

Milena Szulc
Mateusz Szymański

Statystyka w medycynie – Projekt

W pliku *covid_mezczyzni.csv* znajdują się dane dotyczące wielokrotnych pomiarów przeciwciał na SARS-COV-2 u osób po COVID-19 lub/oraz po szczepieniach 311 pacjentów. Kolejne kolumny zawierają zmienne:

1. 'Nr' – identyfikator pacjenta,
2. 'Płeć' – płeć pacjenta,
3. 'Wiek' – wiek pacjenta,
4. 'Covid..data.' – data choroby (COVID),
5. 'Objawy..TAK.NIE.' – czy wystąpiły objawy choroby,
6. 'Szczepionka..nazwa.' – nazwa szczepionki,
7. 'Szczepienie.1..data.' – data pierwszego szczepienia,
8. 'Szczepienie.2..data.' – data drugiego szczepienia,
9. 'Choroby.współistniejące' – choroby współistniejące,
10. 'Grupa.krwi' – grupa krwi,
11. 'Badanie.1..data.' – data pierwszego badania,
12. 'Wynik....BAU.ml.' – ilość przeciwciał podczas pierwszego badania (BAU/ml),
13. 'Badanie.2..data.' – data drugiego badania,
14. 'Wynik....BAU.ml..1' – ilość przeciwciał podczas drugiego badania (BAU/ml),
15. 'Badanie.3..data.' – data trzeciego badania,
16. 'Wynik....BAU.ml..2' – ilość przeciwciał podczas trzeciego badania (BAU/ml).

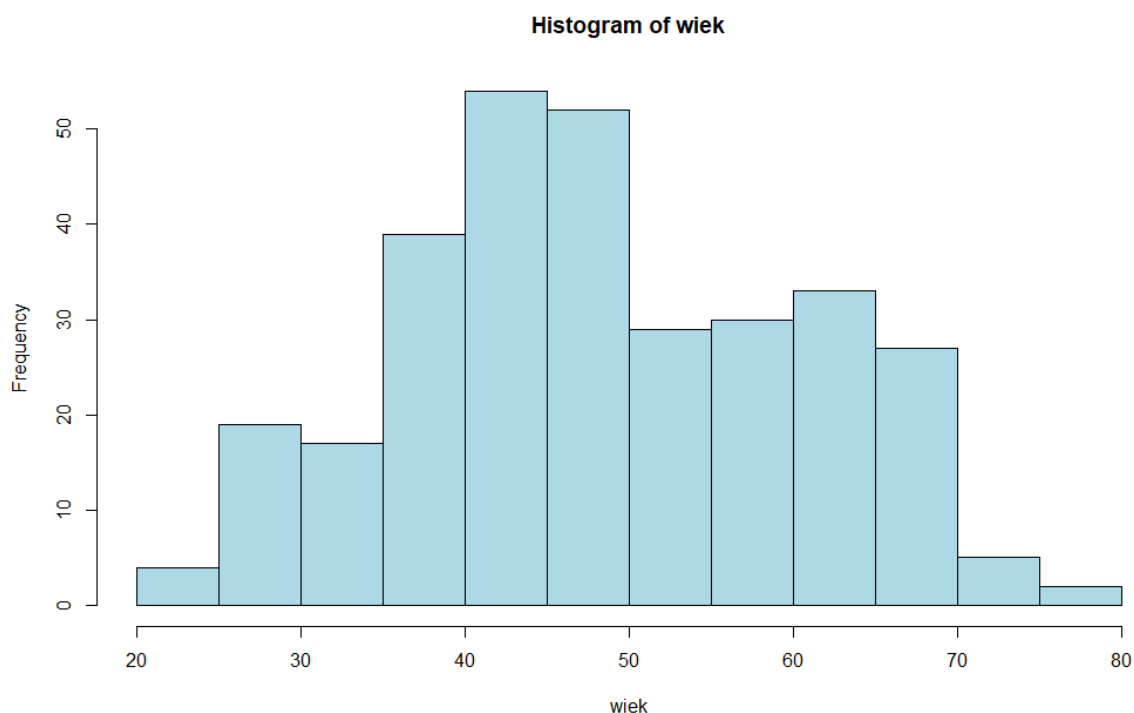
Dane do analizy zostały przygotowane w Pythonie, a analizy wykonano w Pythonie i w R.

Po wstępnym czyszczeniu, liczba braków danych w poszczególnych kolumnach wynosiła:

- 'Nr': 0,
- 'Płeć': 0,
- 'Wiek': 0,
- 'Covid..data.': 0,
- 'Objawy..TAK.NIE.': 0,
- 'Szczepionka..nazwa.': 0,
- 'Szczepienie.1..data.': 0,
- 'Szczepienie.2..data.': 1 (ok. 0,32%),
- 'Choroby.współistniejące': 63 (ok. 20,26%),
- 'Grupa.krwi': 136 (ok. 43,73%),
- 'Badanie.1..data.': 72 (ok. 23,15%),

- 'Wynik....BAU.ml.': 72 (ok. 23,15%),
- 'Badanie.2..data.': 111 (ok. 35,69%),
- 'Wynik....BAU.ml..1': 111 (ok. 35,69%),
- 'Badanie.3..data.': 98 (ok. 31,51%),
- 'Wynik....BAU.ml..2': 97 (ok. 31,19%).

Nasze dane dotyczą mężczyzn w wieku od 23 do 78 lat. Średnia wieku wynosi prawie 49 (48,76) lat, a mediana – 48 lat.



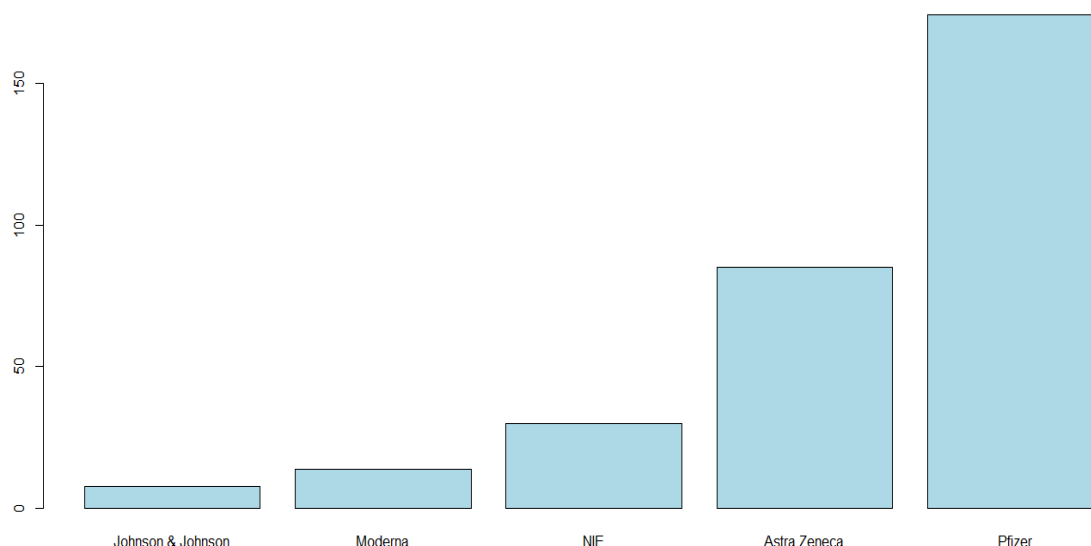
Rysunek 1: Histogram zmiennej 'Wiek'.

Czy pacjent chorował na COVID?	Czy u pacjenta wystąpiły objawy choroby?	
	Nie	Tak
Nie	235	0
Tak	7	69

Tabela 1: Tabela krzyżowa – informacja o chorobie i wystąpieniu objawów u pacjentów.

76 osób (ok. 24,44%) chorowało na COVID w latach 2020-2021 (od 08.04.2020 do 10.12.2021), w tym 7 z nich nie miało żadnych objawów. 30 pacjentów (ok. 9,65%) nie przyjęło żadnej dawki szczepionki, a 29 (ok. 9,32%) przyjęło tylko pierwszą dawkę szczepionki. Nie wiemy czy jeden z pacjentów (ok. 0,32%) przyjął drugą dawkę. Obie dawki szczepionki przyjęło 251 osób (ok. 80,71%). Oznacza to, że było 281 pacjentów (ok. 90,35%), którzy przyjęli chociaż jedną

dawkę szczepionki. Dodatkowo 11 osób ani nie zachorowało na COVID, ani się nie zaszczepiło. Szczepienia pierwszą dawką odbywały się od 28.12.2020 do 10.07.2021, a drugą dawką od 25.01.2021 do 29.07.2021. Większość, bo ok. 55,95% (174) pacjentów zostało zaszczepionych szczepionką Pfizer, a najmniej (8 osób, ok. 2,57%) szczepionką Johnson & Johnson.



Rysunek 2: Wykres słupkowy zmiennej 'Szczepionka..nazwa'.

51 pacjentów zaszczepiło się po przebytej chorobie, a 6 zaszczepiło się i dopiero później zachorowało na COVID. Wśród tych 6 osób, które zachorowały po zaszczepieniu, 3 z nich zachorowały po pierwszej dawce szczepionki i po chorobie przyjęły drugą dawkę szczepionki. Jedna z nich także zachorowała po pierwszej dawce, ale nie zaszczepiła się drugą dawką szczepionki. Pozostałych 2 pacjentów zachorowało dopiero po przyjęciu dwóch dawek szczepionki. Na COVID chorowało jeszcze 19 osób, które nie przyjęły żadnej dawki szczepionki.

Większość, bo aż 179 osób (ok. 57,56%), nie ma chorób współistniejących. Występujące choroby współistniejące to:

- alergie i astma: alergia, alergie wziewne, pyłkowica (alergia na pyłki roślin), astma, astma oskrzelowa – 10 chorych (w tym 3 zachorowało na COVID),
- arytmie i zaburzenia rytmu serca: arytmia serca, migotanie przedsionka, stymulator serca – 3 chorych (w tym 2 zachorowało na COVID),
- choroby serca, naczyń wieńcowych, choroby naczyniowe: choroba wieńcowa, miażdżyca naczyń wieńcowych, zawał serca, rozwarstwienie aorty, zatorowość płucna – 6 chorych (w tym 4 zachorowało na COVID),
- nadciśnienie: ciśnienie, nadciśnienie, nadciśnienie tętnicze, nadciśnienie samoistne – 33 chorych (w tym 9 zachorowało na COVID),

- choroby układu pokarmowego: wrzodziejące zapalenie jelita grubego, uchyłkowatość jelita, refluks żołądka – 5 chorych (w tym 0 zachorowało na COVID),
- cukrzyca, cukrzyca typ 2 – 9 chorych (w tym 3 zachorowało na COVID),
- choroby kręgosłupa: kręgosłup, dyskopatia – 2 chorych (w tym 1 zachorował na COVID),
- choroby tarczycy: Hashimoto, niedoczynność tarczycy, wole guzkowe – 8 chorych (w tym 1 zachorował na COVID),
- choroby nerek: kamica nerkowa, zapalenie nerek – 3 chorych (w tym 1 zachorował na COVID),
- nadwaga – 1 chory (w tym 1 zachorował na COVID),
- przewlekłe choroby układu oddechowego: POChP – przewlekła obturacyjna choroba płuc, rozstrzenie oskrzeli – 3 chorych (w tym 1 zachorował na COVID),
- jaskra – 1 chory (w tym 0 zachorowało na COVID),
- sarkoidoza – 1 chory (w tym 1 zachorował na COVID),
- szumy uszne – 1 chory (w tym 0 zachorowało na COVID),
- cholesterol – 2 chorych (w tym 1 zachorował na COVID),
- trombofilia – 1 chory (w tym 0 zachorowało na COVID),
- zaburzenia nerwowo lękowe – 1 chory (w tym 1 zachorował na COVID),
- łuszczyca – 2 chorych (w tym 1 zachorował na COVID).

Grupę krwi 0 posiada 55 osób (43 – Rh+, 7 – Rh-, 5 – brak informacji), grupę A – 57 (47 – Rh+, 7 – Rh-, 3 – brak informacji), grupę A1 – 8 (6 – Rh+, 1 – Rh-, 1 – brak informacji), B – 35 (29 – Rh+, 6 – Rh-), a grupę AB – 20 pacjentów (14 – Rh+, 5 – Rh-, 1 – brak informacji).

Pierwsze z badań odbywało się od 08.05.2021 do 28.09.2021. Wzięło w nim udział 239 pacjentów (ok. 76,85%). W badaniu drugim, które odbywało się od 11.05.2021 do 29.09.2021, wzięło udział 200 osób (ok. 64,31%). Od 29.06.2021 do 30.09.2021 odbywało się trzecie badanie, udział w nim wzięło 213 pacjentów (ok. 68,49%).

Czy pacjent wziął udział w badaniu nr 1?	Czy pacjent wziął udział w badaniu nr 2?	
	Brak informacji	Tak
Brak informacji	39	33
Tak	72	167

Tabela 2: Tabela krzyżowa – udział w badaniu nr 1 i w badaniu nr 2.

Nie mamy informacji o udziale 39 osób w pierwszym i w drugim badaniu. Nie mamy także informacji czy 72 osoby, które wzięły udział w badaniu nr 1, wzięły udział w badaniu nr 2 oraz czy 33 osoby, które wzięły udział w badaniu nr 2, wzięły udział w badaniu nr 1. Pacjentów uczestniczących zarówno w pierwszym jak i w drugim badaniu było 167.

Czy pacjent wziął udział w badaniu nr 1?	Czy pacjent wziął udział w badaniu nr 3?	
	Brak informacji	Tak
Brak informacji	28	44
Tak	70	169

Tabela 3: Tabela krzyżowa – udział w badaniu nr 1 i w badaniu nr 3.

Nie mamy informacji o udziale 28 osób w pierwszym i w trzecim badaniu. Nie mamy także informacji czy 70 osób, które wzięły udział w badaniu nr 1, wzięły udział w badaniu nr 3 oraz czy 44 osoby, które wzięły udział w badaniu nr 3, wzięły udział w badaniu nr 1. Pacjentów uczestniczących zarówno w pierwszym jak i w trzecim badaniu było 169.

Czy pacjent wziął udział w badaniu nr 2?	Czy pacjent wziął udział w badaniu nr 3?	
	Brak informacji	Tak
Brak informacji	69	42
Tak	29	171

Tabela 4: Tabela krzyżowa – udział w badaniu nr 2 i w badaniu nr 3.

Nie mamy informacji o udziale 69 osób w drugim i w trzecim badaniu. Nie mamy także informacji czy 29 osób, które wzięły udział w badaniu nr 2, wzięły udział w badaniu nr 3 oraz czy 42 osoby, które wzięły udział w badaniu nr 3, wzięły udział w badaniu nr 2. Pacjentów uczestniczących zarówno w drugim jak i w trzecim badaniu było 171.

Było 165 pacjentów, którzy wzięli udział w pierwszym, drugim i trzecim badaniu. Najprawdopodobniej, jeśli nie mamy informacji o udziale pacjenta w badaniu, to nie brał on w nim udziału.

Czy pacjent wziął udział w badaniu nr 1?	Czy mamy informację o wyniku badania nr 1?	
	Brak informacji	Tak
Brak informacji	72	0
Tak	0	239

Tabela 5: Tabela krzyżowa – udział w badaniu nr 1 oraz informacja o wyniku, również w badaniu nr 1.

Czy pacjent wziął udział w badaniu nr 2?	Czy mamy informację o wyniku badania nr 2?	
	Brak informacji	Tak
Brak informacji	111	0
Tak	0	200

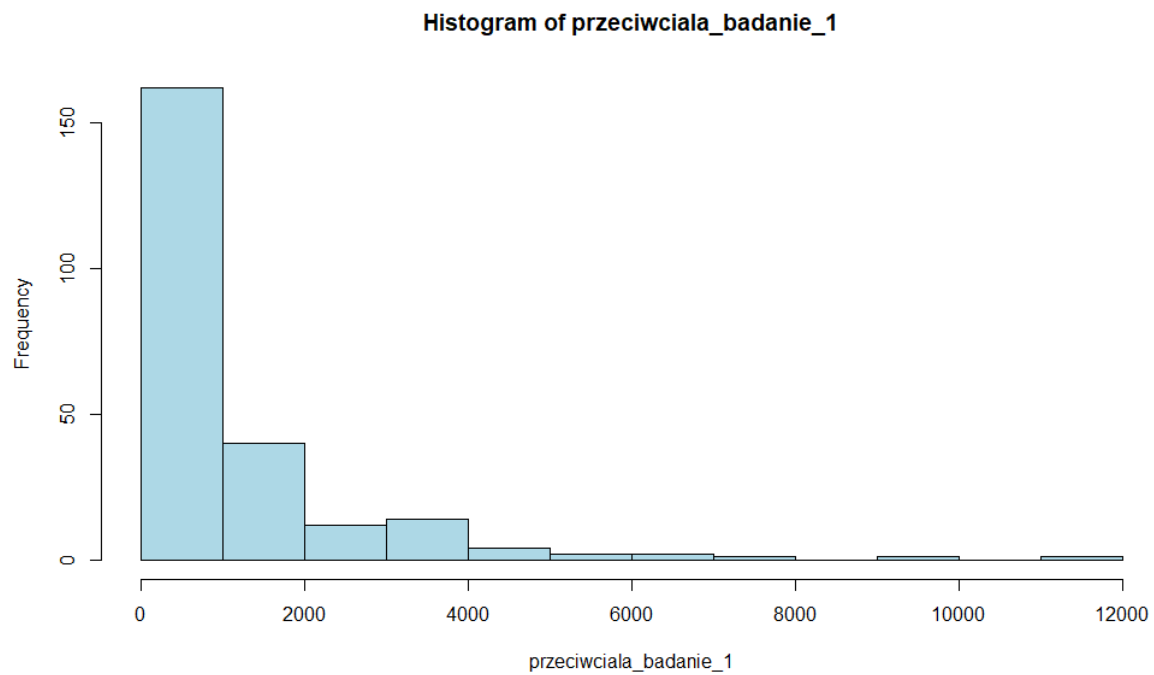
Tabela 6: Tabela krzyżowa – udział w badaniu nr 2 oraz informacja o wyniku, również w badaniu nr 2.

Czy pacjent wziął udział w badaniu nr 3?	Czy mamy informację o wyniku badania nr 3?	
	Brak informacji	Tak
Brak informacji	97	1
Tak	0	213

Tabela 7: Tabela krzyżowa – udział w badaniu nr 3 oraz informacja o wyniku, również w badaniu nr 3.

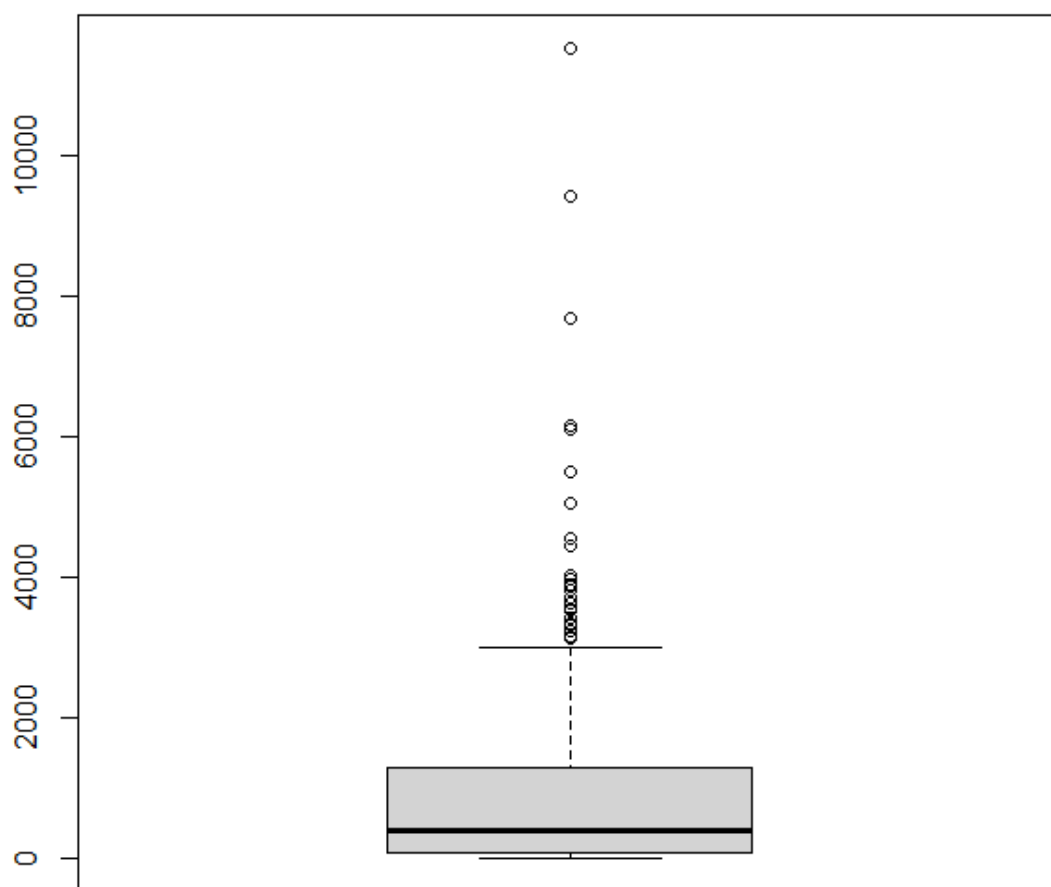
Możemy zauważyć, że chociaż nie mamy informacji czy jeden z pacjentów brał udział w badaniu nr 3, to mamy informację o jego wyniku.

W wynikach badania nr 1 najmniejszą ilością przeciwciał jest $<3,2$ BAU/ml (dla 15 obserwacji) – zamienimy to po prostu na 3,2 BAU/ml, aby ułatwić dalsze analizy. Największa ilość przeciwciał w pierwszym badaniu wynosi 11535 BAU/ml. W drugim badaniu ilość przeciwciał jest w przedziale od 22,79 BAU/ml do 22245,63 BAU/ml. W badaniu nr 3 najmniejszą wartością zmiennej, mówiącej o ilości przeciwciał, jest 19,95 BAU/ml, a największą – 9041,3 BAU/ml. Analogicznie jak w badaniu pierwszym, w wynikach badania trzecim znalazła się wartość >7680 BAU/ml (dla 1 obserwacji), którą również zamienimy na 7680 BAU/ml.



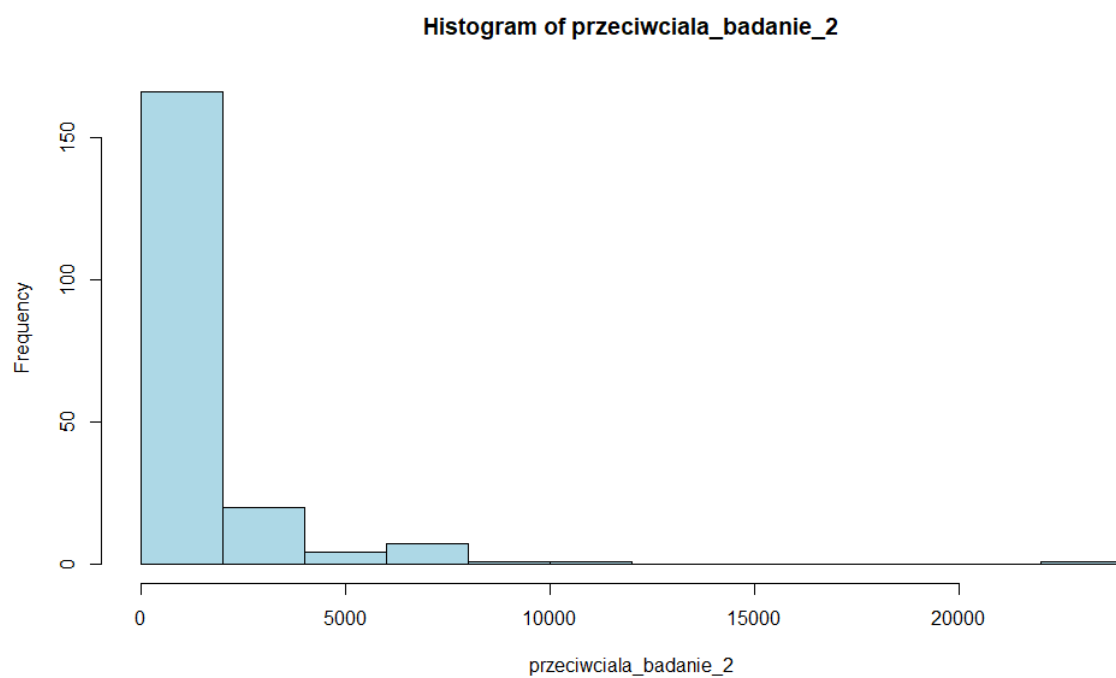
Rysunek 3: Histogram zmiennej 'Wynik....BAU.ml.'.

Średni poziom przeciwciał w badaniu nr 1 wynosi 1045,5 BAU/ml, natomiast mediana jest równa 390,5 BAU/ml.



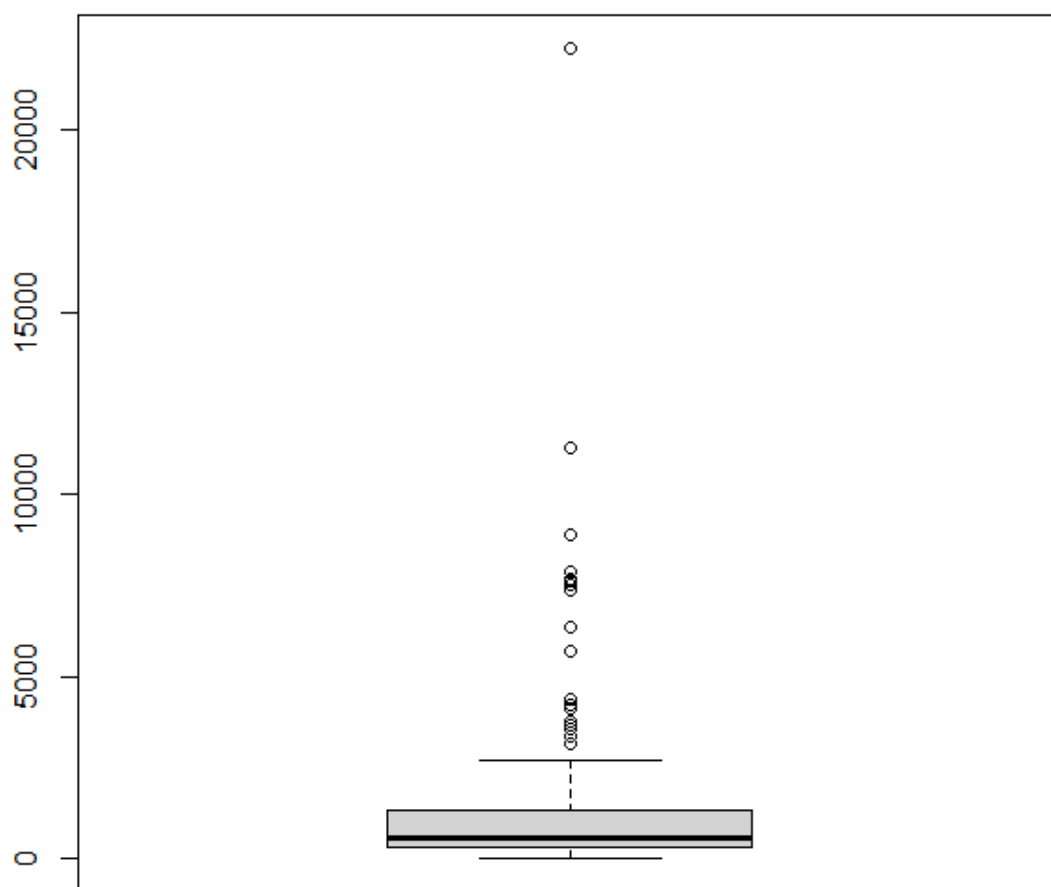
Rysunek 4: Wykres skrzynkowy zmiennej 'Wynik....BAU.ml.'.

Dla wyników badania nr 1 kryterium kwartyłowe (Tukeya) wykazało 25 obserwacji odstających (od 3125,4 BAU/ml) oraz 7 obserwacji skrajnych (od 5048,73 BAU/ml). Kryterium Chauveneta nie wykazało jednak obserwacji odstających.



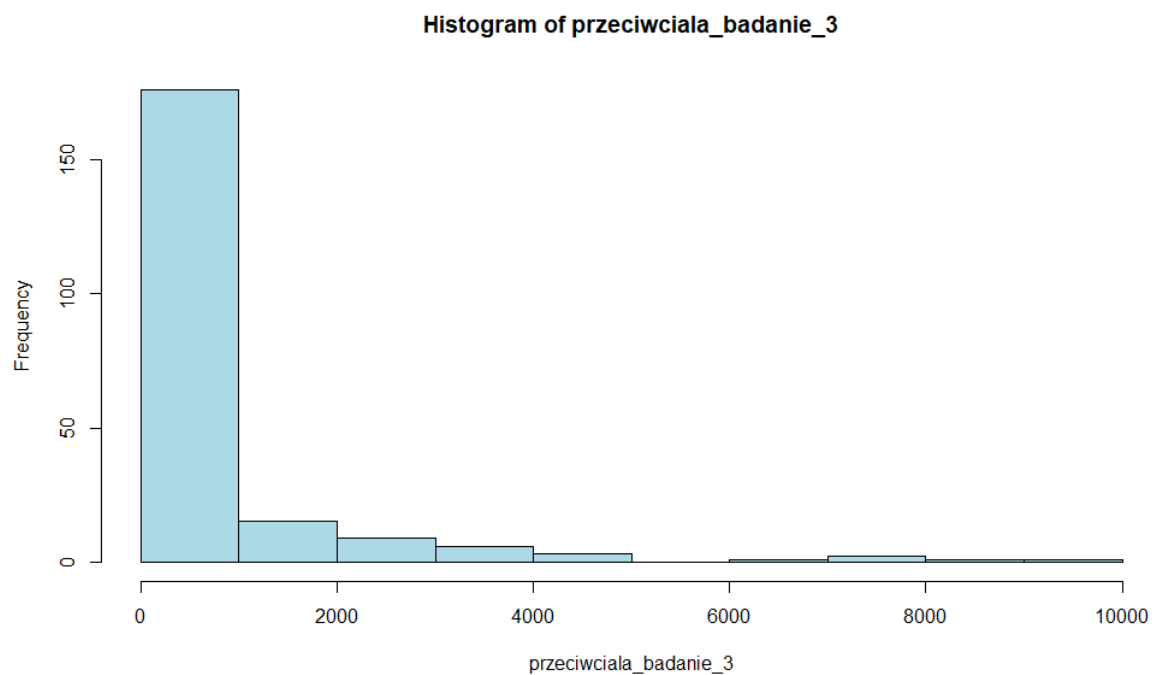
Rysunek 5: Histogram zmiennej 'Wynik....BAU.ml..1'.

Średni poziom przeciwciał w badaniu nr 2 wynosi 1366,87 BAU/ml, natomiast mediana jest równa 606,9 BAU/ml.



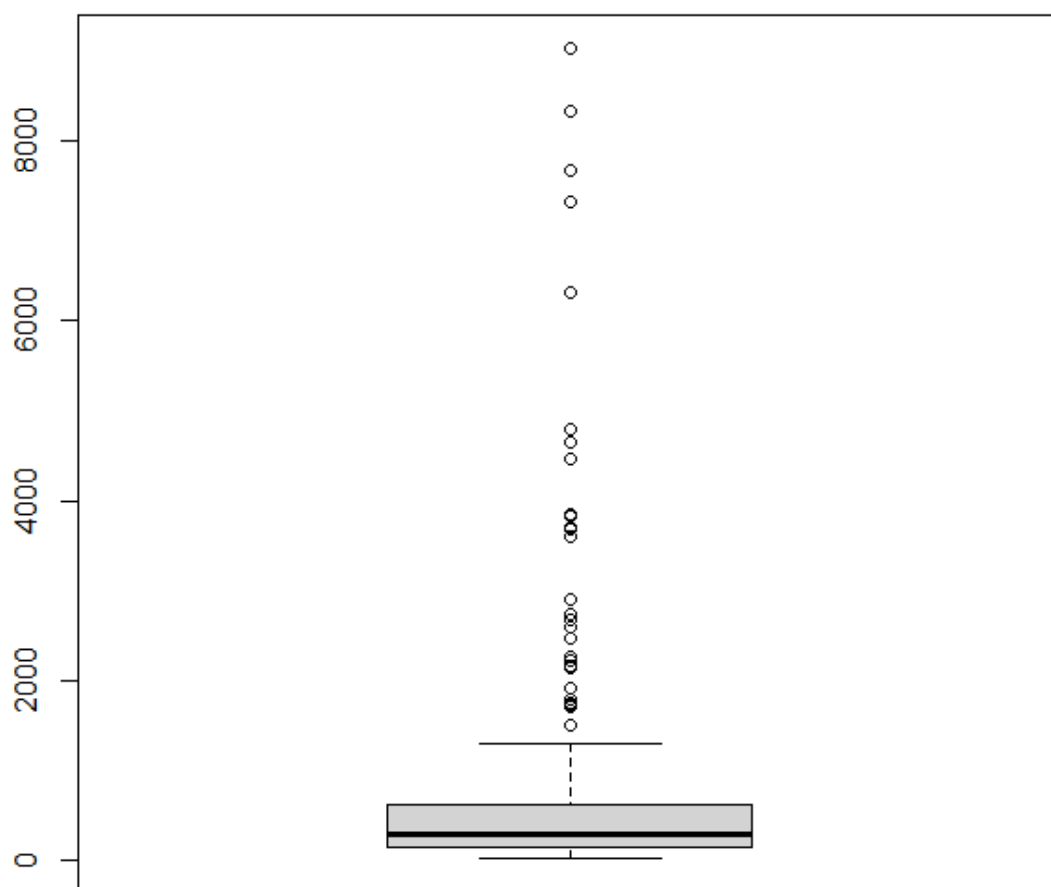
Rysunek 6: Wykres skrzynkowy zmiennej 'Wynik....BAU.ml..1'.

Dla wyników badania nr 2 kryterium kwartylowe (Tukeya) wykazało 22 obserwacje odstające (od 3155,5 BAU/ml) oraz 12 obserwacji skrajnych (od 4367,12 BAU/ml). Kryterium Chauveneta nie wykazało jednak obserwacji odstających.



Rysunek 7: Histogram zmiennej 'Wynik....BAU.ml..2'.

Średni poziom przeciwciał w badaniu nr 3 wynosi 786,7 BAU/ml, natomiast mediana jest równa 277,73 BAU/ml.



Rysunek 8: Wykres skrzynkowy zmiennej 'Wynik....BAU.ml..2'.

Dla wyników badania nr 3 kryterium kwartyłowe (Tukeya) wykazało 30 obserwacji odstających (od 1510 BAU/ml) oraz 23 obserwacje skrajne (od 2145,84 BAU/ml). Kryterium Chauveneta nie wykazało jednak obserwacji odstających.

W wynikach wszystkich trzech badań, kryterium Chauveneta nie wykazało obserwacji odstających. Najwyższy poziom przeciwciał we wszystkich trzech badaniach to 22245,63 BAU/ml, a w literaturze wyniki osiągały wartości nawet do 38400 BAU/ml¹, więc do dalszych analiz pozostawiono wszystkie obserwacje.

Możemy sprawdzić, jak wygląda średni poziom oraz mediany poziomu przeciwciał, w podziale na trzy grupy: pacjentów, którzy nie szczepili się i nie chorowali na COVID (11 osób), pacjentów, którzy nie szczepili się, ale chorowali na COVID (19 osób) oraz pacjentów, którzy się szczepili (281 osób).

Grupa pacjentów	Średni poziom i mediana poziomu przeciwciał					
	Badanie nr 1		Badanie nr 2		Badanie nr 3	
	średnia	mediana	średnia	mediana	średnia	mediana
Pacjenci niezaszczepieni, którzy nie chorowali	51,56 BAU/ml	14,61 BAU/ml	195,1 BAU/ml	195,1 BAU/ml	56,87 BAU/ml	56,87 BAU/ml
Pacjenci niezaszczepieni, którzy chorowali	98,19 BAU/ml	68,37 BAU/ml	486,5 BAU/ml	486,5 BAU/ml	394,6 BAU/ml	394,6 BAU/ml
Pacjenci zaszczepieni	1168,3 BAU/ml	586,7 BAU/ml	1383,23 BAU/ml	623,3 BAU/ml	791,99 BAU/ml	277,73 BAU/ml

Tabela 8: Tabela krzyżowa - średni poziom i mediana poziomu przeciwciał oraz czy pacjent był szczepiony, nieszczepiony i chory, nieszczepiony i zdrowy.

¹ Tretyn Andrzej, Szczepanek Joanna, Skorupa Monika, Jarkiewicz-Tretyn Joanna, Sandomierz Dorota, Dejewska Joanna, Ciechanowska Karolina, Jarkiewicz-Tretyn Aleksander, Koper Wojciech, and Pałgan Krzysztof: *Differences in the Concentration of Anti-SARS-CoV-2 IgG Antibodies Post-COVID-19 Recovery or Post-Vaccination*. Cells 10, no. 8: 1952, 2021. <https://doi.org/10.3390/cells10081952>, dostęp z dnia: 02.06.2024.

Zobaczmy ilu pacjentów chorowało na COVID w danej kategorii wiekowej. Podzieliliśmy zmienną 'Wiek' na następujące kategorie: 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, 70-79.

Kategoria wiekowa	Czy pacjent chorował na COVID?	
	Tak	Nie
20-29	3	13
30-39	12	44
40-49	23	83
50-59	25	39
60-69	11	48
70-79	2	8

Tabela 9: Tabela krzyżowa – informacja czy pacjent chorował na COVID i kategoria wiekowa.

Zbadamy, czy istnieje związek między wiekiem a zachorowaniem na COVID. Licząc proporcję osób, które zachorowały, otrzymujemy: 20-29 – 18,75%, 30-39 – 21,43%, 40-49 – 21,70%, 50-59 – 39,06%, 60-69 – 18,64%, 70-79 – 20,00%. Można zauważyć, że największy odsetek jest dla grupy wiekowej od 50 do 59 lat, a najmniejszy dla grup 20-29 i 60-69. Ze względu na niską liczebność w niektórych kategoriach przeprowadzono dokładny test Fishera. P-wartość testu wyniosła 0,1138. Wynik jest większy niż 0,05, więc nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, która mówi o niezależności pomiędzy kategorią wiekową oraz zachorowaniem na COVID.

Możemy wykonać podobne analizy także dla chorowania na COVID ze względu na grupy krwi.

Grupa krwi i czynnik Rh	Czy pacjent chorował na COVID?	
	Tak	Nie
0	1	4
0 Rh+	14	29
0 Rh-	3	4
A	1	2
A Rh+	7	40
A Rh-	4	3
A1	0	1
A1 Rh+	2	4
A1 Rh-	0	1
B Rh+	7	22
B Rh-	0	6
AB	0	1
AB Rh+	1	13
AB Rh-	1	4

Tabela 10: Tabela krzyżowa – informacja czy pacjent chorował na COVID oraz jaką ma grupę krwi i czynnik Rh.

Osobno zbadany zostanie związek z grupą krwi i osobno z czynnikiem Rh. Grupę krwi „A1” uznamy za podgrupę grupy krwi „A”.

Grupa krwi	Czy pacjent chorował na COVID?	
	Tak	Nie
0	18	37
A	14	51
B	7	28
AB	2	18

Tabela 11: Tabela krzyżowa – informacja czy pacjent chorował na COVID i jaką ma grupę krwi.

Zbadamy, czy istnieje związek między grupą krwi a zachorowaniem na COVID. Licząc proporcję osób, które zachorowały, otrzymujemy: „0” – 32,73%, „A” – 21,54%, „B” – 20,00%, „AB” –

10,00%. Największy odsetek jest dla grupy krwi „0”, a najmniejszy dla grupy krwi „AB”. Tym razem również ze względu na niską liczebność w niektórych kategoriach przeprowadzono dokładny test Fishera. P-wartość testu wyniosła 0,1926. Wynik jest większy niż 0,05, więc nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, która mówi o niezależności pomiędzy grupą krwi oraz zachorowaniem na COVID.

Czynnik Rh	Czy pacjent chorował na COVID?	
	Tak	Nie
Rh+	31	108
Rh-	8	18

Tabela 12: Tabela krzyżowa – informacja czy pacjent chorował na COVID i jaki ma czynnik Rh.

Podobnie jak wcześniej, zbadamy, czy istnieje związek między czynnikiem Rh a zachorowaniem na COVID. Licząc proporcję osób, które zachorowały, otrzymujemy: „Rh+” – 22,30%, „Rh-” – 30,77%. Przeprowadzono test proporcji. P-wartość testu wyniosła 0.4957. Wynik jest większy niż 0,05, więc nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, która mówi o niezależności pomiędzy kategorią wiekową oraz zachorowaniem na COVID.

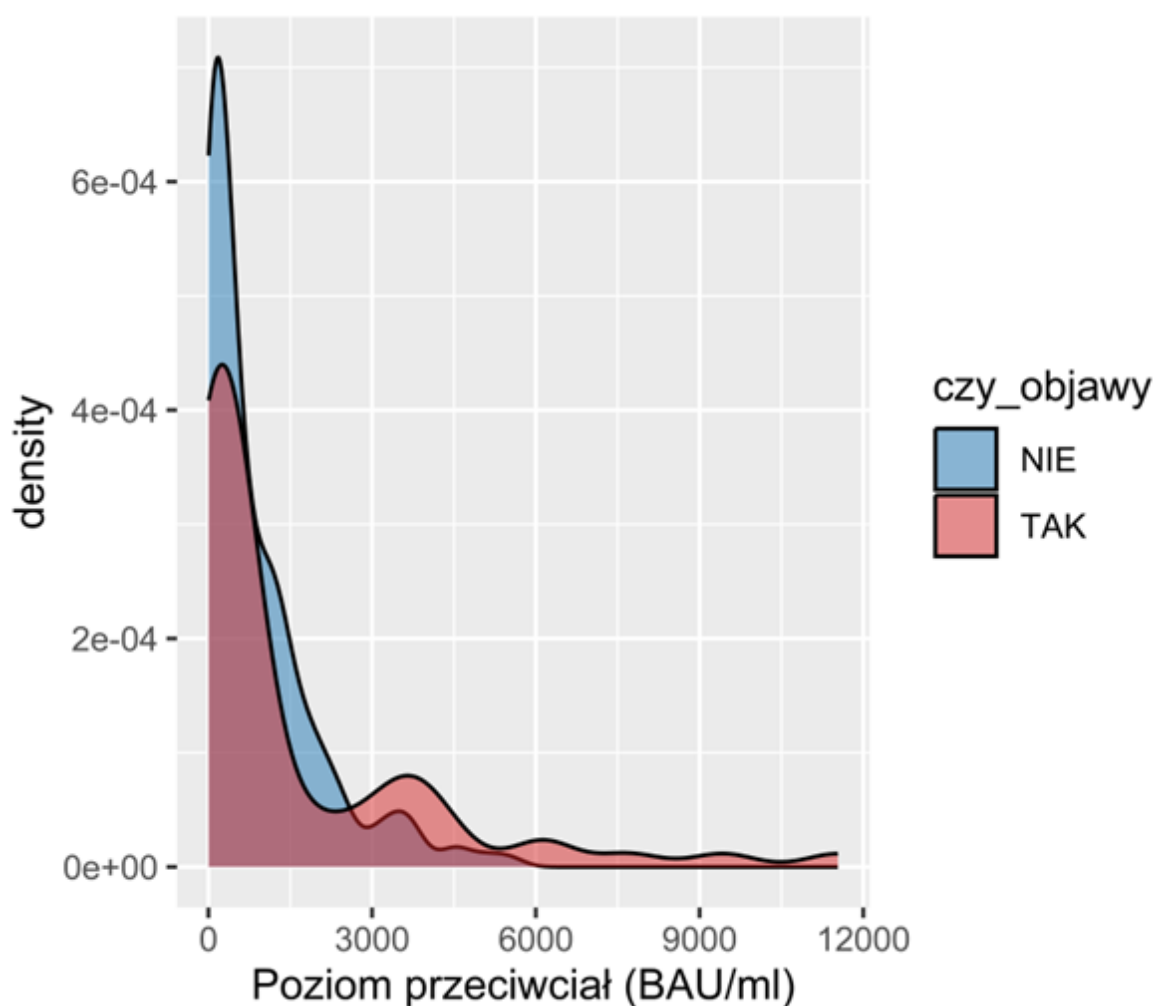
Dokonano także analizy proporcji mężczyzn, u których wystąpiły objawy choroby w zależności od grupy wiekowej. Proporcje te prezentują się następująco. W grupie wiekowej „20-29” proporcja mężczyzn, u których wystąpiły objawy wynosi 18,75%. W grupie wiekowej „30-39” proporcja ta wyniosła 19,64%. W grupie „40-49” odsetek mężczyzn z objawami wynosi 20,75%. W grupie mężczyzn w wieku od 50 do 59 lat proporcja, u której wystąpiły objawy wynosi 32,81%. W grupie wiekowej „60-69” proporcja mężczyzn, u których wystąpiły objawy wynosi 18,64%. W ostatniej grupie mężczyzn, „70-79”, odsetek z objawami choroby wyniósł dokładnie 10%. Najbardziej odstającą co do odsetka z pojawiającymi się objawami choroby COVID-19 jest grupa mężczyzn w wieku od 50 do 59 lat. Zaskakująco niska okazała się frakcja mężczyzn przejawiających objawy choroby w grupie wiekowej „70-79”. Pozostałe grupy wiekowe wahają się w okolicy od 18% do 20%. Sprawdzone, czy istnieje istotna statystycznie zależność między wiekiem, a występowaniem objawów. Ze względu na niską liczebność w niektórych grupach, sprawdzono tę hipotezę używając dokładny test Fishera. Test ten zwrócił p-wartość 0,3848. Wartość ta jest wyższa od poziomu istotności 0,05, zatem nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej testu, która mówi o niezależności wieku a występowaniem objawów choroby COVID-19.

Grupa wiekowa	Czy wystąpiły objawy choroby?	
	Tak	Nie
20-29	3	13
30-39	11	45
40-49	22	84
50-59	21	43
60-69	11	48
70-79	1	9

Tabela 13: Tabela częstości występowania objawów choroby w zależności grupy wiekowej.

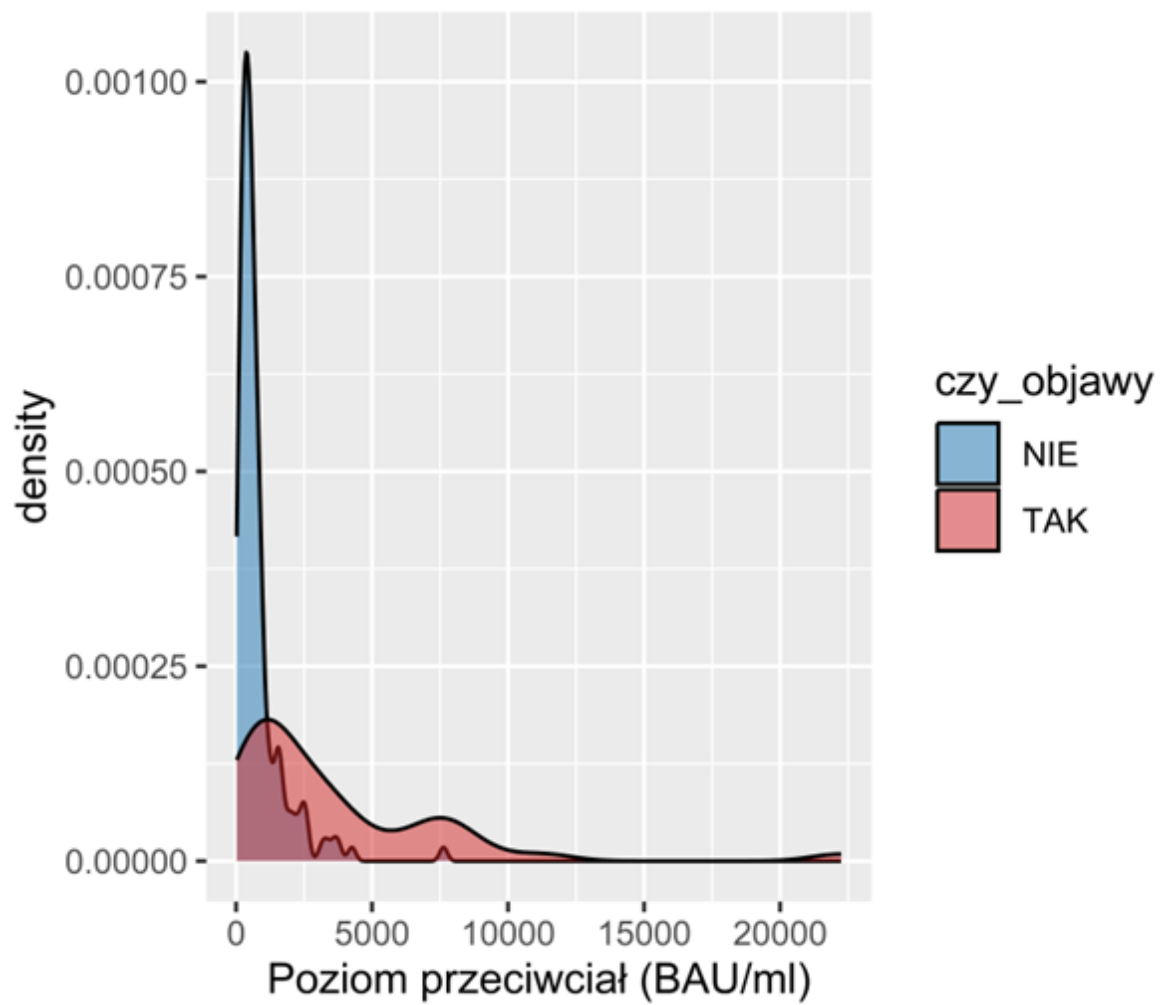
Sprawdzono poziomy przeciwciał w trzech terminach badań w zależności od tego czy dany mężczyzna przejawiał objawy choroby czy też przechodził ją bezobjawowo. W tym celu porównano gęstości rozkładów przeciwciał w obu grupach. Zaobserwować można, że w przypadku pierwszego badania różnica w grupach jest mało widoczna. Oba wykresy koncentrują się wokół punktu 300 BAU/ml i szybko maleją. Jednak w badaniu drugim oraz trzecim dochodzi do rozbieżności. W grupie bezobjawowej rozkład stężenia przeciwciał skupia się jeszcze bardziej wokół punktu 300 BAU/ml, natomiast w przypadku grupy objawowej, wykres zwiększa swój punkt koncentracji oraz zwiększa swoją wariancję. Sugeruje to, że jeżeli objawy choroby występują, to poziom przeciwciał jest średnio wyższy niż gdy objawy choroby nie występują. Ponieważ zmienne nie spełniają założeń testu t-Studenta dla dwóch prób niezależnych (brak normalności rozkładu oraz niska liczebność próby) wykorzystany zostanie nieparametryczny odpowiednik, czyli test U Manna-Whitneya.

W przypadku pierwszego badania, mediana poziomu przeciwciał dla grupy bezobjawowej wyniosła 390,5 BAU/ml, a dla grupy objawowej 426,635 BAU/ml. P-wartość testu U Manna-Whitneya wynosi 0.6684, co nie pozwala nam odrzucić hipotezy mówiącej o równości median obu grup.

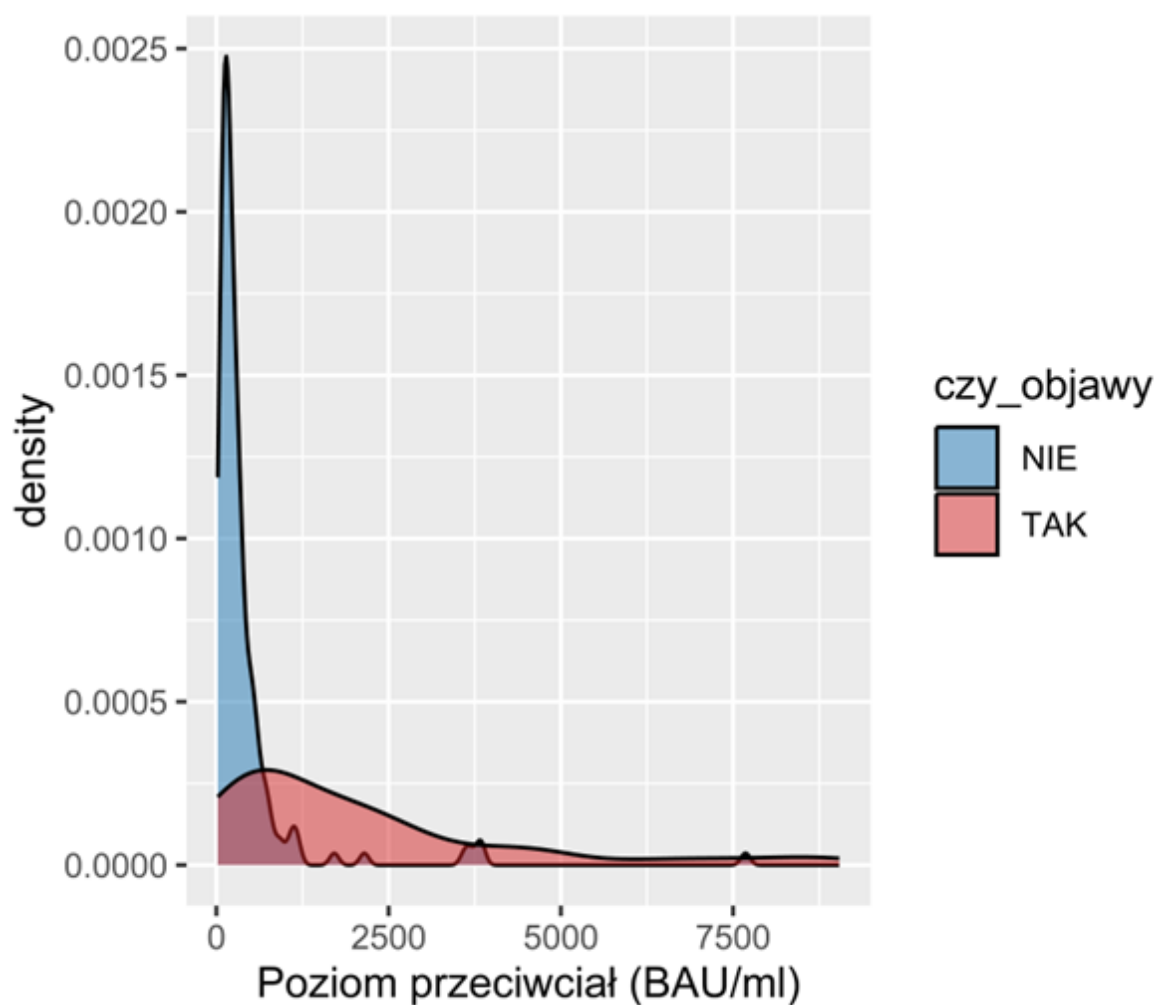


Rysunek 9: Wykres gęstości poziomu przeciwciał w zależności od występowania objawów – pierwsze badanie.

W przypadku drugiego badania, mediana poziomu przeciwciał dla grupy bezobjawowej wyniosła 529,6 BAU/ml, a dla grupy objawowej 2175,1 BAU/ml - widać drastyczny wzrost mediany. Efektem tego jest niska p-wartość testu U Manna-Whitneya dla drugiego badania wynosząca $9,778 \cdot 10^{-10}$. Zatem mediana poziomu antygenów dla mężczyzn chorujących na COVID-19 z widocznymi objawami jest istotnie większa niż mediana poziomu antygenów dla mężczyzn chorujących na COVID-19 bez widocznych objawów. W przypadku trzeciego badania, mediana poziomu przeciwciał dla grupy bezobjawowej wyniosła 214,6 BAU/ml, a dla grupy objawowej 1304,4 BAU/ml. Zaobserwować można ogólny spadek poziomu przeciwciał w porównaniu do drugiego badania. Niemniej jednak, nadal występuje duża rozbieżność w poziomach median. P-wartość testu U Manna-Whitneya wynosi $8,398 \cdot 10^{-14}$, co oznacza, że mediana poziomu przeciwciał jest większa w grupie objawowej niż w grupie bezobjawowej w trzecim badaniu.



Rysunek 10: Wykres gęstości poziomu przeciwciał w zależności od występowania objawów – drugie badanie.



Rysunek 11: Wykres gęstości poziomu przeciwciał w zależności od występowania objawów – trzecie badanie.

Dokonano analizy wpływu chorób współistniejących na zachorowalność na COVID-19. Ze względu na dużą różnorodność chorób współistniejących, zostały one zaklasyfikowane do jednej z trzech kategorii: “alergie, astma i choroby układu oddechowego”, “choroby układu krążenia”, “pozostałe choroby”.

Czy chory na COVID?	Alergie, astma i choroby układu oddechowego	Choroby układu krążenia	Pozostałe choroby	Brak chorób współistniejących
Tak	4	13	7	34
Nie	9	27	22	145

Tabela 14: Tabela zależności między występowaniem COVID-19, a występowaniem chorób współistniejących.

Proporcje zachorowań na COVID-19 w poszczególnych grupach chorób współistniejących są następujące:

- “alergie, astma i choroby układu oddechowego” - 30,77%
- “choroby układu krążenia” - 32,50%
- “pozostałe choroby” - 24,14%
- “brak chorób współistniejących” - 18,99%

Do przetestowania zależności między chorobami współistniejącymi, a zachorowaniami na COVID-19, ze względu na małą liczebność w grupie chorujących na COVID wraz z chorobami współistniejącymi z grupy “alergie, astma i choroby układu oddechowego”, użyty został dokładny test Fishera. Test ten zwraca p-wartość równą 0,2278. Oznacza to, że nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej testu, mówiącej o tym, że zachorowalność na COVID-19 oraz występowanie chorób współistniejących są ze sobą niezależne.