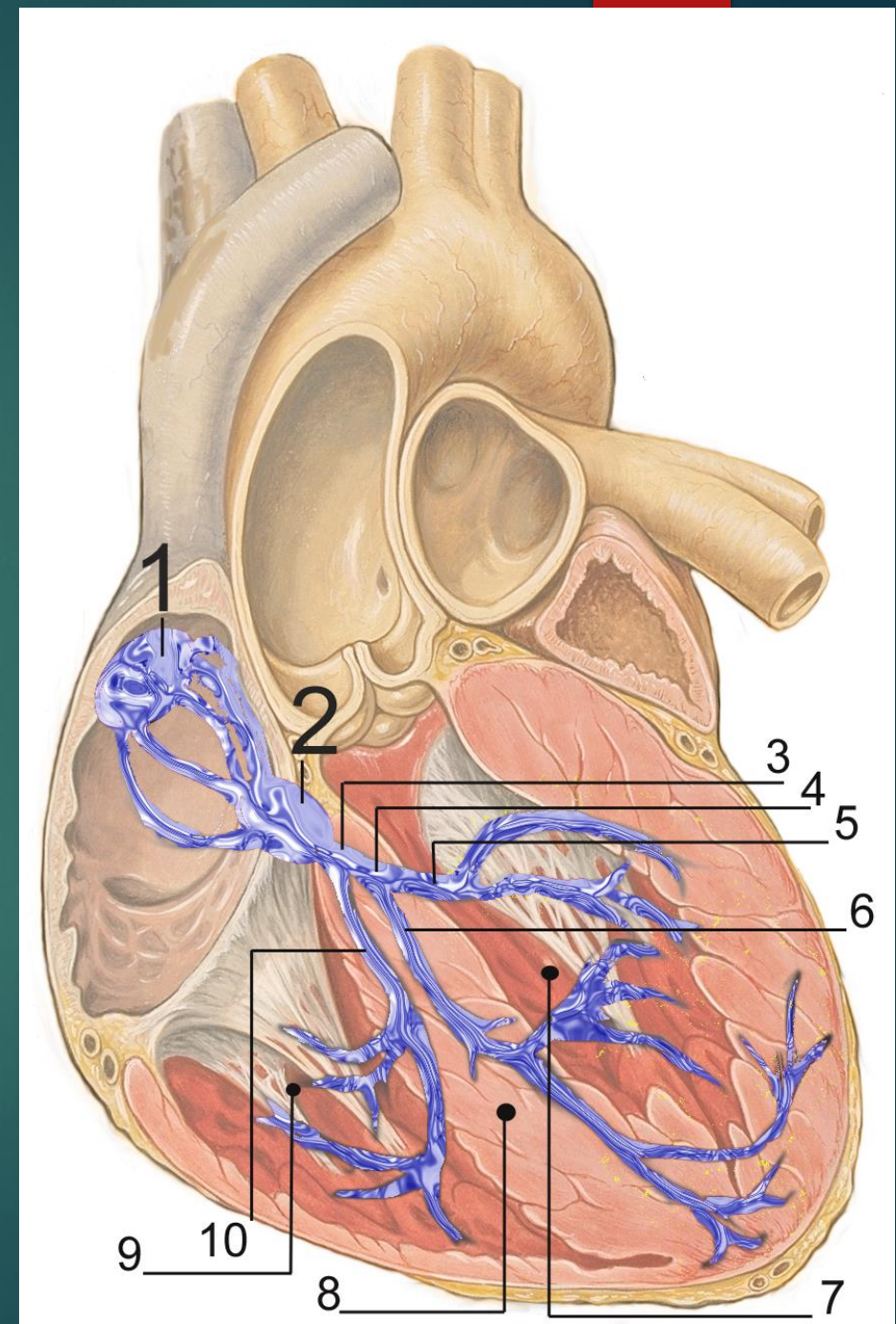


Cvičení z fyziologie

X. ELEKTROKARDIOGRAFIE

Elektrofyzilogie srdce

- ▶ Kardiomyocyty - funkční synticium, zákon vše nebo nic
 - ▶ Pracovní
 - ▶ Převodní – P(pacemaker)-buňky a T(transitional)-buňky
 - ▶ Nodus sinoatrialis, 60-100/min
 - ▶ Internodální síňové spoje (Thorelův, Wenkebachův, Jamesův a Bachmanův)
 - ▶ Nodus atrioventricularis, 40-65/min, nodální zdržení asi 100ms
 - ▶ Hisův svazek, 25-40/min
 - ▶ Tawarova raménka, 25-40/min
 - ▶ Pravé
 - ▶ Levé
 - ▶ Levý přední fasciculus
 - ▶ Levý zadní fasciculus
 - ▶ Purkyňova vlákna, 25-40/min
 - ▶ **GRADIENT SRDEČNÍ AUTOMACIE**



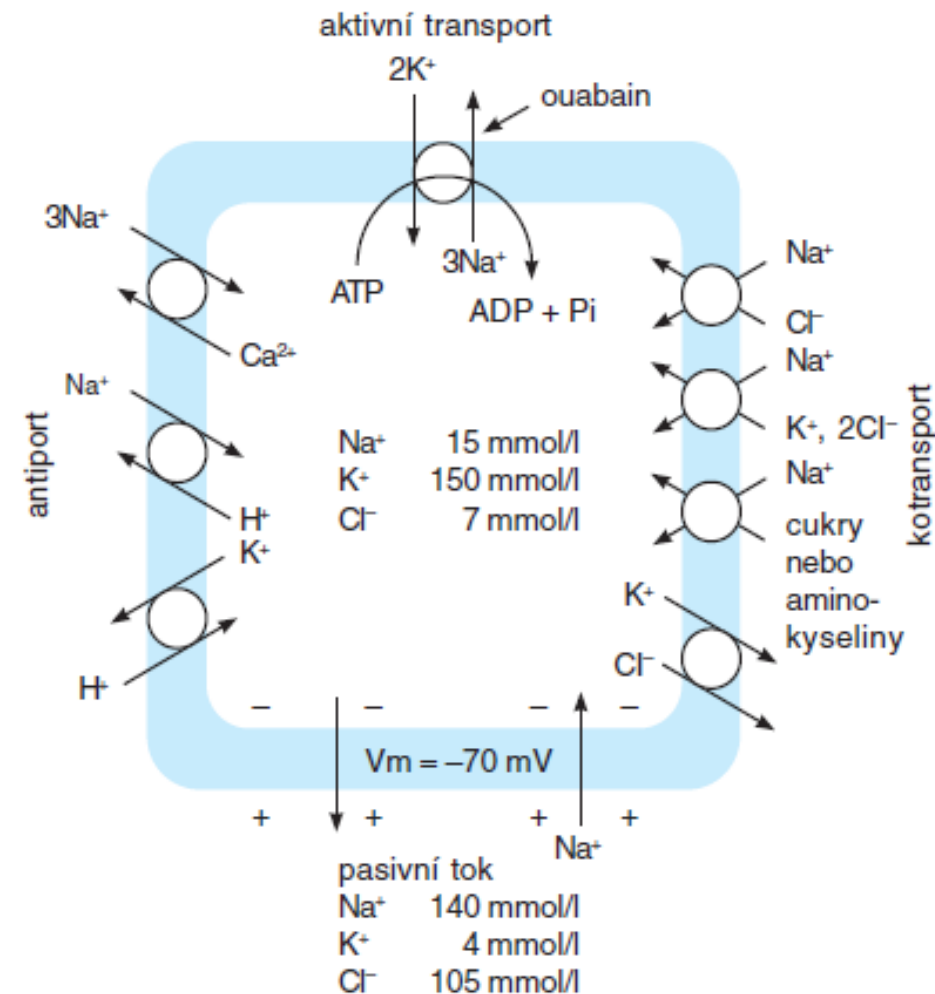
Klidový membránový potenciál

- ▶ V klidu membrána propustná pro K^+
- ▶ Intracelulárně vázaný – náboj bílkovin
- ▶ Koncentrační + elektrický gradient
- ▶ Elektrogenní Na^+/K^+ ATPáza
- ▶ Neuron $-60-70mV$
- ▶ Srdce $-80-90mV$

Tab. 1-2. Koncentrace některých iontů uvnitř a vně savčích míšních motorických nervů

Iont	Koncentrace (mmol/l H_2O)		Rovnovážný potenciál (mV)
	Uvnitř buňky	Vně buňky	
Na^+	15	150	+60
K^+	150	5,5	-90
Cl^-	9	125	-70

Klidový membránový potenciál = $-70 mV$



Obr. 1-33. Schéma nejdůležitějších sekundárních důsledků aktivního transportu Na^+ a K^+ . Na^+-K^+ ATPáza přeměňuje chemickou energii hydrolyzou ATP a tím zachovává gradient pro Na^+ směřující dovnitř a gradient pro K^+ směřující ven. Energie těchto gradientů se použije pro antiporty, kotransport a pro udržení membránového potenciálu. (Se svolením reprodukováno z SKOU, JC. *The Na-K pump*. News Physiol Sci, 1992, 7, 95.)

AP pracovního myokardu a T-buněk

▶ Fáze:

▶ Rychlá depolarizace: práh = -65mV , overshoot až $+40\text{mV}$

▶ I_{Na}

▶ Počáteční rychlá repolarizace

▶ I_{to}

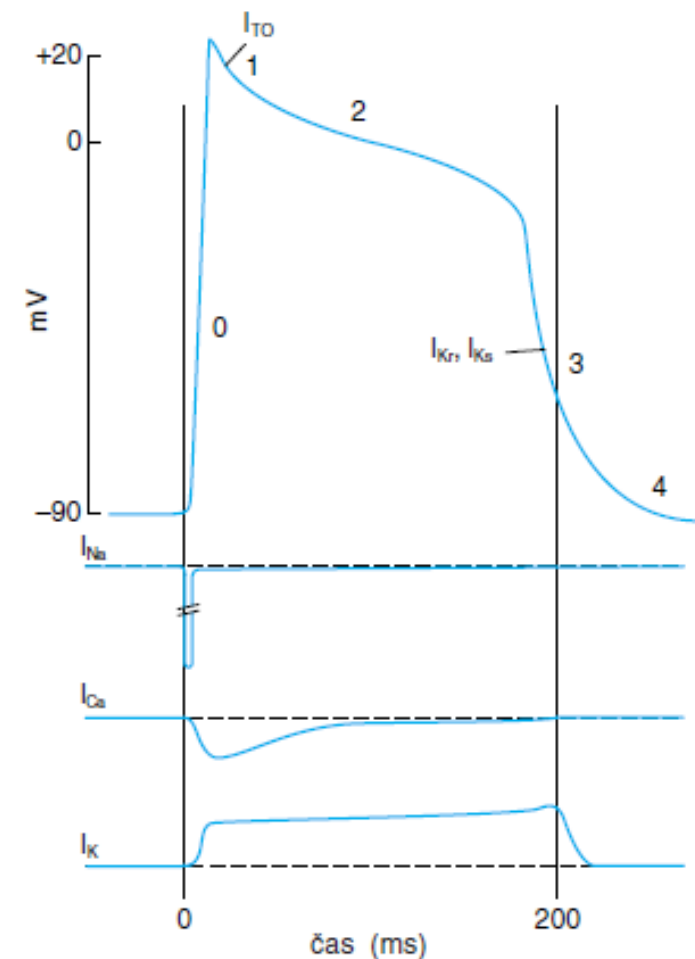
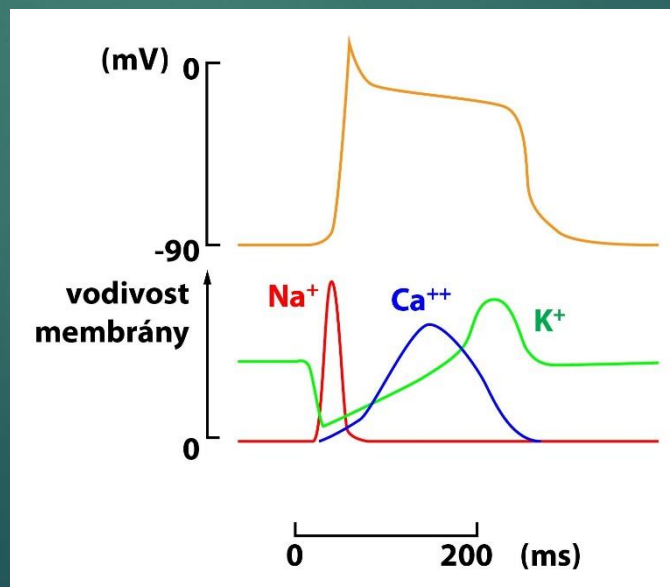
▶ Fáze plateau (plató)

▶ I_{CaL} a I_{NaCa} / I_{K} a I_{K1}

▶ Terminální rychlá repolarizace

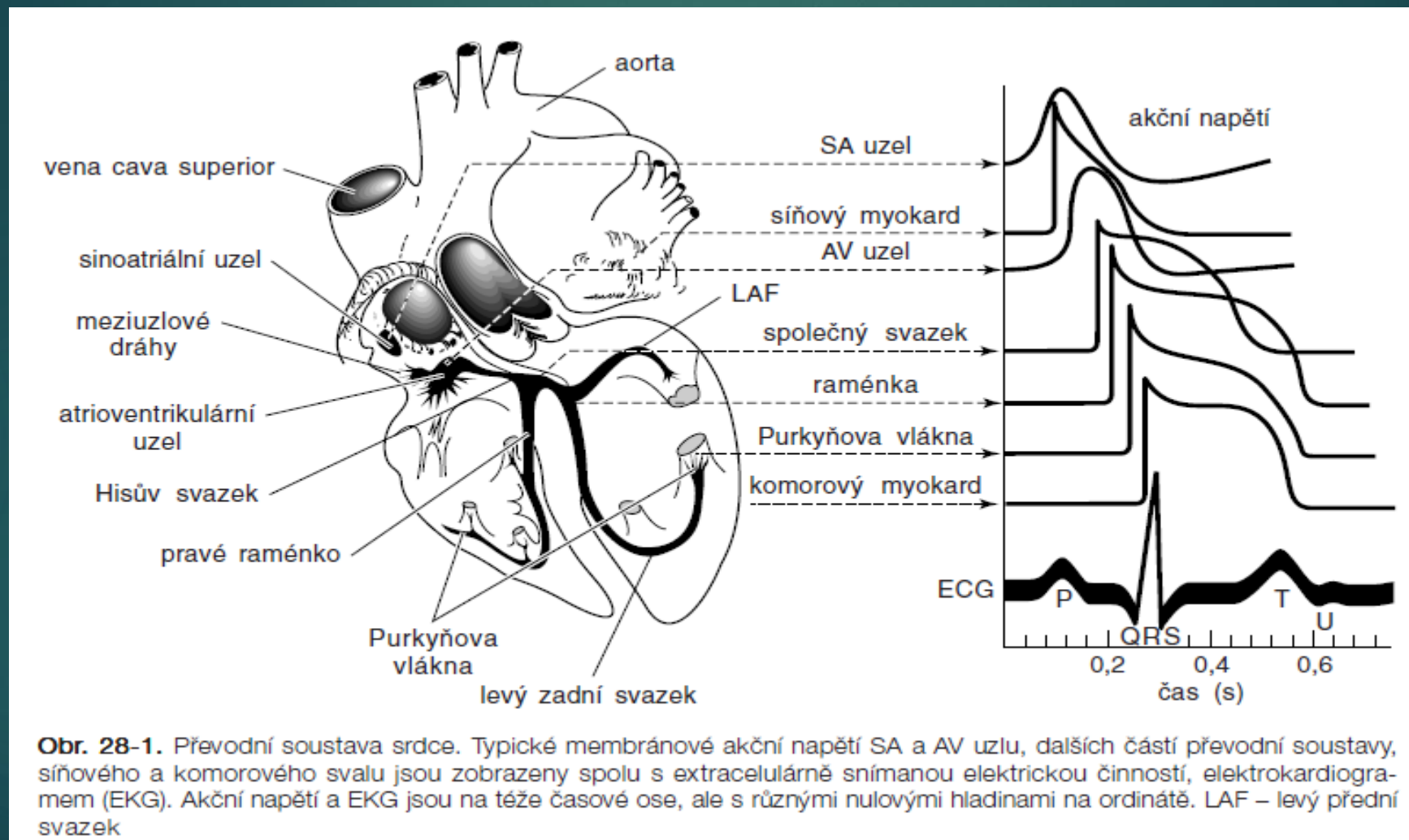
+ hyperpolarizace

▶ I_{K} a I_{K1}



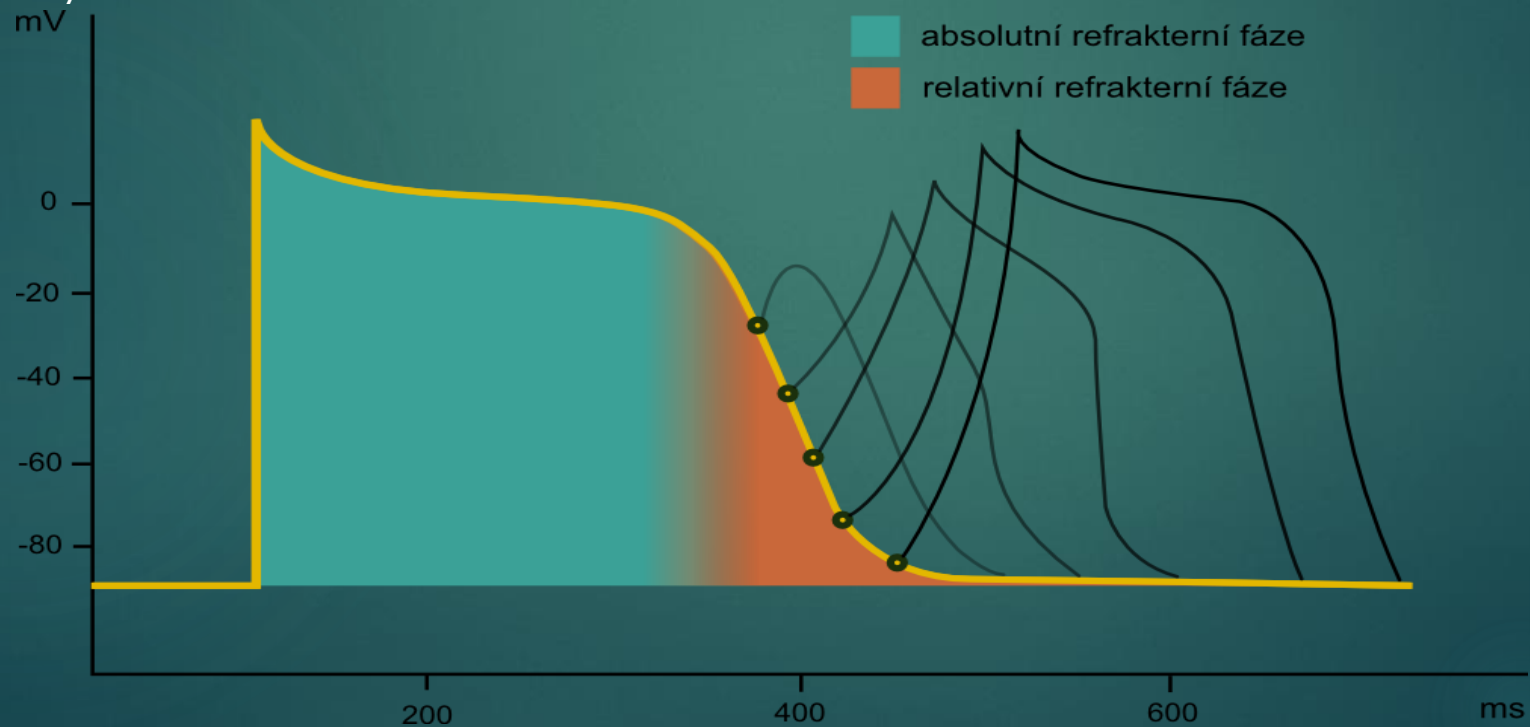
Obr. 3-15. Nahoře: Fáze akčního potenciálu vlákna srdečního svalu a odpovídající změny ve vodivosti membrány pro jednotlivé ionty. 0 – depolarizace, 1 – iniciální rychlá repolarizace, 2 – fáze plató, 3 – pozdní rychlá repolarizace, 4 – klidový potenciál. **Dole:** Schematické znázornění Na^+ , Ca^{2+} a výsledného K^+ proudu v průběhu akčního potenciálu. Proudů do buňky dolů, z buňky nahoru. Jednotlivé K^+ proudy, z nichž se skládá výsledný K^+ proud u člověka, a přibližná místa, kde přispívají, jsou označena na záznamu akčního potenciálu. Podrobnosti jsou uvedeny v textu

AP pracovního myokardu a T-buněk



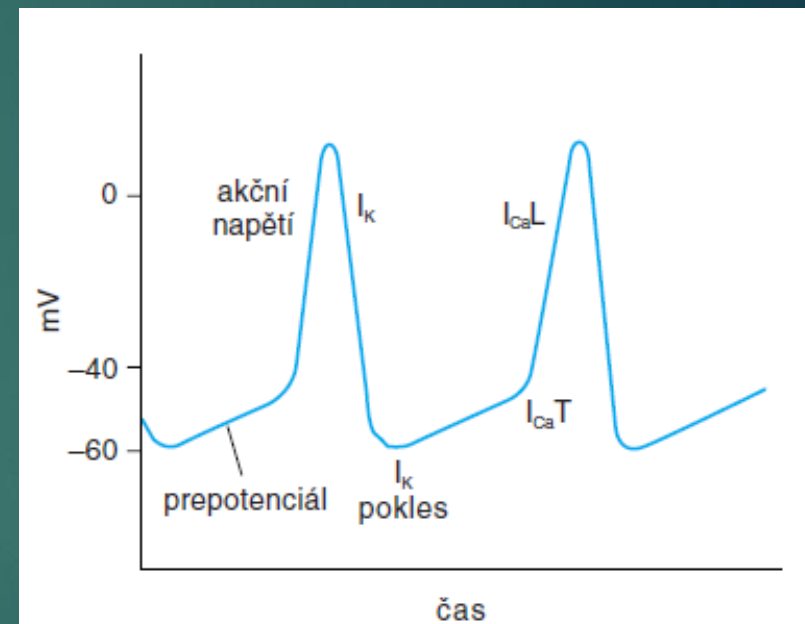
Refrakterní fáze

- ▶ Refrakternita – „neodpovídavost“ na podráždění
- ▶ Absolutní refrakterní fáze = počáteční rychlá repolarizace
- + fáze plateau – Na⁺ kanály jsou inaktivované – **brání časové sumaci + arytmiím**
- ▶ Relativní refrakterní fáze = terminální rychlá repolarizace a pozdní část fáze plateau – část Na⁺ kanálů je již zotavená z inaktivace, dostatečně velký podnět vyvolá AP



Nestabilní membránový potenciál – srdeční automatice

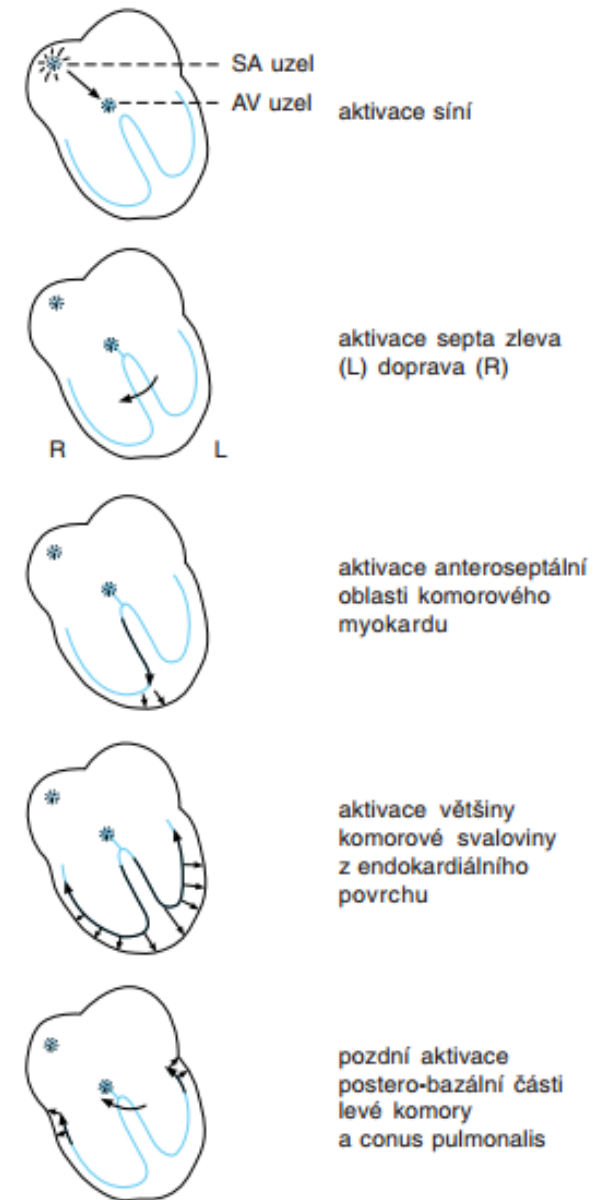
- ▶ Fáze:
 - ▶ Pomalá spontánní depolarizace
 - ▶ $I_f + I_{CaT}$
 - ▶ Rychlá depolarizace
 - ▶ I_{CaL}
 - ▶ Repolarizace
 - ▶ I_K
 - ▶ Hyperpolarizace
 - ▶ I_K
- ▶ Ovlivnění:
 - ▶ Sympatikus – urychlí pomalou depolarizaci
 - ▶ Parasympatikus – zpomalí pomalou depolarizaci



Obr. 28-2. Diagram membránového napětí v pacemakerové tkáni. Symboly dílčích proudů jsou vyznačeny u příslušných fází akčního napětí. L – »long lasting«, T – »transient«. Klidové membránové napětí pacemakerové tkáně je poněkud nižší než u myokardu síní a komor

Aktivace srdce

- ▶ Funkční synticium
- ▶ Z Purkyňových vláken na pracovní myokard
- ▶ Depolarizace od endokardu k epikardu
- ▶ Repolarizace od epikardu k endokardu
 - ▶ → svalovina epikardu repolarizuje dříve → kratší fáze plateau



Obr. 28-4. Normální šíření elektrické aktivity v srdci. (Převzato z GOLDMAN, MJ. *Principles of clinical electrocardiography*. 12th ed. Lange Medical Publications. Copyright© The McGraw-Hill Companies, Inc, 1986.)

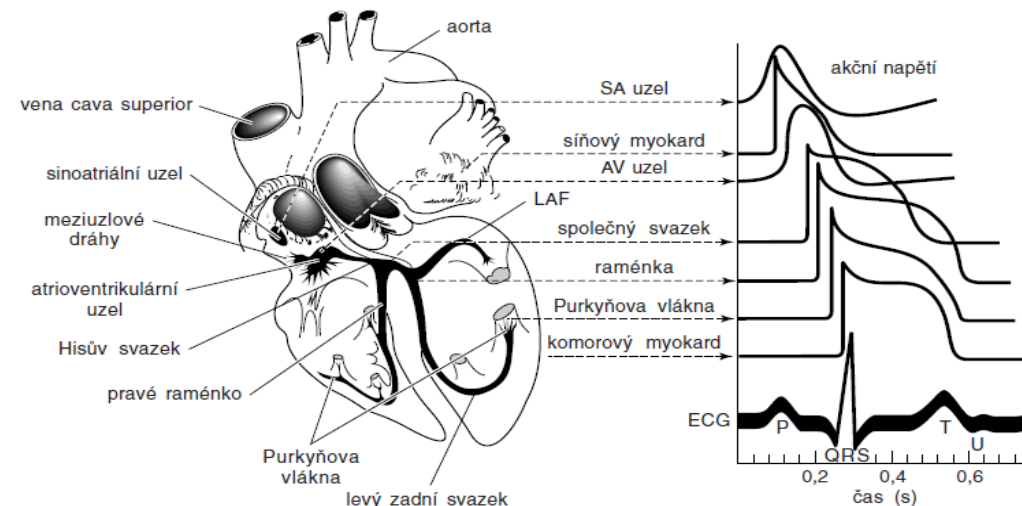
EKG

- ▶ Elektrokardiografii řadíme mezi základní neinvazivní vyšetření v kardiologii.
- ▶ Elektrodami zachycuje elektrické potenciály generované srdcem z povrchu těla.
- ▶ Napětí snímáme mezi dvěma elektrodami vytvářejícími svod.
- ▶ Svod:
 - ▶ Bipolární – spojení dvou aktivních elektrod
 - ▶ Unipolární – spojení aktivní elektrody s elektrodou indiferentní
- ▶ V průběhu de/repolarizační vlny šířící se myokardem vznikají dipóly – depolarizovaná tkáň -, klidově polarizovaná +
- ▶ Suma všech dipólů tvoří srdeční vektor – charakterizuje ho orientace (od – k +), velikost a směr

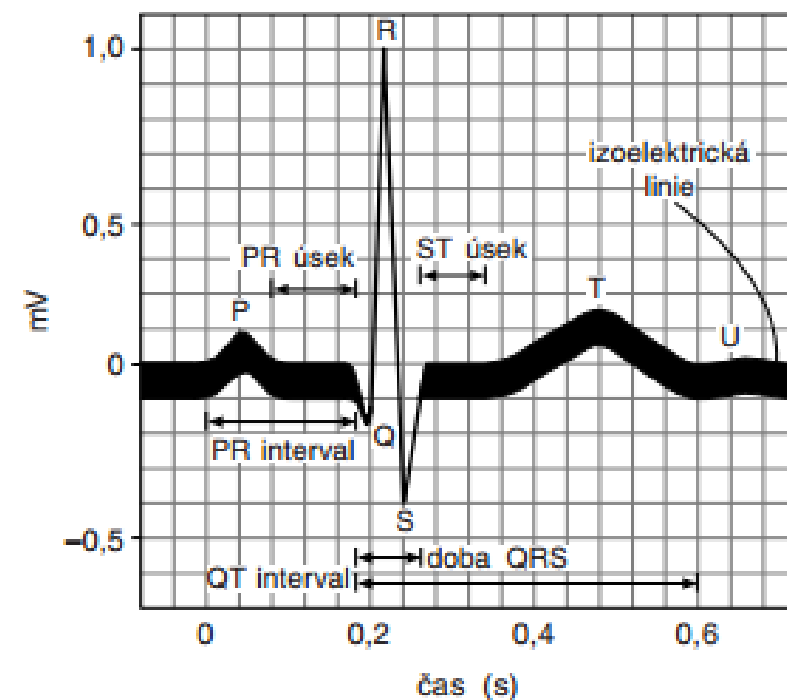
EKG křivka

► Popis:

- Vlna P – depolarizace síní
- Úsek PR – nodální zdržení
- Interval PR – šíření depolarizace v síních
- Komplex QRS - depolarizace komor + repolarizace síní
 - Kmit Q – depolarizace septa
 - Kmit R – depolarizace většiny komorového myokardu
 - Kmit S – depolarizace posterobazální části LK a conus pulmonalis
- Úsek ST – fáze plateau komor
- Vlna T – repolarizace komor
- QT interval – depolarizace a repolarizace komor



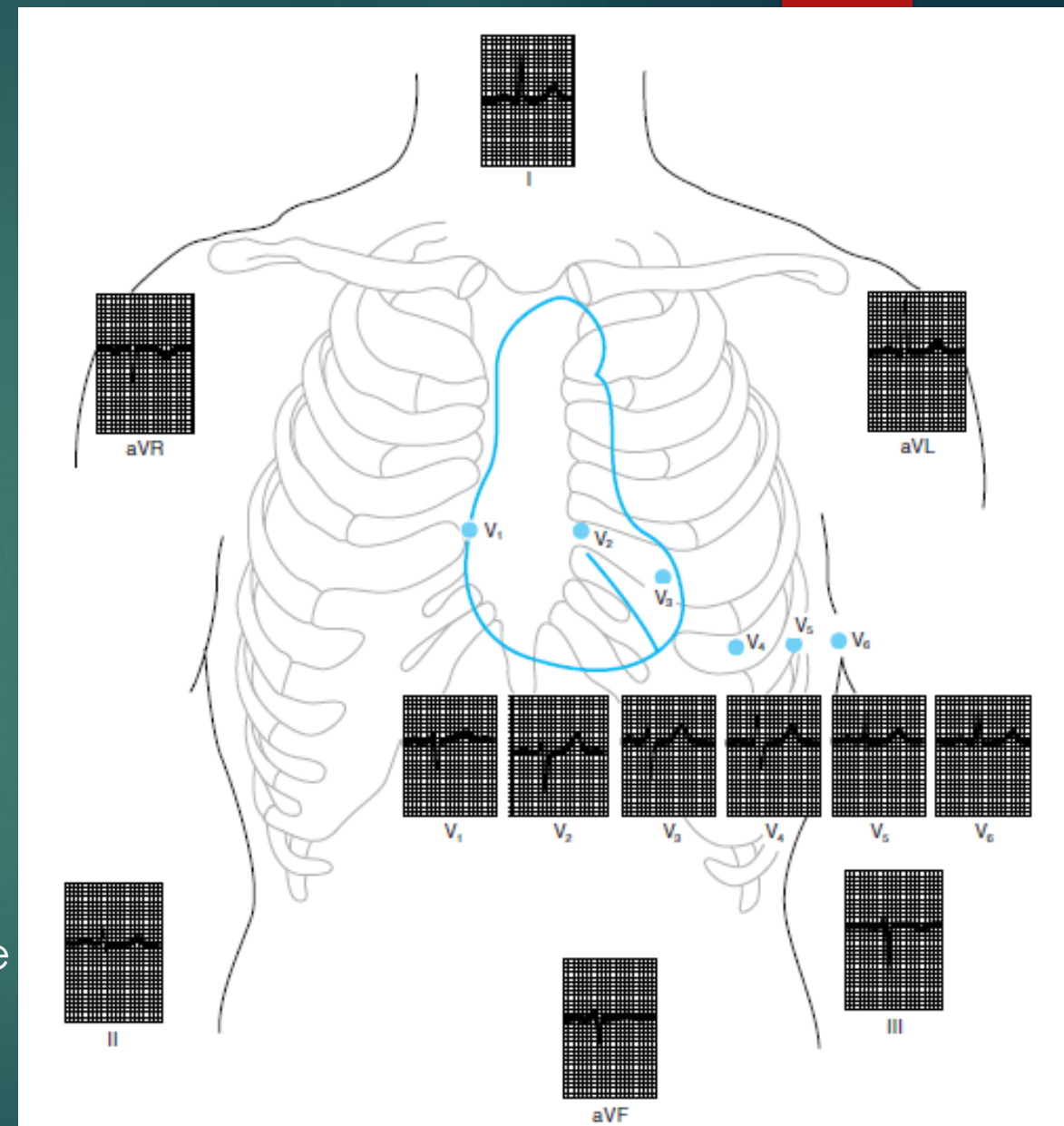
Obr. 28-1. Převodní soustava srdce. Typické membránové akční napětí SA a AV uzlu, dalších částí převodní soustavy, síňového a komorového svalu jsou zobrazeny spolu s extracelulárně snímanou elektrickou činností, elektrokardiogramem (EKG). Akční napětí a EKG jsou na téže časové ose, ale s různými nulovými hladinami na ordinátě. LAF – levý přední svazek



Obr. 28-5. Vlny, kmity a úseky na EKG křivce

Zapojení elektrod

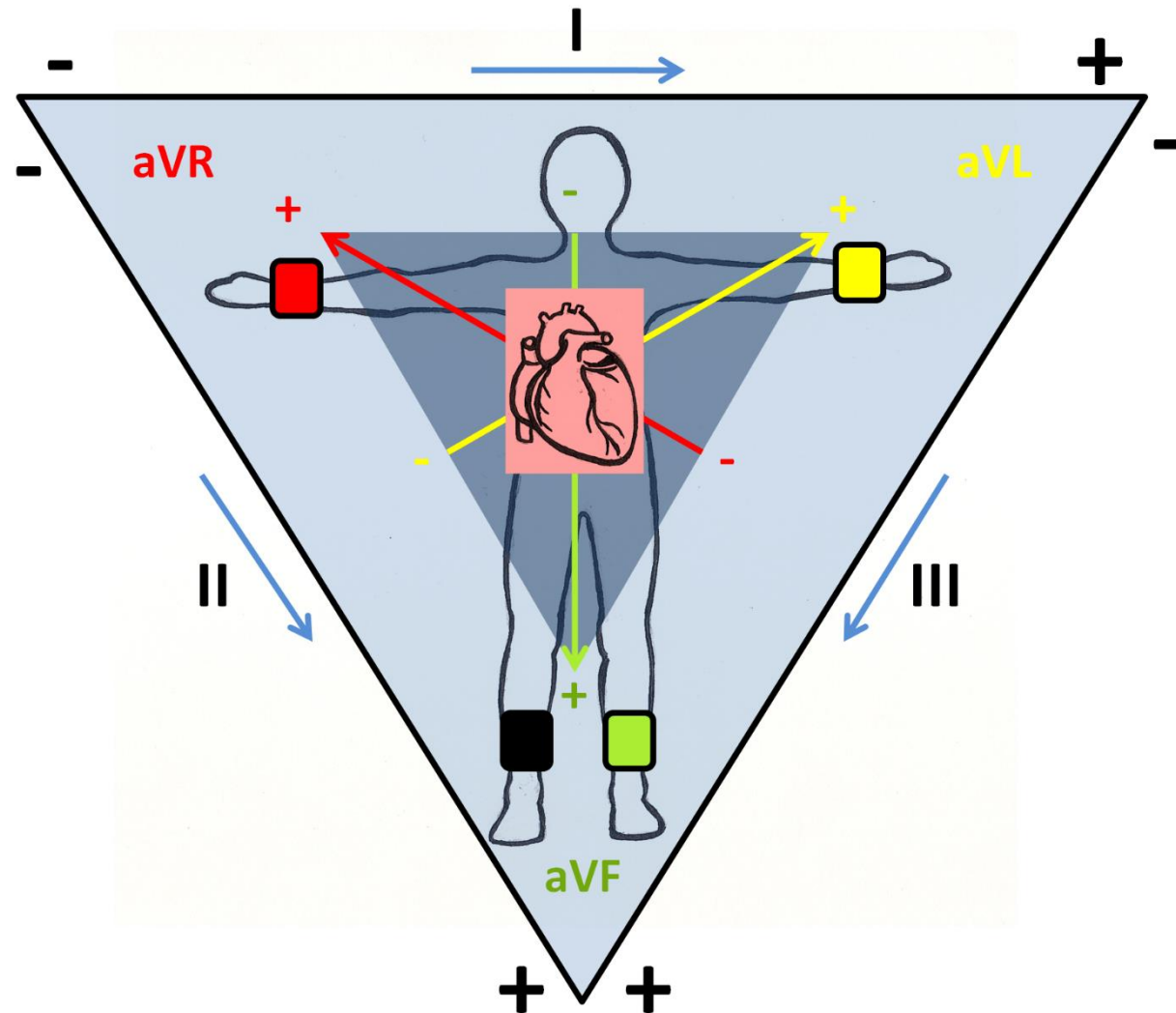
- ▶ Končetinové:
 - ▶ Červená – pravé zápěstí
 - ▶ Žlutá – levé zápěstí
 - ▶ Zelená – levá noha
 - ▶ Černá – pravá noha
- ▶ Hrudní:
 - ▶ V1 – 4.mezižebří parasternálně vpravo
 - ▶ V2 – 4. mezižebří parasternálně vlevo
 - ▶ V3 – mezi V2 a V4
 - ▶ V4 – 5. mezižebří v levé medioklavikulární čáře
 - ▶ V5 – 5. mezižebří v levé přední axilární čáře
 - ▶ V6 – 5. mezižebří v levé střední axilární čáře



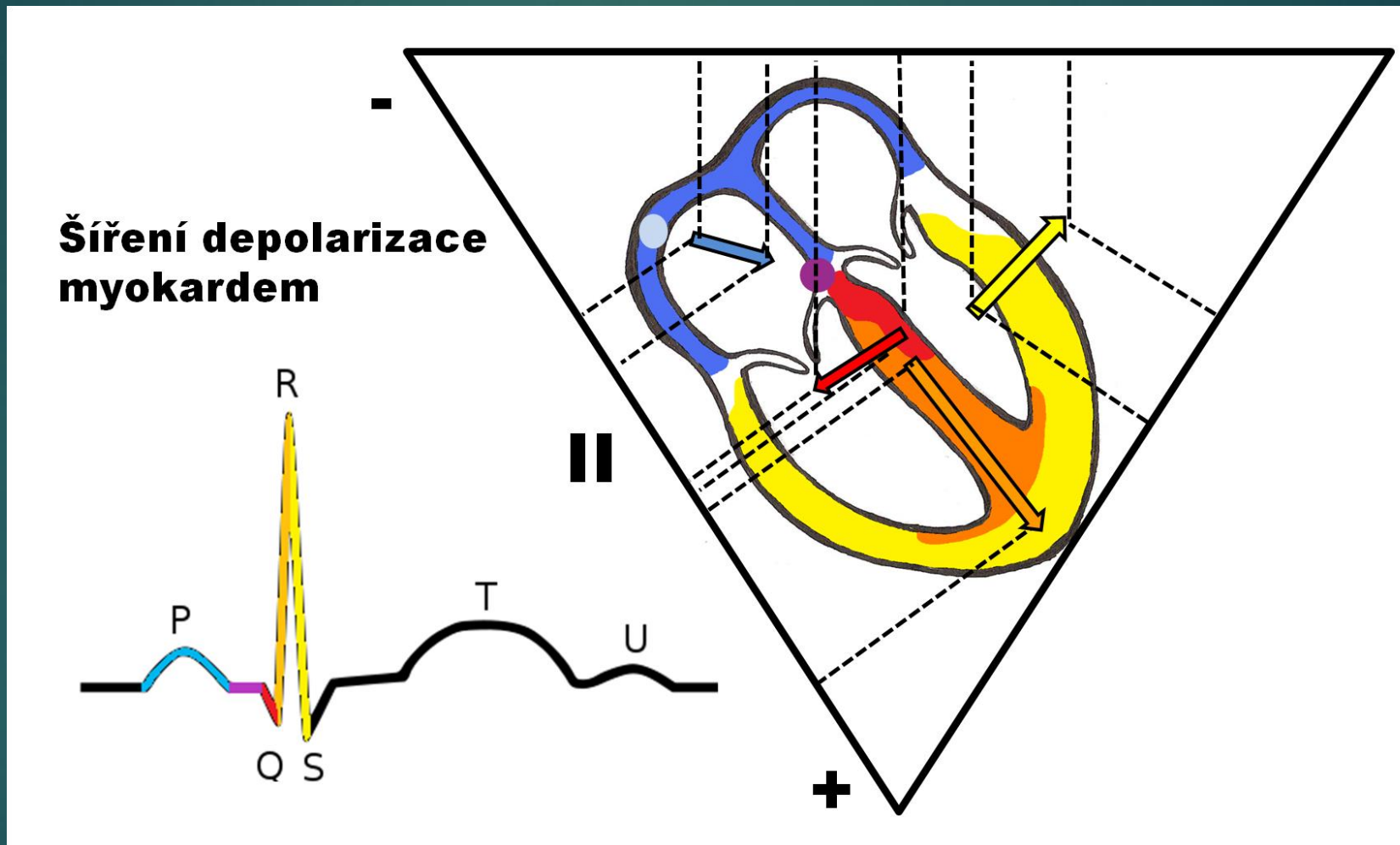
Obr. 28-7. Normální elektrokardiogram. (Převzato z GOLDMAN, M.J. *Principles of clinical electrocardiography*. 12th ed. Lange Medical Publications. Copyright© The McGraw-Hill Companies, Inc., 1986.)

12-svodové EKG

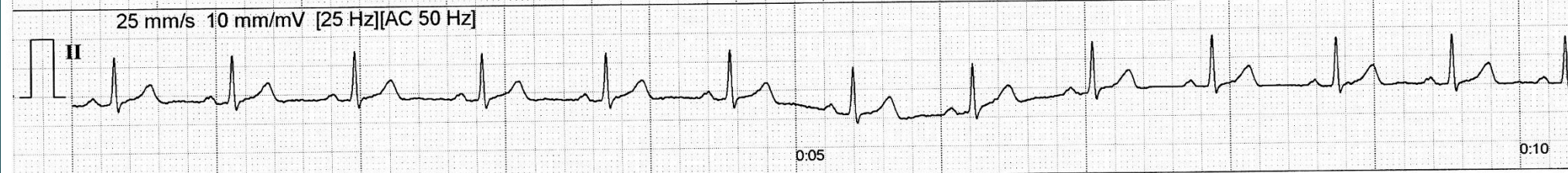
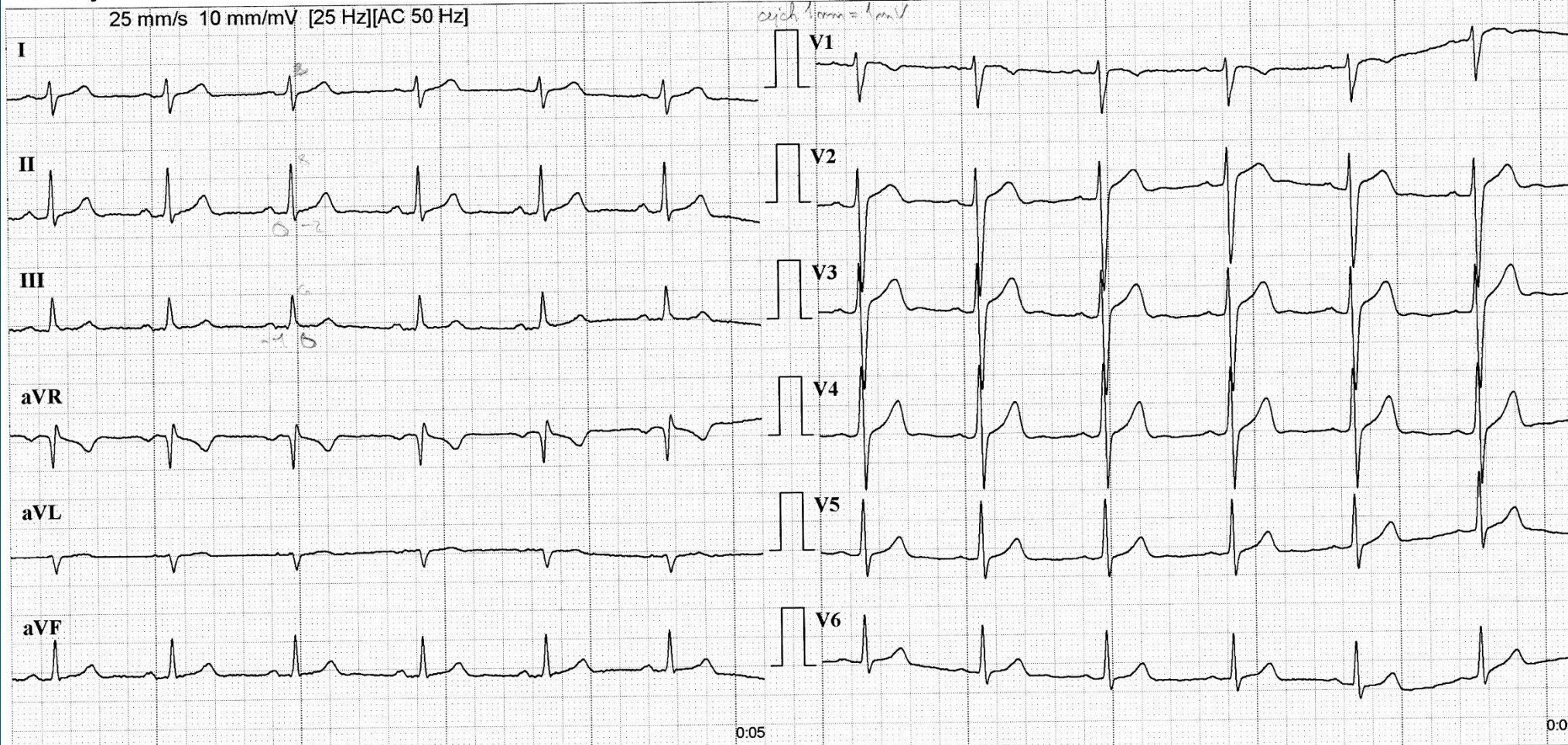
- ▶ Svod – dvě vodivě propojená místa, mezi kterými snímáme napěťový rozdíl. Elektrody mají opačnou polaritu (+ -)
- ▶ Bipolární končetinové („standartní“) – I., II., III. (Eithovenovy)
- ▶ Unipolární končetinové – aVR, aVL, AVF (Goldbergovy)
- ▶ Unipolární hrudní – V1-V6 (aktivní el. na povrchu hrudníku, indiferentní je Wilsonova svorka – končetinové svody, propojené přes odpor)
- ▶ 12 svodů, ale pouze 10 elektrod = 9 snímacích a 1 zemnicí



Vznik EKG křivky



aVR – fyziologicky inverzní



TF [1/min]	P	68 ms
69	PQ	148 ms
	QRS	115 ms
	QT	360 ms
	RR	860 ms
	QTc	388 ms

Popis EKG

1. Kontrola jména
2. Rychlost posunu papíru (vpravo dole) – běžně 25mm/s
3. Cejch
4. Akce – pravidelná/ nepravidelná
5. Rytmus
 1. Sinusový – alespoň v jednom svodu pozorují P vlnu, AP generovány SA
 2. Junkční – nepozorujeme P vlnu, AP z AV uzlu (40-55/min)
 3. Komorový – Hisův svazek (25-40/min)
6. TF – 300/ počet velkých čtverečků v intervalu RR
7. Určení srdeční osy ze svodu I., II., III. (aVF)
8. Popis vlastních částí EKG křivky

Určení srdeční osy

Hendrych Michal

22.10.201

25 mm/s 10 mm/mV [25 Hz][AC 50 Hz]

cejch 10mm = 1mV

I

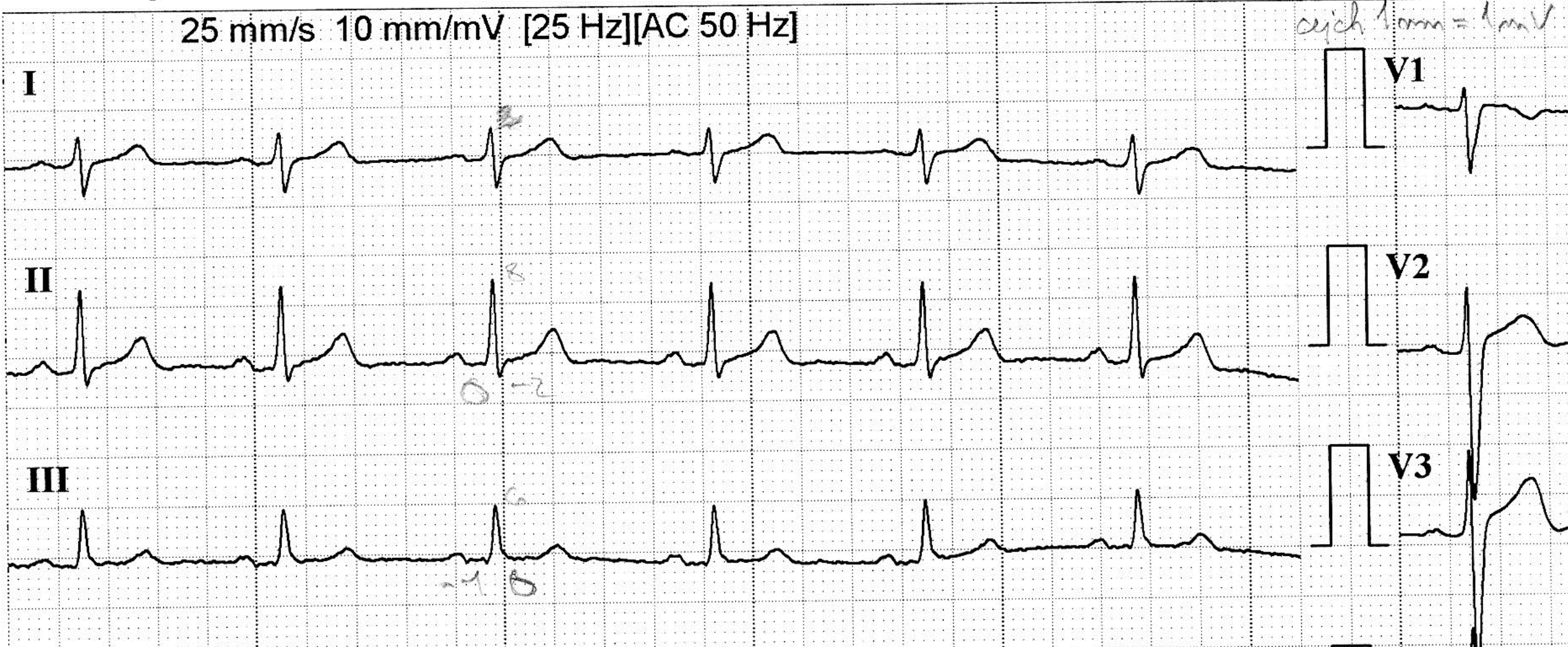
II

III

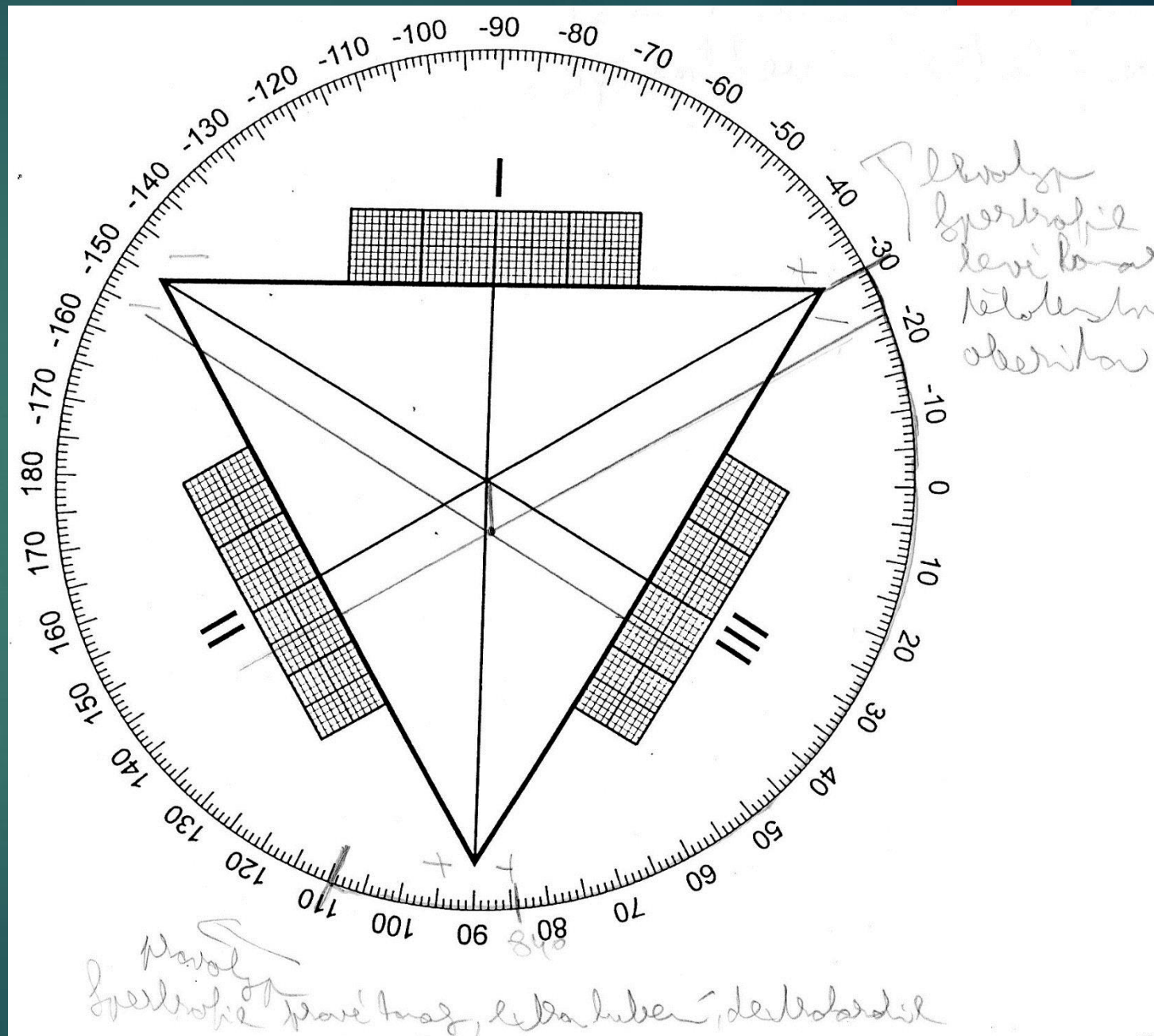
V1

V2

V3



Určení srdeční osy

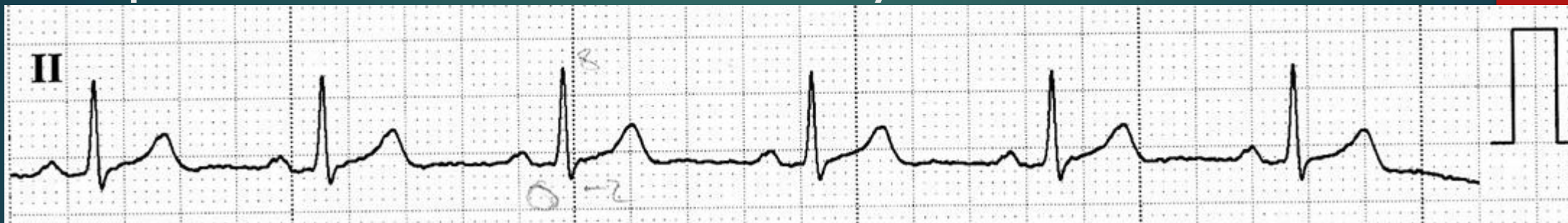


Popis vlastní EKG křivky



- ▶ Vlna P – do 100ms, předchází-li každému QRS komplexu → správná funkce SA uzlu
Pozitivní ve všech svodech mimo aVR (inverzní svod), negativní může být ve III., a V1
 - ▶ Sick sinus syndrom
 - ▶ Fibrilace (300-600/min, nepravidelné) / flutter síní (250-350/min, pravidelná)
- ▶ Úsek PQ – do 100ms, izoelektrický úsek
- ▶ Interval PQ – 120-200ms, nepřímě úměrný TF
 - ▶ Bradykardie – fyziologická u sportovců, $i \geq 200$ ms
 - ▶ Zkrácení – preexcitace
 - ▶ S delta vlnou – Kentův svazek = vodivé spojení síní a komor → Wolf-Parkinson-White syndrom
 - ▶ Bez delta vlny – Jamesův svazek = vodivé spojení síní a komor → Lownův-Ganongův-Levineův syndrom

Popis vlastní EKG křivky



- ▶ Prodloužení PQ
 - ▶ Blokáda I. stupně – zpomalený převod na komory
 - ▶ Blokáda II. stupně – některý z impulzů se nepřevede
 - ▶ Mobitz I. – Wenkebachovy periody – postupné prodlužování PQ intervalu až QRS vypadne
 - ▶ Mobitz II. – nedochází k prodlužování PQ, QRS vypadne
 - ▶ Blokáda III. stupně – síňokomorová disociace
- ▶ Normální PQ s delta vlnou – Mahaimův svazek vycházející z Hisova svazku do svaloviny komor – Mahaimův syndrom
- ▶ QRS komplex do 100ms
 - ▶ Q – 1. negativní výchylka
 - ▶ R – 1. pozitivní výchylka
 - ▶ S – negativní výchylka následující po pozitivní výchylce
 - ▶ Do 4mm malé písmeno (qrs), nad 4mm = 0,4mV velké písmeno (QRS)

Popis vlastní EKG křivky



- ▶ ST úsek – izoelektrický
 - ▶ Elevace – Pardeho vlna – infarkt myokardu
 - ▶ Deprese – ischemie myokardu *(hodnotíme dále dle bolesti na hrudi a positivity Troponinu)
- ▶ Vlna T – pozitivní ve všech svodech kromě aVR
 - ▶ Negativní při infarktu myokardu – inverze vlny T
- ▶ Interval QT – frekvenčně závislý → korigujeme Bassetovou formulí, norma 340-420ms
 - ▶ $QTc = QT / \sqrt{RR}$
 - ▶ Při prodloužení roste riziko vzniku náhlé srdeční smrti, fibrilace komor
 - ▶ *K prodloužení dochází také při hypokalémii, hypokalcémii, ICHS, léčbě chininem,.....

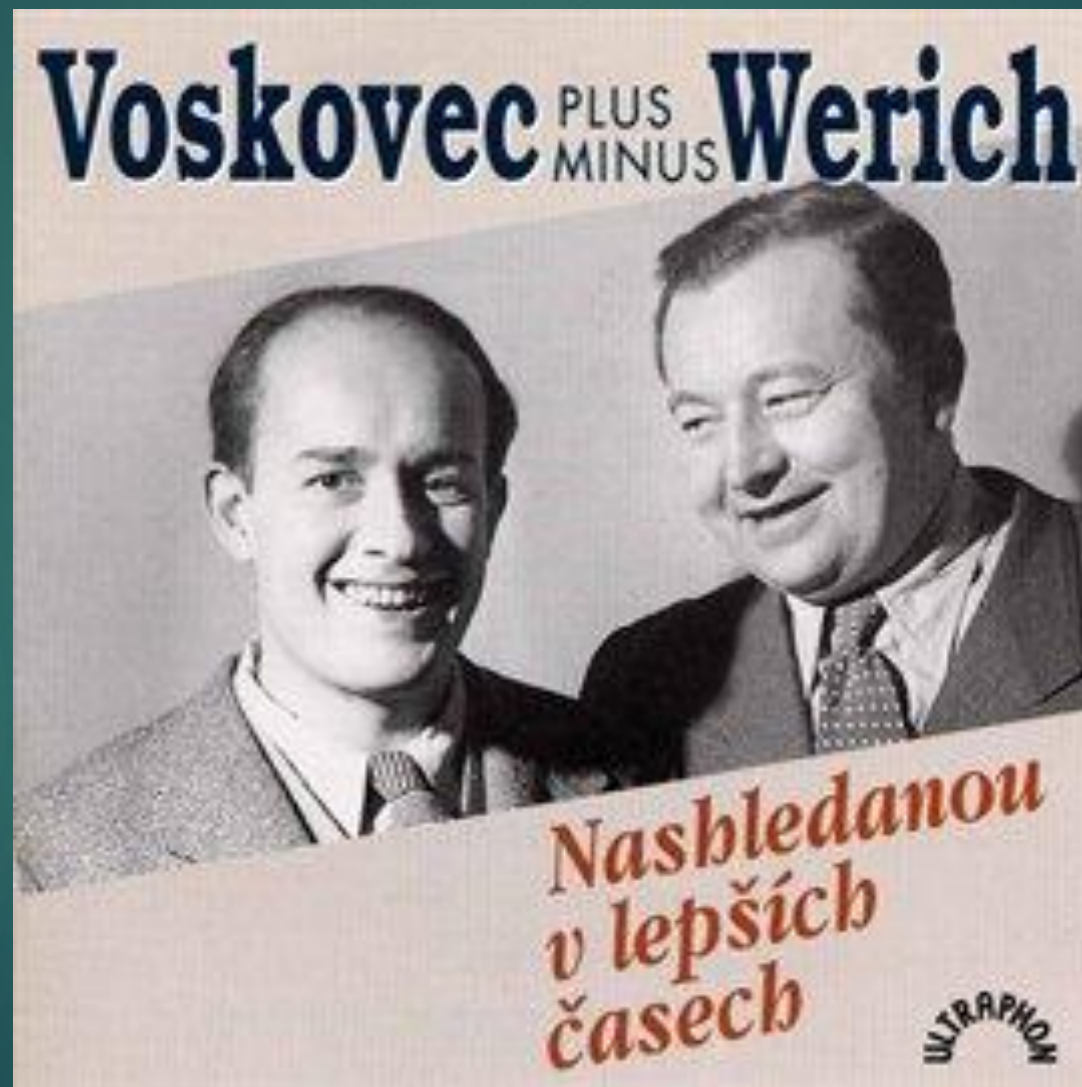
*zajímavost = není potřeba se učit do fyziologie (teda aspoň doufám:D)

Popis vlastní EKG křivky



- ▶ Fibrilace komor – zcela nepravidelné komorové komplexy o vysoké frekvenci
- ▶ Flutter komor – pravidelné stejné komorové komplexy o vysoké frekvenci (180-220) připomínající sinusoidu
- ▶ Asystolie – izoelektrická linie

Děkuji za pozornost



Zdroje obrázků

- ▶ Slide 2 - http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:RLS_12blauLeg.png [citováno 1.10.2014]
- ▶ Slide 5 dole - <http://fblt.cz/wp-content/uploads/2013/12/Kapitola-10-01-09-%E2%80%93-kopie.jpg> [citováno 1.10.2014]
- ▶ Slide 3,4,5,7,9,11 - Přehled lékařské fyziologie, Ganong, Galen 2005
- ▶ Slide 6 - <http://www.wikiskripta.eu/images/c/cd/AP.png> [citováno 1.10.2014]
- ▶ Slide 12 - <http://www.wikiskripta.eu/images/5/53/Einthoven.png> [citováno 1.10.2014]
- ▶ Slide 13 - <http://www.wikiskripta.eu/images/a/a5/Depolarizace.png> [citováno 1.10.2014]
- ▶ Slide 14,16,17,18,19,20,21 – vlastní zdroje