darkslategray") +
  labs(
    title="Związek między wiekiem, a wartością nachylenia ST",
    x="Wiek",
    y="Nachylenie ST"
  )
```



```

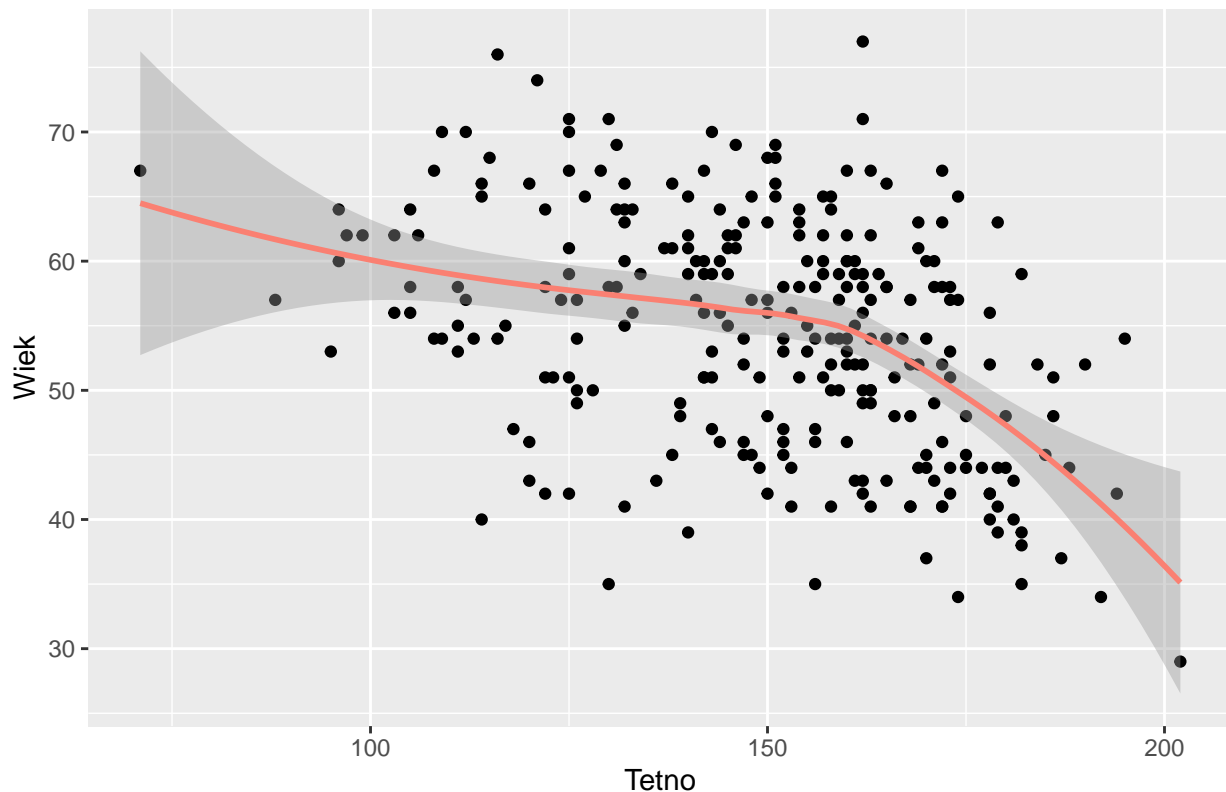
Sp6 <- ggplot(dane, aes(x=Cholesterol, y=BP))+
  geom_point()+
  geom_smooth(method = "loess", se=TRUE, color="steelblue") +
  labs(
    title="Związek między cholesterolem, a ciśnieniem",
    x="Cholesterol",
    y="Ciśnienie tętnicze"
  )

Sp7 <- ggplot(dane, aes(x=BP, y=ST.depression))+
  geom_point()+
  geom_smooth(method = "loess", se=TRUE, color="royalblue") +
  labs(
    title="Związek między ciśnieniem tętniczym, a wartością nachylenia ST",
    x="Ciśnienie",
    y="Nachylenie ST"
  )
Sp1

```

```
## `geom_smooth()` using formula = 'y ~ x'
```

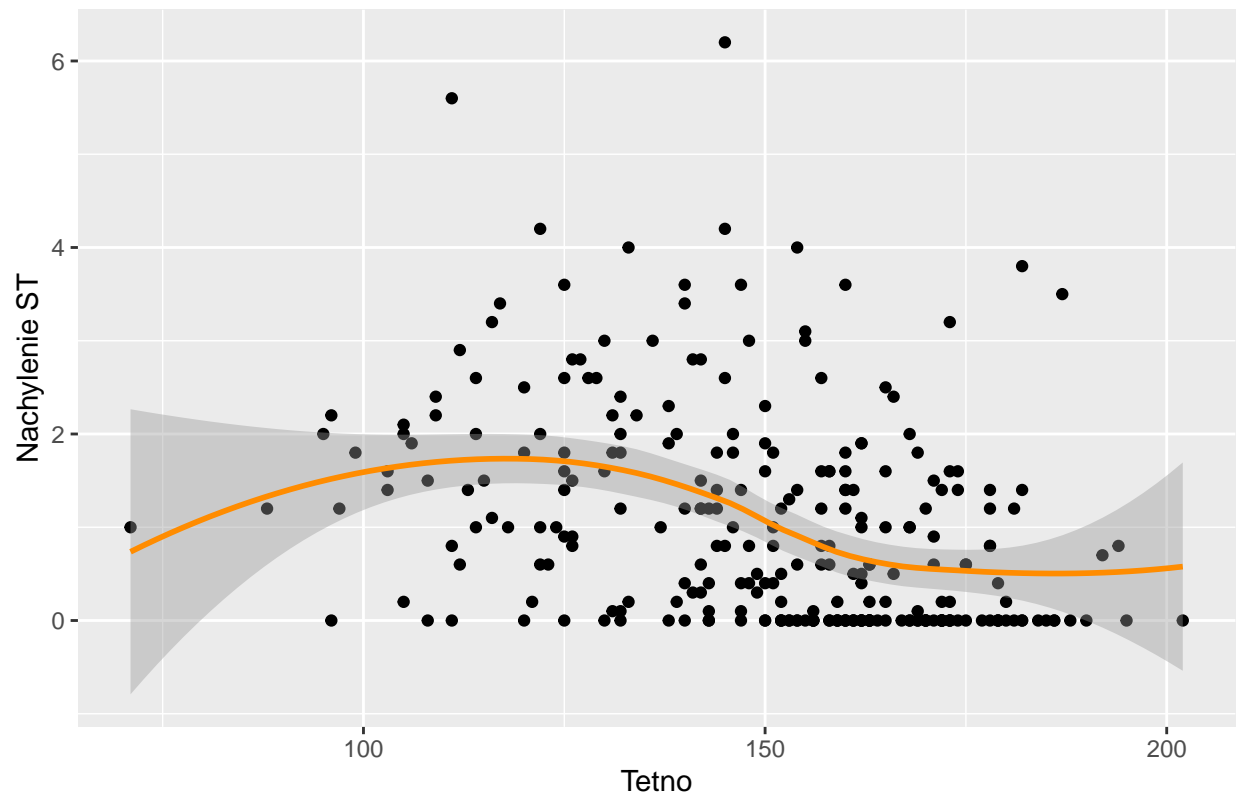
Związek między maksymalnym tetnem, a wiekiem



Sp2

```
## `geom_smooth()` using formula = 'y ~ x'
```

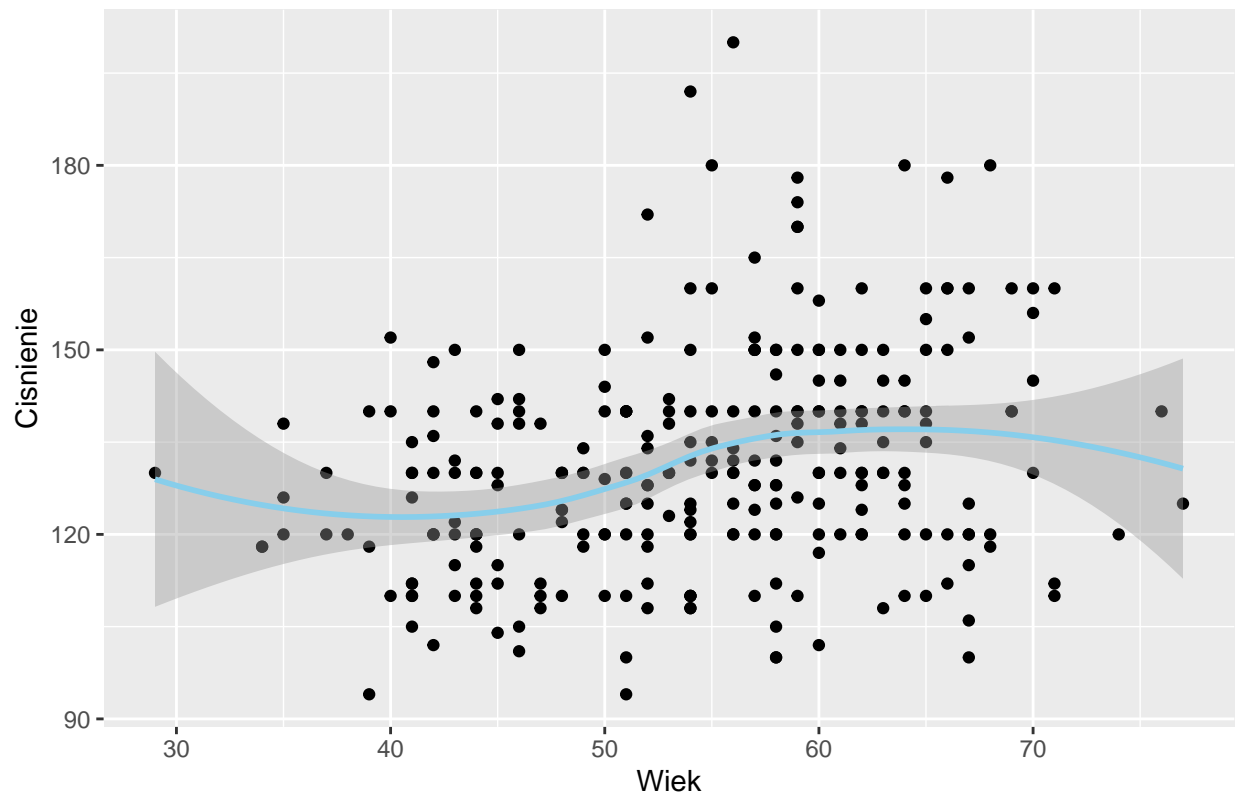
Zwiazek miedzy maksymalnym tetnem, a wartoscia nachylenia ST



Sp3

```
## `geom_smooth()` using formula = 'y ~ x'
```

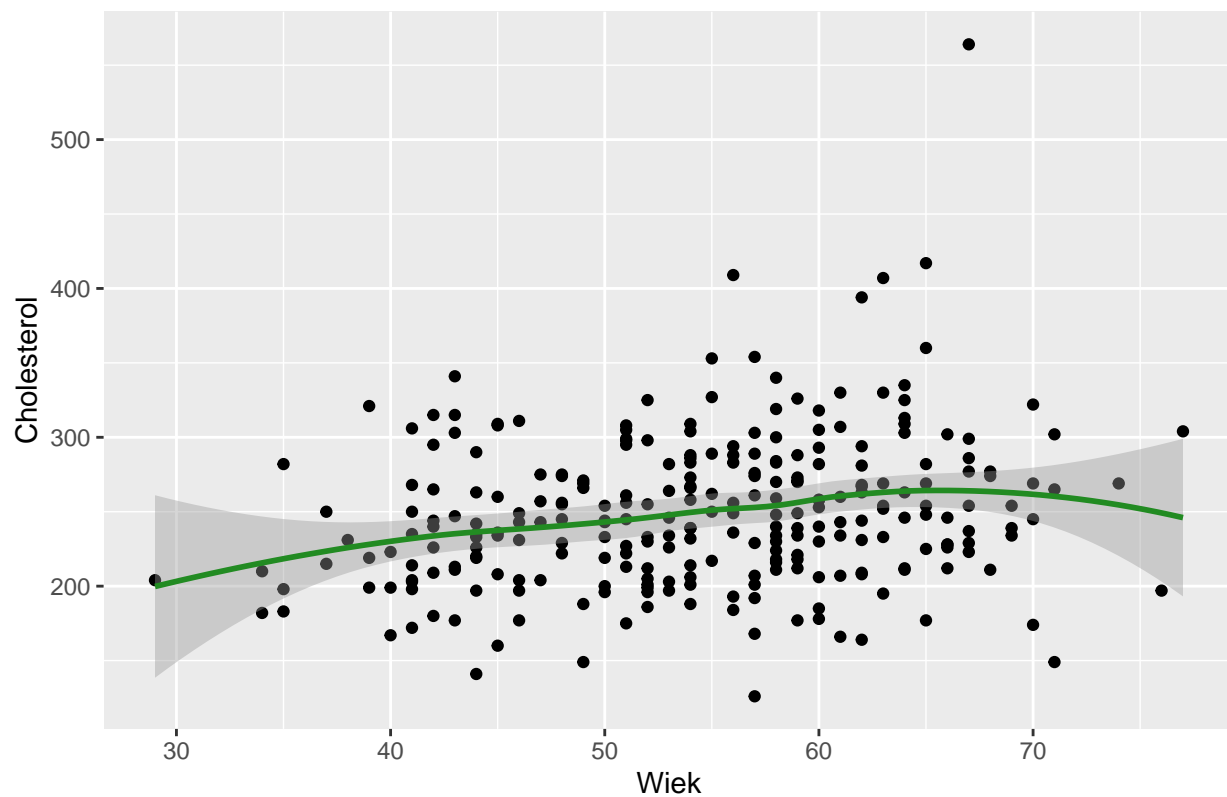
Związek między wiekiem, a ciśnieniem tętniczym



Sp4

```
## `geom_smooth()` using formula = 'y ~ x'
```

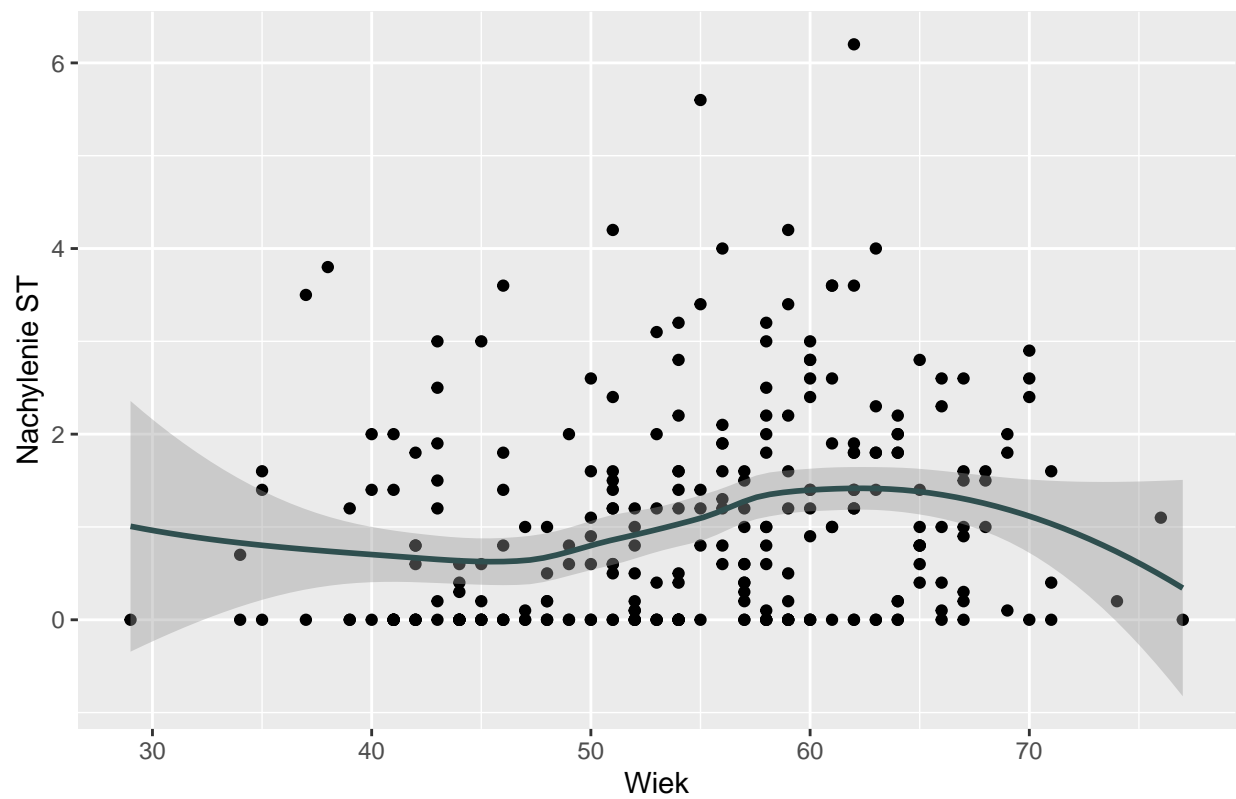
Związek między wiekiem, a cholesterolem



Sp5

```
## `geom_smooth()` using formula = 'y ~ x'
```

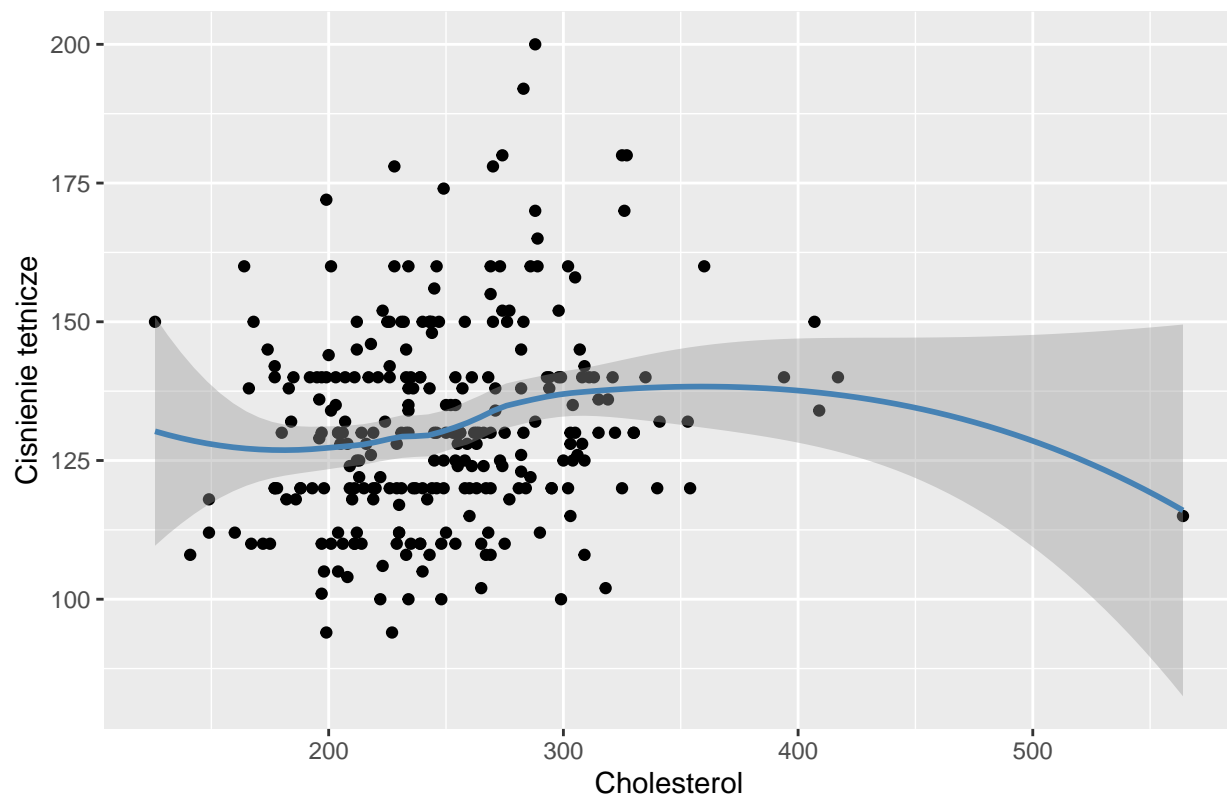
Zwiazek miedzy wiekiem, a wartoscia nachylenia ST



Sp6

```
## `geom_smooth()` using formula = 'y ~ x'
```

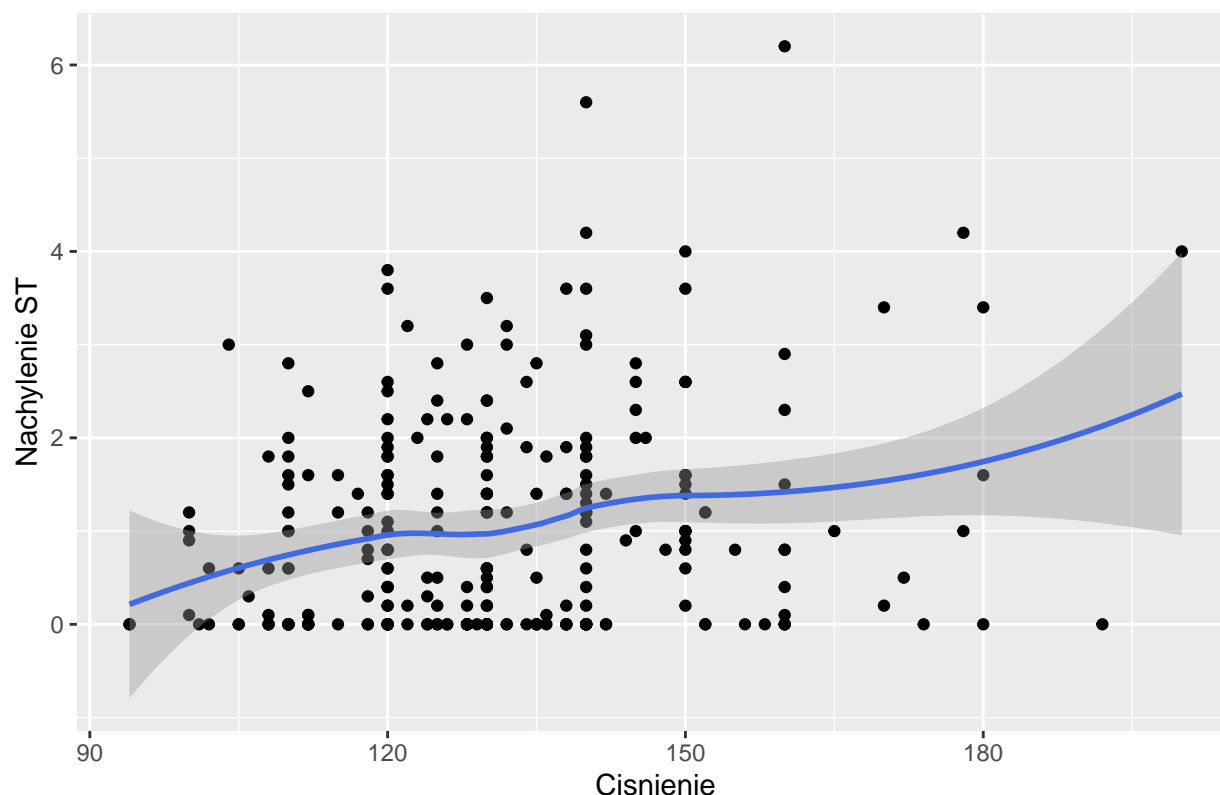
Związek między cholesterolem, a ciśnieniem



Sp7

```
## `geom_smooth()` using formula = 'y ~ x'
```

Związek między ciśnieniem tętniczym, a wartością nachylenia ST



11. Podsumowanie

Na początku badania zadaliśmy sobie następujące pytania, na które otrzymaliśmy zadowolające odpowiedzi:

1. *“Czy istnieje zależność pomiędzy wiekiem oraz płcią pacjentów, a prawdopodobieństwem wystąpienia choroby serca?”*

- Tak, istnieje znaczące zwiększenie rozwinięcia choroby serca w okolicach wieku 50 lat oraz istnieje zależność pomiędzy płcią, a chorobą (mężczyźni są na nią bardziej podatni)

2. *“Które badania mają największą korelację między konkretnymi wynikami a istnieniem choroby serca?”*

-Zdecydowanie najważniejszymi badaniami w celu rozstrzygnięcia choroby serca jest:

-zbadania maksymalnego tętna (niższe = większe ryzyko)

-wykonania badania EKG w celu zmierzenia wartości i kategorii nachylenia ST (wyższa wartość+opadający =

niewiele mniej istotna też jest informacja o:

-wieku (starszy = większe ryzyko)

-poziomie cholesterolu pacjenta (wyższy = większe ryzyko)

3. *“Czy istnieje korelacja pomiędzy konkretnymi badaniami?”*

-Istnieje umiarkowanie silna ujemna/dodatnia korelacja między:

-maksymalnym tętnem i wiekiem ($p = -0.40$) - im starszy pacjent tym wyższe tętno

-maksymalnym tętnem i wartością nachylenia ST ($p = -0.42$) - im wyższe tętno tym mniejsze nachylenie ST

-wiekiem i ciśnieniem tętniczym ($p = 0.28$) - im starszy pacjent tym wyższe ciśnienie