

Některé pojmy:

sympatikus - (sympathic nervový systém) = součást autonomního nerv. systému - podíl na řízení činnosti vnitřních orgánů a cév. Aktivace = součást poplachové reakce centra - hrudní a břidlicní možnosti

vagus - tloudlivý, hladový nerv, ovlivňuje činnost mnoha orgánů dřívějšího hrudního a břidlicního (srdece, plíce, zářivací) systému, přenáší vjemy (např. bolest) z vnitřek. Parasympatická vlákna.

septum - lat. přepážka (mezi levou a pravou srdeční komorou)

endokard - vnitřní vrstva srdece (vystýlá srdeční dutiny, je v styku s krví);

endo - ~~rec.~~ - (předpona) uvnitř;

epikard - zevní vrstva stěny srdece, obaluje srdeční sval (serozní blána - vnitřní část srdečního svalu - perikardiu)

posterior - ~~lat.~~ - zadní (kež dorsalis)

anterior - ~~lat.~~ - přední

sinus - ~~lat.~~ - dutina; (sinusový - zkrácený termin koncového normálního srdečního rytmu)

sinoatriální uzel - útvar letící v pravé síni v blízkosti výstupu dutých žil;

atrium - ~~lat.~~ = předsrdce = srdeční síň

ventrikulus - ~~lat.~~ - srdeční komora (fáke': žaludek)

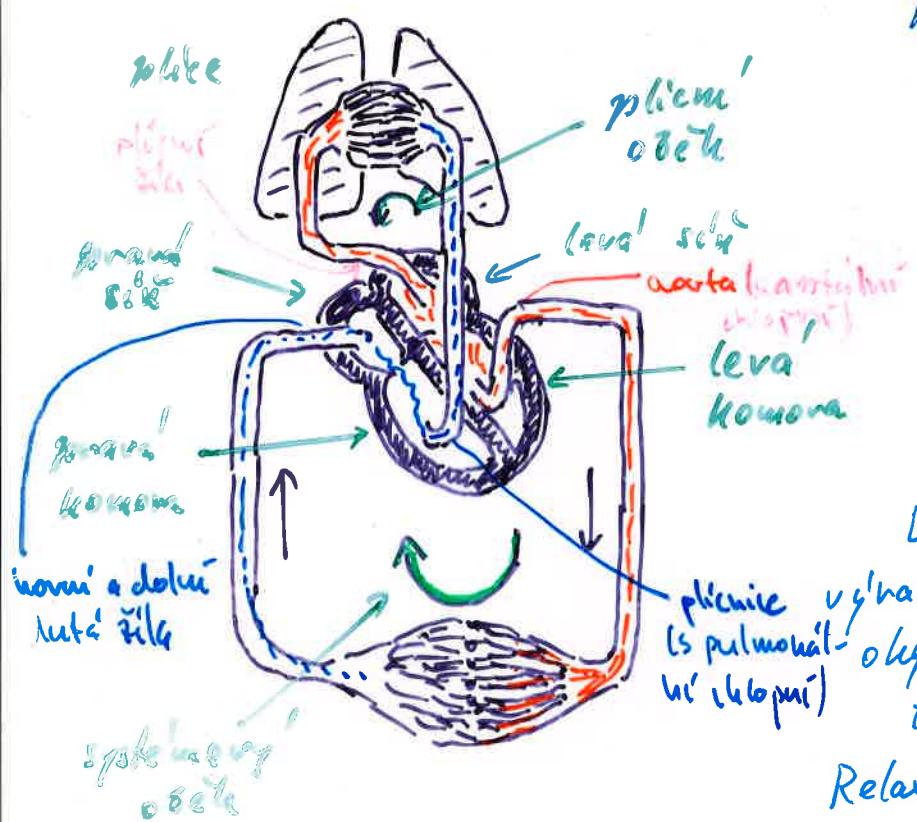
ventrikulařní - komorový

atrioventrikulařní uzel - útvar v pravé síni v blízkosti pravé komory. V tomto místě je rychlosť převodu nej- pomalejší, zpomalení umožňuje efektivní stah síní, chránící komoru před vysokou frekvencí vlnách

syncytium - mnohojaderný buněčný útvar vzniklý spojením několika jednotlivých buněk (např. buňky při členkování svalů)

myokard - srdeční sval, nejsilnější je v letecké komorce (velký obvod)

Funkce anatomie srdce (Fázou 11.) začít bláhavě



Prava' a leva' polovina srdce
z čerpadla, synchronizovaná
každou čerpadlo (dvoustupňová
(průtok) sílu a komora
Prava' komora (teče' středně)
- počátky plicní' oběh krev
- nízkoťlaká, přichází se
odkyslicenou krev z těla

Leva' komora - vysokotlaká,
plnící výhazují svalovinu, přecerpadla
(z pulmoháj-
ních slupek) odkyslicenou krev z plíce do
tělního (systemového) oběhu.

Relaxace (ochabnutí) - diastola

kontrakce (stah) - systola

(srdeční revoluce = cyklus)

Diastola - komory se plní krví;

Systola - krev se vypouzuje do velkých tepen (plicnice, aorta)
krev do srdce teče z dutých žil (vena cava, komory, dolní a

siňe - pomocná čerpadla. Systola siňi' předchází systolu komor.

Chlopne: zajišťuje, že krev proudí jen jedním směrem

Chlopne jsou možné: - siňemi a komorami (atrioventrikulární =
= tricuspidální pro ~~pravou~~ ^{pravou} část, bicuspidální (dvounásobná) - ~~levou~~ ^{levou} část
- komorami a velkými tepnami (poloměru 1/3 - 3 segmenty).

Inervace srdce:

U obratlků je srdeční cyklus řízen myogeneicky, buňkami
převodního systému (i po přenášení přirodních nervů pracuje).

Přirodní nervy:

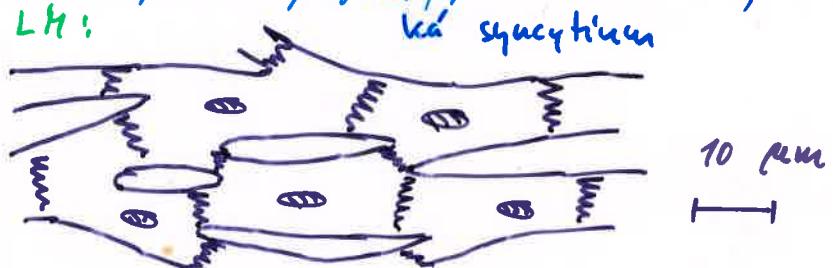
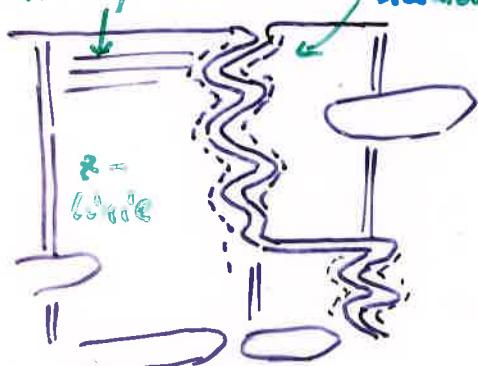
sympatická vlákna (noradrenalin) - zvyšují frekvenci, sílu svalu, rychlosť vedení vznutku (práce, emoce, stres) (rázově, f > 100 Hz)

parasympatická vlákna - nerv vagus - (acetylcholin), f < 50 Hz
zpomaluje frekvenci tepu, rychlosť vznutku (ravidlo, f < 50 Hz)

Srdeční sval (myokard) - morfologie

Je podobný kosternímu svalu. Obsahuje aktin, myosin, tropomyosin a tropomiyosin v různých izoformách. Obsahuje velký počet protáhlých mitochondrií v těsném kontaktu s fibrilami.

Svalová vlákna (buněky) se větví a znovu spojují (vždy uplnou jednotku). Kontakt dvou buněk: membrány (sarcolemy) probíhají paralelně v seší mikrofilamenta desmosomy zajišťují: interkalární disk (= velmi pevné spojení; přenos fáru) \Rightarrow vše LH:



mitochondrie

Desmosomy - zajistují mechanické připojení

Mezi buněkami - gap junction (spojení s mezeroa), zajistuje rychlý přenos el. signálu (elektrotonické spojení).

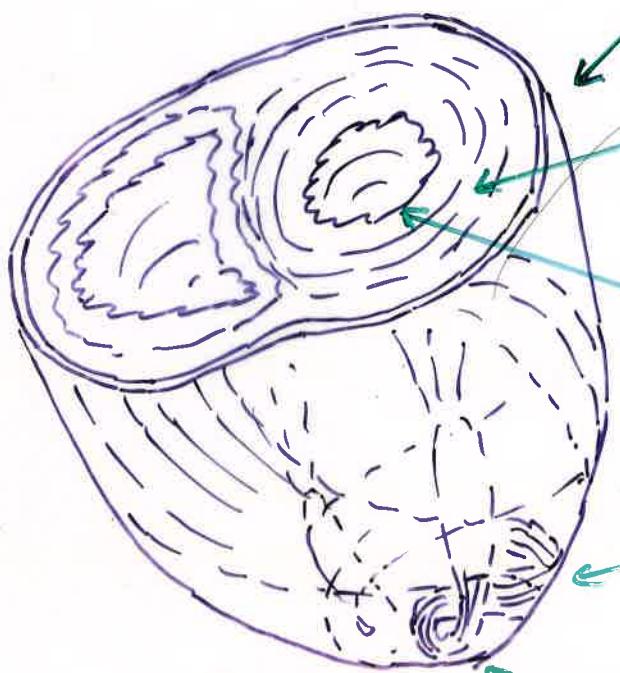
T systém je u srdečního svalu umístěn u Z-linií.

místa připojení aktinu

polovinovatý sít' kanálku spojující s membranou
sarcolemy sval. vlákna (transport Ca²⁺) vnitřní buněk

Myokard komor - tvoren třemi vrstvami: (Blažka a Blažková 28)

zevní (epi-)
střední (peri-)
vnitřní (endo-)



porchová spirálovitá svalovina

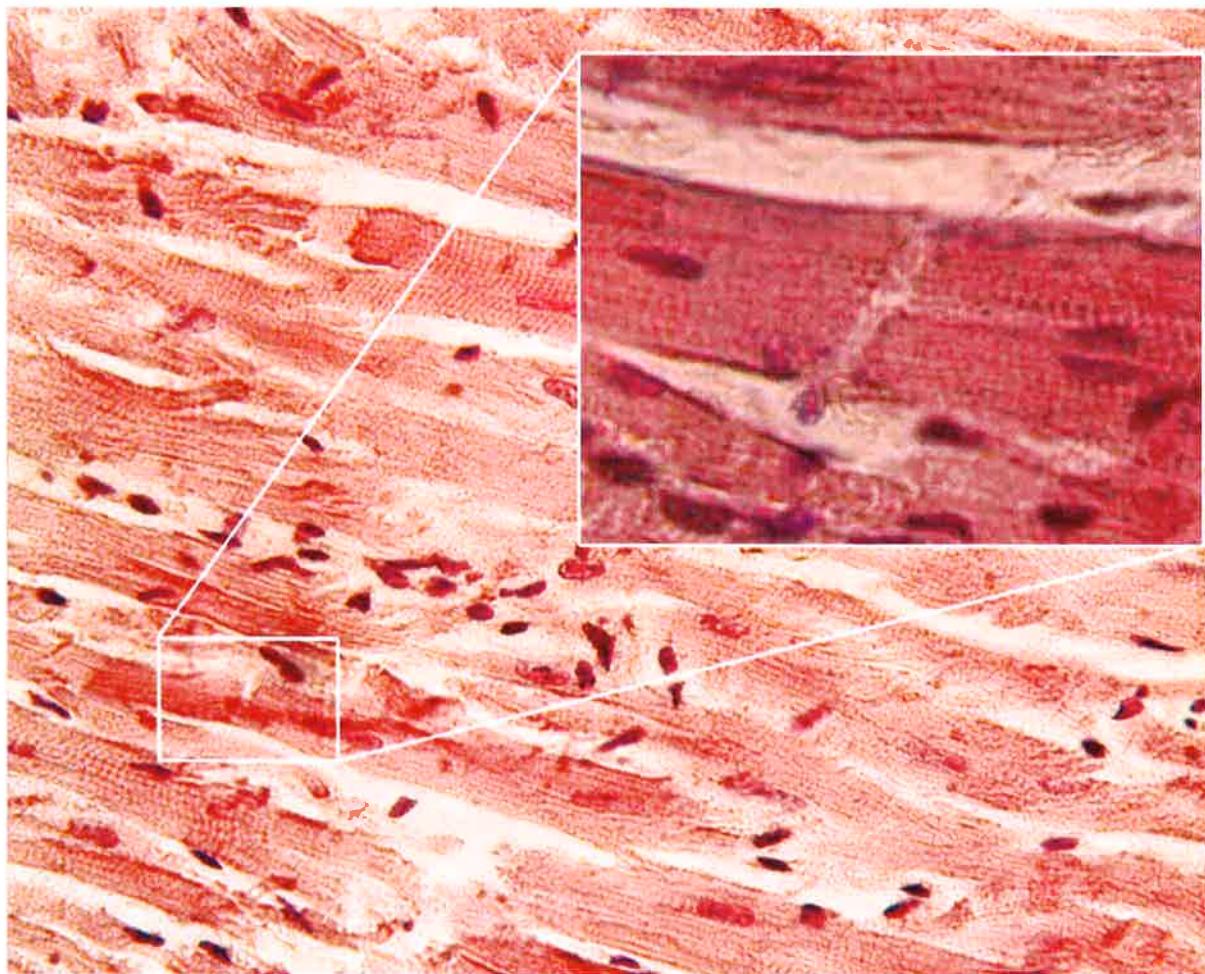
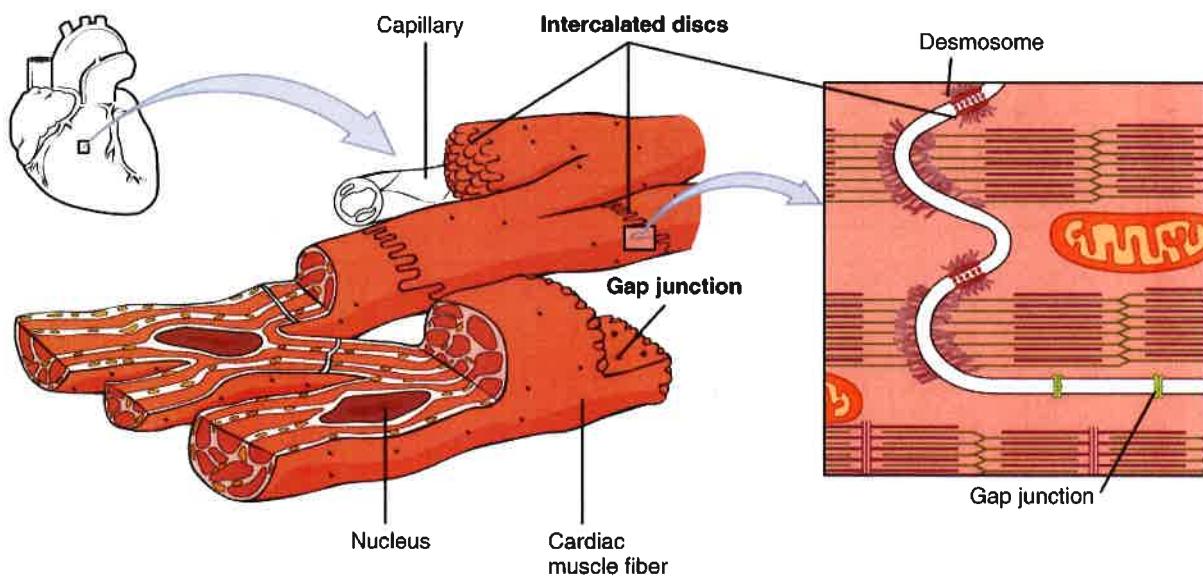
circulární (vnitřní) svalovina
levé komory
(tež papilární sval)

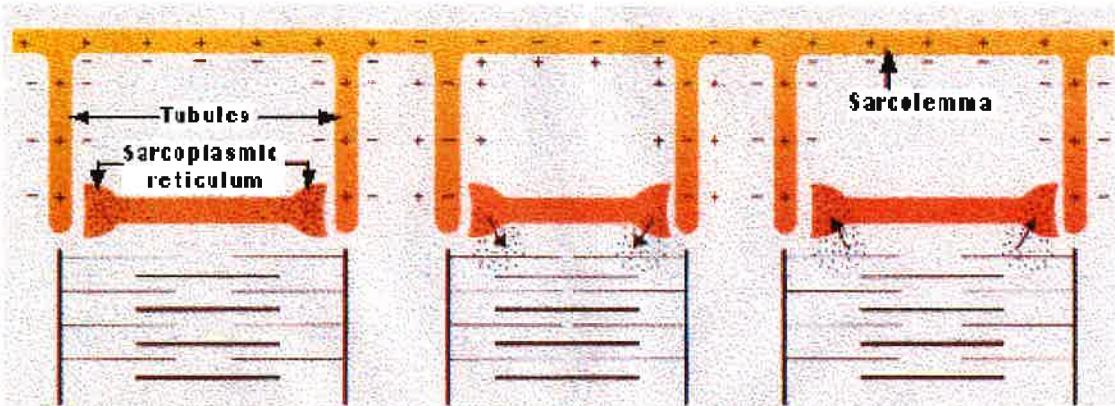
vnitřní vrstva
(většinou longitudinální sval)

přechod porchové vrstvy
do svaloviny papilárních svalů
(levotolová svalovina)

srdcinní vir (vortex cardiacis)

(může být rozdělen na 2 viry)

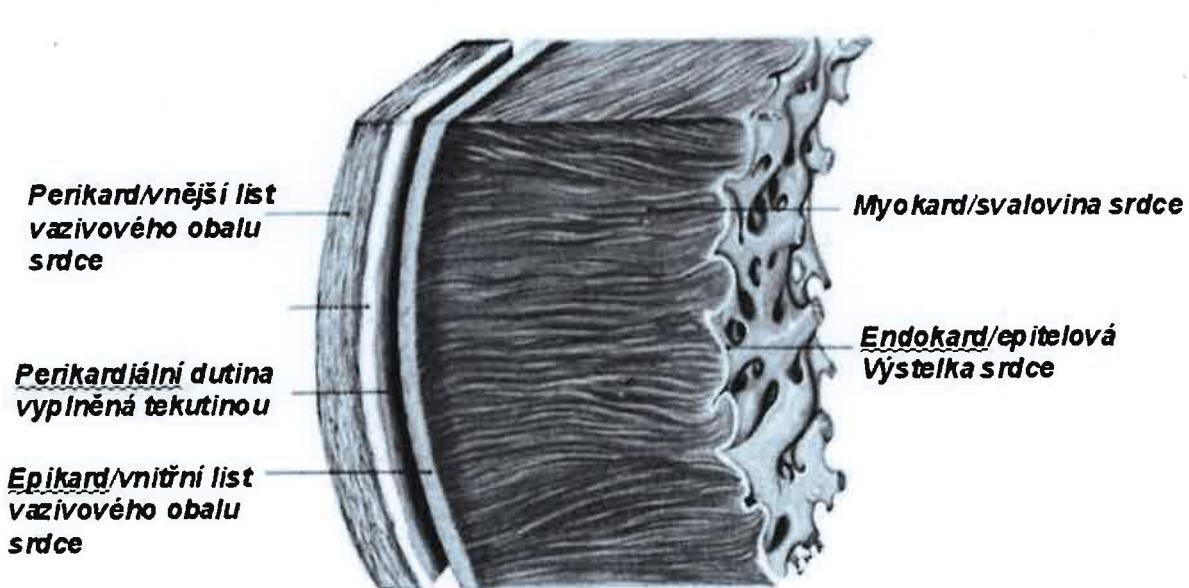
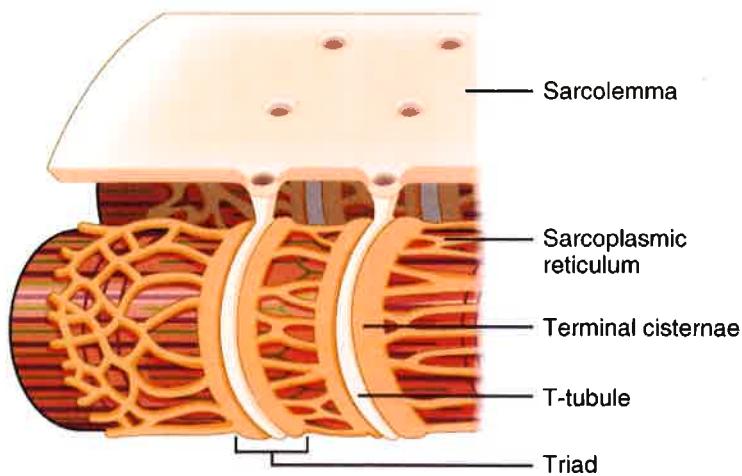


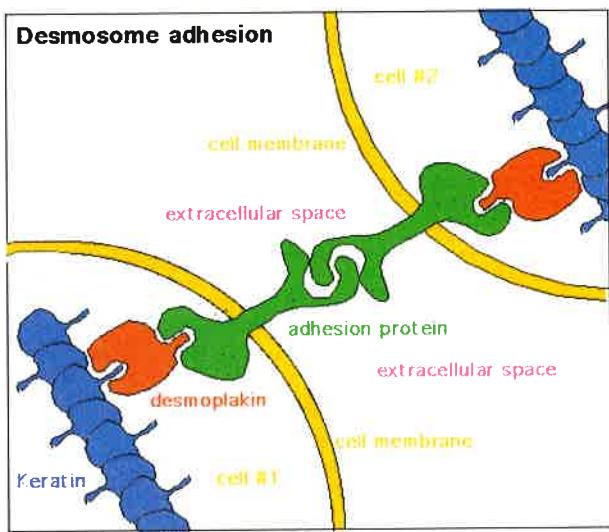
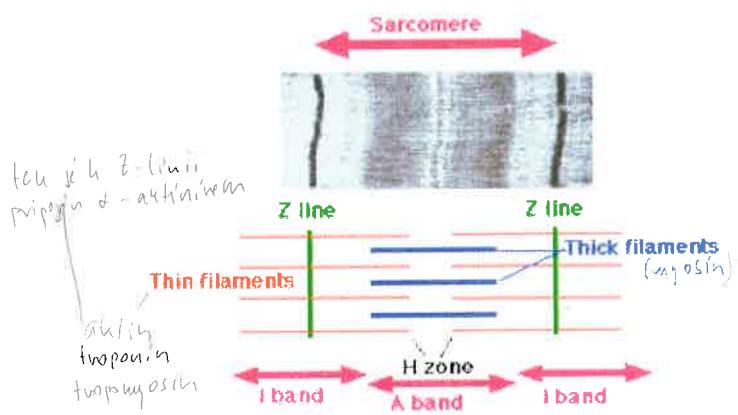


The T system and sarcoplasmic reticulum in resting muscle

An action potential reverses the polarity of the tubules releasing calcium ions (dots) from the sarcoplasmic reticulum. Their binding to troponin on the thin filaments "turns on" in interaction of actin and myosin, and the sarcomere shortens.

Restoration of normal polarity is followed by return of calcium to the sarcoplasmic reticulum and relaxation of the sarcomere.

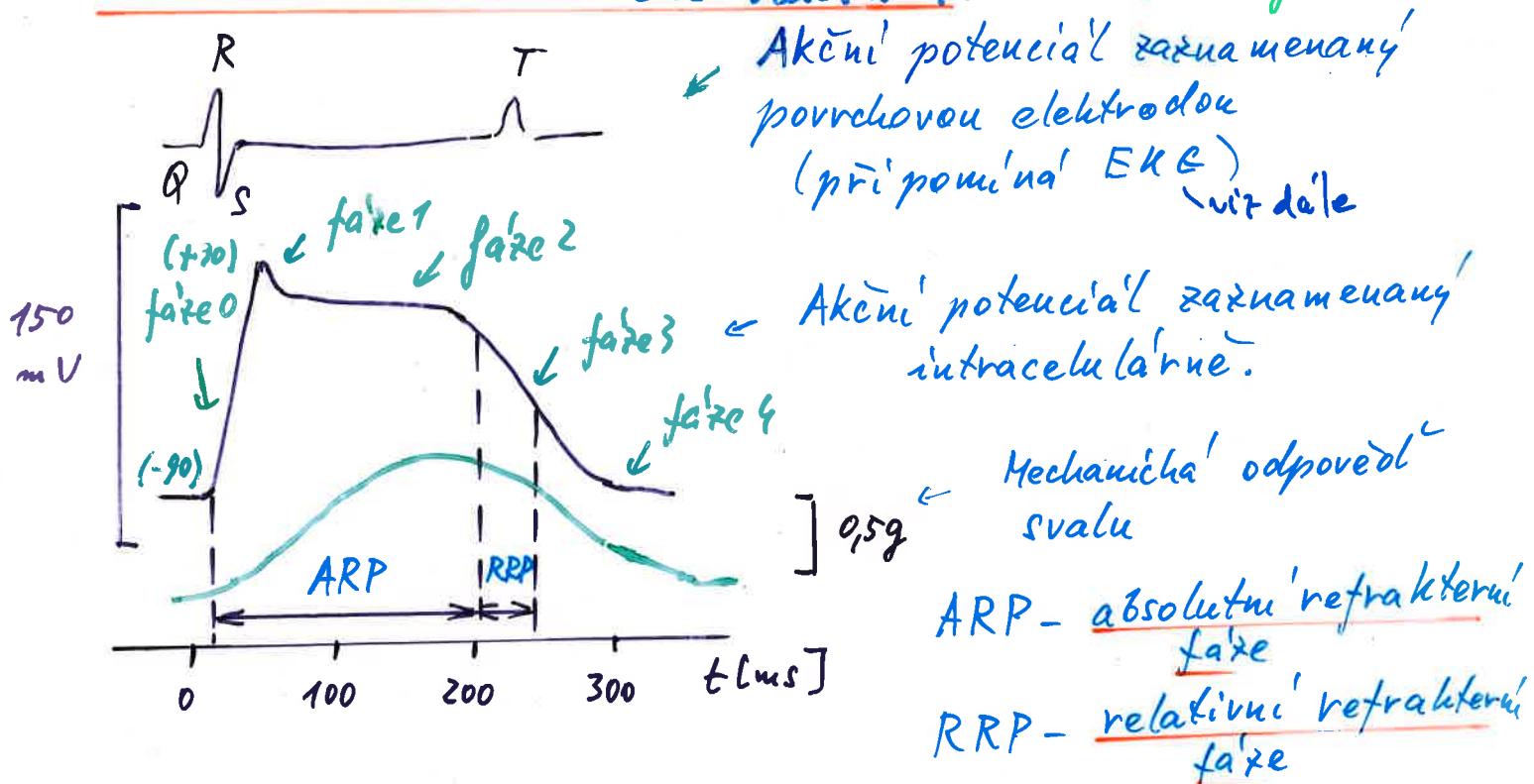




Část svalové buňky srdce s naznačenými Z-liniemi a sarkomerou

Desmosomy (desmoplakin a adhezní protein) těsně spojující 2 buňky.

Srdeční sval - elektrické vlastnosti (číslo 63)



Klidový membránový potenciál je ohnivitelný (zhruba -90 mV) (Θ uvnitř)

Dražoběhem vyvolá sítice A.P. - spustí kontraci.

Depolarizace načež velmi rychle ($\approx 2 \text{ ms}$) a přestávají, pak následuje plato a repolarizace na původní úroveň.

Depolarizace (srdce srdce) asi 2 ms , plato a repol. 200 ms i víc, repolarizace je ukončena až po uběhu $\frac{2}{3}$ kontrakce.

Obdobné jako u jiných verusivých tkání:

- klidový potenciál určován vnitřním koncem K^+ (30x víc, otevření kanálů)
- velikost A.P. určována extracelulárně, konc. Na^+ (malé propustnosti membránka ovlivňují)

Fáze 0 (depolar., a překmit): rychle zvětšení vodivosti Na^+ kanálů (vtok Na^+ domítí)

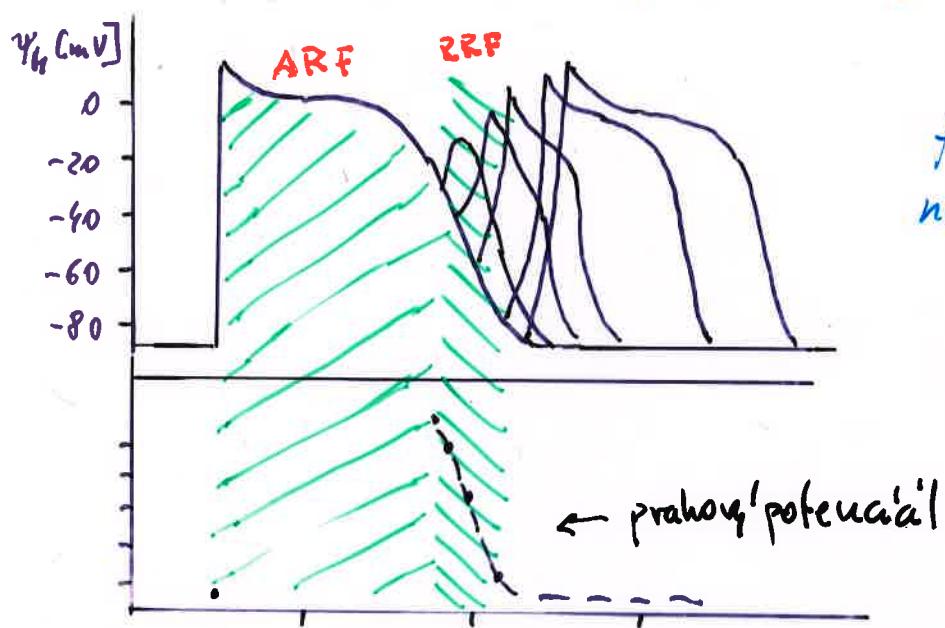
Fáze 1 (počáteční rychlá repol.): uzavření Na^+ kanálů, vtok Cl^- .
To pak způsobuje kontraci (repino-vit dešť blána)

Fáze 2 (plato): pomalejší otevření Ca^{2+} kanálů, vniknutí Ca^{2+} otevření, prochází Ca^{2+} kanálů, K^+ ven;

Fáze 3 (koncová repolarizace): uzavření Ca^{2+} kanálů, K^+ vytéká ven, otevření K^+ kanálů.

Fáze 4 - obnovení klidového potenciálu.

Absolutní a relativní refrakterní fáze



V absolutní refrakterní fázi je prah podrážděn nekonečný (nelze podráždit). V relativní refrakterní fázi tento prah postupně klesá!

SV91

Kanálky membrány svalového srdečního buňky

Na^+ - zvnějška - vnejsí se otevírají při $(-30) \div (-80) \text{ mV}$
 pak se vnitřní uzavírají - inaktivace Na^+ kanálů
 Ca^{2+} - aktivuje se při $(-30) \div (-40) \text{ mV}$.

Tabulka (faktory kanálů v srdečním svalu)

řízení	typ
napětímu	Na^+ kanál (transient) dočasný - při "větší" depolarizaci T- Ca^{2+} kanál (long) dlouhotrvající - při "menší" depolarizaci L- Ca^{2+} kanál
ligandy	K^+ kanály
G-protein dependentní	K^+ - citlivý na acetylecholin
G-protein indep.	K^+ - citlivý na adenosin
aktivované na Ca^{2+} mu	K^+ - citlivý na ATP

• Používají sarkoplazmatického retikulu (koží podél svalu buňky) a obsahují se s T koncentrací Ca^{2+} v cytoplazmě → kontrakce svalu

Systém frekvence srd. svalu se zkracuje trvalou repolarizací.

Pr: $f = 75 \text{ c/min} \rightarrow 0,25 \text{ s}; 200 \text{ c/min} \rightarrow 0,15 \text{ s}$

Kontrakce \star depolarizace $\star = \text{T-fibuly} = \text{transversální tylky} =$
zadní výběh se dostat dovnitř Ca^{2+}
do sarkoplasma \star kanálky

Začíná téměř po začátku depol. a trvá přibližně $1,5 \times$ délky než A.P. Uloha Ca^{2+} obdobná jako u kosterního svalu.
 Ale vstup Ca^{2+} je spouštěn aktivací dihydropyridinových kanálů

\star T systému a ne (nouze) depolarizaci. Jde o uvolňování Ca^{2+} cestou \star opět blokující Ca^{2+} kanál \star způsobující Ca^{2+} se sarkoplasma. Výběh

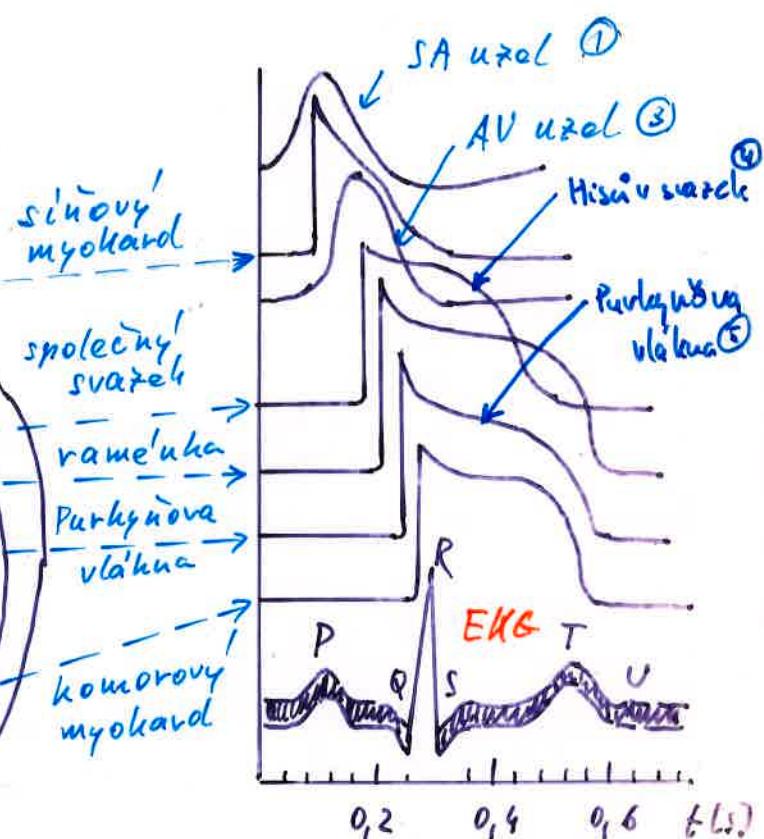
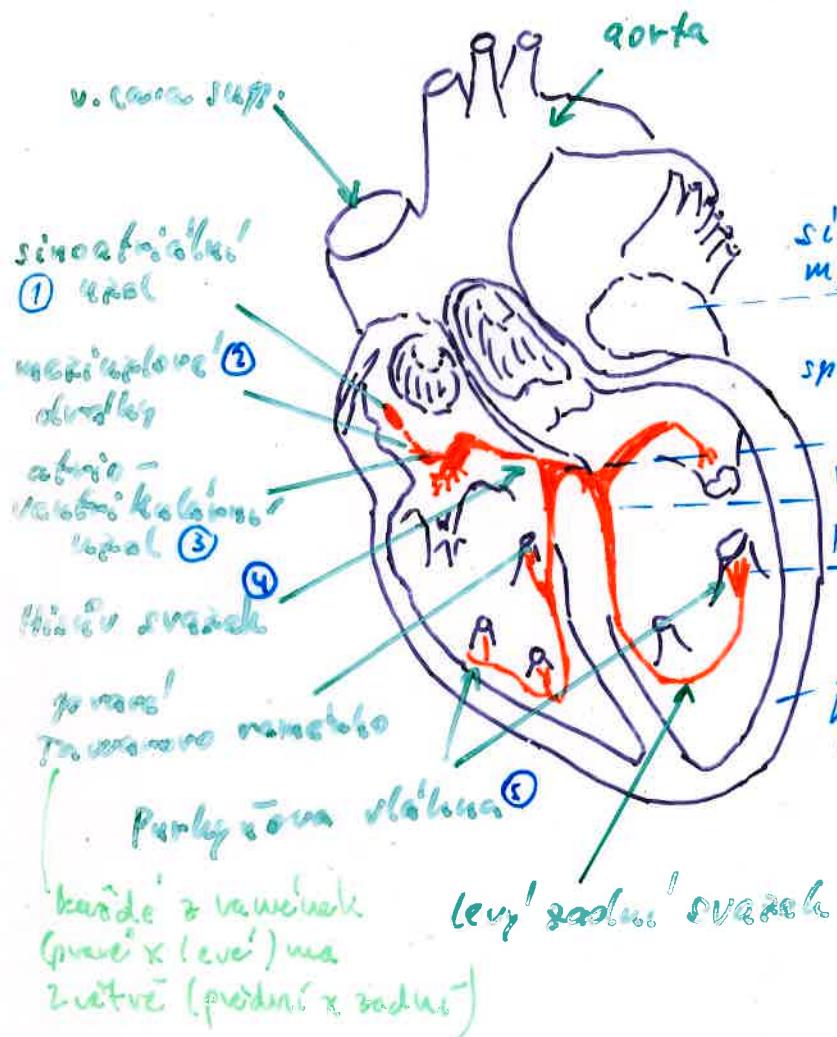
Během fazí 0-2 (do $(-50) \text{ mV}$ během repolarizace) nemůže být sval znova excitován - ARP (absolutní refrakterní fáze)

V RRP (relativní refrakterní fáze) znova až do fáze 4.

Proto frekvence k maximální dozdostihu a k obsahu % svalovin využitých (20-30%). Obyčejně - statická stávka by nebylo možno být využito?

Převodní soustava srdce - specializovaná část srdce k svalovinu, schopná samostatné tvorby vlny srdeční a jejího vedení (nemá žádat o spásu)

- sinoatriální uzel - SA (místo vzniku impulsu)
- sinové mezizložkové vlákny
- atrioventrikulární uzel - AV (převod ze síně na komory)
- Hisův svazek a jeho větve (Tawarova rameňka)
- Purkyňův systém (vlákna) - sítění vlny srdeční v komorách.



V lidském srdci je SA uzel uložen mezi horní dutou žilou a pravou síní.
AV uzel leží v pravé zadní části sinové přepážky.
SA uzel a v menší míře i AV uzel obsahuje malé kůlky žlučky. Je v nich málo organel a jsou propojeny nevy. Jde o vlastní pacemakerové žlučky - označení P.
Převodní soustava - modifikovaný myokard, má dudužkovitou a méně žiletkovitou ohnividou, pokrývající blanou.

střední internodální trakt

Eléktia a Eléktod

Anatomie 29

nodus sinuatrialis
SA volekzadní
internodalní
traktpřední internodalní trakt
internodalní trakt

atriov - sín

crus sinistrum = ramenka leve

(bare' venae - má přední a
zadní větev)

fasciculus posterior

svazek zadní

AV
voleknodus
atrioventri-
kulárisfasciculus
atrioventrikularis
Hisův svazekcrus dextrum = ramenka
pravépravé venae - má přední
fasciculus anteriorsvazek 'přední'
má opět přední a zadní větev

2 Tawaraova venuška

zadní větev (posterior)

přední větev (anterior)

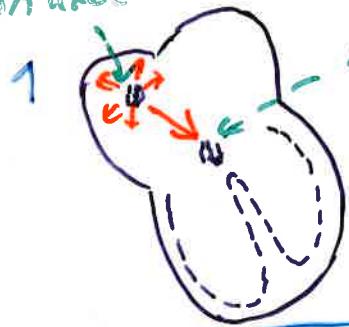
crus sinistrum (levé)

crus dextrum (pravé)

zadní větev
přední větevsuperior = horní
inferior = dolní

Šíření srdečního vlnu

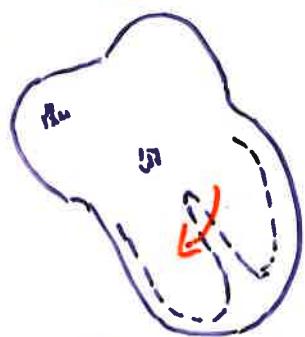
SA uzek



AV uzek

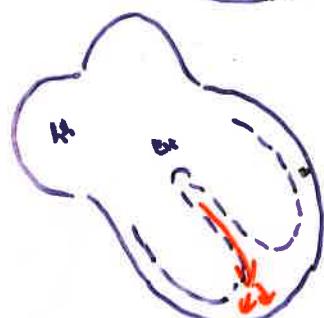
aktivace
síně

2



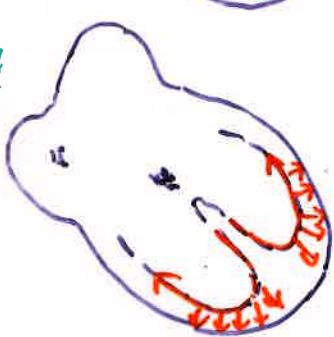
aktivace
septa
zleva
doprava

3



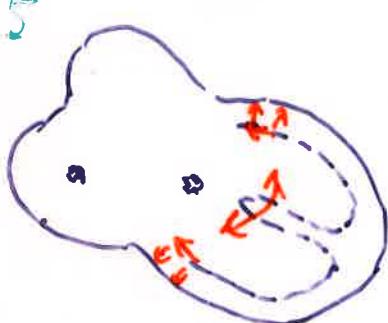
aktivace
anteroseptální
oblasti myokardu
komoru

4



aktivace
vlny
komorové, od
endokardialní
strany

5



později,
aktivace
posterozakátní
části levé
komory

Rychlosť vedenia vlnu

SA uzek - - - 0,05

sínové vlákny - - - 1

AV uzek - - - 0,05

zahraničie prednáspevom stredné lezenie

Depolarizace vycházi z SA uzlu 1
šíří se radiačně na síně a odtud
konverguje k AV uzlu.

Sínová depol. ukončena asi za 0,1s,
V AV uzlu se vlna zdrží asi 0,1s
a zatme se šířit na komory.

Jde o tzv. nodální zdržení, zkracuje
se ohlášením srdečního sympatika
a produkuje ohlášením vagu.
Z vrcholu septa se depol. vlna
šíří rychle vedoucími Purkynovými
vlákny na všechny části komor
větrem 0,08 - 0,1s

Depolarizace komor u člověka
začíná na levé části septa, 3
šíří se jeho střední části a doprava,
pak se stáčí dolů k srdečnímu
krotu a odtud stěnami komor
k jejich báňi. Postupuje vlny
od endokardialní strany
k epikardialní straně.

Poslední aktivovaný úsek
je posterozakátní část
levé komory a horní části
septa.

v srdeční tkáni [m.s⁻¹]

Hlavov svazek - - - 1

Purkynová vlákna - - - 4

myokard komor - - - 1

Potenciály srdce - pacemakerové potenciály

Automacie - schopnost samočinného vzniku vlny srdce (a stahu).

Také SA a AV uzlu mají vysokou schopnost automacie.

V SA uzlu se tvorí vlna s frekvencí 60-80 cyklů/min

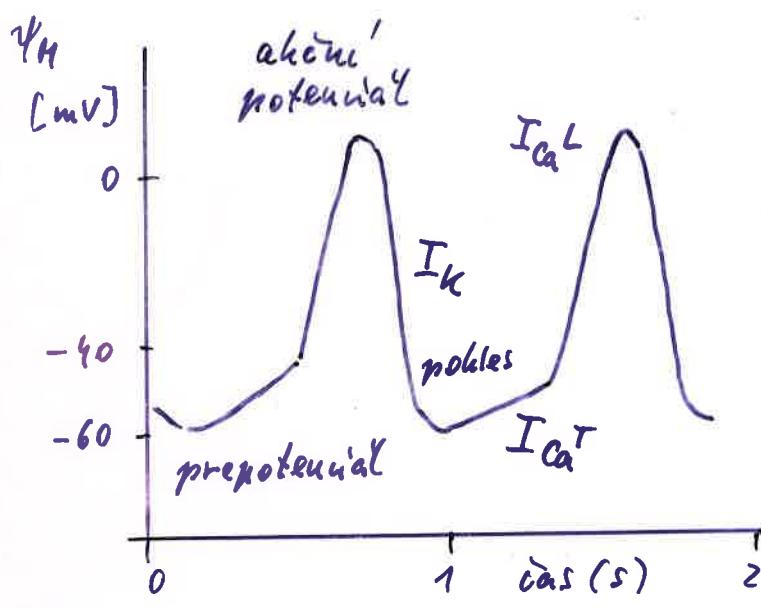
v AV uzlu 30-40 c/min (tzv. nodální rytmus).

Pacemaker - udavatel rytmu; za normálních podmínek: SA-uzel

Pacemakerový potenciál - je to prahový potenciál, který spustí další vlnu

- jiný název - prepotenciál

Pacemakerové buňky - schopné samovolně tvorby vlny srdce: klidový potenciál = prepotenciál (\rightarrow oscilace)



Na vrcholu akčního potenciálu se otevírá I_K proud = repolarizace. Pak I_K klesá a membrána se začíná depolarizovat (1. fáze prepotenciálu). Pote' se otevírají Ca^{2+} kanály typu T (transient). \rightarrow směrem ven. Takhle Ca^{2+} kanály typu L (long lasting) vyvolají celkovou depolarizaci a nový akční potenciál.

Akční potenciál v SA a AV uzlu je způsoben proudem Ca^{2+} pouze s malým příspěvkem Na^+ . Proto před fází platu chybí typický hrot akčního potenciálu (u ostatních buněk je). Latentní pacemakery - v jiných částech převodní soustavy, mohou převzít funkci uzlu. Za normálních podmínek sínóre a komorové buňky klidovou depolarizaci nemají.

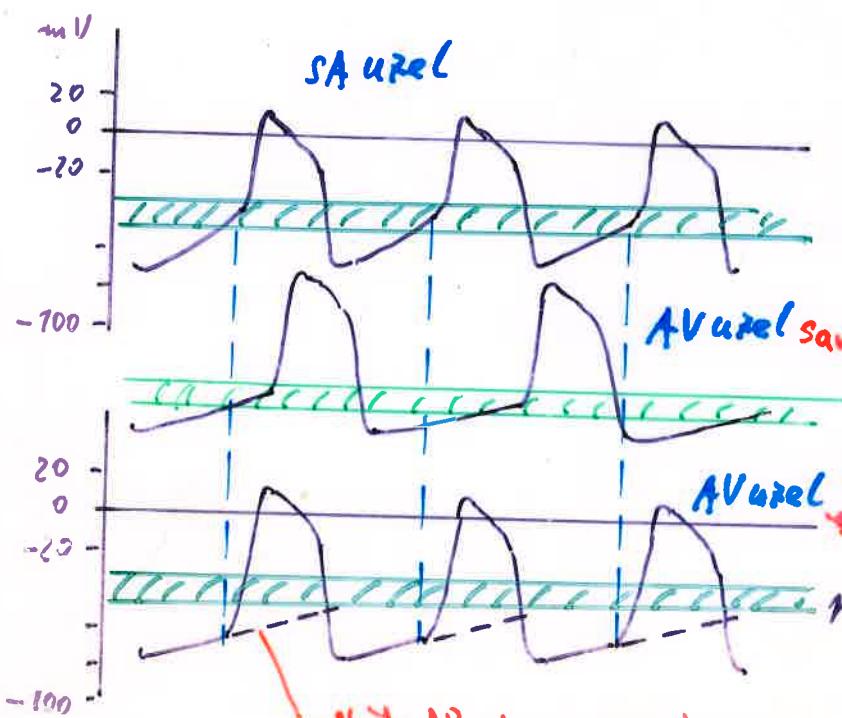
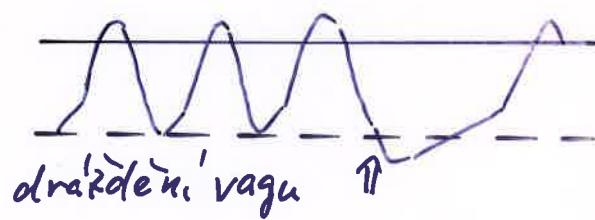
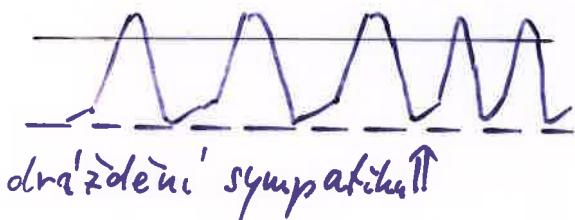
I_K (směrem ven) klesá, ale I_{Ca} (směrem dovnitř) působí \Rightarrow vznik prepotenciálu a opětovná depolarizace (AP).

polarizace blížíme

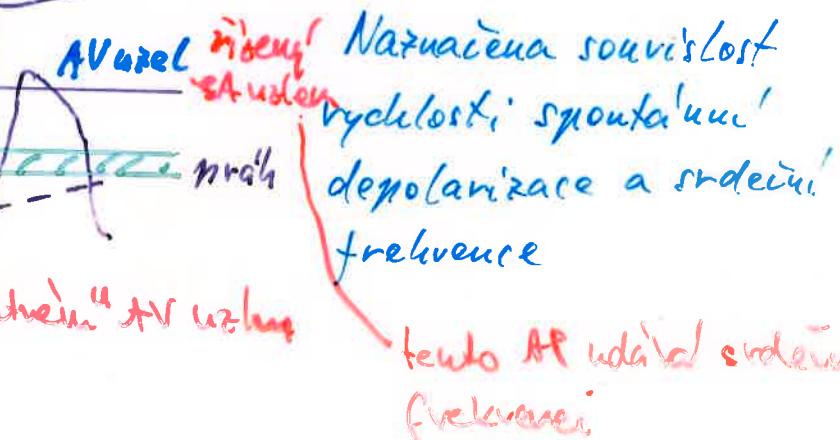
Převodní systém

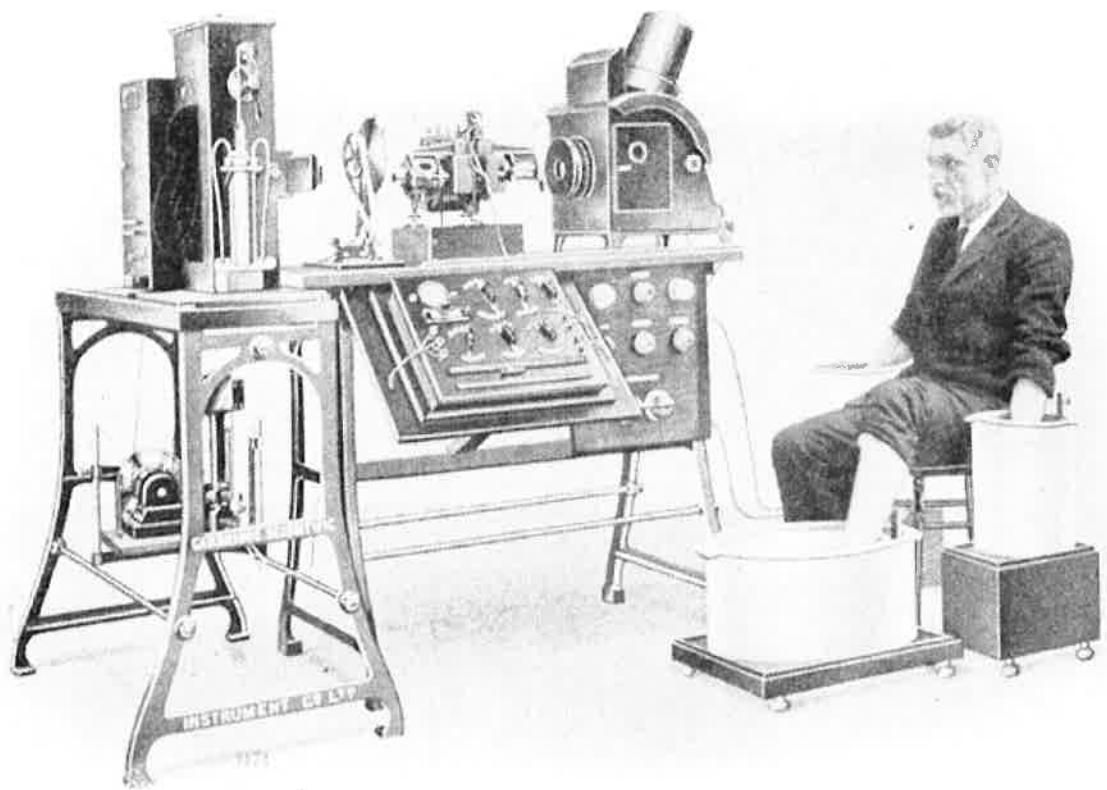
Vliv sympathetic ('noradrenergu') a vagore' ('cholinergu')
stimulace na $\dot{\gamma}_{SA}$ v SA uzlu.

parasympatiké



Princip tzv. hierarchie
srdceini automacie
- rytmus s rychlejší?
práh spontaní depolarizací
je nadřazen rytmu spontanej.
spont. depolarizací





PHOTOGRAPH OF A COMPLETE ELECTROCARDIOGRAPH, SHOWING THE MANNER IN WHICH THE ELECTRODES ARE ATTACHED TO THE PATIENT, IN THIS CASE, THE HANDS AND ONE FOOT BEING IMMERSED IN JARS OF SALT SOLUTION.

Elektrokardiograf vytvořený W. Einthovenem, který dostal v roce 1924 za EKG Nobelovu cenu za medicínu.

Elektrokardiogram (Trojan 155)

Elektrická aktivita srdce se projevuje změnami el. potenciálu na povrchu těla. Jde o sumaci el. projevu všech srdečních buněk.

Jednotlivé buněky nemají v daném okamžiku stejný potenciál a nepracují zcela synchronně \Rightarrow kolem srdce tečou el. proudy.

Protože vlny lidského těla jsou vodivé vznikají mezi různými místy těla napětí - záznam = elektrokardiografie.

Svody - ustálená místa snímání el. potenciálu na těle.

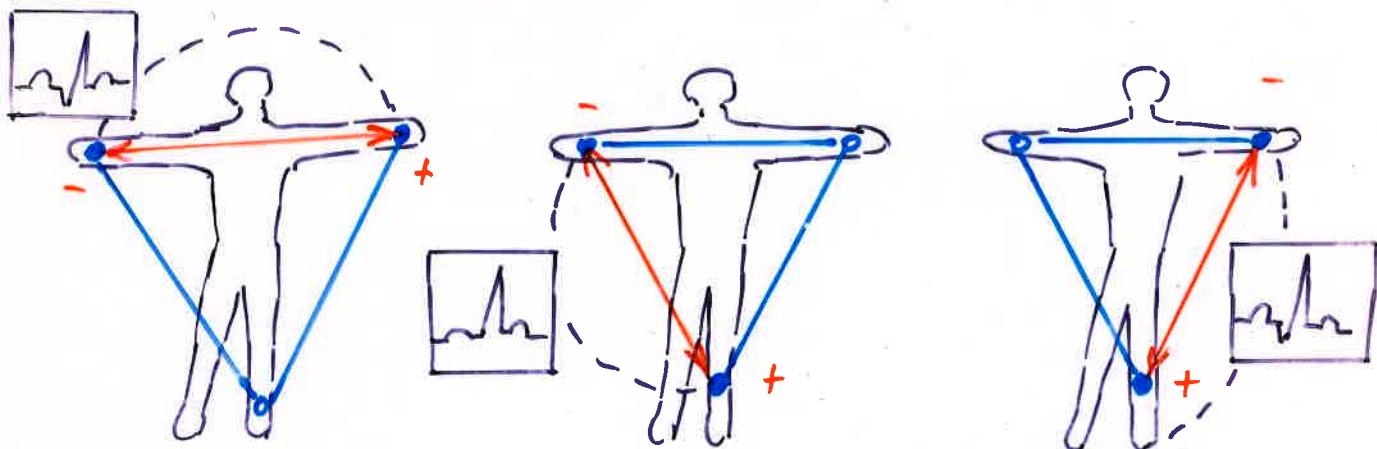
Používá se 12 svodů rozložených do 3 skupin:

1) Bipolařní koncepčinové svody podle Einthovena

(tři standardní svody) v roce 1924 dostal Nobel. cenu za medicínu!

Umístění: obě horní a levá dolní končetina.

Fvůrí tři, Einthovenův trojúhelník (přibližně rovnoramenný)



Svod I
levá ruka - pravá r.

Svod II
levá noha - pravá r.

Svod III
levá noha - pravá r.

Měří se rozdíl potenciálu mezi dvěma elektrodomi. Záznamy jsou stejné, ať jsou elektrody umístěny kolem hrudníku na končetinách, na ramenou. Pot. levá noha = potenciál levé ruky. \oplus elektroda (kladna hodnota), Pravá noha - rukou (kontra) = DV

Vodivosti:

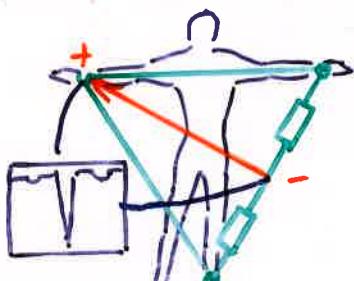
* sval = odděluje dutinu hrudníku od vnitřku

objekt	ms/m	objekt	ms/m
srdeční sval	178	kosterní svalstvo hrudníku	45
krev v srdci	660	smer teču k hrudníku	360
plic	47	(\Rightarrow nezalehllost poletek elektrody)	
(Vratna 10%)			polovinou blízou 15

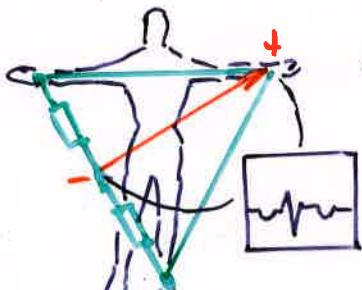
2) Unipolární zvětšené koncové svody podle Goldbergera.

Původně nulová elektroda: spojeníme 3 koncovinové svody přes $5 k\Omega$ do centrální svorky. Pak - odpojená (aktivní) koncovina, označení svodu aVR, aVL, aVF. *centrální svorka je nula v ohledu na pozitivní nulový potenciál*

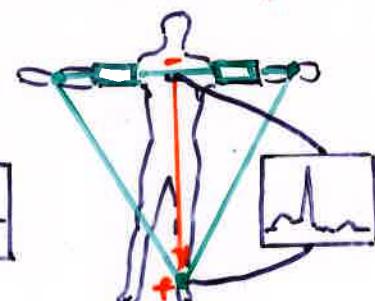
jednotky Wilsona



svod a VR



svod a VL



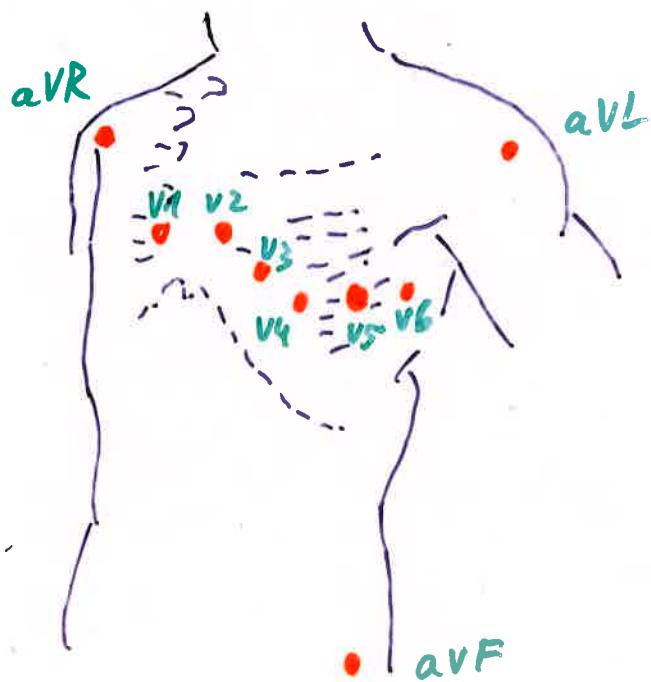
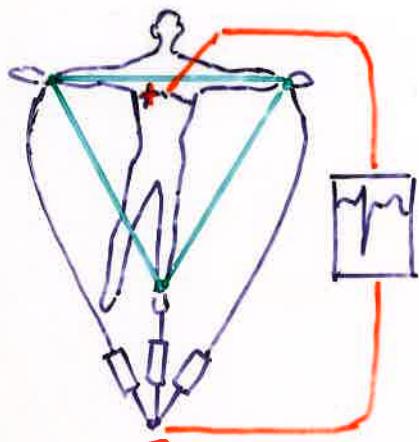
svod a VF

Koncovinové svody obecně \Rightarrow el. aktivita srdce ve frontální projekci

3) Unipolární hrudní svody podle Wilsona.

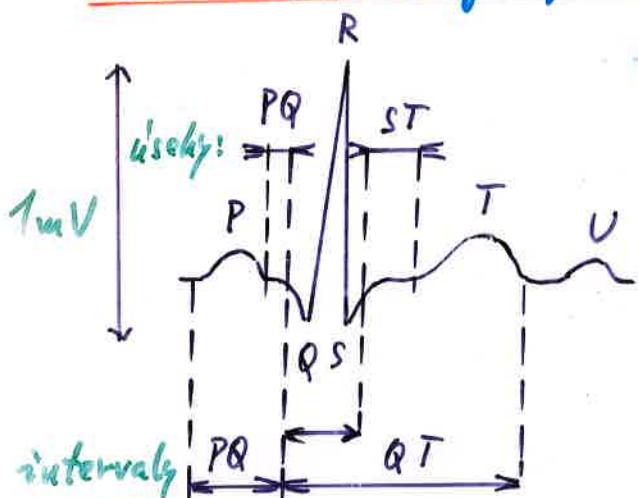
Sledují el. aktivitu srdce v horizontalním rovině \Rightarrow prostorová představa o el. poli srdce. Refer. eldá: spojení 3 koncovinových svodů přes odpór $5 k\Omega$. Aktivní elektroda - na jednom ze šesti specifických míst na hrudníku: V₁ - V₆.

(4. - 5. mezižebří)



Elektrokardiografická krivka

(Trojan, 158)



značení pálky Millíana Einthovena -
dostal s v. názv. Nob. cenu za medicínu.

Výklyky vyšší než 0,5 mV se znací velkými písmeňmi,
menší malými písmeňmi.

Příklad: II. koncepční bipolární svod

Vlny: P, T, U

Kmity: Q, R, S (úzké hroty)

u'seky: např. P-Q u'sek = vzdálenost
od konca vlny P do začátku komplexu QRS

Interval = u'sek + vlna

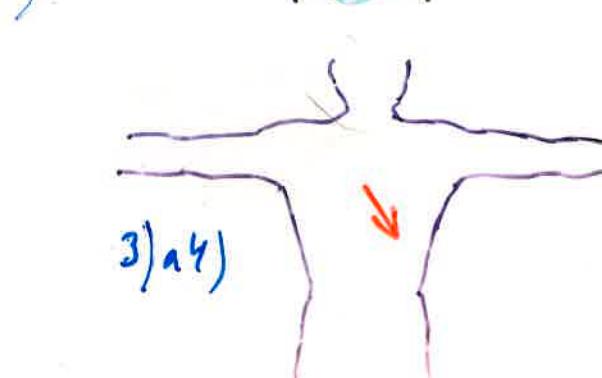
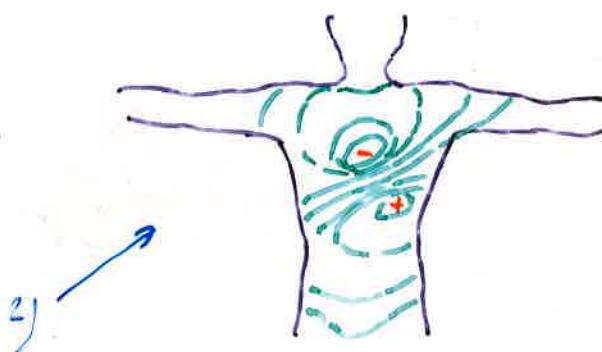
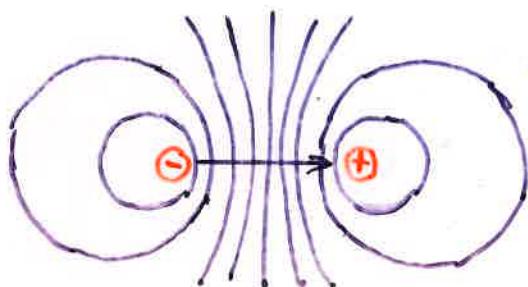
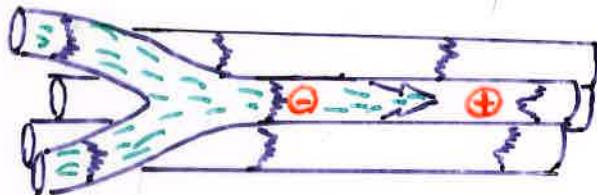
např. P-Q interval = od začátku
vlny P po začátek komplexu QRS

výklyky vyšší než 0,5 mV se znací velkými písmeňmi,
menší malými písmeňmi.

Původ EKG - krivky: 4 skutečnosti

- 2) Elektrické pole srdce je tvořeno sumou elementárních polí jednotlivých vláken.
- 4) každé vlákno lze charakterizovat jako elektrický dipol, určuje velikost a orientaci elementárního el. pole.
- 3) Výskytelna pole lze charakterizovat vektorem elektrického pole srdce
- 4) základem v určitém srodu závisí na velikosti vektoru a na jeho orientaci vůči srodu.

1)



Význam jednotlivých částí EKG křivky (Trojan: Lek. fgnol. 1998)

alle:

st. 15^o

Vlna P - vlnu vychází z SA uzlu a vlna depolarizace se rozšířila svalovinou (před) síně. Začátek vlny = začátek depol., konec vlny = depolarizace síně schvácena. Myokard oba síně ('levé' a 'pravé') dostal stimul ke stahu.

sek PQ - (izoelektrický) vlna depol. dospěla do AV uzlu, dochází ke zpoždění ještě dálšího postupu. Dochází k oddělení systoly síně od systoly komor.

Komplex QRS - Po zdržení v AV uzlu přejde vlnu Hisovým svazkem a Tawarovými rameny na myokard mezikomorového septa a vytvoří jeho depolarizaci směrem od levé komory k pravé. [charakter vektoru mří doprava ~~dole~~ - v I. a II. svalu se psí negativní Q kmit, ve III. svalu pozitivní R kmit]. Vlnu postupuje dále - depolarizace myokardu v oblasti srdečního krota [vektor se otáčí dolů a dolů - ve všech 3 svalu]. Dále postup svaloviny komor od endokardu k epikardu. [smer vektoru nahoru dolů dále představuje depolarizační vektor 'levé' komory].

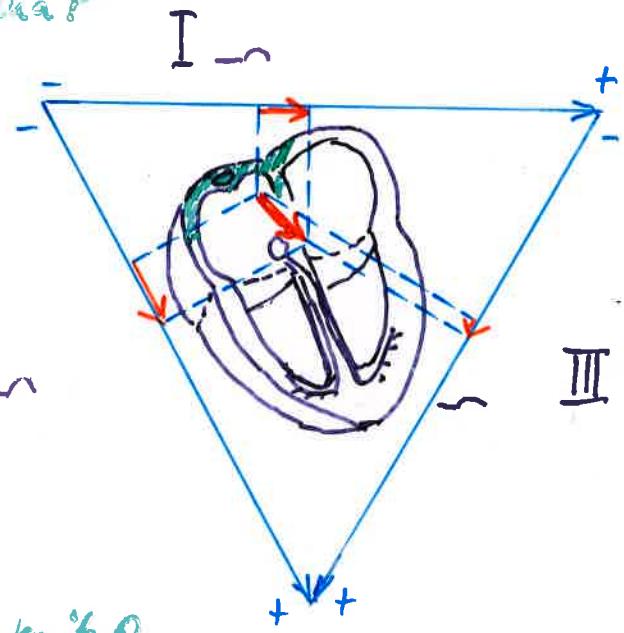
sek ST - (izoelektrický). Po rozšíření depolarizace po celé svalovině komor se po krátkou dobu el. aktivita srdce uvolní. [stejný potenciál - následují proudy]

Vlna T - Repolarizace komorového myokardu, probíhá od epikardu k endokardu. [El. vektor má stejný směr jako před depolarizací].

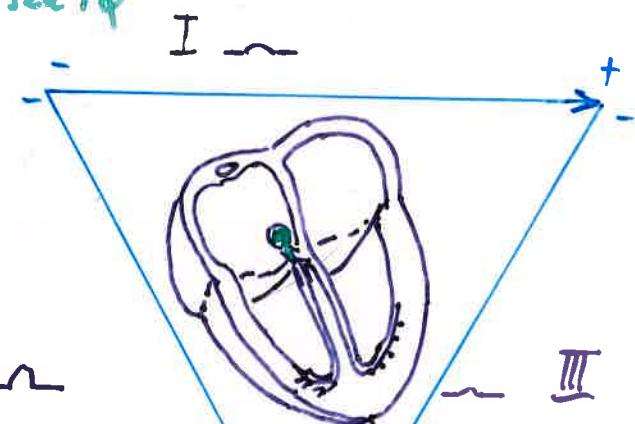
Vlna U - za vlnou T, zlocha vlna ne zcela jasného původu. Pravděpodobně způsobena repolarizací Purkiněových vláken, která mají delší plato než oholné myokard. Vykazují prodloužený refrakt. fáze Purk. vláken - slouží jako jednocestný filtr (+ převodní soustavy na myokard, ne zpět).

Vznik jednotlivých částí EKG-křivky.

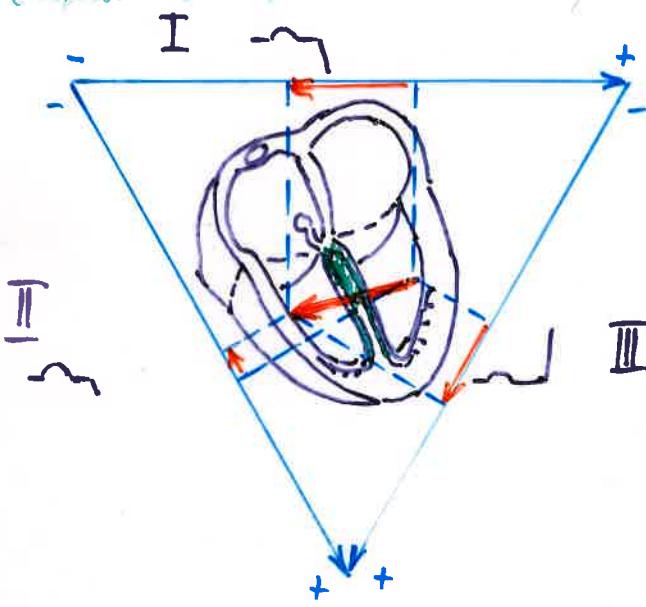
vlna P



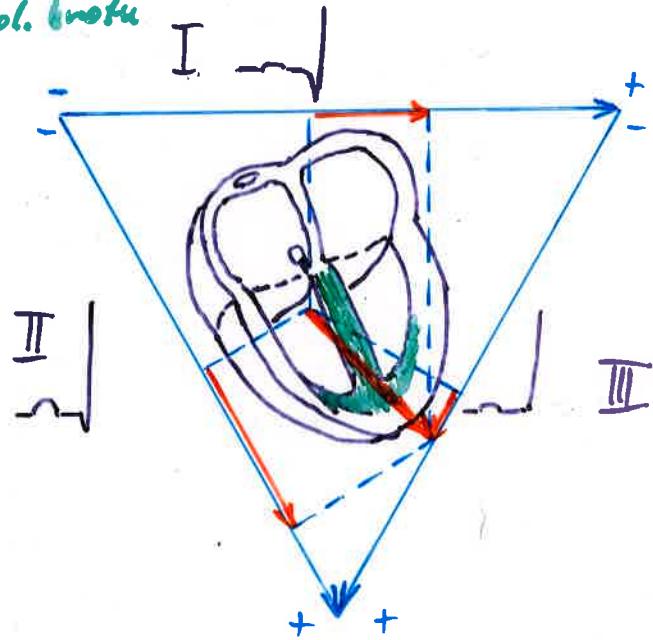
úsek PQ



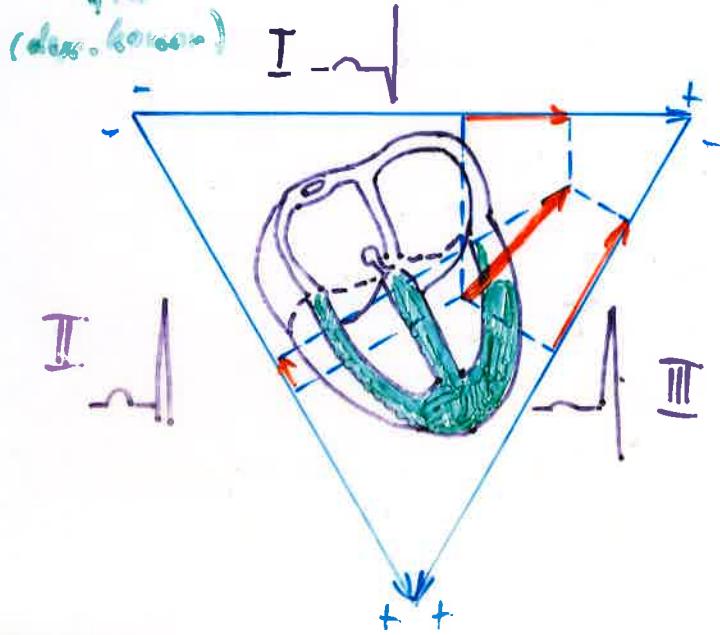
kmit Q
(západ. septa)



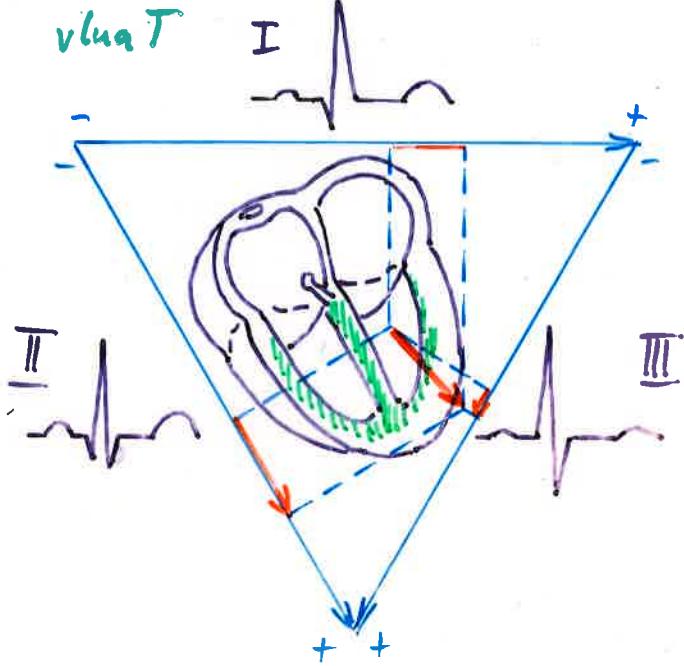
část QR
depol. kruhu



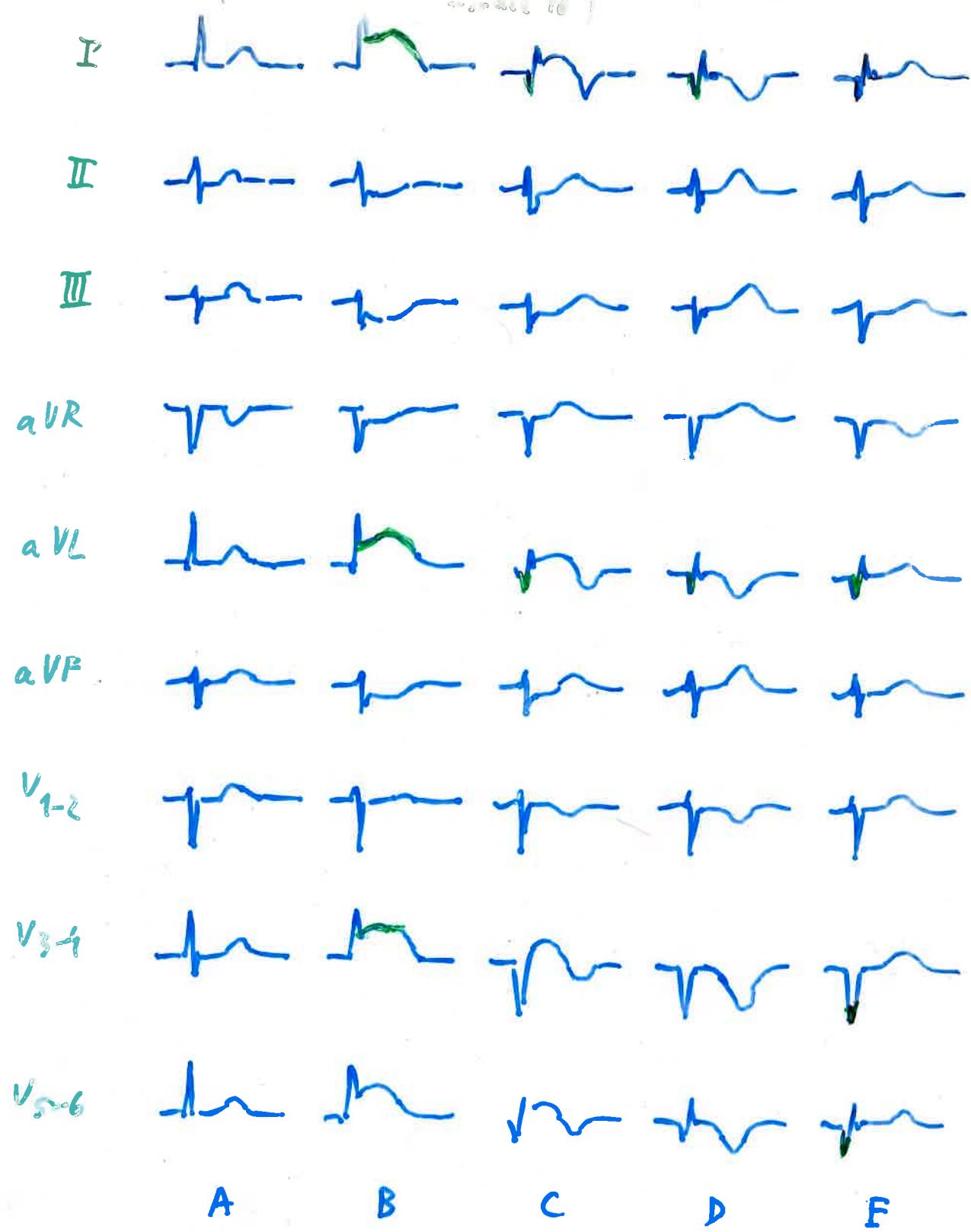
QRS
(des. kruhu)



vlna T



EKG
infarkt



A - normální křivky

B - několik hodin po infarktu (elevace ST - I, aVL, V₃₋₆)

C - desítky hodin až dny (kmity Q-I, aVL)

D - dny až týdny (kmity Q a komplexy QS protrvávají)

E - měsíce až leta po infarktu (abnormální Q)