

Biofizika gyakorlat EKG jegyzőkönyv:

A gyakorlat célja

A gyakorlat célja az EKG készülék működésének jobb megértése és az ehhez kapcsolódó szív működés alapjainak megismerése.

Gyakorlaton elvégzett feladatok

Két feladatot kell elvégeznünk a gyakorlat során, az első a saját EKG eredményünkből egy szív frekvencia számítása, a második pedig a szív dipólusának ábrázolása vektoros alakban.

Használt anyagok és eszközök, fontos körülmények

Egy Cardiax számítógépes EKG készüléket használtunk, amiben három darab szűrőt kapcsoltunk be (50, 100, 200 Hz).

Valamint kipróbáltunk egy wiwe mobil mérő eszközt.

Rövid elméleti összefoglalás

A szív működése

A szív ritmikus összehúzódását saját ingerképző és ingervezető rendszer (szívautomácia) biztosítja, melynek kiinduló pontja a szinuszcsomó (nodus sinoauricularis, Keith-Flack csomó). A szinuszcsomó a jobb pitvar falában elhelyezkedő, kb. 1 cm hosszú és 3 mm széles csomócska, amely az ún. elsődleges ingerképző központ. Az itt képzett elektromos impulzus a pitvarok válaszfalában található pitvar-kamrai csomóba (nodus atrioventricularis, Aschoff-Tawara csomó), az ún. másodlagos ingerképzőbe továbbítódik. A pitvar-kamrai csomó a jobb pitvarban, a koszorúerek becsatlakozása mellett található. Ingerületét a kamrasövényen végighúzó His-nyalábba (fasciculus atroventricularis, harmadlagos ingerképző) vezeti, amely két ágra, a két Tawara szárra ágazik szét. Ezek a kamraizomrostokban végződő Purkinje-rostokkal végződnek.

Az elsődleges ingerképző központ felelős a szívfrekvenciáért, azaz a percenkénti szívösszehúzódások számáért. Ez egészséges, felnőtt ember esetében 70-75 összehúzódás/perc. Ezt pulzusszámnak is nevezik. Az ingerületvezetést nem izomsejtek, hanem különleges, differenciálatlan izomsejtek biztosítják, s mint a szívfrekvencia értékéből kikövetkeztethető az ingerületvezetés sebessége igen nagy, pl. a Purkinje-rostokban az 5 m/s-ot is eléri. Természetesen az ingerképzés szabályozásában az idegrendszer is részt vesz, elsősorban az agytörzs és a nyúltagy küld fontos, szív működést szabályozó információkat. Az ingerképző rendszer hibája szívritmuszavart eredményez, amely gyógyszerek mellett pacemaker beültetésével kezelhető. A szív elektromos ingerületvezetése az EKG-val vizsgálható.

A szív működése a pitvarok és kamrák egymást követő, ütemes összehúzódásából és elernyedéséből áll. A pitvarok és kamrák periodikus működését ciklusokra osztjuk, amelyek az alábbiak szerint alakulnak:

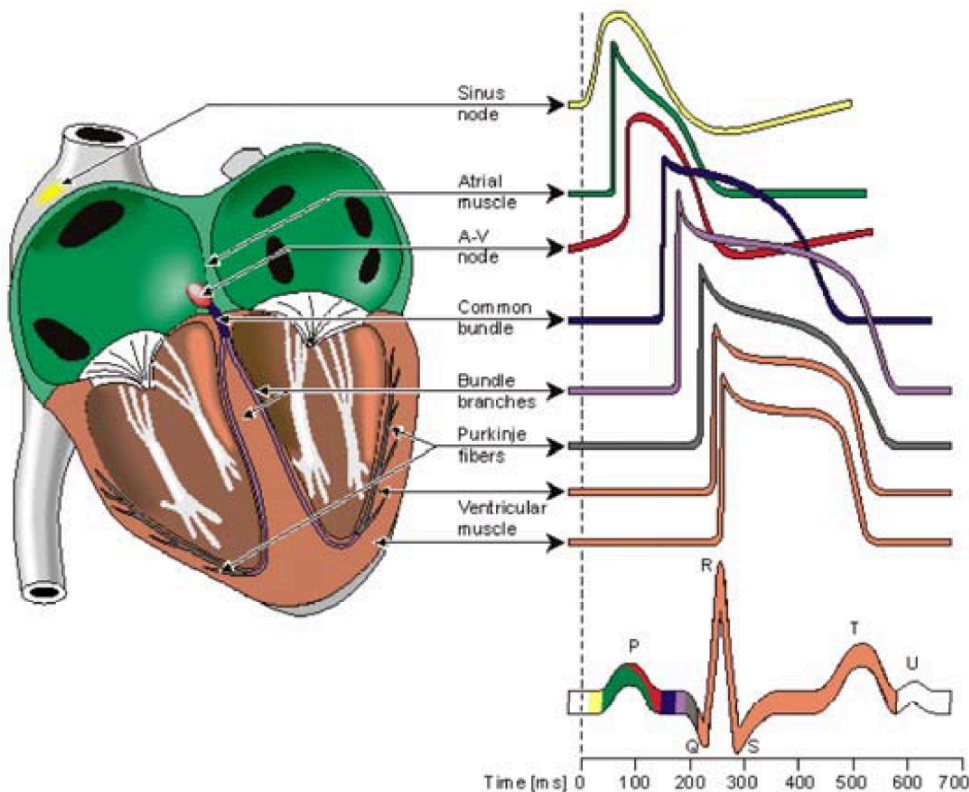
1. kamrai összehúzódás (kamrai systole)

A kamrai összehúzódás időtartama 0,27 s, amely a kamra izomzatának összehúzódásával kezdődik. Ezt az összehúzódást a Purkinje-rostok elektromos ingere idézi elő. Az összehúzódás következtében a kamrákban a vér nyomása megnő, a szemölcsizmok által megfeszített vitorlásbillentyűk azonban megakadályozzák, hogy a vér a pitvarok felé áramoljon. Amikor a vér nyomása meghaladja az aortában - illetve

a tüdőartériában – uralkodó nyomás értéket a zsebes billentyűk megnyílnak és a vér kiáramlik. Ez a nyomás érték adja a vérnyomás felső értékét a 120-130 Hgmm-t. A telt bal kamra kb. 200 ml vért tartalmaz, egyetlen összehúzódásakor azonban ennek csupán 2/5-ét, kb 80 ml vért ürít. Ezt megszorozva a szívfrekvenciával megkapjuk a perctérfogat értéket, amely a szív által egyetlen perc alatt kipumpált vér mennyiségét szemlélteti. Ez egészséges felnőtt ember esetében kb. 5 liter/perc.

2. kamrai elernyedés (kamradiastole)

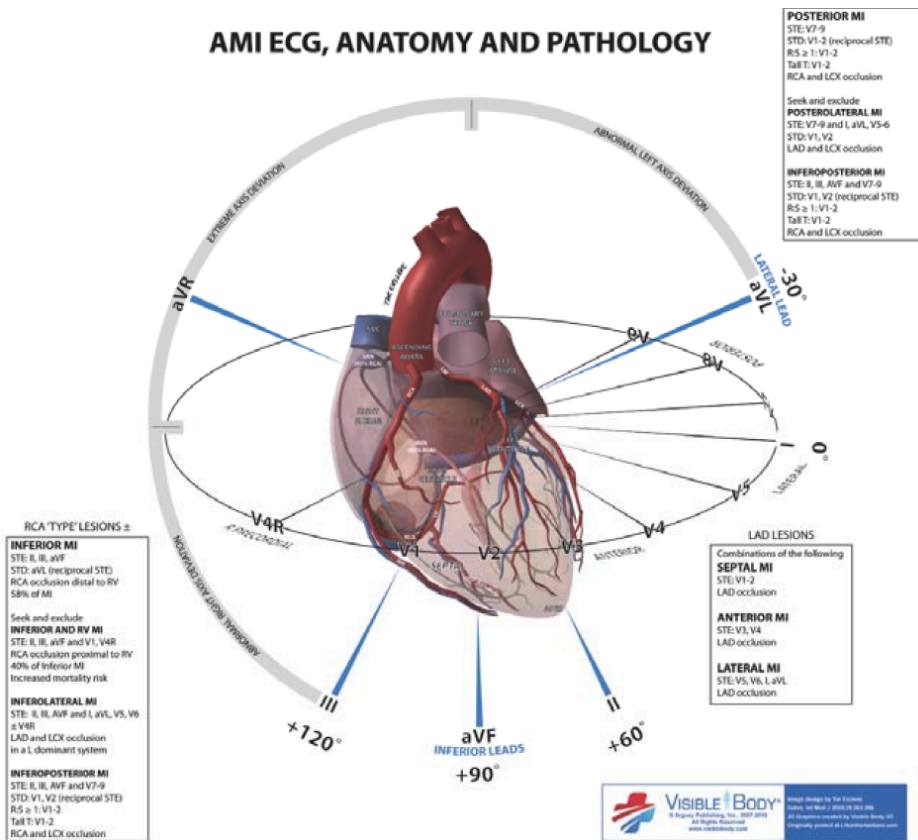
A kamrai elernyedés időtartama 0,53 s, amely a kamraizomzat elernyedésével kezdődik. A kamrai nyomás csökken, az aortai nyomás alá süllyed, így a zsebes billentyűk összezsapódnak. Amikor a kamrai nyomás a pitvari nyomás alá esik, a vitorlás billentyűk megnyílnak és a vér a pitvarból a kamrába zuhan, ezt egy pitvar összehúzódás követi, amely a maradék vért is a kamrába préseli.



Az EKG-vizsgálat

EKG-vizsgálat során a szív elektromos aktivitásán keresztül következtetnek a szív állapotára. Úgynevezett végtagi és mellkasi elektródákból gyűjti össze az elektromos jeleket az EKG-gép. A végtagi elektródák a frontális sík tengelyeit, míg a mellkasi elektródákból a horizontális sík elektromos tengelyeit jelenítik meg. Négy végtagi és hat mellkasi elektródát használnak, amelyek közül a négy végtagról elvezetett információból az EKG-készülék 6 elvezetést készít (I, II, III, aVF, aVR és aVL), a hat mellkasi elektróda pedig hat különböző elvezetésnek számít (V1, V2, V3, V4, V5 és V6). Minden elvezetés különböző szögből látja a szívet. Az így készült 12 elvezetéses EKG éppen elfogadható számú irányból ad információt a szívről ahhoz, hogy átfogó képet kapjunk a szív elektromos működéséről. Ha kutatási célból részletesebb képre van szükség a szívről, gyakran használnak 100 elvezetést is.

AMI ECG, ANATOMY AND PATHOLOGY



Az EKG-görbe

Egységes, nemzetközi megállapodás alapján, az EKG-n észlelt hullámok nevei: P, Q, R, S és T. Minden hullám a szív egy meghatározott részének depolarizációját (elektromos kisülést) vagy repolarizációját (elektromos újratöltődést) jelenti.

P-hullám (pitvari hullám): pozitív amplitúdójú (1–2 mm), az ingerület pitvari terjedésének felel meg (pitvarokra vonatkozik, időtartama 0,06-0,11 másodperc.

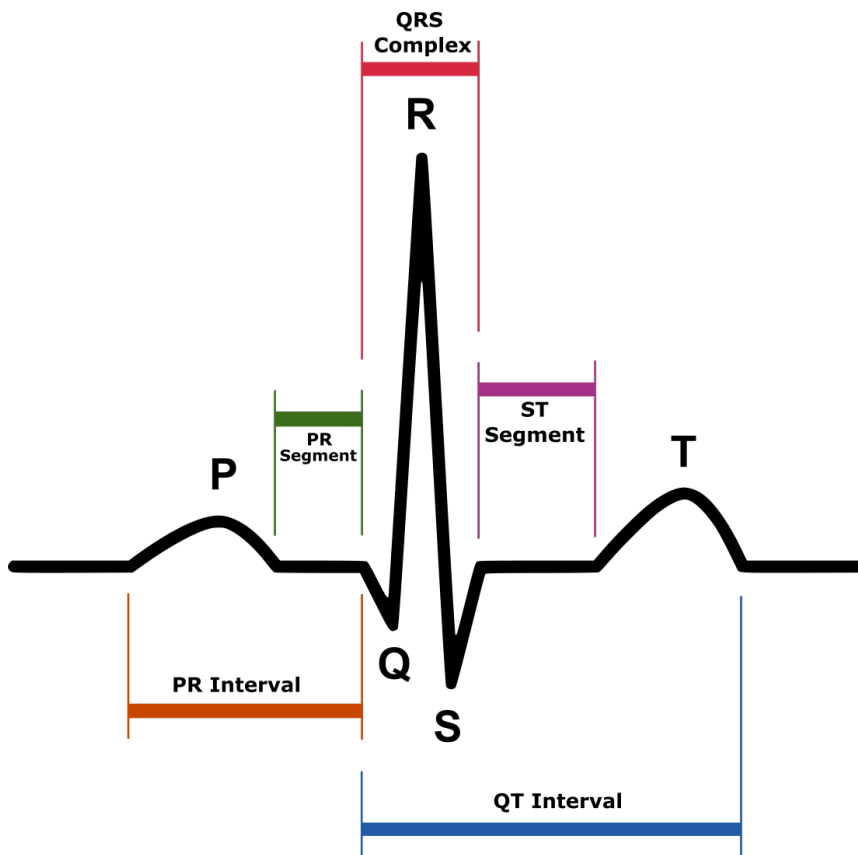
P–Q távolság: átvezetési idő a pitvar és kamra között, időtartama 0,12-0,2 s.[1]

QRS-komplexum (kamrai hullám): a kamrák depolarizációját jelöli (gyors lefolyású), kis negatív Q-hullámból (nem mindig észleljük), magas pozitív R-hullámból (kamraizomzat fő tömegének ingerületbe jutása, amplitúdója 10 mm) és negatív S-hullámból áll. Ez idő alatt megy végbe a kamra teljes munkaizomzatának depolarizációja. Időtartama 0,06-0,12 s, amiből 0,03 s az interventricularis septum depolarizációja, 0,055 s a jobb kamra és 0,068 s a bal kamra depolarizációja.

ST-szakasz: a kamrák lassú repolarizációs szakasza

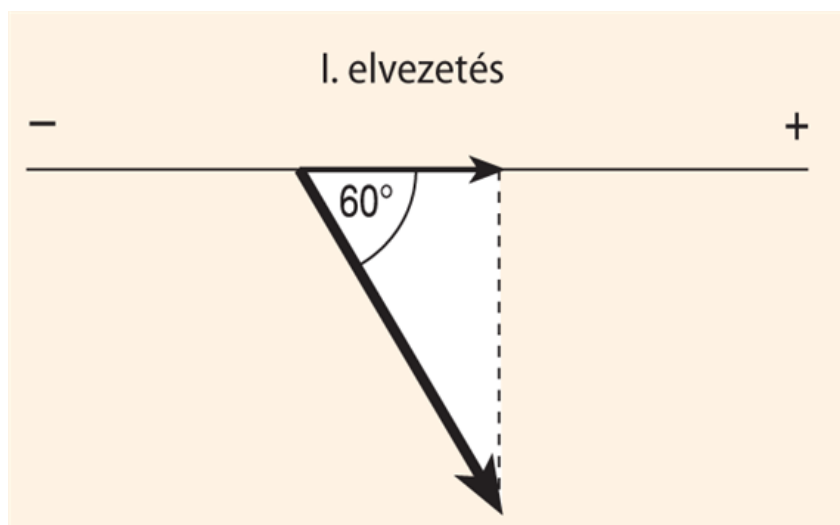
T-hullám: elnyújtott közepes amplitúdójú hullám, a kamrák teljes repolarizációját jelzi, időtartama 0,20 s.

Q-T távolság: kamraizomzat depolarizációjának és repolarizációjának együttes időtartama. A kalibrált távolság (QTc) nem lehet 0,36 s-nál rövidebb és 0,44 s-nál hosszabb. (0,36 < QTc < 0,44 s)



Az EKG-hullámok vektoriális analízise

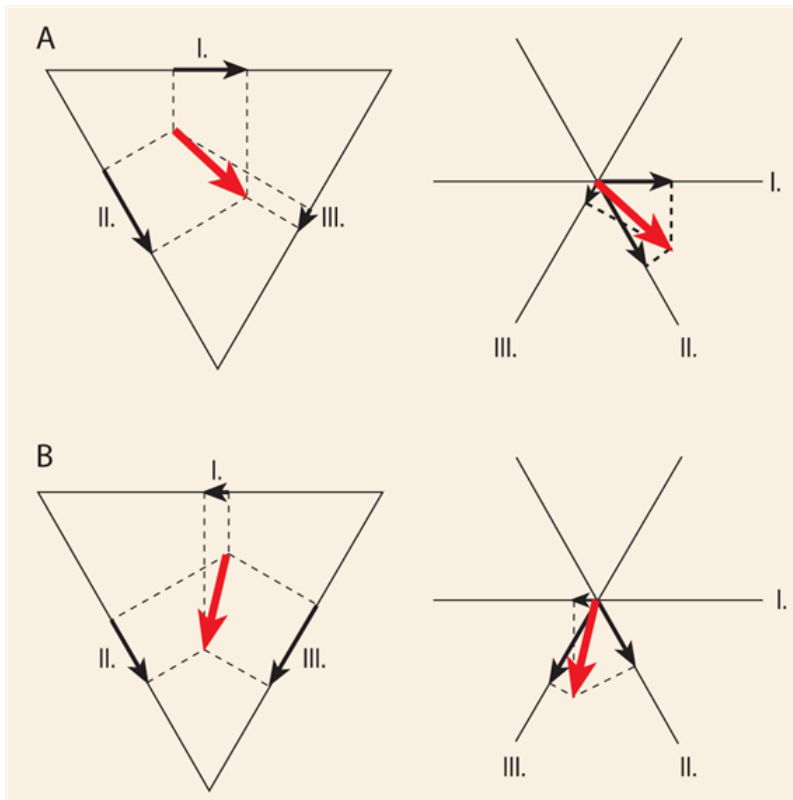
A szívizom körül áram folyik a negatív töltésektől a pozitív töltések irányába. A számtalan dipólus mindegyike áramot generál, amely áramkomponensek irány és nagyság szerint összegezhető. Az egyes áramkomponensek mindegyike egy vektor, amelyeket összegezve egy eredő- vagy integrálvektort kapunk, amely a szívizom ingerületi állapotát jellemzi egy adott pillanatban. Az integrálvektor nagysága és iránya folyamatosan változik az ingerületi folyamat terjedése során. Az egyes végtagvezetésekben az integrálvektornak csupán az adott elvezetés tengelyére eső vetületét regisztráljuk.



Vegyük például az I. elvezetés tengelyét, amely a vízszintes síkban fekszik olyan módon, hogy a jobb váll a negatív pólus, a bal váll pedig a pozitív pólus. Az R-hullám csúcsának megfelelő időpontban az integrálvektor

a vízszintes tengellyel kb. 60° -os szöget zár be, amelynek következtében a vektornak nem a teljes nagysága kerül regisztrálásra, hanem annak csupán a vízszintes tengelyre eső vetülete. A vetületi vektor szerkesztése úgy történik, hogy az eredő vektor kezdeti és végpontjából merőlegest bocsátunk az elvezetés tengelyére. A vetületi vektor nagyságát az integrálvektor nagyságának, valamint az integrálvektor és az elvezetés tengelye által bezárt szög koszinuszának szorzata adja meg. Egy adott elvezetésben regisztrált hullám nagysága akkor lesz a legnagyobb, ha az integrálvektor az elvezetés tengelyével párhuzamos ($\cos 0^\circ = 1$), és akkor a legkisebb, ha arra merőleges ($\cos 90^\circ = 0$). Figyeljük meg, hogy ha más megközelítésben is, de ugyanarról a jelenségről van szó, amelyet a 11-3. ábra A, B és C részén tárgyaltunk. Továbbmenve, ha a szög nagyobb mint 90° , akkor a vetület iránya negatív lesz.

A vetületvektorok egyszerűbben szerkeszthetők meg, ha a III. elvezetés tengelyét önmagával párhuzamosan eltoljuk az I. és II. elvezetés tengelyeinek metszéspontjába. Az így kialakult triaxiális koordinárendszerben a közös metszéspontba felmérve az integrálvektort, a vetületvektorok előjelhelyesen megszerkeszthetők.



Első mérés

A mérés során három plusz egy mérési pontot használtunk. Háromszor ismételtük meg a mérést és mindig egy percig mértünk.

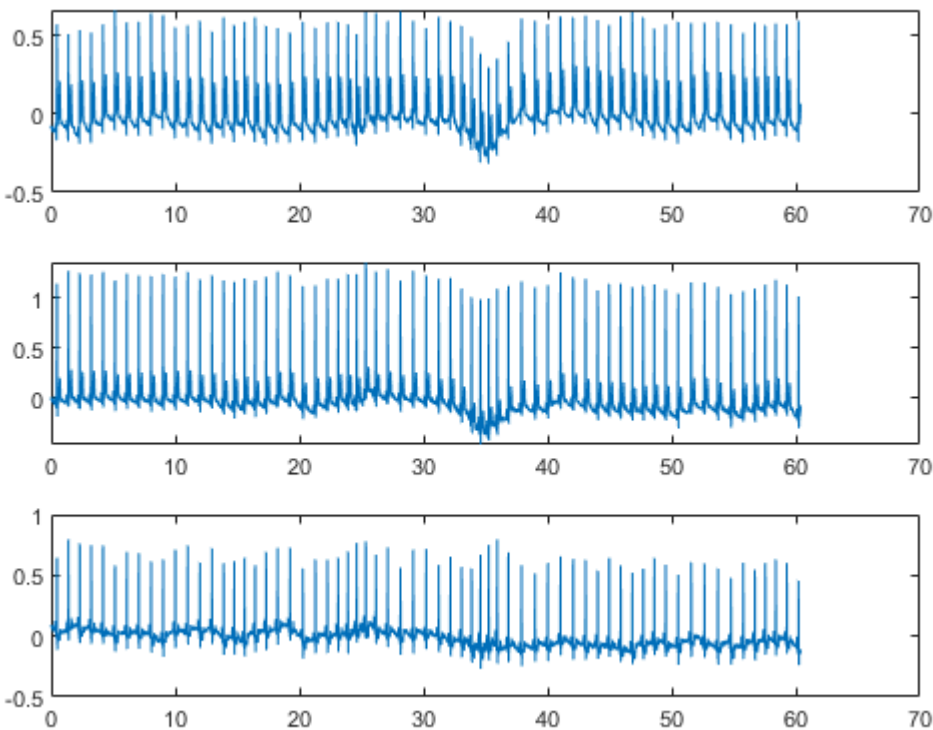
Az első mérés:

```
meres1 = readtable("nilnarunion1_matlab.csv");
meres1.I = meres1.I/1000;
meres1.II = meres1.II/1000;
meres1.III = meres1.III/1000;
meres1.t = (1:length(meres1.I))';
meres1.t = meres1.t/500;
```

```

figure
subplot(3,1,1)
plot(meres1.t,meres1.I)
subplot(3,1,2)
plot(meres1.t,meres1.II)
subplot(3,1,3)
plot(meres1.t,meres1.III)

```



A második mérés:

```

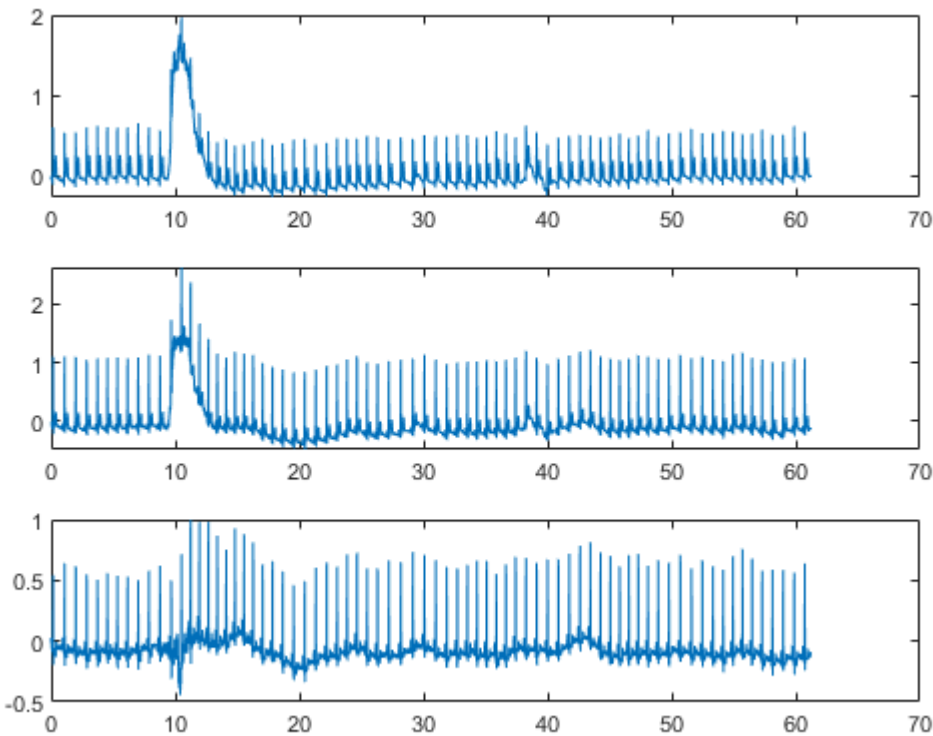
meres2 = readtable("nilnarunion2_matlab.csv");
meres2.I = meres2.I/1000;
meres2.II = meres2.II/1000;
meres2.III = meres2.III/1000;
meres2.t = (1:length(meres2.I))';
meres2.t = meres2.t/500;

```

```

figure
subplot(3,1,1)
plot(meres2.t,meres2.I)
subplot(3,1,2)
plot(meres2.t,meres2.II)
subplot(3,1,3)
plot(meres2.t,meres2.III)

```



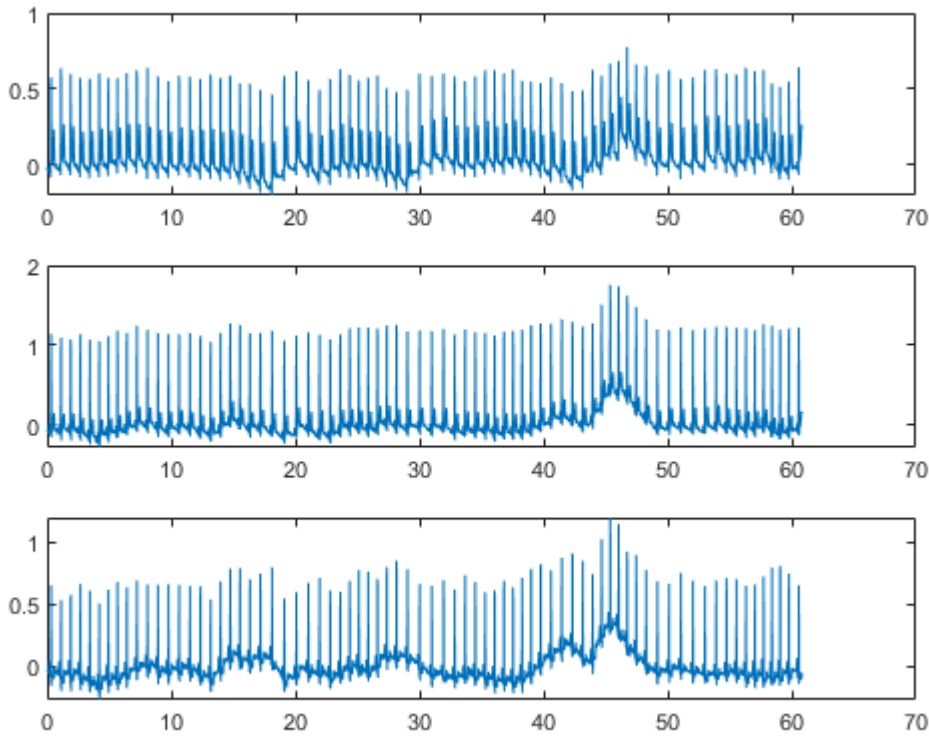
A harmadik mérés:

```

meres3 = readtable("nilnarunion3_matlab.csv");
meres3.I = meres3.I/1000;
meres3.II = meres3.II/1000;
meres3.III = meres3.III/1000;
meres3.t = (1:length(meres3.I))';
meres3.t = meres3.t/500;

figure
subplot(3,1,1)
plot(meres3.t,meres3.I)
subplot(3,1,2)
plot(meres3.t,meres3.II)
subplot(3,1,3)
plot(meres3.t,meres3.III)

```



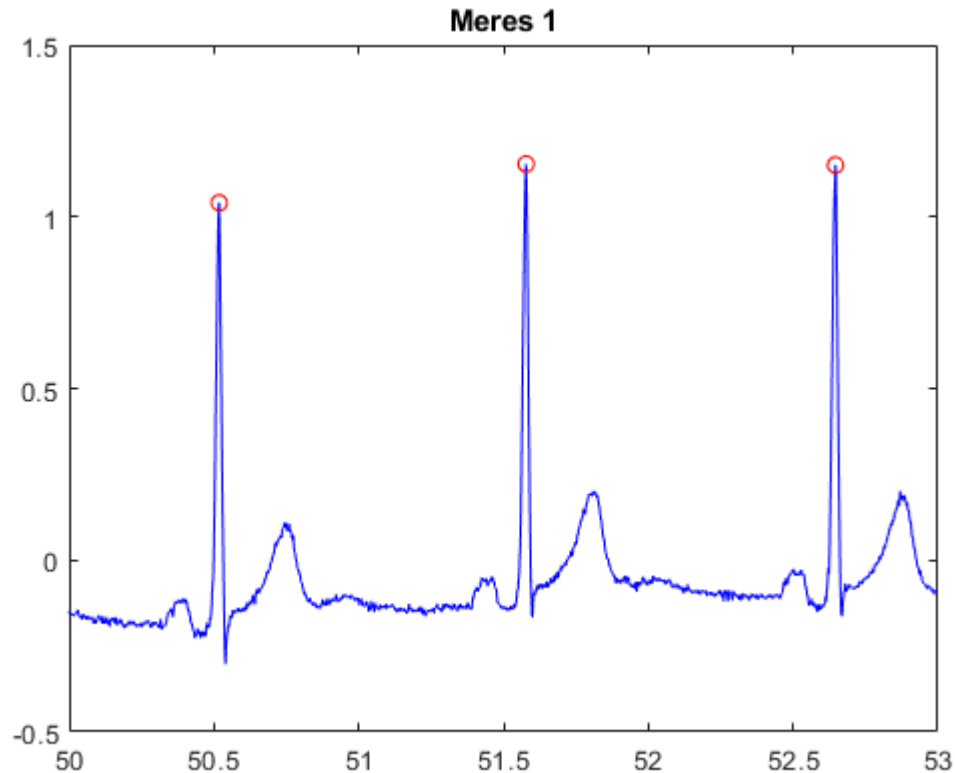
A Cardiax programban behúztunk két vonalat és meghatároztuk két csúcs távolságát, amire a gép kidobott egy 79 1/perces értéket. Ez egy 1,316 Hercz-es frekvenciának felel meg és persze nem azonos a mért 72-es pulzusszámmal. Mivel azt a gép átlagolással állapítja meg.



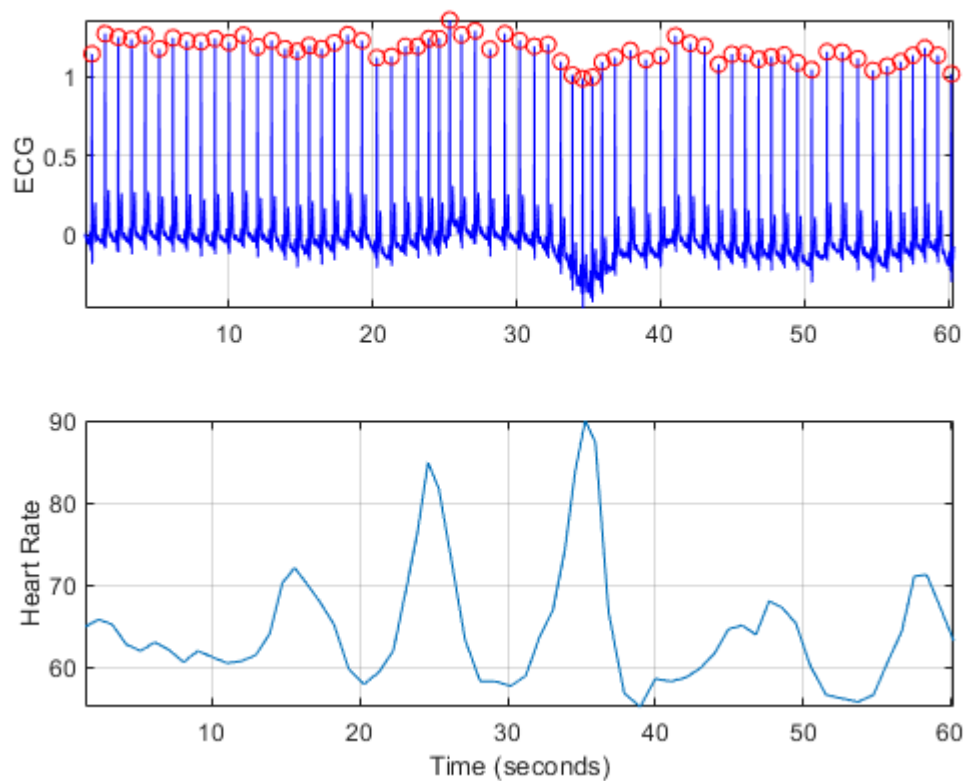
Most nézzük meg ezt egy kicsit másképpen:

Az első mérés alapján:

```
figure
[peaks_1,pos_peaks_1] = findpeaks(meres1.II, 'MinPeakHeight',0.8, "MinPeakDistance",0.65);
plot(meres1.t,meres1.II, 'b', pos_peaks_1/500, (peaks_1), 'ro')
axis([50 53 -0.5 1.5])
title('Meres 1')
```



```
figure
subplot(211)
plot(meres1.t,meres1.II, 'b', pos_peaks_1/500, (peaks_1), 'ro')
grid on
axis tight
ylabel ('ECG', 'fontsize',16)
subplot(212)
plot(meres1.t(pos_peaks_1(2:end)), 60 ./ diff(pos_peaks_1/500));
axis tight
grid on
axis tight
ylabel ('Heart Rate', 'fontsize',16)
xlabel ('Time (seconds)', 'fontsize',16)
```

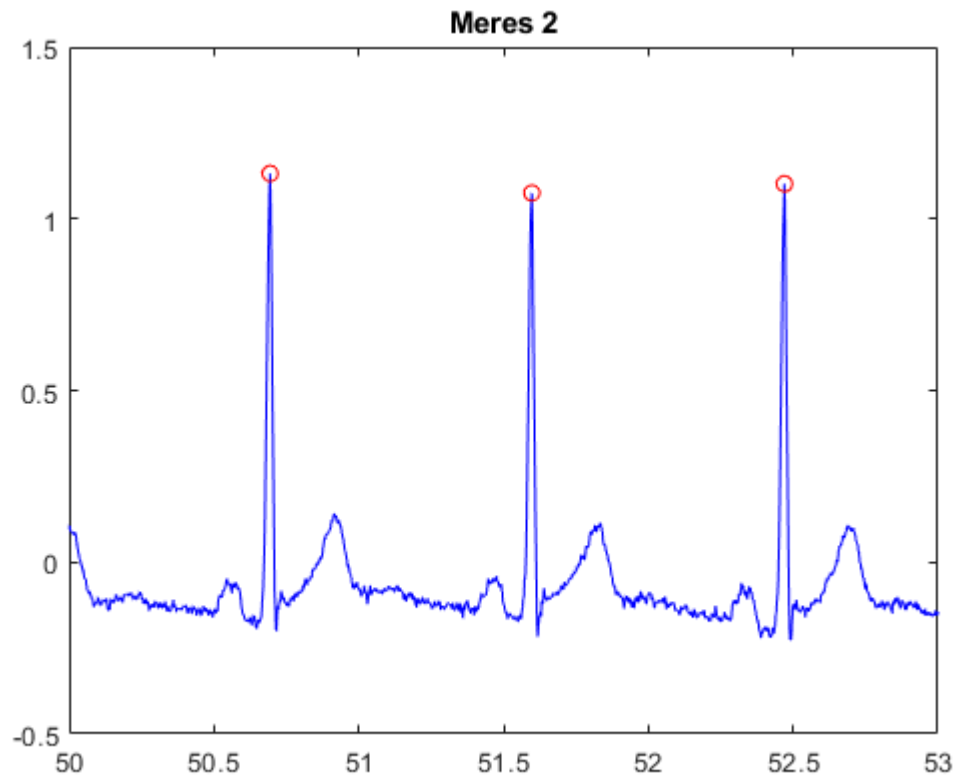


A második mérés alapján:

```

meres2_II = meres2.II(meres2.t > 20);
meres2_t = meres2.t(meres2.t > 20);
figure
[peaks_2,pos_peaks_2] = findpeaks(meres2_II,'MinPeakHeight',0.8,"MinPeakDistance",0.8);
plot(meres2_t,meres2_II,'b',(pos_peaks_2/500)+20,(peaks_2),'ro')
axis([50 53 -0.5 1.5])
title('Meres 2')

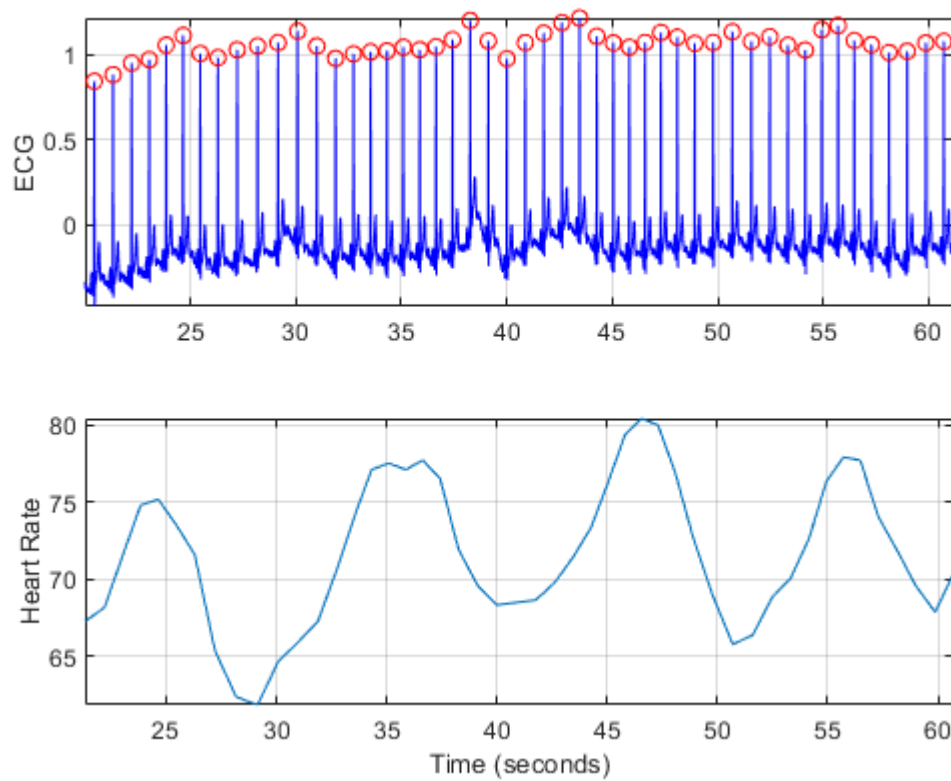
```



```

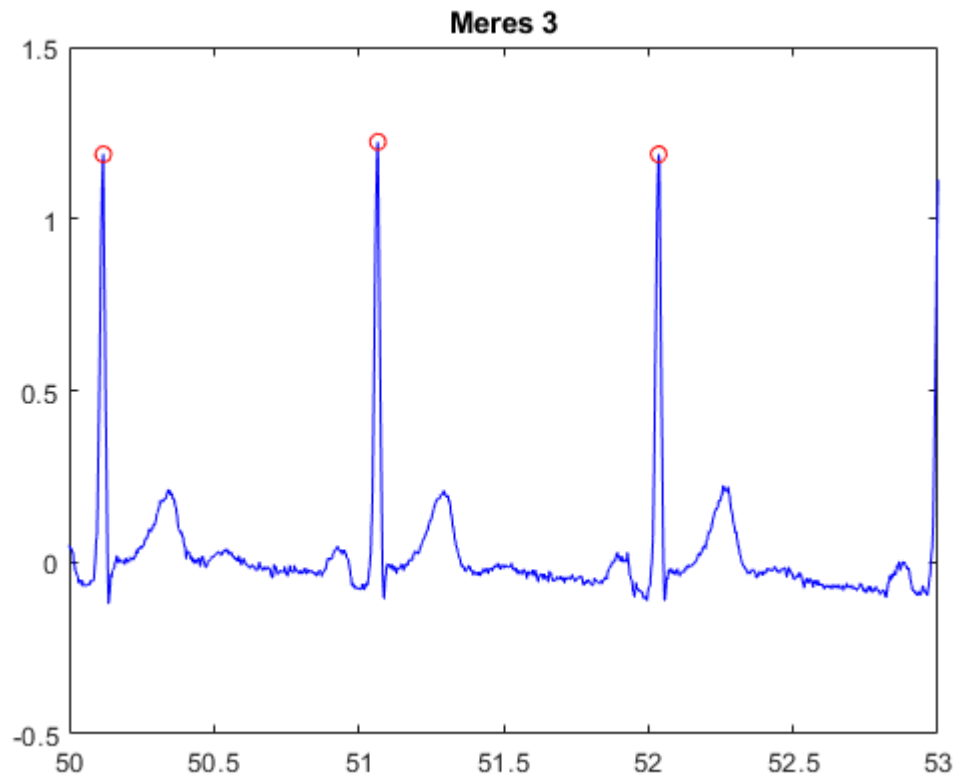
figure
subplot(211)
plot(meres2_t,meres2_II,'b',(pos_peaks_2/500)+20,(peaks_2),'ro')
grid on
axis tight
ylabel ('ECG','fontsize',16)
subplot(212)
plot(meres2_t(pos_peaks_2(2:end)), 60 ./ diff(pos_peaks_2/500));
axis tight
grid on
axis tight
ylabel ('Heart Rate','fontsize',16)
xlabel ('Time (seconds)','fontsize',16)

```



A harmadik mérés alapján:

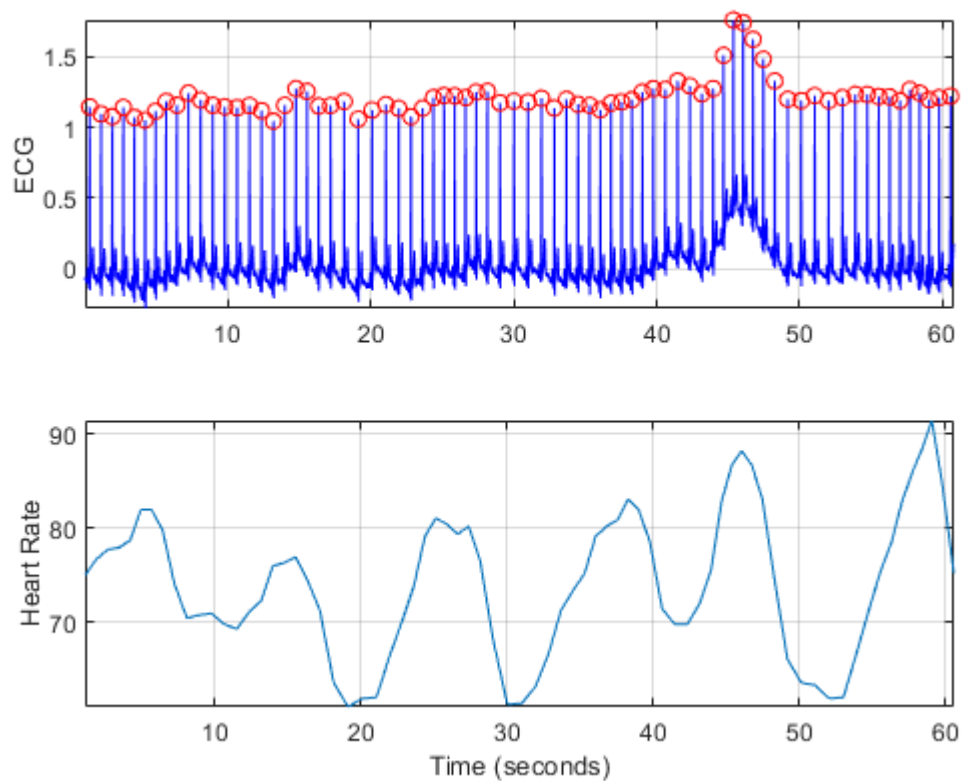
```
figure
[peaks_3,pos_peaks_3] = findpeaks(meres3.II,'MinPeakHeight',0.8,"MinPeakDistance",0.65);
plot(meres3.t,meres3.II,'b',pos_peaks_3/500,(peaks_3),'ro')
axis([50 53 -0.5 1.5])
title('Meres 3')
```



```

figure
subplot(211)
plot(meres3.t,meres3.II,'b',pos_peaks_3/500,(peaks_3),'ro')
grid on
axis tight
ylabel ('ECG','fontsize',16)
subplot(212)
plot(meres3.t(pos_peaks_3(2:end)), 60 ./ diff(pos_peaks_3/500));
axis tight
grid on
axis tight
ylabel ('Heart Rate','fontsize',16)
xlabel ('Time (seconds)','fontsize',16)

```



Ebből az átlagos pulzus szám:

```
heart_rate_1 = mean(60 ./ diff(pos_peaks_1/500))
```

```
heart_rate_1 = 65.0564
```

```
heart_rate_2 = mean(60 ./ diff(pos_peaks_2/500))
```

```
heart_rate_2 = 71.7941
```

```
heart_rate_3 = mean(60 ./ diff(pos_peaks_3/500))
```

```
heart_rate_3 = 74.4770
```

Ez egy egészséges EKG érték.

Einthoven-háromszög

Lássuk most az Einthoven-háromszöget, a feszültség értékek a fenti ábráról leolvasva:

```
U_I = 0.59
```

```
U_I = 0.5900
```

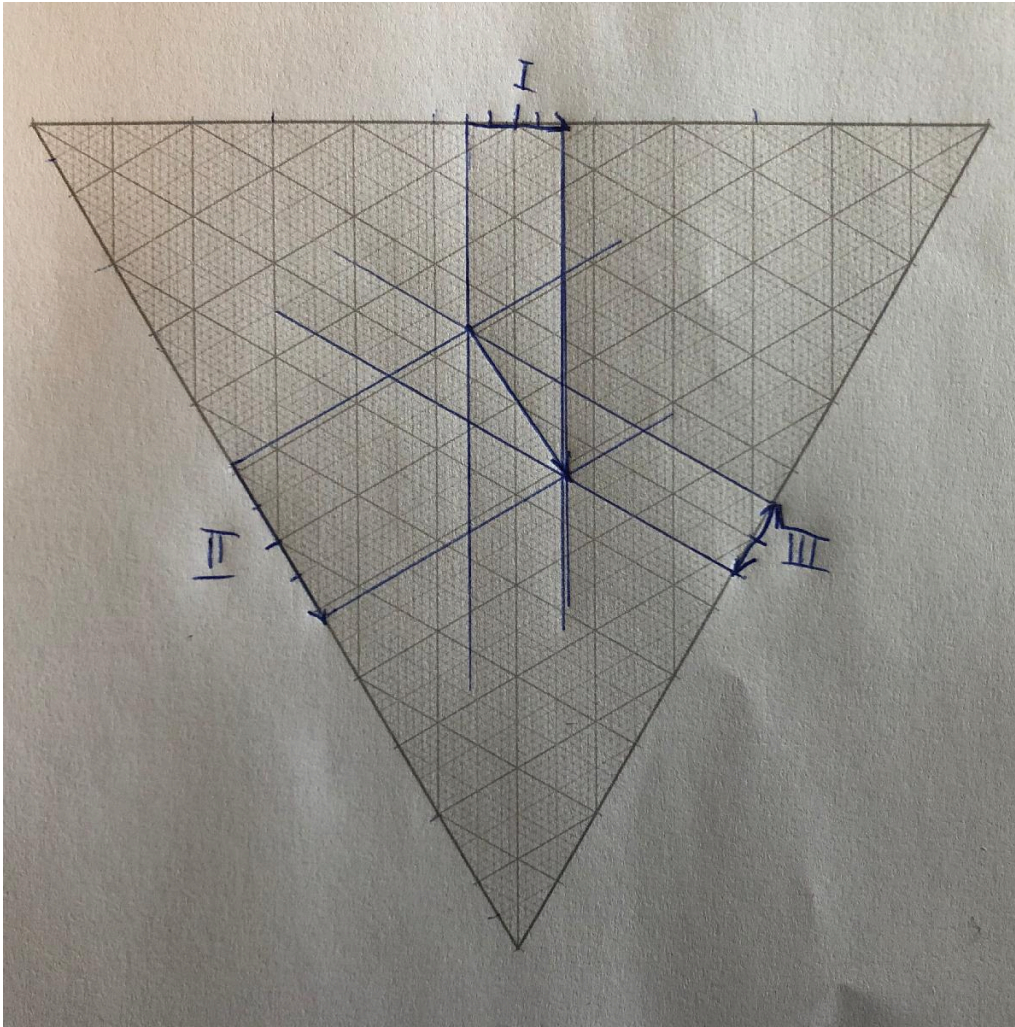
```
U_II = 1.11
```

```
U_II = 1.1100
```

```
U_III = 0.54
```

$$U_{III} = 0.5400$$

Kézzel szerkesztve:



$$\alpha = \text{atand}(U_I/U_{II})$$

$$\alpha = 27.9921$$

Ezek alapján elmondható, hogy normális tartományba esik a szívem tengelyállása.