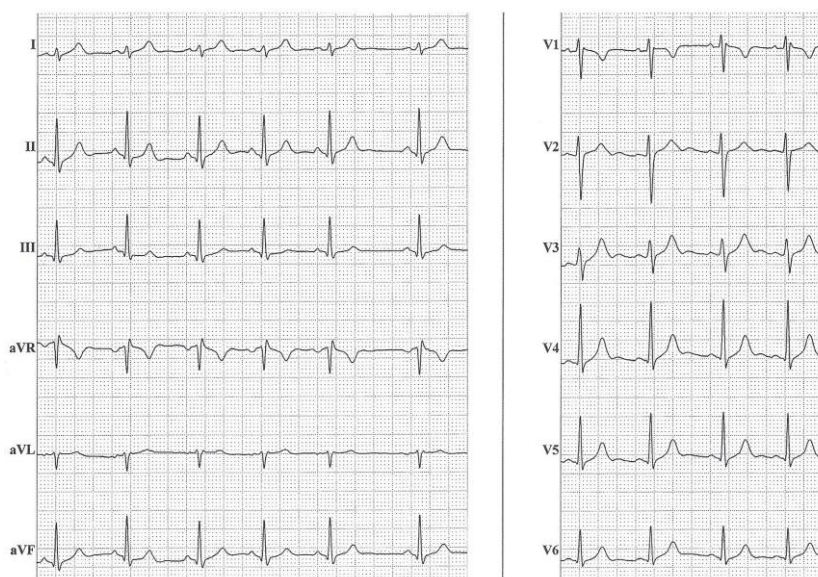


Przykładowy projekt z KADD

1. Wstęp teoretyczny

Jedną z nieinwazyjnych metod rejestracji aktywności elektrycznej serca jest spoczynkowe badanie EKG. Wykorzystuje się w nim układ 12 odprowadzeń, w tym 6 kończynowych oraz 6 przedsercowych. Elektrody kończynowe umieszcza się bądź na wysokości nadgarstków i kostek lub na ramionach i udach. Z kolei odprowadzenia przedsercowe są rozmieszczone w sześciu punktach położonych na przedniej i bocznej powierzchni klatki piersiowej [1, 2].

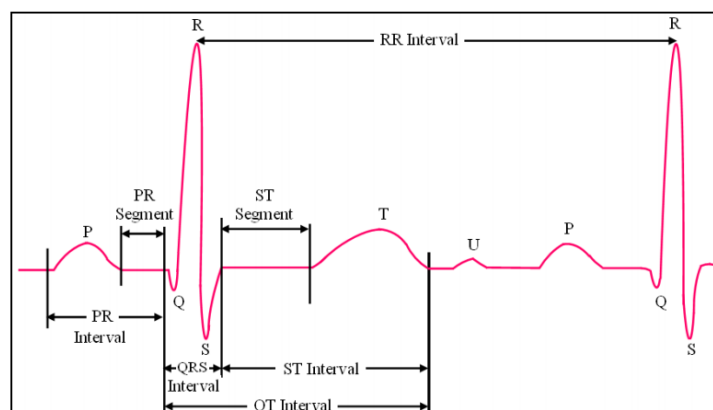
Wynikiem tego badania jest zapis EKG, którego przykład znajduje się na rys. 1.



Rys. 1 – przykład EKG wykonanego u młodej, zdrowej kobiety (przesuw papieru 25 mm/s), źródło: [2]

Na rys. 2 znajduje się szkic sekwencji aktywacji elektrycznej serca, którą można zaobserwować na zapisie EKG na powierzchni ciała pacjenta. Każdy załamek P, Q, R, S, T odpowiada różnym etapom cyklu pracy serca. W szczególności, załamek R odpowiada chwili skurczu komór.

Rytm serca człowieka, który jest opisany jako szereg czasowy odstępów czasu pomiędzy skurczami komór serca, jest mierzony jako szereg odległości pomiędzy dwoma kolejnymi załamekami R, czyli jako szereg interwałów RR.

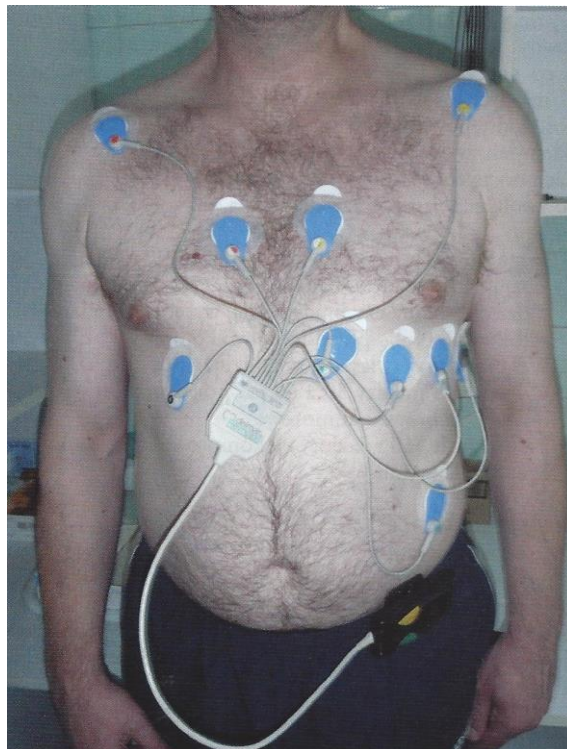


Rys. 2 – przykładowa ewolucja pracy serca w zapisie EKG, zaznaczony odstęp RR, źródło [3]

Wykorzystane do badań zapisy rytmu serca pochodzą z badania EKG metodą Holtera. Służy ona do ciągłej rejestracji sygnału elektrokardiograficznego przez 24 godziny lub dłużej [2]. Dzięki temu można powiązać zmiany w EKG ze zmieniającą się w ciągu dnia aktywnością pacjenta. Część z nieprawidłowości występuje jedynie w ściśle określonych warunkach (np. podczas snu czy wysiłku), co również wymaga ciągłego badania EKG. Prawdopodobieństwo wykrycia nieprawidłowości jest również większe z prostej przyczyny – badanie to trwa dużo dłużej niż standardowe EKG i nie ogranicza się do stanu spoczynku organizmu.

Dzięki znacznikom czasu w zapisie EKG Holtera istnieje możliwość analizowania wybranych fragmentów, np. zapisów nocnych.

Przykład podłączenia rejestratora sygnału EKG w metodzie Holtera znajduje się na rys. 3.



Rys. 3 – podłączenie 24-godzinnej rejestracji EKG w metodzie Holtera w układzie 12 odprowadzeń, źródło: [2]

2. Opis wykorzystanych danych, cel projektu

Do przeprowadzenia badań nad efektami działania metody podczas badania zapisów rytmu serca zdrowych osób wykorzystany został zbiór, który składał się z 59 osób – 37 mężczyzn w wieku $38,97 \pm 11,37$ lat oraz 22 kobiet w wieku $44,74 \pm 15,81$ lat. Dane te pochodzą z Instytutu Kardiologii. Zostały one dołączone do projektu w postaci pliku zip.

Celem badania było sprawdzenie, czy otrzymane parametry są zależne od wieku oraz płci pacjenta. W tym celu przeanalizowane zostały zarówno zapisy fragmentów nocnych jak i kompletne zapisy rytmu serca osób zdrowych.

Obliczenia zostały wykonane dla fragmentów nocnych sygnału, które zostały uprzednio przygotowane poprzez wyodrębnienie ich z sygnału 24-godzinnego. W analizach zostały wykorzystane zapisy rytmu serca pacjentów od godziny 00:00 do 06:00, w celu uniknięcia wpływu aktywności dziennej na otrzymane wyniki.

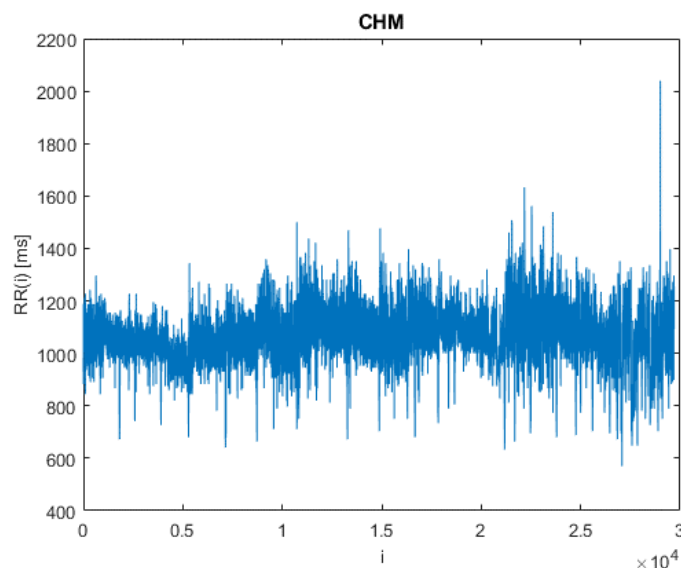
Analizowane dane są w formacie danych anotowanych: „litera, liczba”, co jest przedstawione na rysunku 5.

```
46130 N, 773
46131 N, 828
46132 N, 828
46133 N, 828
46134 N, 828
46135 N, 883
46136 N, 828
46137 N, 828
46138 N, 805
46139 N, 836
46140 N, 844
46141 T, 00:00-2
46142 N, 844
46143 N, 844
46144 N, 758
46145 N, 961
46146 N, 859
46147 N, 844
46148 N, 844
46149 N, 844
46150 N, 844
46151 N, 820
46152 N, 852
46153 S, 500
46154 N, 1164
46155 N, 859
46156 N, 836
46157 N, 813
46158 N, 813
46159 N, 820
46160 N, 734
```

Rys. 5 – Przykład wczytywanego pliku

Literą oznaczony został rodzaj interwału RR, który znajduje się w danej linii. Należą do nich: znacznik czasu (T), znacznik rytmu zatokowego (N), przedwczesny skurcz nadkomorowy (S), przedwczesny skurcz komorowy (V) oraz artefakty (A) i kalibracja urządzenia (x lub U). Do analizy wykorzystano wyłącznie interwały typu N.

Przykładowy zapis rytmu serca w postaci tachogramu został przedstawiony na rysunku 6. Obejmuje on nocny fragment danego zapisu.



Rys. 6 – Tachogram dla CHM (zapis nocny).

3. Wyniki

Do analizy sygnałów wykorzystano wybrane metody analizy statystycznej w dziedzinie czasu. Należą do nich [4]:

- Wartość średnia interwałów RR [ms]:

$$RR_{av} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N RR_i$$

- Odchylenie standardowe interwałów RR [ms]:

$$SDNN = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (RR_{av} - RR_i)^2}$$

- Pierwiastek kwadratowy ze średniej kwadratów różnic pomiędzy kolejnymi dwoma interwałami RR [ms]:

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (RR_{i+1} - RR_i)^2}$$

- Odsetek różnic pomiędzy interwałami RR, które przekraczają 50 ms [%]:

$$NN50 = \sum_{i=1}^{N-1} f_i$$

$$f_i = \begin{cases} 1, & \text{gdy } |RR_{i+1} - RR_i| > 50 \text{ ms} \\ 0, & \text{gdy } |RR_{i+1} - RR_i| \leq 50 \text{ ms} \end{cases}$$

$$pNN50 = \frac{NN50}{N-1} * 100\%$$

Dla obu badanych grup (mężczyzn oraz kobiet) pierwszym krokiem było sprawdzenie, czy otrzymane wyniki w grupie spełniają założenia rozkładu normalnego przy wykorzystaniu testu Kołgomorowa-Smirnowa [5].

Do porównania wyników między grupami wykorzystałem test t-Studenta dla dwóch średnich. Wszystkie hipotezy zostały zweryfikowane przy poziomie istotności równym 0,05.

Wszystkie obliczenia zostały wykonane przy pomocy oprogramowania MATLAB 2019b.

a) Ocena zgodności rozkładu analizowanych zmiennych z rozkładem normalnym.

H_0 : badana zmienna ma rozkład normalny.

H_1 : Badana zmienna ma rozkład inny niż normalny.

Wyniki znajdują się w tabelach 1. oraz 2. Jeżeli nie mamy podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, w tabeli umieszczona jest liczba 1 i w tym przypadku do porównania wyników między grupami wykorzystam parametryczny test t-Studenta. W przeciwnym razie w tabeli znajduje się liczba 0 i gdy w porównywanych grupach założenie o normalności rozkładów nie jest spełnione, badam je testem nieparametrycznym U Manna-Whitneya.

Tabela 1 Test normalności rozkładów analizowanych zmiennych – dane 24h

	Kobiety (N=22)	Mężczyźni (N=37)
RR_{av}	1	0
SDNN	1	1
RMSSD	1	1
pNN50	1	1

Tabela 2 Test normalności rozkładów analizowanych zmiennych – noce

	Kobiety (N=22)	Mężczyźni (N=37)
RR_{av}	1	1
SDNN	1	1
RMSSD	1	1
pNN50	1	1

b) Porównanie badanych grup.

W tabelach 2. oraz 3. zamieszczone zostały wyniki porównania badanych grup pacjentów Jeżeli otrzymane wyniki w grupie spełniają założenia rozkładu normalnego przy wykorzystaniu testu Kołgomorowa-Smirnowa, to dla każdego parametru wyznaczyłem średni jego wynik oraz odchylenie standardowe. W innym przypadku obliczyłem medianę oraz rozstęp międzykwartyłowy. Wyniki istotne statystycznie zostały pogrubione.

H_0 : Średnia wartość badanej zmiennej dla kobiet jest taka sama jak dla mężczyzn.

H_1 : Grupy te będą się pod siebie różnić ze względu na średnią wartość badanej zmiennej losowej.

Tabela 2 Porównanie badanych grup – dane 24h

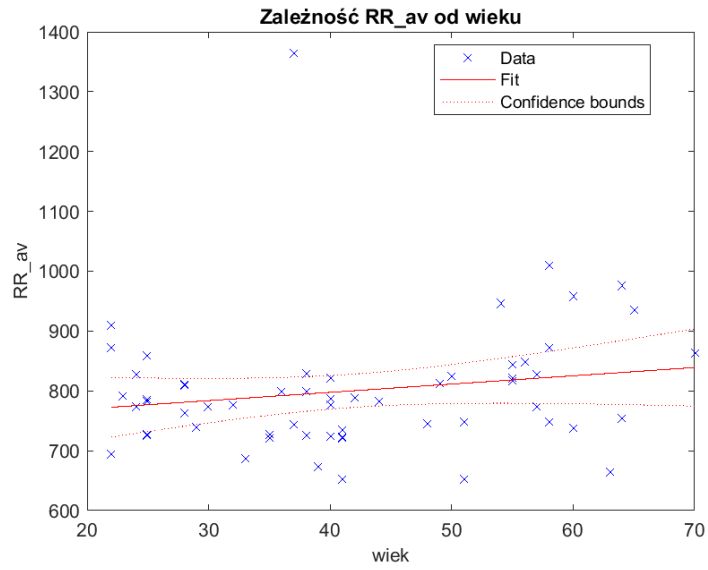
	Kobiety (N=22)	Mężczyźni (N=37)	p-value
RR_{av}	799 ± 88	801 ± 119	0,9607
SDNN	151,16 ± 51,76	163,53 ± 36,00	0,2839
RMSSD	43,40 ± 25,12	47,61 ± 24,20	0,5272
pNN50	12,50 ± 11,93	11,92 ± 6,94	0,8155

Tabela 3 Porównanie badanych grup – noce

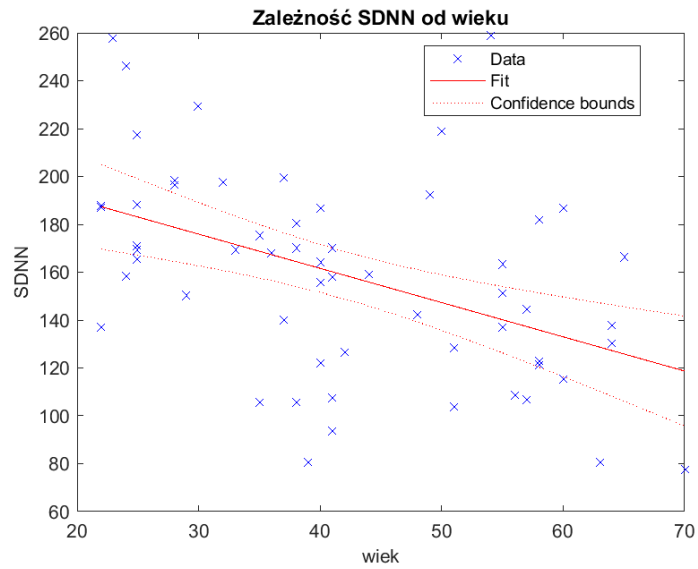
	Kobiety (N=22)	Mężczyźni (N=37)	p-value
RR_{av}	933 ± 112	1004 ± 129	0,0336
SDNN	98,36 ± 51,34	100,06 ± 39,48	0,8865
RMSSD	48,73 ± 30,27	59,66 ± 45,90	0,3246
pNN50	20,58 ± 20,48	22,94 ± 16,03	0,6244

W przypadku wyznaczenia średniej wartości interwałów RR udało się uzyskać rozróżnienie grup. Na rysunku 7 znajduje się wykres pudełkowy przedstawiający dokładniej te dane.

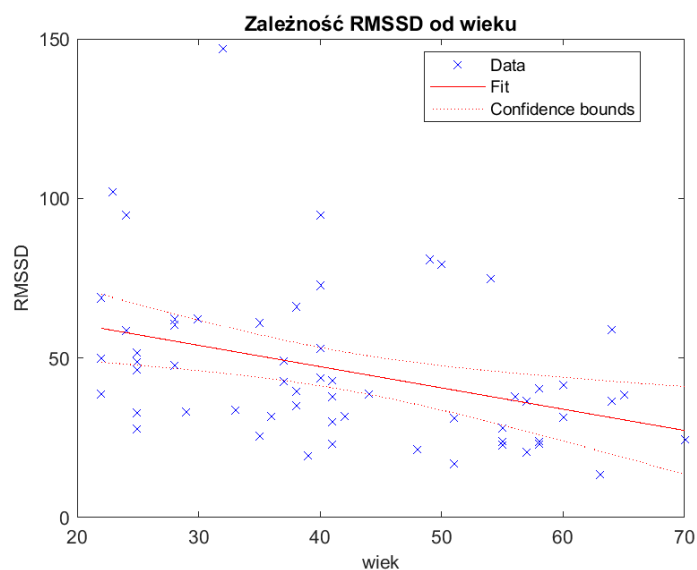
Kolejnym celem było sprawdzenie, czy otrzymane parametry są zależne od wieku badanych osób. Na rysunkach 8-11 przedstawiono dopasowanie funkcją liniową wraz ze współczynnikiem R^2 dla zapisów 24-godzinnych.



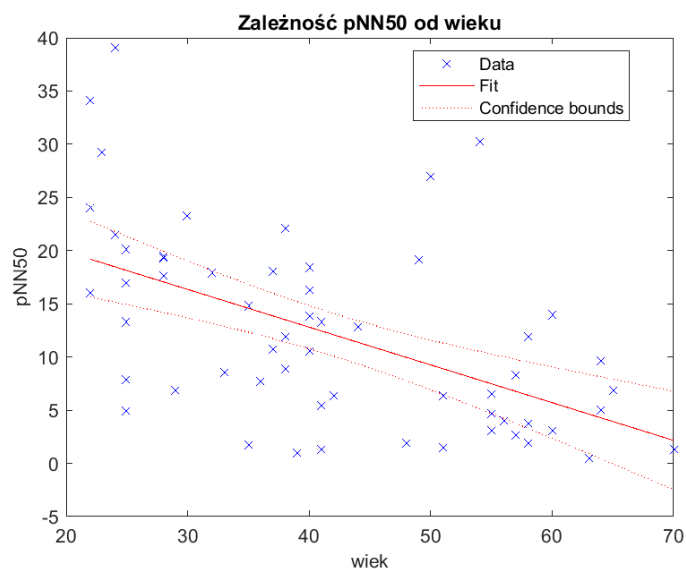
Rys. 8 – Zależność RR_{av} od wieku (zapis 24h) – współczynnik $R^2 = 0,0305$.



Rys. 9 – Zależność $SDNN$ od wieku (zapis 24h) – współczynnik $R^2 = 0,209$.



Rys. 10 – Zależność $RMSSD$ od wieku (zapis 24h) – współczynnik $R^2 = 0,138$.



Rys. 11 – Zależność $pNN50$ od wieku (zapis 24h) – współczynnik $R^2 = 0,286$.

4. Wnioski

Analiza danych pochodzących z zapisów rytmu serca osób zdrowych pozwala stwierdzić, że dla badanej grupy osób wykorzystanie podstawowych parametrów analizy czasowej różnicuje pacjentów ze względu na ich płeć jedynie w przypadku średniej wartości rytmu serca, gdy badamy zapisy nocne. Badanie zależności tych parametrów od wieku wskazuje na bardzo nieznaczne ich korelacje wraz z wiekiem. Jest to zgodne z literaturą naukową, gdyż wiadomo, że wraz z wiekiem zmienność rytmu serca maleje.

5. Bibliografia

1. P. Gajewski i inni: Interna Szczeklika 2016, Medycyna Praktyczna, Kraków, 2016
2. P. Pruszczyk, T. Hryniewiecki, J. Drożdż i inni: Wielka Interna tom 2, Kardiologia z elementami angiologii część I. *Medical Tribune Polska*, Warszawa
3. N. Akhter, H. Gite, S. Tharewal, K.V. Kale: Computer Based RR-Interval Detection System with Ectopy Correction in HRV Data, 2015 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, [dostęp: 28 maja 2020], dostępny w Internecie: https://www.researchgate.net/publication/291339049_Computer_based_RR-Interval_detection_system_with_ectopy_correction_in_HRV_data
4. T. Pięciak: Analiza zmienności rytmu serca (HRV), [dostęp: 28 maja 2020], dostępny w Internecie: http://home.agh.edu.pl/~pieciak/SygnalyBiomedyczne/laboratorium_hrv.pdf
5. J.J. Żebrowski, I. Kowalik, E. Orłowska-Baranowska, M. Andrzejewska, R. Baranowski, J. Gierattowski: On the risk of aortic valve replacement surgery assessed by heart rate variability and echocardiogram parameters, *Physiological Measurements*, 36:163-175, 2015