



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

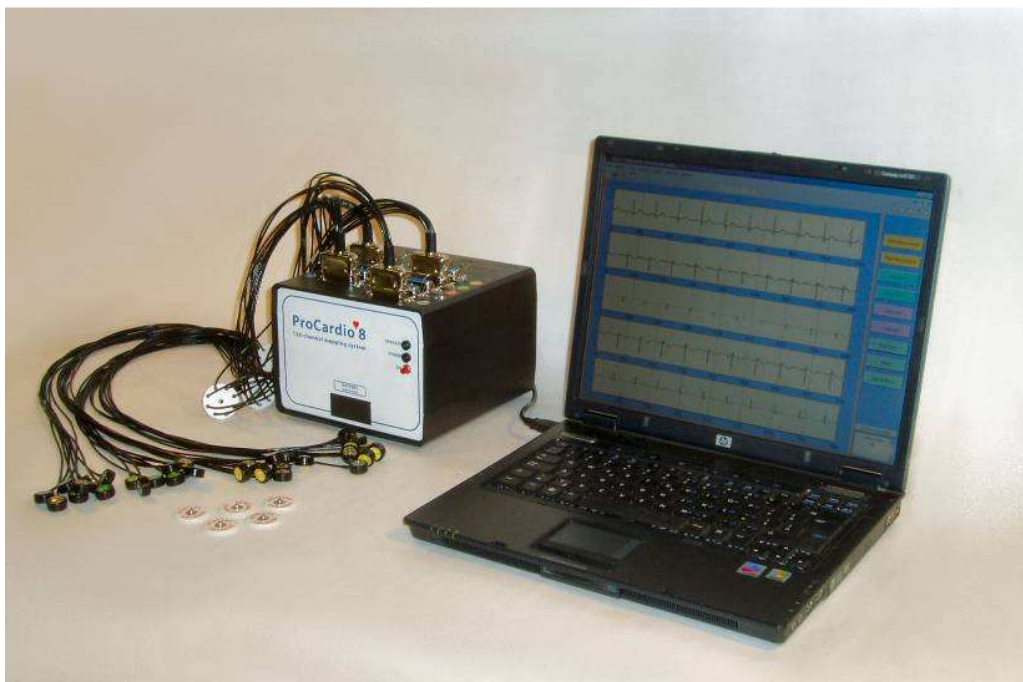


Zdroj: <https://predmety.fbmi.cvut.cz/cs/doktorske-bme>

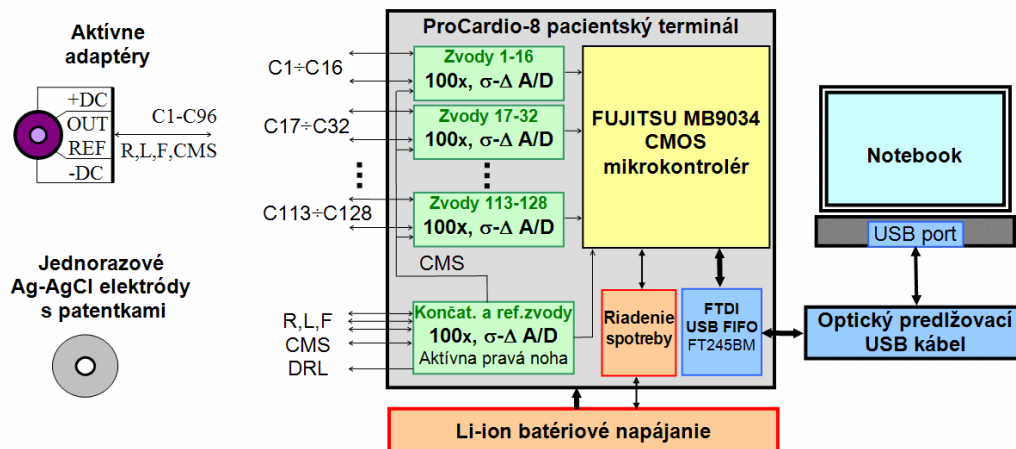
Mapování elektrické aktivity srdce

ProCardio 8

ProCardio 8 je systém pro mnohokanálové měření a povrchové mapování EKG potenciálů, které možné využít při diagnostice ischemické choroby srdeční. Systém může používat až 128 aktivních EKG elektrod. Povrchové potenciály jsou měřeny vzhledem k přemístitelné vztažné elektrodě, což spolu s aktivní kompenzací synfázního rušení z pacienta zajišťuje optimální kvalitu měřených signálů. Mikroprocesorem řízená, z baterie napájená, snímací jednotka je připojena k ethernetovému portu osobního počítače pomocí optického kabelu.



Obr. 1: Systém Procardio 8.



Obr. 2: Blokové schéma zařízení.

7.1.1 Sada kabelů

Elektrody jsou k zařízení připojeny pomocí 5 sad měřících kabelů, Obr. 3. Jedná se o 4x8 hrudních svodů a jeden svazek končetinových a referenčních elektrod.



Obr. 3: Sada kabelů systému Procardio 8.

Všechny signály jsou měřeny relativně ke vztažné (Common Mode Sense, CMS) elektrodě, která může být připojena k tělu pacienta v takovém místě, aby byl minimální vliv

synfázního rušivého napětí (Common Mode Voltage) z rozvodné sítě 50Hz. Využívána je rovněž aktivní „zemnicí“ (Driven Right Leg, DRL) elektroda, která kromě dalšího potlačení synfázního rušivého napětí, slouží k ochraně pacienta. Ochranný rezistor v obvodu DRL omezí proud přetékající tělem pacienta a v nejhorším případě, (pokud by došlo k poškození aktivní elektrody a jejímu zkratu k napájecímu napětí $\pm 5V$) omezí ochranný rezistor v obvodu DRL proud protékající tělem pacienta na hodnotu maximálně $\pm 50\mu A$, což je v souladu se evropskou specifikací IEC-601 pro izolaci typu CF.

7.1.2 Sada elektrod

System ProCardio používá klasické samolepící EKG elektrody na jedno použití (detail elektrod viz Obr. 4). Na jednu stranu se to může zdát jako drahé řešení, neboť při jednom měření se spotřebuje 36 elektrod, na druhou stranu je třeba si uvědomit, že toto řešení přináší:

- Zvýšení hygienické ochrany pacienta.
- Úspora času zdravotnického personálu – není třeba omývat použité elektrody.
- Vyšší spolehlivost – pásové elektrody na jedno použití se časem zničí.



Obr. 4: Detail jednorázových lepicích snímacích elektrod.

7.2 Přístroje a pomůcky

ProCardio 8	1 ks
Sada kabelů	1 ks
Sada elektrod	1 ks
Rozměřovací páska	1 ks
Měřicí počítač	1 ks
Vyšetřovací lůžko	1 ks
Odmašťovací prostředky	1 ks

7.3 Postup měření

Pomocí zařízení ProCardio 8 změřte průběh rozložení potenciálu na povrchu hrudníku vybraného dobrovolníka. Výsledek prezentujte jako sadu 40 map, lineárně v čase rozložených, v rámci jednoho srdečního cyklu.

Pro co nejpřesnější rozmístění elektrod je velmi užitečné použít rozměřovací elastickou gumu s rovnoměrně rozmístěnými značkami. Elastickou pásku lze natáhnout podle aktuálních fyzických proporcí měřené osoby a tím se mezery mezi značkami odpovídajícím způsobem roztáhnou.

Pro měření lze využít libovolný počítač s operačním systémem MS Windows XP a novější. Dále musí být na počítači nainstalován měřicí software ProCardio a rovněž MatLab Runtime, který je nainstalován v průběhu instalace ProCardio. Vzhledem k výpočetní náročnosti zpracování a ukládání dat v prostředí MatLab je třeba, aby počítač disponoval procesorem o taktovací frekvenci minimálně 1,6GHz, jinak může v průběhu měření docházet k přetečení vnitřního bufferu zařízení a znehodnocení záznamu. Systém ProCardio je k počítači připojen pomocí opticky odděleného USB rozhraní, takže na napájení počítač nejsou kladeny žádné zvláštní nároky a lze použít jak stolní PC, tak notebook.

Vzhledem k tomu, že pohyby vyšetřované osoby způsobují změnu odporu mezi pokožkou a elektrodou a způsobují tedy kolísání potenciálu mezi nimi, je nutné tyto pohyby co nejvíce minimalizovat. Z tohoto důvodu je vhodné provádět měření při poloze vyšetřované osoby vleže. K tomuto účelu nejlépe poslouží standardní vyšetřovací lůžko. Použité rozložení elektrod podle Luxe, reflektuje vhodnost vyšetření vleže a neobsahuje žádné elektrody na zádech. Oblast zad není z diagnostického hlediska tolik důležitá, prostorové změny potenciálu jsou zde menší a potenciál může být v případě potřeby dopočítáván interpolací z elektrod umístěných na stranách hrudníku a ramenech. Lůžko umístěte tak, aby při poloze vleže na zádech vyšetřované osoby bylo zařízení ProCardio po pravé ruce vzdálené cca 50cm od lůžka.

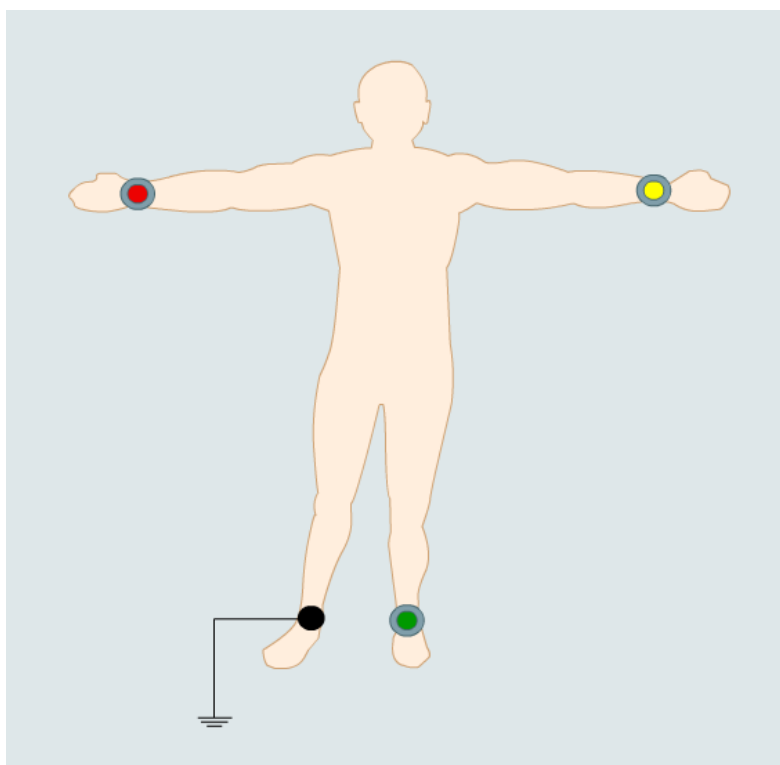
Pro snížení přechodového odporu mezi pokožkou pacienta a elektrodou je třeba kontaktní místo náležitě připravit. Vzhledem k tomu, že systém využívá aktivních elektrod, postačí pouze místo lehce odmastit. Postačí místa, kde budou přilepeny elektrody, tedy hlavně horní část hrudníku, zápěstí a kotník otřít gázou navlhčenou v etanolu. Krom lepšího kontaktu to s sebou nese i výhodu lepší přilnavosti lepidla na elektrodách ke kůži.

7.3.1 Příprava dobrovolníka

Vyberte ze svého jednoho dobrovolníka/dobrovolnici, který bude sloužit jako zdroj dat pro měření. Pokud bude zájemců dříve, přednost má kdo bude od dne měření mít dříve narozeniny. Vybraná osoba by měla spíše mít méně ochlupení na hrudníku, v opačném případě je strhávání elektrod relativně nepříjemné. Dobrovolník se svlékne do půl těla, odhalí si levý kotník pro připojení elektrody LF. Dobrovolník se uloží na připravené lůžko. Nyní je třeba provést odmaštění míst, kde budou nalepeny elektrody a to pomocí výše uvedené gázy namočené v etanolu.

7.3.2 Končetinové elektrody

Standardně jsou končetinové elektrody rozmíst'ovány podle Obr. 5. V případě mapování je ovšem výhodnější, aby byla společná referenční elektroda umístěna co nejbližší všem elektrodám. Sníží se tím vliv konečného zesílení shodného signálu Common-Mode Rejection Ratio (CMRR). Černá elektroda tedy bude umístěna kdekoliv v přední části hrudníku.

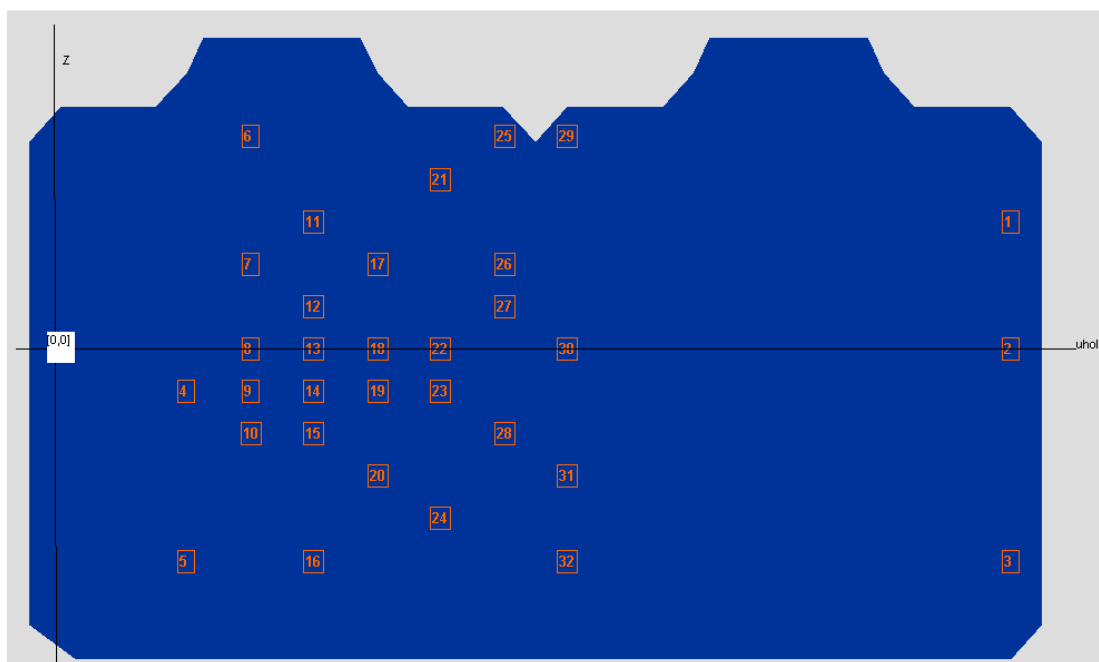


Obr. 5: Umístění končetinových elektrod.

7.3.3 Nalepení hrudních elektrod

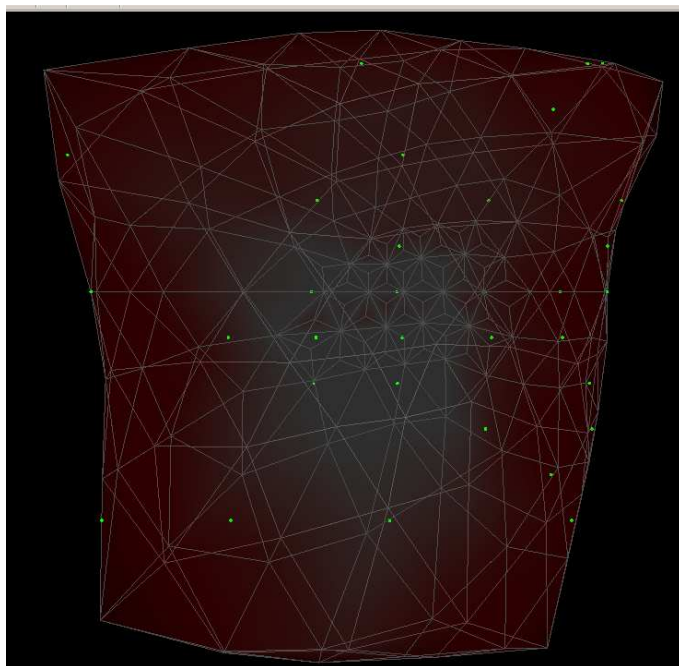
Schémat pro rozmístění elektrod existuje celá řada, liší se především počtem elektrod. Ačkoliv software umožňuje pracovat s libovolným systémem rozmístění elektrod, nejvýhodnější bude v případě tohoto cvičení (především vzhledem k časové náročnosti umísťování vysokého počtu elektrod) pracovat s rozmístěním dle Luxe s 32 elektrodami. Rozmístění elektrod je patrné z následujícího Obr. 6. Pro rozměření míst pro nalepení elektrod použijte elastickou pásku o délce cca 40cm s 10stejnými intervaly. Všechny elektrody jsou umístěny v průsečících v mřížce 10x10 intervalů, která rovnoměrně pokrývá přední stranu hrudníku. Jako krajní body v kaudálním směru použijte horní hrot hrudní kosti a pupek a ve směru laterálním ramenní klouby.

Základní mřížku si naznačte smyvatelnou fixou na kůži vyšetřované osoby. Nejprve si udělejte 11 bodových značek ve středu hrudníku mezi horním hrotem hrudní kosti a pupkem. Následně si naznačte rovněž 11 značek mezi středy ramenních kloubů.



Obr. 6: Rozmístění 32 elektrod podle Luxe.

Do podle značek následně nalepte elektrody, tak aby jejich umístění co nejvíce odpovídalo poloze zelených bodů na obvodu modelu hrudníku viz Obr. 7.



Obr. 7: Rozmístění 32 elektrod podle Luxe na modelu hrudníku.

7.3.4 Připojení elektrod

Až budete mít nalepeny všechny elektrody, můžete přistoupit k zapojení vodičů k elektrodám. Nejprve zapojte všech 5 sad elektrod do přístroje ProCardio, tak aby kabely ležely rovnoběžně na stole vedle zařízení. Nejprve k vyšetřované osobě připojte elektrody 1-8 v pravé části hrudníku. Pak pokračujte skupinou 9-16, 17-24 a 25-32. Snažte se při zapojování elektrody příliš nezaplést. Jako poslední zapojte končetinové elektrody a černou referenční elektrodu umístěte přibližně do geometrického těžiště rozmístění ostatních hrudních elektrod. Výsledné umístění a zapojení elektrod je zřejmé z Obr. 8.



Obr. 8: Vyšetřovaná osoba s nalepenými a zapojenými elektrodami.

7.3.5 Aktivace zařízení ProCardio 8

Zkontrolujte, zda je ProCardio připojeno pomocí optického USB kabelu k PC. Dále je třeba zkontrolovat, zda není vybitý akumulátor zařízení ProCardio. Pokud je akumulátor vybitý, nahraďte jej náhradním akumulátorem a vybitý akumulátor nechte nabíjet dodaným adaptérem. Na jedno nabití by měl akumulátor vydržet na cca 8h provozu zařízení. Zapnutí zařízení provede stiskem červeného tlačítka na předním panelu. Windows by měly detekovat nové zařízení (FTDI virtuální sériový port). Červená LED by měla svítit, zelená by měla poblikávat (při přenosu dat)



Obr. 9: Označení indikačních LED na čelním panelu ProCardio8.

7.3.6 Spuštění akvizičního software ProCardio

Spuštění akvizičního software ProCardio provede pomocí odkazu umístěného na ploše. Po chvíli dojde k zobrazení okna příkazové řádky a následně se otevře hlavní okno aplikace ProCardio (Obr. 10)



Obr. 10: Hlavní okno aplikace ProCardio.

7.3.7 Registrace pacienta

Nejprve je třeba založit novou kartu pacienta, což provedeme přes menu PATIENT/NEW, následně se zobrazí okno (Obr. 11), kde uvedeme informace získané od vyšetřované osoby.

- Do Identification number lze vyplnit libovolné číslo
- Datum narození je třeba zadat ve formátu dd/mm/yyyy, s jiným formátem si software neporadí
- Do Personal ID lze opět vyplnit cokoliv
- Antropometrické údaje není třeba vyplňovat

Kliknutím na tlačítko **SAVE** dojde k vytvoření karty pacienta a současně k uložení souboru do vytvořené složky PATIENTS. Kartu pacienta je nyní možné zavřít.

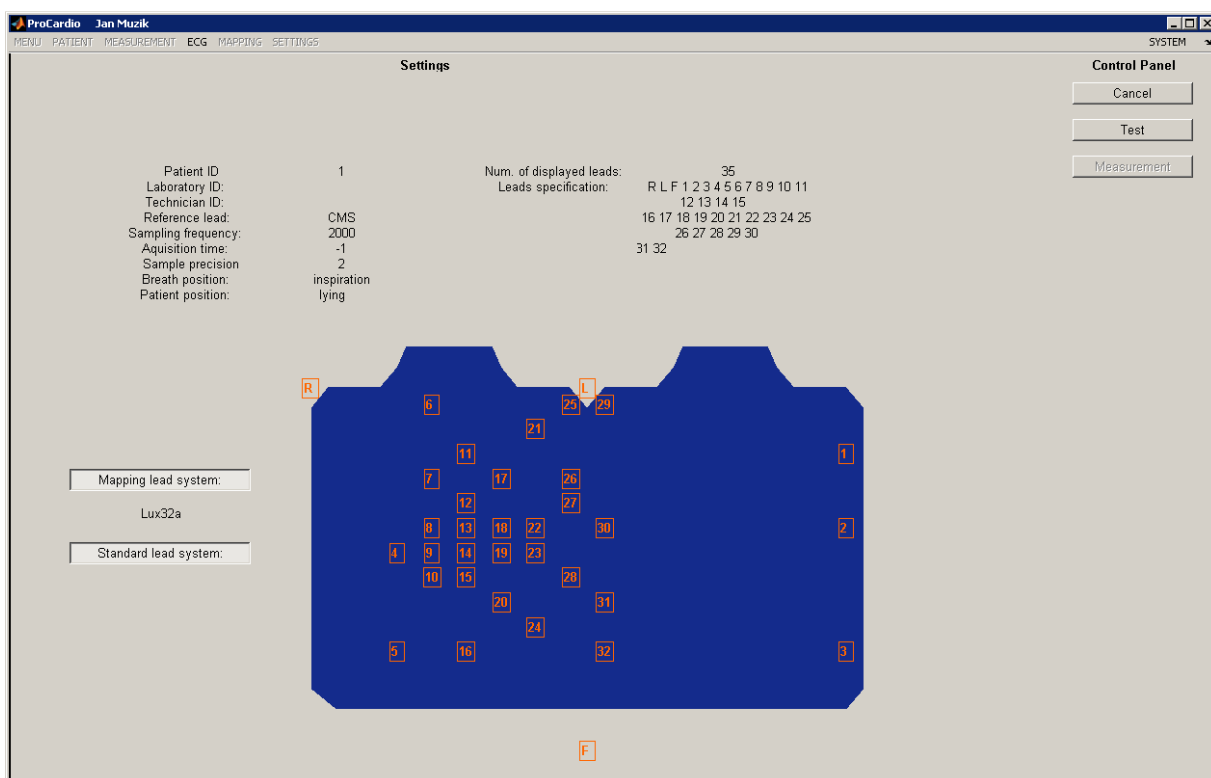
The screenshot shows a window titled "Patient registration" with a light gray background. The form is organized into several sections:

- Identification number:** A text box containing the number "1".
- Sex:** A vertical box containing two radio buttons: "Female" (unselected) and "Male" (selected).
- Date of birth:** A text box containing "18/10/1977".
- Personal ID:** A text box containing "123".
- Name fields:** Three text boxes: "Last name" (Muzik), "First name" (Jan), and "Title" (Ing).
- Address:** A section containing three text boxes: "Street" (Krenicka 31), "City / State" (Praha 10), and "Zip Code" (100000).
- Antropometric specifications:** A section containing six text boxes: "Height cm" (180), "Weight kg" (81), "Chest circ. cm" (|), "Chest lenght cm" (empty), and "Waist circ. cm" (empty).
- Remark:** A large, empty text area with a vertical scrollbar.
- Buttons:** Two buttons at the bottom: "CANCEL" and "SAVE".

Obr. 11: Okno pro vytvoření karty pacienta.

7.3.8 Kalibrace zařízení

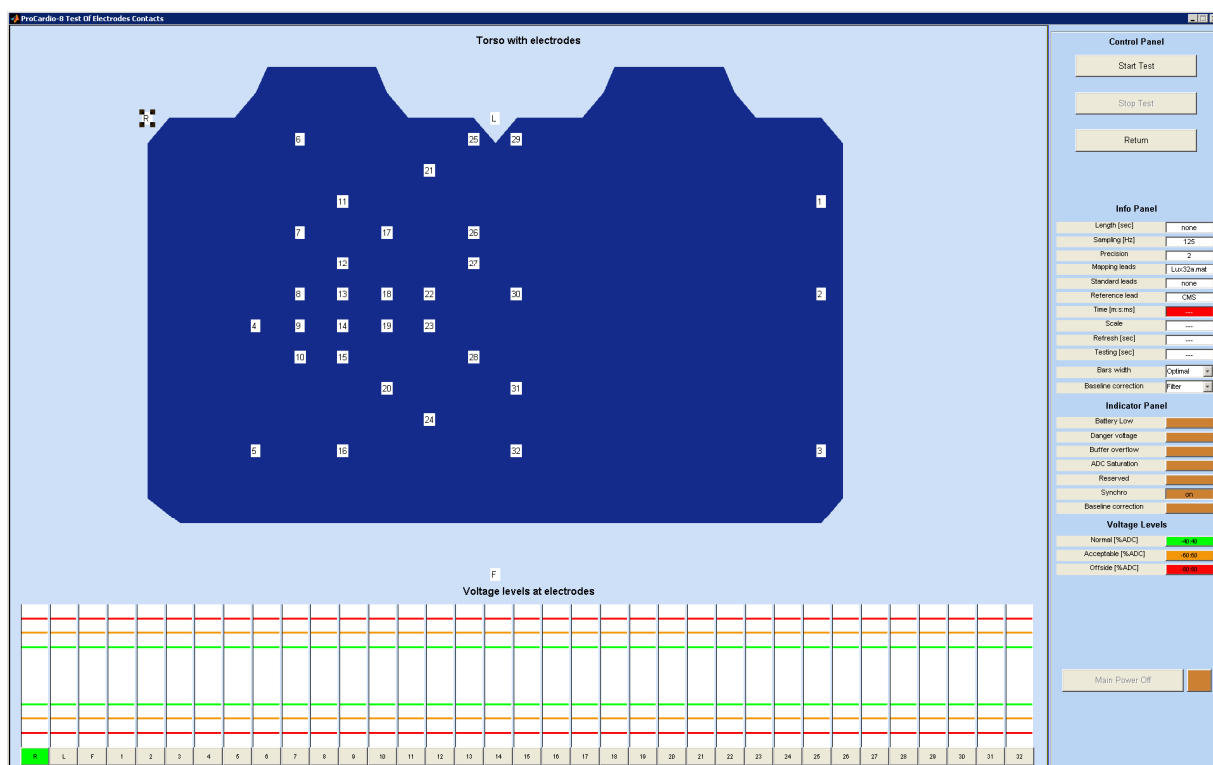
Pořízení nového záznamu je možno provést přes menu MEASUREMENT/Registereg patient. Následně je třeba vybrat soubor pacienta, jehož záznam bude prováděn. Následně dojde k zobrazení následujícího okna, které je ukázáno na Obr. 12. Stiskem tlačítka **Test** dojde k zobrazení oka pro kontrolu kvality připojení elektrod.



Obr. 12: Informace o aktuálním nastavení měření.

7.3.9 Kontrola impedance elektrod

Zde je důležitý indikátor offsetu jednotlivých elektrod ve spodní části okna. Pokud je elektroda dobře připojená, indikátor by se měl pohybovat v zelené části rozsahu. Pokud tomu tak není, pokusíme se odpovídající elektrodu přimáchnout, případně místo očistit a nelapit elektrodu novou.

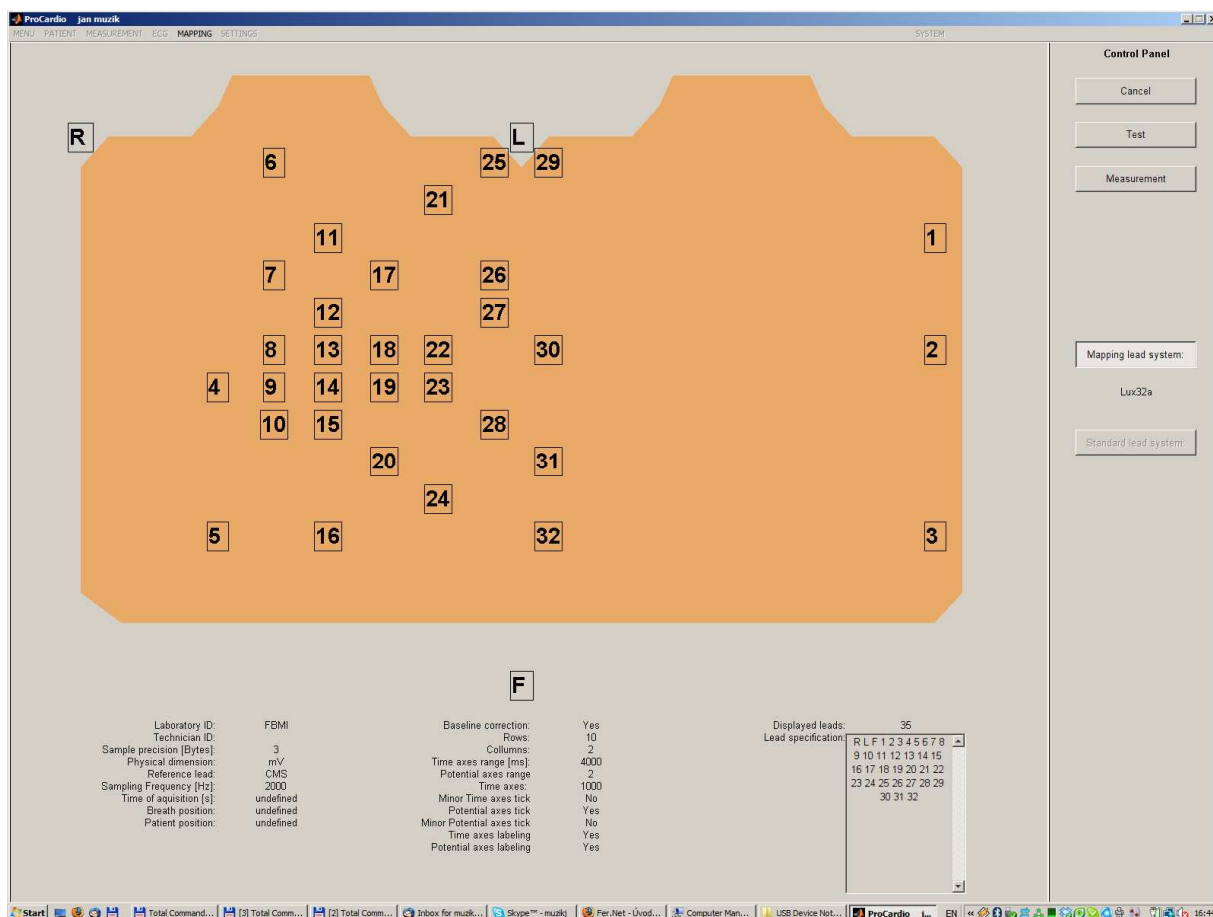


Obr. 13: Kalibrace signálu.

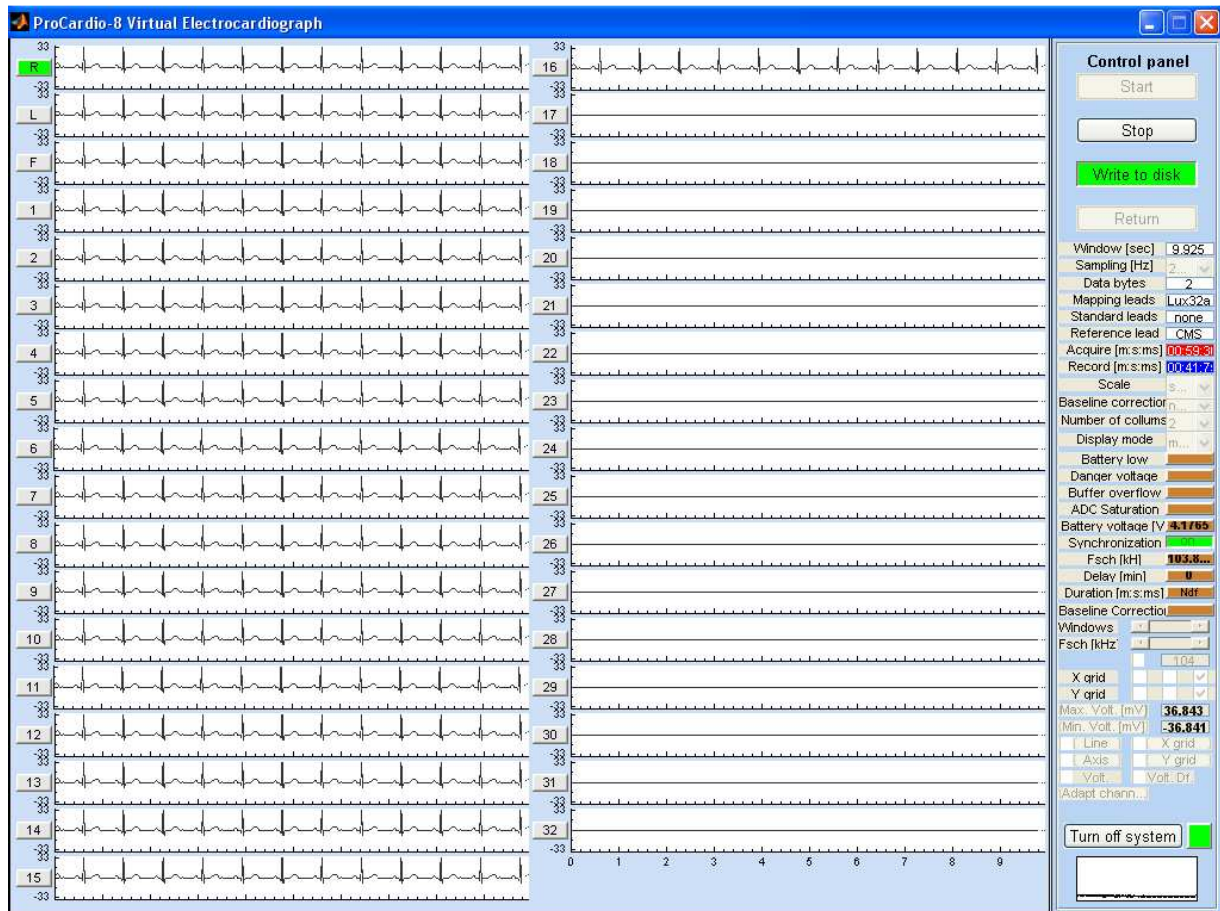
V momentě, kdy jsou všechny elektrody dobře připojené, spustíme kalibraci zařízení stiskem tlačítka **Start Test**. Následně necháme nahrát cca 15s záznamu (10s je minimum) a stiskem **Return** se vrátíme do předchozího okna. V případě, že kalibrace proběhla v pořádku, je nyní povolené tlačítko **Measurement**.

7.3.10 Záznam signálu

Kliknutím na tlačítko **Measurement** se otevře okno v režimu měření. Vlastní měření se spustí opětovným kliknutím na tlačítko **Measurement**. Zde se tlačítkem **Start** spustí vlastní záznam signálu. Data jsou do souboru zapisována pouze, pokud je zamáčknuté tlačítko **Write to disk**, jinak je pouze zobrazován časový průběh signálu pro vizuální kontrolu. Vzhledem k tomu, že cílem je zobrazení map pouze z jednoho srdečního cyklu, postačí zaznamenat pouze několik sekund, tak aby záznam obsahoval alespoň jeden srdeční cyklus s minimem artefaktů. Ve spodní části okna je zobrazován stupeň zaplnění bufferu. K zaplnění bufferu by nemělo dojít, pokud k němu dochází, znamená to, že procesor nestíhá zpracovávat přijímaná data.



Obr. 14: Okno před začátkem záznamu signálu.

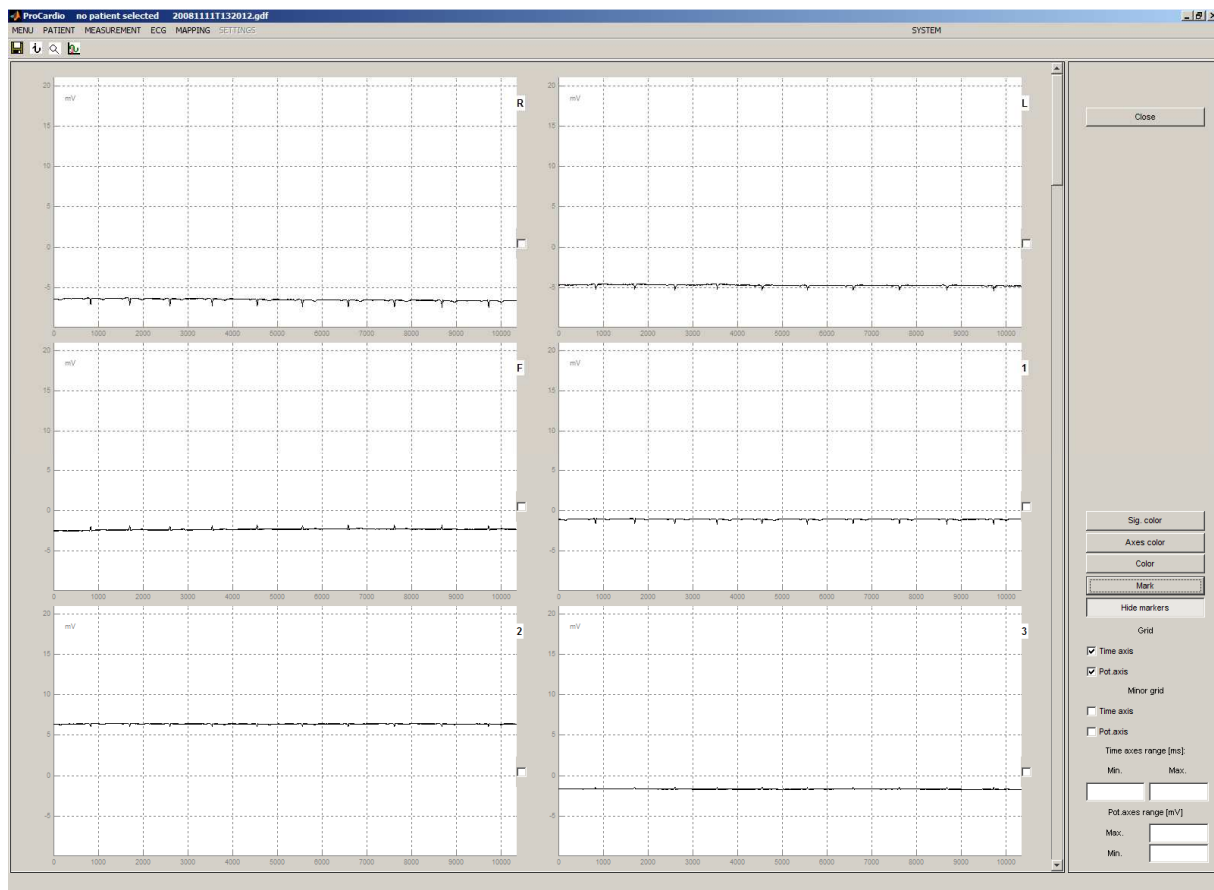


Obr. 15: Okno záznamu signálu

Tlačítkem **Stop** zastaví záznam signálu, poté je možné okno zavřít stisknutím tlačítka **Return**.

7.3.11 Generování map

Zaznamenané signály je možné nyní zobrazit přes menu ECG/View ECG/Raw ECG (Obr. 16).

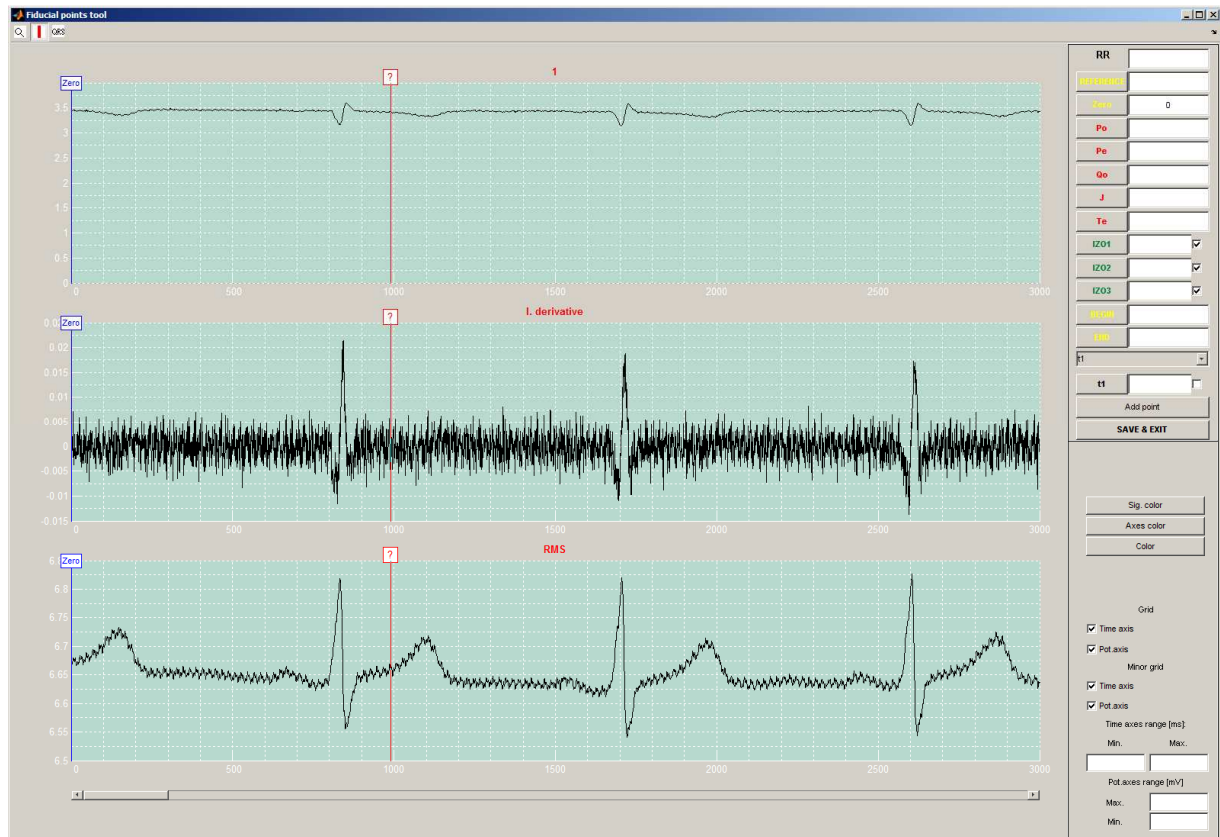


Obr. 16: Nezpracované naměřené EKG.

Následně je třeba přepočítat znamenané signály na reálné potenciály. To se provede opět přes menu ECG/ECG processing/Measured channels to leads conversion. Následně je třeba vybrat adresář, kam budou přepočítané signály uloženy. Je možné zvolit adresář, v němž jsou uloženy ostatní data vyšetřované osoby. Přepočítaný soubor bude mít příponu .E1.

Dalším krokem je filtrace signálu, která odstraní vysokofrekvenční rušení v signálu. Funkce je dostupná přes menu ECG/ECG processing/Filtering/Pipberger low pas filtering.

Dále je třeba určit počáteční bod srdečního cyklu (Fiducial point). To lze provést opět z menu ECG/ECG Processing-Fiducial point. Následně se zobrazí okno s výběrem kanálu, podle kterého bude počáteční bod určován. Vhodnou volbou je např. kanál 1 (R). Zobrazí se následující okno (Obr. 17).



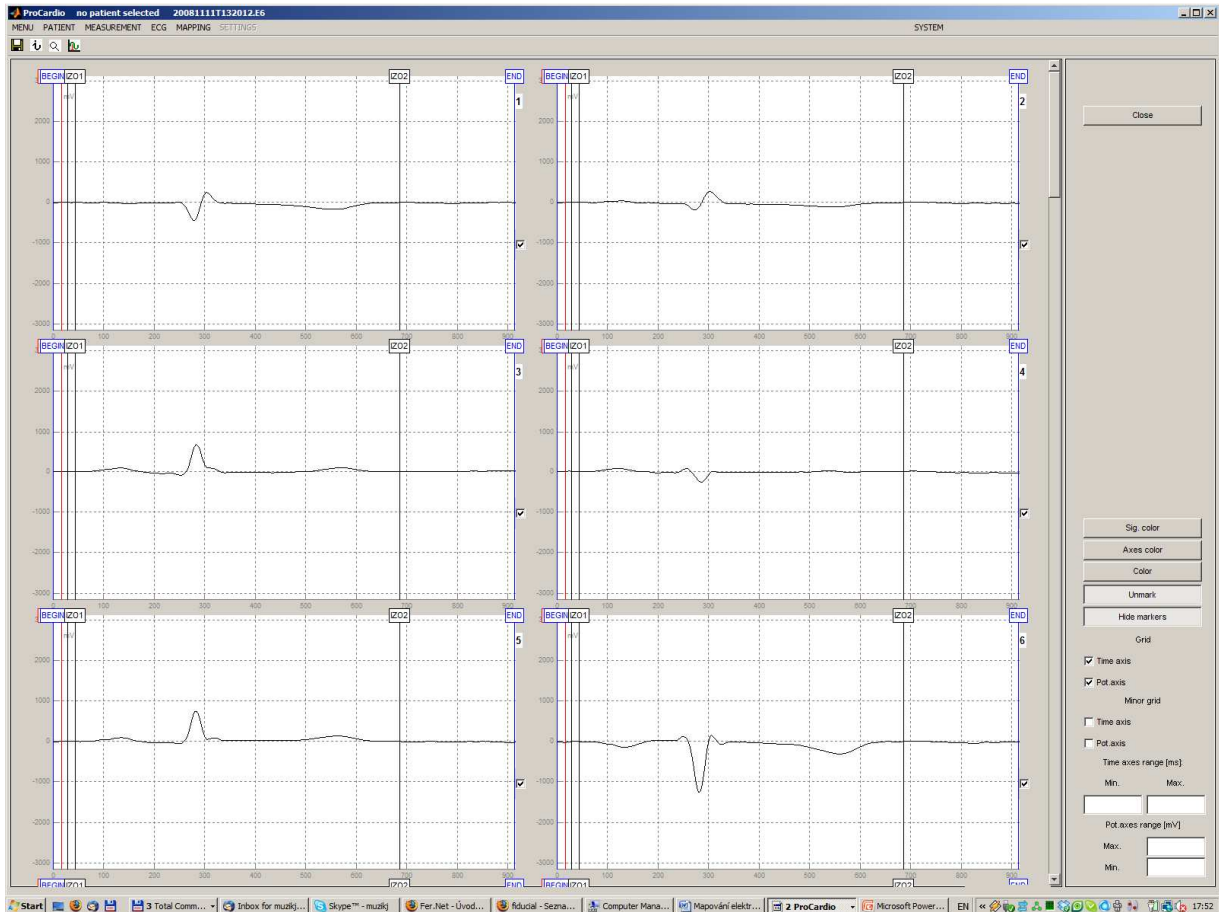
Obr. 17: Okno pro označení významných bodů srdečního cyklu.

Výběr počátečního bodů se provede tak, že se tažením myši přesune marker označený [?] před začátek P vlny a klikne se na tlačítko **Zero**. Stejný bod bude označovat I začátek srdečního cyklu BEGIN. Konec srdečního cyklu bude před začátkem následující P vlny.

V tomto okně je možné rovněž označit další významné body v srdečním cyklu. Jedná se o nulové body pro výpočet izolinie IZO1 – IZO3 a body na jednotlivých vlnách.

Po označení všech bodů je možno pokračovat stiskem tlačítka **SAVE & EXIT**. Opět je třeba vybrat adresář, do něž bude uložen pracovní soubor.

Následně je třeba odečíst offsety elektrod, což se provede odečtení interpolované izolinie. Tato funkce je dostupná z menu pod položkou ECG/ECG processing/Beasline correction/2 point.

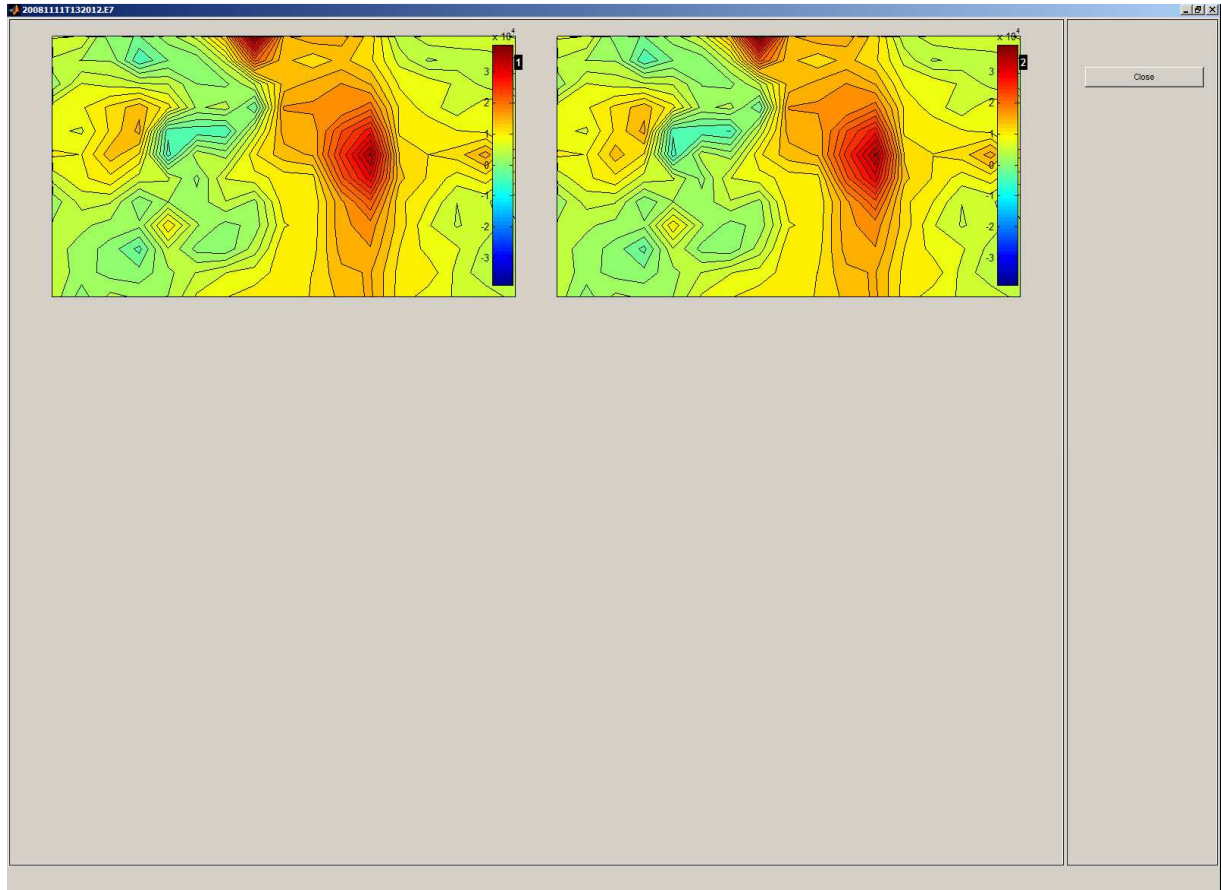


Obr. 18: Filtrovaný signál s odečtenou izolinií.

Posledním krokem je vlastní zobrazení map. To provedeme z menu MAPPING/ECG mapping/From Zero point. Následně je třeba zadat délku srdečního cyklu a počet map. Délku srdečního cyklu zjistíte odečtením časů BEGIN a END a počet map bude dle zadání 40.

Obr. 19: Výběr intervalu pro zobrazení map.

Další možností je zobrazit mapy z bodů, které byly označeny na EKG křivce (From fiducial points). Výsledek může vypadat podobně, jak je to zobrazeno na Obr. 20.



Obr. 20: Okno pro zobrazení potenciálových map.

J. Kadanec, J. Zelinka, G. Bukor and M. Tysler, "ProCardio 8 — System for high resolution ECG mapping," 2017 11th International Conference on Measurement, Smolenice, Slovakia, 2017, pp. 263-266, doi: 10.23919/MEASUREMENT.2017.7983586.

P. Kneppo, M. Tysler, V. Rosik and J. Zdinak, "Modular Measuring System for Assessment of the Thyroid Gland Functional State," 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China, 2005, pp. 6646-6649, doi: 10.1109/IEMBS.2005.1616026.

Příloha 1

Instalace programu ProCardio:

Instalace a spuštění kompilované aplikace ProCardio

Verze: 8.0

Celá instalační verze programu ProCardio 8.0 je dodávána jako programový balík uložený v archívním souboru **ProCardio_YYMMDD.rar** v komprimované formě, kde YY, MM, DD je rok měsíc a den vytvoření archívního souboru. Kromě úspory místa je tím dosaženo i to, že dodávané soubory nejsou po rozbalení označeny jako „jen na čtení“ (read only), což by vadilo při spuštění programu.

Instalace programu:

1. Adresář **ProCardio** uložený v archívním souboru extrahujte na disk (na uživatelem požadované místo, např. do adresáře Program Files). Adresář ProCardio má podadresáře:
 - **Manuals** - obsahuje přiloženou dokumentaci,
 - **PATIENTS** – obsahuje podadresáře s daty jednotlivých měřených pacientů,
 - **Programs** – obsahuje programy aplikace ProCardio.
2. Nainstalujte *MCR knihovnu* (Matlab Components Runtime) verze 7.7, která se nachází v podadresáři **ProCardio/Programs/Install** spuštěním instalátoru **MCRInstaller.exe**. Během procesu instalace budete žádáni o specifikaci cílového adresáře, kam má být MCR knihovna nainstalovaná. Ponechte nabídnutou možnost, nebo zadejte vlastní cestu, např. **C:\MCR**. Doba instalace závisí na mnohých faktorech a může trvat i několik minut. Pokud jste na vašem počítači už pracovali s programy v Matlabu, je možné, že knihovnu už máte instalovanou. V takovém případě vám instalátor nejdříve nabídne odinstalování nebo opravu původní knihovny.
3. Nainstalujte knihovnu *FTD2XX* na ovládání měřicí jednotky přes USB port, která se nachází také v podadresáři **ProCardio/Programs/Install**, spuštěním instalátoru **CDM 2.02.04.exe**.

Spuštění programu:

Program ProCardio spustíte kliknutím na soubor **ProCardio.exe**, který je v podadresáři **ProCardio\Programs**.

***Poznámka:** Při prvním spuštění programu, které trvá o trochu déle, se v podadresáři s programem ProCardio.exe vytvoří další pracovní podadresář s názvem **ProCardio_mcr**. Pokud byste chtěli váš adresář ProCardio v počítači přemístit, musíte tento podadresář vždy vymazat, jinak vám program nebude fungovat.*