



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA

im. St. Staszica w Krakowie

WEAiE, Katedra Automatyki

Laboratorium Biocybernetyki

PR04307

Przedmiot: Przetwarzanie sygnałów w systemach diagnostyki medycznej.

Temat: **Detekcja symptomów choroby niedokrwiennej na podstawie analizy interwału ST.**

1. Abstrakt	2
2. Wstęp	4
3. Koncepcja proponowanego rozwiązania	11
4. Rezultaty i wnioski	18
5. Podsumowanie	18
6. Literatura	19
7. DODATEK A: Opis opracowanych narzędzi i metody postępowania	19
8. DODATEK B: Realizacja proponowanego rozwiązania	20
9. DODATEK C. Opis informatyczny procedur	21
10. DODATEK D. Spis zawartości dołączonych nośników (dyskietek, CD ROMu)	25

Wykonali: Drożdż Tomasz, Jamróz Piotr (V rok IS)

konsultant: *dr inż. Piotr Augustyniak*

Wersja 3.1.

Kraków, styczeń 2010.

1. Abstrakt

Choroba niedokrwienna to zespół objawów chorobowych pojawiających się w wyniku przewlekłego stanu niedotlenienia komórek mięśnia sercowego. Jej konsekwencjami są dusznica bolesna, a także zawał mięśnia sercowego. Tym samym staje się jedną z głównych przyczyn zgonów w większości państw europejskich¹.

Ze względu na swoje skutki choroba niedokrwienna jest od wielu lat w centrum uwagi wielu specjalistów. Przewiduje się, że choroba w przyszłości nadal będzie jedną z głównych zagrożeń życia człowieka.²

Podstawą zapobiegania chorobie niedokrwiennej jest jej szybkie wykrycie. Tym samym niezwykle ważnym aspektem badań nad tą chorobą są metody jej wczesnego wykrywania. Taką możliwość daje nam analiza zapisu elektrokardiograficznego. Poprzez detekcję tzw. epizodów ST możliwe jest wykrycie choroby niedokrwiennej. Podstawą tej metody jest obserwacja zmiany przebiegu fazy wstępnej repolaryzacji komórek mięśnia roboczego komór sercowych. Jednak ze względu na to, że zmiana tej repolaryzacji może mieć również inne źródła wyniki mogą być niejednoznaczne i wymagać przyjęcia dodatkowych założeń.³

Niemniej odpowiednio zaimplementowany program komputerowy jest w stanie zwrócić uwagę na krytyczne fragmenty zapisu elektrokardiograficznego i tym samym uratować czyjeś życie. Celem niniejszej pracy jest opisanie stworzonego przez nas rozwiązania umożliwiającego właściwą analizę zapisu elektrokardiograficznego pod kątem wykrycia symptomów choroby

1. R. Loddenkemper, G.J. Gibson, Y. Sibille: Choroby płuc w Europie, fakty i liczby - Główne przyczyny zgonów w 1990 i przewidywane główne przyczyny zgonów w 2010 roku w państwach Europy. *European Respiratory Journals*, 2005.

2. Tamże

3. Piotr Augustyniak: *Przetwarzanie sygnałów elektrodiagnostycznych*. Kraków: Wydawnictwa AGH, 2001

niedokrwiennej serca.

Po przeanalizowaniu dostępnych rozwiązań wybraliśmy metodę opisaną przez Piotr Augustyniaka uwzględniającą zmienność rytmu serca⁴. W naszej pracy zastosowaliśmy się do zaleceń Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego i jego definicji epizodu ST⁵.

Rezultatem naszej pracy jest program komputerowy będący częścią większego systemu do analizy zapisu elektrokardiograficznego wykrywający epizody ST z uwzględnieniem obecnego rytmu serca.

Wnioski dają nadzieję na to, że komputer jest w stanie pomóc ratować człowieka przed chorobą niedokrwinną. Ale pojawiają się również liczne pytania i wątpliwości dotyczące skuteczności badań oraz możliwości poprawy ich wyników.

Słowa kluczowe: choroba niedokrwienność, epizod ST

4. Tamże

5. Za epizod ST jest uważany odcinek czasu o długości 60 s odległy od poprzedniego epizodu ST o co najmniej 30 s, na którym wartość uniesienia przekracza 1 mm i odcinek jest narastający, lub wartość uniesienia przekracza 2 mm.

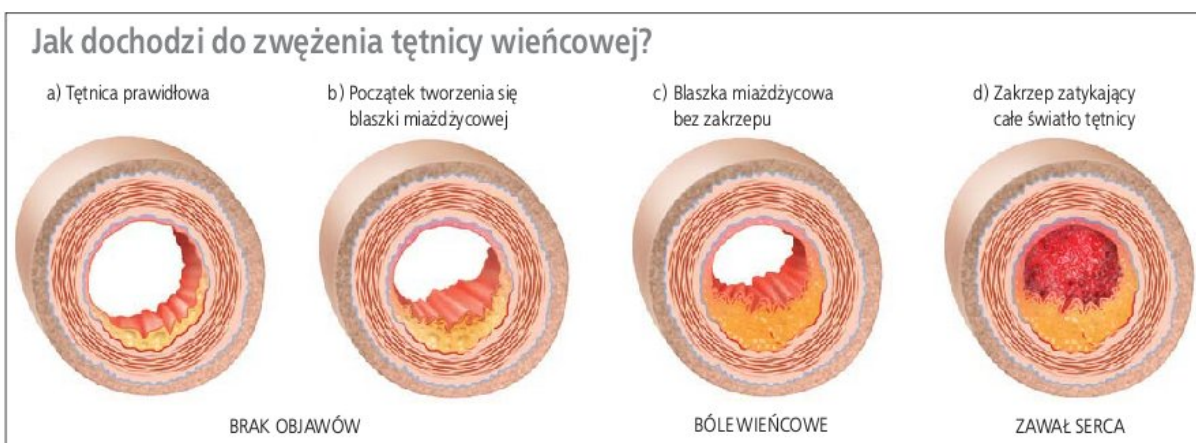
2. Wstęp

Cele i założenia projektu.

Realizacja projektu polegała na zaimplementowaniu algorytmu detekcji symptomów choroby niedokrwiennej na podstawie analizy interwału ST elektrokardiogramu w zapisie wielokanałowym. Założeniem programu komputerowego była jego modularność w stosunku do innych programów (modułów) realizowanych w obrębie całego projektu. Inne moduły dokonują między innymi detekcji zespołów QRS, klasyfikacji tych zespołów i inne operacje z zakresu analizy elektrokardiogramu. Nasz program korzysta z danych dostarczonych przez pozostałe moduły, dokonuje obliczeń i wyniki zapisuje do pliku. Z danych wynikowych mogą korzystać pozostałe moduły projektu.

Czym jest choroba niedokrwienna?

Choroba niedokrwienna serca – skrót chns (z łac. *morbus ischaemicus cordis*, *MIC*, z ang. *ischaemic heart disease*, *IHD*) – zespół objawów chorobowych, którego przyczyną jest przewlekły niedobór tlenu i substancji odżywczych w komórkach mięśnia sercowego.



Bezpośrednim następstwem choroby niedokrwiennej jest dusznica bolesna, a także zawał mięśnia sercowego. Choroba niedokrwienne jest (i prawdopodobnie pozostanie) jedną z głównym przyczyn zgonów w Europie⁶. Najczęstszą przyczyną pojawienia się choroby niedokrwiennej jest miażdżyca tętnic wieńcowych⁷. Innymi przyczynami tej choroby mogą być zapalne tętnic wieńcowych, tętniak rozwarstwiający aorty, czy nadczynność tarczycy. Do głównych czynników ryzyka choroby niedokrwiennej serca możemy zaliczyć⁸:

- podeszły wiek
- płeć męska
- obciążenie rodzinne
- wysoki poziom cholesterolu (powyżej 200mg%)
- wysoki poziom "złego" cholesterolu (LDL) (powyżej 130 mg%)
- niski poziom dobrego cholesterolu (HDL) (poniżej 35 mg%)
- nadciśnienie tętnicze (powoduje przerost mięśnia sercowego)
- otyłość
- cukrzyca
- palenie papierosów
- siedzący tryb życia, brak ruchu, stres i nieodpowiednia dieta

6. R. Loddenkemper, G.J. Gibson, Y. Sibille: Choroby płuc w Europie, fakty i liczby - Główne przyczyny zgonów w 1990 i przewidywane główne przyczyny zgonów w 2010 roku w państwach Europy. *European Respiratory Journals*, 2005.

7. Przemysław Styczeń: Choroba niedokrwienne serca (część II). *Nasza troska* 2(17) / 2005

8. Tamże.

Jak widać choroba niedokrwienna jest bardzo powszechna. W grupach ryzyka znajduje się znaczna część społeczeństwa:

- 22% polskiego społeczeństwa to ludzie otyli, Polska w latach 1990 - 2000 miała największy (razem z Anglią) przyrost otyłych dzieci w całej Unii Europejskiej.⁹
- 35% Polaków pali papierosy¹⁰
- 5 milionów Polaków jest chorych na cukrzycę lub jest nią zagrożonych¹¹
- 59% Polaków deklaruje, że prowadzi siedzący tryb życia¹²

Widać zatem, że niemal każdy z nas jest zagrożony chorobą niedokrwienną. Jednocześnie stanowi ona bardzo duże zagrożenia dla życia. Wczesne wykrycie tej choroby jest zatem kluczowe dla właściwego zapobiegania jej skutkom.

Co ciekawe samo wykrycie choroby jest istotnym elementem leczenia nie tylko z powodu samego faktu jej wykrycia. Jak dowodzą badania przeprowadzone przez Marię Pieniążek i Alicję Wierzbicką w [4] dowodzą, że sam fakt wykrycia choroby niedokrwiennej powodował u pacjentów poprawę stylu życia, co jest najważniejszym elementem walki z tą chorobą. Pacjenci pod wpływem rozpoznania często eliminowali lub ograniczali palenie papierosów, podwyższony poziom cholesterolu, nadwagę. Trudniej było im zrezygnować z nieprawidłowego żywienia,

9. International Obesity Task Force, EU Platform Briefing Paper. International Association for the Study of Obesity: Brussels, 2005.

10. Eurobarometer: Attitudes of Europeans towards tobacco. January 2006.

11. Zbigniew Wojtasiński: Już 5 mln Polaków choruje na cukrzycę lub jest nią zagrożonych. Wprost 24, 21.09.2008. Adres url <http://www.wprost.pl/ar/139133/Juz-5-mln-Polakow-choruje-na-cukrzyce-lub-jest-nia-zagrozonych/>

12. CBOS. O aktywności fizycznej Polaków. Warszawa 2003

niskiej aktywności i stresu. Jednocześnie autorzy podkreślają, że rozpoznanie choroby wpłynęło na obniżenie jakości życia chorych.

Jaki proces fizjologiczny odpowiada za chorobę niedokrwienną?

Piotr Augustyniak w [1] opisuje jak choroba niedokrwienna wygląda "od kuchni". W przypadku niedotlenienia mięśnia sercowego następuje zmiana przebiegu fazy wstępnej repolaryzacji komórek mięśniowych mięśnia roboczego komór. Niedotlenienie to powoduje zaburzenie równowagi jonowej środowisk rozgraniczonych błoną komórkową. Zaburzenie to z kolei wpływa na opóźnienie i spowalnianie przebiegu repolaryzacji. Zmiany te można odczytać z zapisu elektrokardiograficznego gdzie następuje uniesienie albo obniżenie nachylenia odcinka ST.

Bardzo ważne jest tutaj nadmienić iż repolaryzacja po zespołach skurczowych pochodzenia innego niż zatokowe przebiega trochę inaczej. W związku z tym do prawidłowej analizy niedotlenienia mogą pod uwagę być brane jedynie odcinki ST następujące po zespołach nadkomorowych (SV).

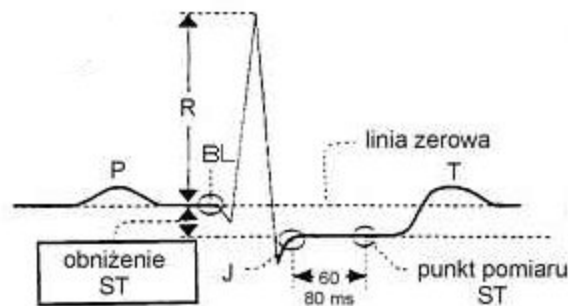
Jest jeszcze jeden fakt, który musi zostać uwzględniony podczas analizy. Charakter parametrów ilościowych uniesienia i nachylenia odcinka ST interpretowany jest amplitudowo. W związku z tym, że na amplitudę zapisu elektrokardiograficznego ma wiele czynników pozakardiologicznych (takich jak jakość kontaktu elektrod ze skórą, czy grubość tkanki tłuszczowej w miejscu przyłożenia elektrody) pojawiają się niejednoznaczności interpretacyjne dotyczące wartości tych parametrów.

Zarys ogólny proponowanego rozwiązania

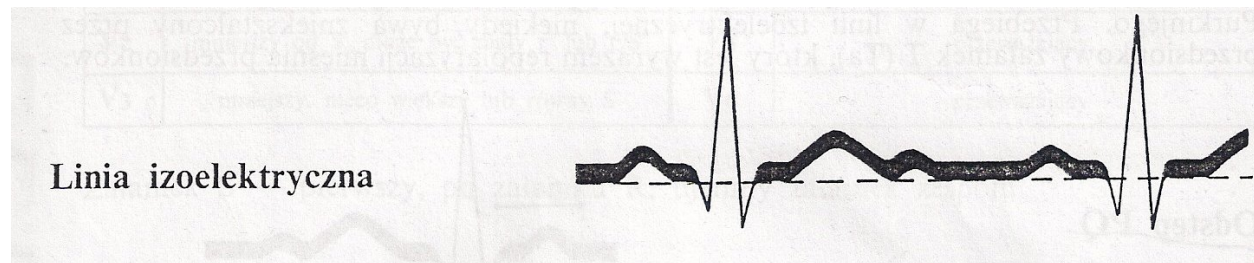
Uwzględniając powyższe informacje, opierając się na metodzie opisanej w [1] realizacja detekcji epizodów ST (co stanowi symptom choroby niedokrwiennej serca) przebiega następująco:

Jedną z podstawowych czynności jakie musimy wykonać podczas analizy odcinka jest rozpoznanie 3 punktów charakterystycznych dla EKG są to:

- punkt J
- punkt ST
- punkt BL



Punktem J nazywamy początek odcinka pomiarowego dla analizy ST. Znajduje się on po zakończeniu QRS. Najprostszą metodą wyznaczania J jest zbadanie czy interwał RJ jest stały jeżeli tak to punkt J znajduje się 45 ms po szczycie załamka R. Kolejnym punktem do analizy jest wyznaczenie punktu ST. W prostych systemach koniec odcinka ST jest przyjmowany 60 ms później niż załamek R. Punkt BL (ang. *Base Line*) stanowi punkt na linii izoelektrycznej. To właśnie względem tej linii będzie badane nachylenie odcinka J-ST.



W naszym rozwiązaniu postanowiliśmy uwzględnić również zmianę rytmu serca, który wpływa na położenie punktów J i ST. Dla szybkich rytmów odcinek ST jest krótszy i położony bliżej zespołu QRS niż dla rytmów wolnych. Zależność ta opisana jest wzorami podanymi w szczegółowym opisie rozwiązania.

Program został zimplementowany w języku C++ jako aplikacja konsolowa. Pobiera dane z pliku wejściowego i zapisuje rezultaty obliczeń w pliku wyjściowym. Taki wybór zapewnia jednocześnie modularność jak i efektywność i szybkość działania.

Dyskusja alternatywnych rozwiązań.

W *ST Segment Analysis in Ambulatory ECG Monitoring* [2] autorzy badają warunki w jakich pojawiają się epizody ST przy badaniu monitorem hotlerowskim EKG. Okazuje się, że mogą się różnić od warunków jakie muszą zająć przy klasycznym badaniu EKG w warunkach szpitalnych. Wpływ na to ma między innymi codzienny stres jakiemu jesteśmy poddawani.

W rozwiązaniu prezentowanych przez autorów charakterystyka morfologii QRS-T musi spełniać szereg warunków aby była zdalna do analizy pod kątem choroby niedokrwiennej:

1. NSR - normal sinus rhythm
2. Czas trwania zespołu QRS powinien być mniejszy niż 0.1s
3. Fala R w odprowadzeniach V₃-V₆ powinna być większa niż 15mm. Dla pozostałych odprowadzeń powinna być większa niż 10mm
4. Punkt J nie powinien być w odległości większej niż 1 mm od linii izoelektrycznej

5. Zmiany położenia ciała nie powinny mieć znaczącego wpływu na długość odcinka ST (zmiana nie powinna być większa niż 1mm)

Przy tak zachodzących warunkach badany jest stopień odchyłu odcinka ST od linii izoelektrycznej. Dokonuje się tego poprzez wyznaczenie punktu J, a następnie punktu ST w odległości 60mm od punktu J. Jeśli wartość sygnału w punkcie ST jest większa od wartości w punkcie J - mamy do czynienia z unoszącym się odcinkiem ST. Jeśli wartość ta jest mniejsza - odcinek ST jest opadający. Przy równych wartościach sygnału w punktach ST i J mamy przypadek gdy odcinek ST jest poziomy. Następnie dokonywany jest pomiar odchylenia punktu ST od linii izoelektrycznej. Jeśli odchylenie to nie przekracza 0.75mm odcinek ST uznany jest za "stabilny". Jeśli przekroczy 1mm uznany jest za "niestabilny" i może być częścią epizodu ST. W skład epizodu ST wchodzi wszystkie następujące po sobie odchylenia przekraczające właśnie 1mm pod warunkiem, że trwają one co najmniej 1 minutę (przez ten czas każdy z odcinków ST musi być odchylony od linii izoelektrycznej o 1mm!). Dodatkowym warunkiem jest zachodzenie epizodów ST w odstępach co najmniej 5 minut.

Rozwiązanie to w dużej mierze przypomina nasze rozwiązanie. Postanowiliśmy jednak udoskonalić powyższą metodę o uwzględnienie aktualnego rytmu bicia serca. Jak wykazują obserwacje - zmiana rytmu serca wpływa na położenie punktów pomiarowych BL, J, ST. W przypadku badania monitorem holterowskim u badanego rytm serca w związku z codzienną aktywnością może ulegać zmianom. Tym samym konieczne wydaje się być zastosowanie poprawki uwzględniającej aktualny rytm serca. Jednocześnie warunki zaistnienia epizodu ST przyjęliśmy zgodnie z definicją Polskiego Towarzystwa Kardiologicznego:

*"Za epizod ST jest uważany odcinek czasu o długości 60 s odległy od poprzedniego epizodu ST o co najmniej 30 s, na którym wartość uniesienia przekracza 1 mm i odcinek jest narastający, lub wartość uniesienia przekracza 2 mm."*¹³

3. Koncepcja proponowanego rozwiązania

Nasze rozwiązanie oparliśmy o metodę opisaną w [1]. Daje ona możliwość prostej implementacji z niską złożonością obliczeniową. Jest to bardzo ważne przy tworzeniu systemu działającego w czasie rzeczywistym.

Program może komunikować się z innymi programami za pomocą plików. Rozwiązanie prezentuje się następująco:

Krótki opis słowny algorytmu:

1. Pobierz dane o zespołach QRS sygnału
2. Dla każdego zespołu QRS dokonaj detekcji ST:
 1. Czy poprzedni zespół QRS był nadkomorowy (SV)?
Tak: dalej, Nie: koniec
 2. Oblicz wartości punktów BL, J i ST:
 1. $BL = Q$
 2. J na podstawie zależności: $T_{R-J} = 40 + 0,948 + \sqrt{t_{R-R}}[ms]$
 3. St na podstawie zależności: $T_{R-ST} = 40 + 2,21 + \sqrt{t_{R-R}}[ms]$
 3. Czy uniesienie jest większe niż 1mm lub obniżenie większe niż 2mm?
Tak: ST jest niestabilne, Nie: ST jest stabilne
3. Jeśli ST jest niestabilne dłużej niż 60 sekund oznacz ten odcinek jako epizod ST pod warunkiem, że poprzedni epizod nastąpił nie wcześniej jak 30 sekund temu.

Dane wejściowe: Beast wraz z informacjami o nich

Dane wyjściowe: pojawienie się epizodów ST

Algorytm:

```
type STAnaC = record
    EvMaxTsh :integer;
    EvMinTsh :integer;
    EvSlpTsh :integer;
    AvgCnt :integer;
```

```
type File = record
    ReadSub :integer;
    Chans :integer;
    SamplingFrq :integer;
    AScale :integer;
```

```
type Config = record
    FileType: File;
    STAnaConf: STAnaC;
```

```
type MP = record
    BL: integer;
    J: integer;
    ST: integer;
```

```
type MV = record
    BL: integer;
    J: integer;
    ST: integer;
    MaxCh: integer;
    MinCh: integer;
```

```
type STPa = record
```

```
    MeasPos: MP;
```

```
    MeasVal: MV;
```

```
type Wav = record
```

```
    Ponset: integer;
```

```
    Pend: integer;
```

```
    QRsonset: integer;
```

```
    QRsMax: integer;
```

```
    QRsend; integer;
```

```
    Tend; integer;
```

```
type Detection = record
```

```
    DetPt: integer;
```

```
    RR: integer;
```

```
    SNR: integer;
```

```
    Prec: integer;
```

```
type Beats = record
```

```
    STPar: STPa;
```

```
    Waves: Wav
```

```
    Det: Detection;
```

```
program ST_ANA
```

```
var
```

```

bl, j, st :integar;
diff1, diff2: real;
beats_vector :Vector;
episodes :Vector;
signal :Vector;
config :Config;
end_episode: Bool;
time_episode: integer;
break_episode: integer;
begin
time_episode := convert(60000);
break_episode := convert(30000);
for i in 2..len(beats_vector) do {0}
begin
locate_points(beats_vector[i]); {1}
values_points(beats_vector[i],signal); {2}
if beats_vector[i-1].morph = "SV" then {3}
begin
analyze_st(beats_vector, i); {4}
analyze_episode(beats_vector[i], time_end,
time_break, end_episode); {5}
end;
end;
end;

procedure locate_point(beats, var bl, var j, var st);

```

```

begin
    beats.STPar.MeasPos.BL := beats.Waves.QRSonset;
    beats.STPar.MeasPos.J := beats.Waves.QRSend + convert(40 +
0.948 * sqrt(beats.Det.RR));
    beats.STPar.MeasPos.ST := beats.Waves.QRSend + convert(40 +
2.21 * sqrt(beats.Det.RR));
end;

procedure values_points(beats: Beats, signal:Vector);
begin
    beats.STPar.MeasVal.BL := signal[beats.STPar.MeasPos.BL];
    beats.STPar.MeasVal.J := signal[beats.STPar.MeasPos.J];
    beats.STPar.MeasVal.ST := signal[beats.STPar.MeasPos.ST];
end;

function convert(ms :integer) : integer
begin
    return Config.FileType.SamplingFrq * (ms/1000)
end;

procedure analyze_st(beats_vector :vector, i :integer,
config:Config);
var
    avgST: real;
    tmpST=0: real;
begin

```

```

if i > config.STAnaConf.AcgCnt + 1 then
begin
    for j in 0..(config.STAnaConf.AcgCnt-1) do
    begin
        tmpST +=(beats_vector[i-j].STPar.MeasVal.J
- beats_vector[i-j].STPar.MeasVal.ST);
        end;
        avgST = tmpST/config.STAnaConf.AcgCnt;
        if avgST > config.STAnaConf.EvMaxTsh
        begin
            print("ST Growing");
        end
        if avgST < config.STAnaCong.EvMinTsh then
        begin
            print("ST Sloping")
        end;
    end;
end;

procedure analyze_episode(beats: Beats, time_e: Integer, time_b:
Integer, e_e: Bool);
begin
    if (e_e == False) then
    begin
        if ((beats.STPar.MeasVal.BL - beats.STPar.MeasVal.ST) >
2 or ((beats.STPar.MeasVal.BL - beats.STPar.MeasVal.ST) > 1 and
beats.STPar.MeasVal.J - beats.STPar.MeasVal.ST) >

```



```

config.STAnaConf.EvMaxTsh)) then
    begin
        time_b --;
        if time_e == 0 then
            begin
                print("Find episode");
                e_e = True;
                time_b = convert(30000);
            end;
        end;
    else
        begin
            time_e = convert(600000);
        end;
    end;
else
    begin
        time_b --1
        if time_b == 0 then
            begin
                e_e == False;
            end;
        end;
    end;
end;

```

0) beats_vector jest to vector struktur Beast które będziemy

poddawać analizie. Brane pod uwagę są wszystkie zespoły oprócz pierwszego (dla niego nie da się sprawdzić czy poprzedni zespół był zespołem nadkomorowym - patrz komentarz 2)

1) Procedura lokalizuje punkty BL, J i S na podstawie wzorów omówionych wcześniej

2) Procedura wylicza wartości punktów BL, J i S i zapisuje do struktury Beast

3) Sprawdzenie morfologii

4) Sprawdza stan załamka ST za pomocą uśredniania

5) funkcja analizuje niestabilne odcinki ST pod kątem występowania epizodów ST (ciągu niestabilnych odcinków ST w czasie conajmniej 60 sekund)

4. Rezultaty i wnioski

W wyniku działania programu otrzymaliśmy informacje o pojawiających się epizodach ST. Epizody te spełniają warunki nałożone przez algorytm. Jednak z racji istnienia wielu innych czynników mogących sprawić, że dane warunki zostaną spełnione ciężko wierzyć algorytmowi na 100% bez analizy wyników przez lekarza medycyny. Pomimo tego, badania dają nadzieję na to, że komputerowa analiza symptomów choroby niedokrwiennej może być istotną pomocą dla lekarzy. Lekarz zaopatrzony w takie narzędzie od razu będzie mógł zwrócić uwagę na newralgiczne fragmenty elektrokardiogramu. Będzie mógł także potwierdzić i zweryfikować swoją diagnozę.

5. Podsumowanie

Jak wykazują badania i prognozy choroba niedokrwiennej serca jest i będzie dużym zagrożeniem i niebezpieczeństwem. Należy podejmować wszelkie środki do walki o zapobieganie

tej chorobie. Także te informatyczne. Programy komputerowe dają nadzieję na usprawnienie pracy lekarzy. Sam komputer może mieć jednak trudności w decydowaniu o diagnozie. Narzuca się przy tym wnioskowi kierunek jaki warto objąć w dalszych badaniach. Powinny zostać podjęte prace nad możliwością większej interakcji lekarza z systemem. Program powinien dostarczać zarówno możliwości konfiguracji pracy analizatora jak i łatwy obsłudze i wysoce interaktywny interfejs użytkownika.

6. Literatura

1. Piotr Augustyniak: Przetwarzanie sygnałów elektrodiagnostycznych. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne: Kraków 2001.
2. Peter H. Stone, MD, and Gail MacCallum, BS: ST Segment Analysis in Ambulatory ECG (Holter) Monitoring - Clinical Significance and Analytic Techniques (Noninvasive Electrocardiography in clinical practice). Futura Publishing Company: New York, 2001
3. Tomasz Tomasik, Adam Windak, Anna Skalska, Jolanta Kulczycka-Życzkowska, Józef Kocemba: Elektrokardiografia dla lekarza praktyka. Składowe prawidłowego elektrokardiogramu. Kraków: Uniwersyteckie Wydawnictwo Medyczne "Vesalius", 1996, s. 22.
4. Maria Pieniążek, Alicja Wierzbicka: Wpływ rozpoznania choroby niedokrwiennej serca na styl życia pacjentów. Zakład Pielęgniarstwa Internistycznego z Pracownią Pielęgniarstwa Onkologicznego WPiNoZ Akademii Medycznej w Lublinie: Lublin, 2005

7. DODATEK A: Opis opracowanych narzędzi i metody postępowania

Instalacja

Programu nie trzeba instalować. Jest to program konsolowy przeznaczony do uruchamiania w systemie Windows lub DOS. Wystarczy uruchomić program z linii poleceń. Wcześniej uruchomiony powinien zostać program do detekcji i klasyfikacji zespołów QRS oraz Morfologii.

Warunki testowania i kompilacji

Program tworzony i testowany był w systemie Microsoft Windows 7 na zwykłym komputerze osobistym. Kompilacja odbyła się w środowisku Microsoft Visual Studio 2005. Aby uruchomić program na innych systemach operacyjnych wymagane jest przekompilowanie źródeł.

Format danych

Program operuje na plikach danych pochodzących z PhysioBanku (<http://www.physionet.org/>)

8. DODATEK B: Realizacja proponowanego rozwiązania

Uwarunkowania sprzętowe

Program może być uruchamiany w dowolnym systemie operacyjnym:

- umożliwiającym dostęp do dysku twardego lub innej pamięci umożliwiającej zapis i odczyt plików,
- umożliwiającym skompilowanie źródeł programu do postaci binarnego programu

Wybór systemu operacyjnego i języka programowania

Program tworzony był w systemie operacyjnym Windows. Może jednak zostać przekompilowany na przykład na środowiska Linuxowe. Program jest w całości napisany w C++, nie używa żadnych bibliotek zewnętrznych poza standardowymi bibliotekami środowiska C++.

Dokładny opis działania poszczególnych części algorytmu

Opis problemów napotkanych podczas realizacji

Największe trudności przysporzyło brak możliwości korzystania z zewnętrznych bibliotek. Ułatwiłoby to proces odczytu i zapisu danych jak również ułatwiłoby samą implementację. Kosztem takiego rozwiązania byłoby jednak zwiększenie rozmiaru pliku z programem co jest niedopuszczalne przy założeniu, że program powinien mieć możliwość wykonywania na urządzeniach o małej pojemności pamięci i przy jednoczesnej koegzystencji innych, wymaganych do prawidłowego działania programu, modułów sytemu.

9. DODATEK C. Opis informatyczny procedur

```
/*
/*****
/*
/* void locate_point
/*
/* Przeznaczenie:
/* Funkcja wyznacza umiejscowienie punktów ST,BL,J w sygnale
/*
/* Argumenty funkcji:
/* (I) Beast *beast -wskaznik na aktualnie przerabianą ewolucje
/*
/* Funkcja zwraca:
/* void
/*
/* Uzywane funkcje:
/* convert
*/
```

```
/* */
/* Uzywane zmienne: */
/*     brak */
/* Autor: */
/*     Tomasz Drożdż rok V */
/* */
/* */
/* void values_point */
/* */
/* Przeznaczenie: */
/*     Funkcja wyznacza wartości punktów ST,BL,J w sygnale */
/* */
/* Argumenty funkcji: */
/*     (I) Beast *beast -wskaznik na aktualnie przerabianą ewolucje */
/*     (I) Vector signal - wektor z wartościami sygnału */
/* */
/* Funkcja zwraca: */
/*     void */
/* */
/* Uzywane funkcje: */
/*     brak */
/* */
/* Uzywane zmienne: */
/*     brak */
/* */
/* Autor: */
/*     Tomasz Drożdż rok V */
```

```
/* */
/* */
/* void analyze_set */
/* */
/* Przeznaczenie: */
/*     oblicza wartości nachylenia odcinka ST */
/* */
/* Argumenty funkcji: */
/*     (I) Vector beast_vector - cały wektor ewolucji */
/*     (I) Integer i - numer iteracji analizowanej ewolucji */
/* */
/* Funkcja zwraca: */
/*     void */
/* */
/* Uzywane funkcje: */
/*     brak */
/* */
/* Uzywane zmienne: */
/*     tmpAvg - zmienna tymczasowa potrzeba do wyliczania średniej */
/*     tmpST - zmienna tymczasowa potrzebna to wyliczania wartości ST*/
/* */
/* Autor: */
/*     Tomasz Drożdż rok V */
/* */
/* */
/* void analyze_episode */
/* */
```

```
/* Przeznaczenie: */
/*     sprawdza czy istnieją epizody ST */
/* */
/* Argumenty funkcji: */
/*     (I) Beast *beast -wskaźnik na aktualnie przerabianą ewolucje */
/*     (I) Integer time_e - czas przez który ma trwać epizod */
/*     (I) Integer time_b - czas przez pomiędzy epizodami */
/*     (I) Bool e_e - czy przerwa między epizodami dalej trwa */
/* */
/* Funkcja zwraca: */
/*     void */
/* */
/* Używane funkcje: */
/*     brak */
/* */
/* Używane zmienne: */
/*     brak */
/* */
/* Autor: */
/*     Piotr Jamróz rok V */
/* */
/*****/
```


10. DODATEK D. Spis zawartości dołączonych nośników (dyskietek, CD ROMu)

Na płycie znajdują się 3 foldery:

- SRC - zawiera źródła programu
- EXE - zawiera skompilowaną wersję programu (kompilacja w warunkach określonych w rozdziale 7)
- DOC - zawiera dokumentację w postaci pliki PDF.