

ELEKTROKARDIOGRAFIE (EKG)

Srdce generuje v čase proměnné elektrické pole srdeční

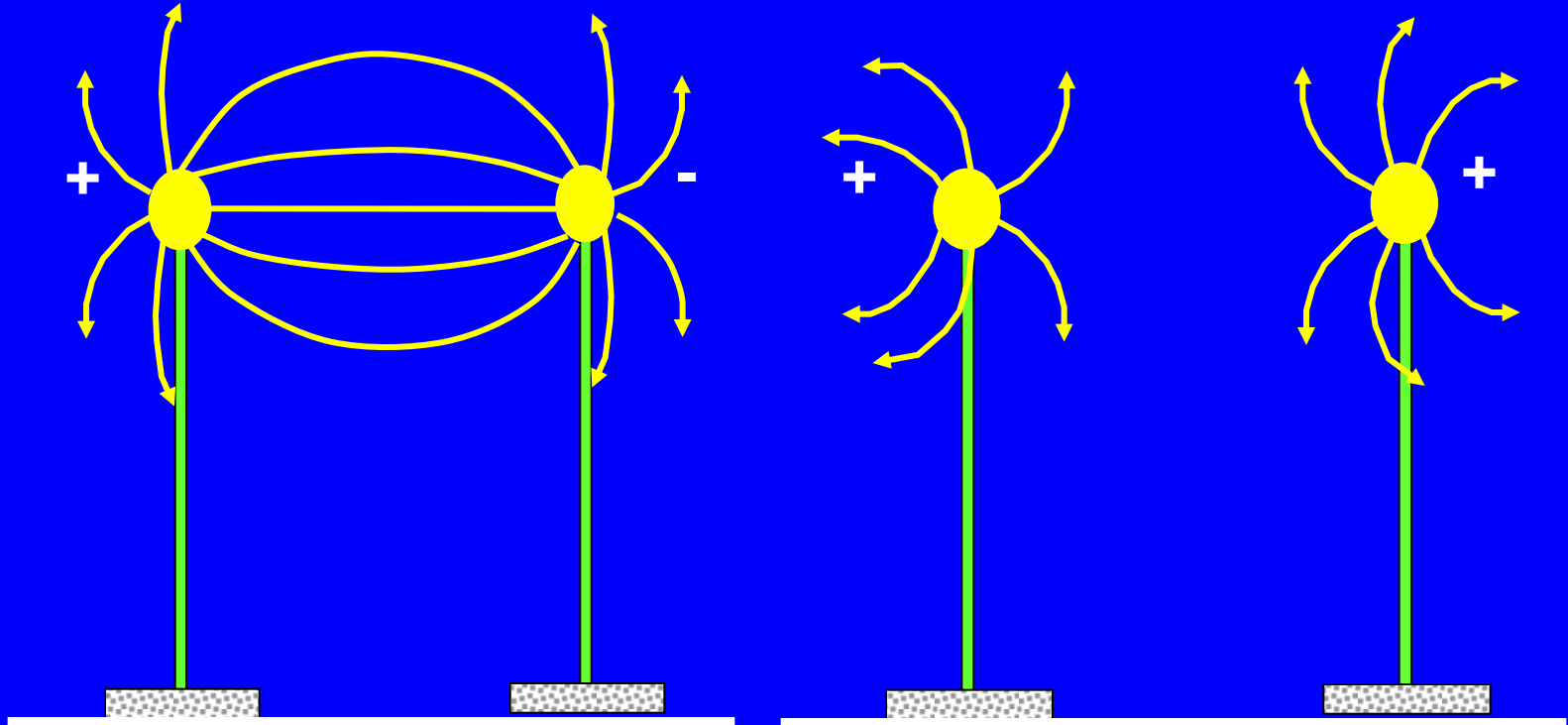
Toto elektrické pole se šíří elektricky nehomogenními strukturami až na povrch těla

Na tělesném povrchu (resp. i v tělních dutinách) se dá elektrická srdeční aktivita registrovat. Záznam se označuje elektrokardiogram. Technika, která jeho pořízení umožňuje je elektrokardiografie (EKG)

Chování srdce jako v čase
proměnného el. dipólu je umožněno
stereotypním šířením el. aktivity
(depolarizace) myokardem

K DEFINICI DIPÓLU

Dipól je geometrická abstrakce dvou nábojů opačného znaménka o nenulové vzdálenosti

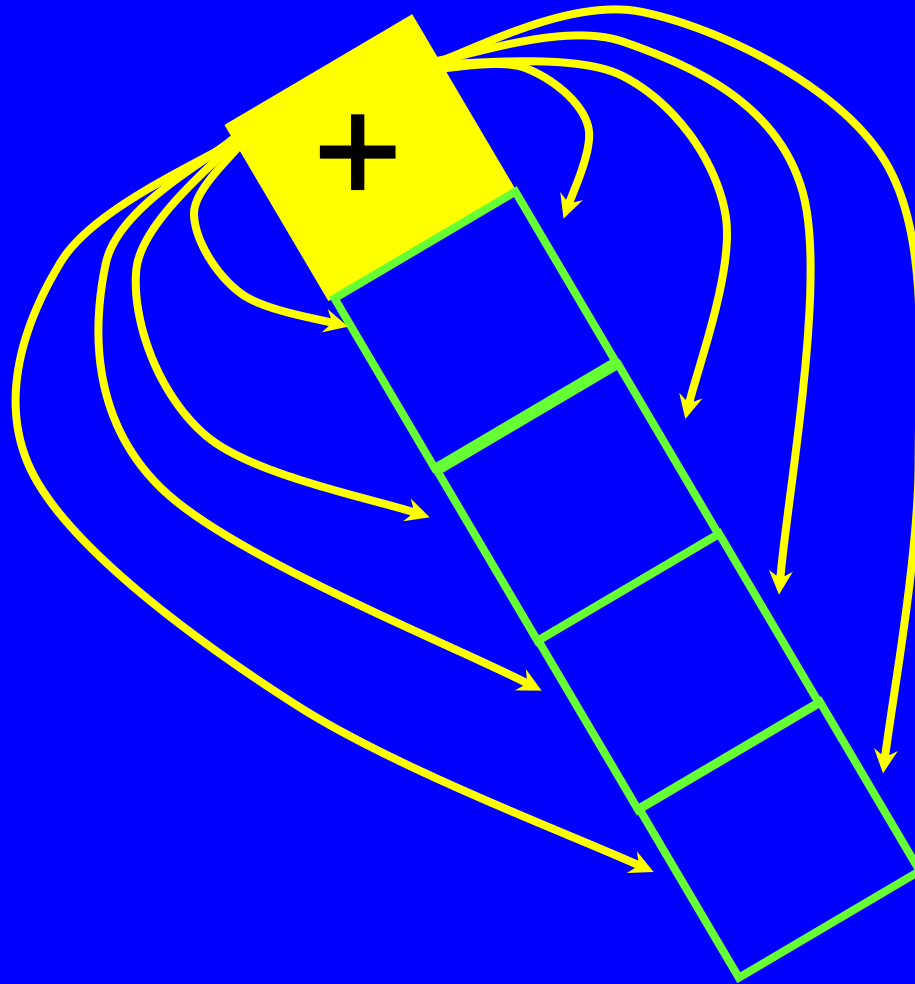


Tvar elektrického pole dvou opačných (a), nebo dvou stejných znamének (b)

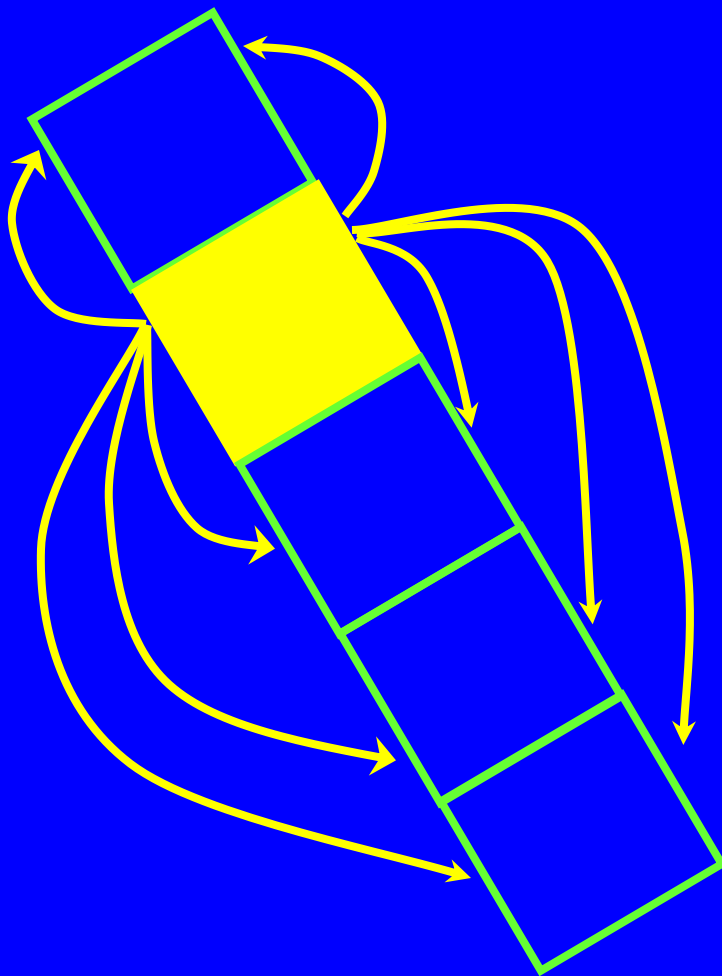
Když jsou užity dva elektrické náboje, v určitém geometricky definovaném vztahu, vzniká elektrický dipól. V případě „a“ byly užity náboje opačného znaménka (kladný a záporný), siločáry charakterizující pole směřují od jednoho ke druhému elektrickému pólu. Náboje se v tomto případě přitahují. V případě „b“ se jedná o stejné náboje a silokřivky se vzájemně odklánějí, náboje se odpuzují.



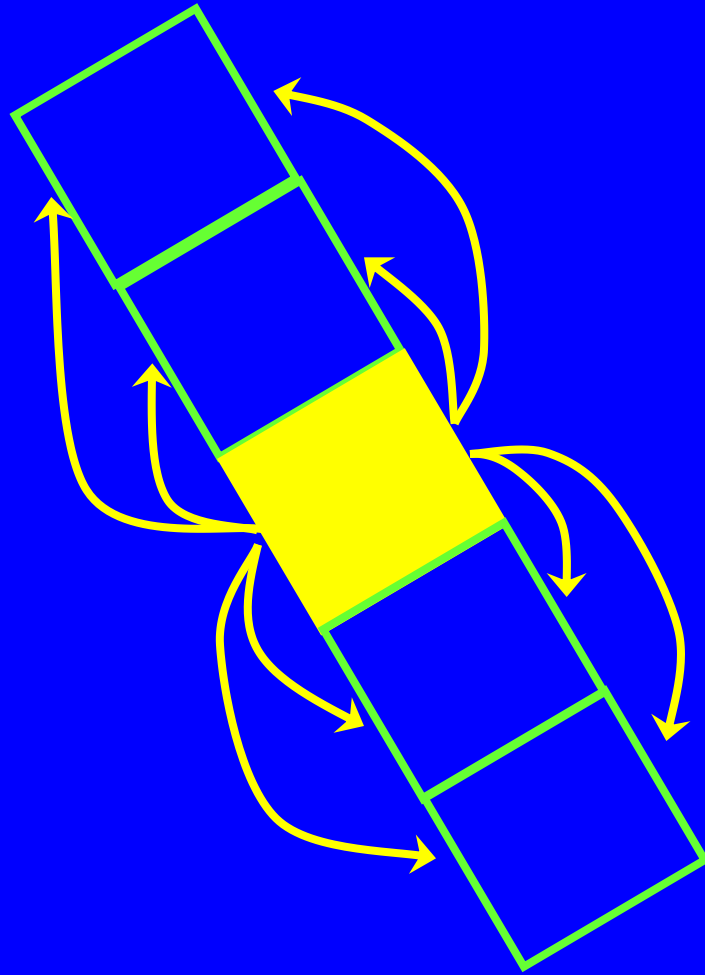
1



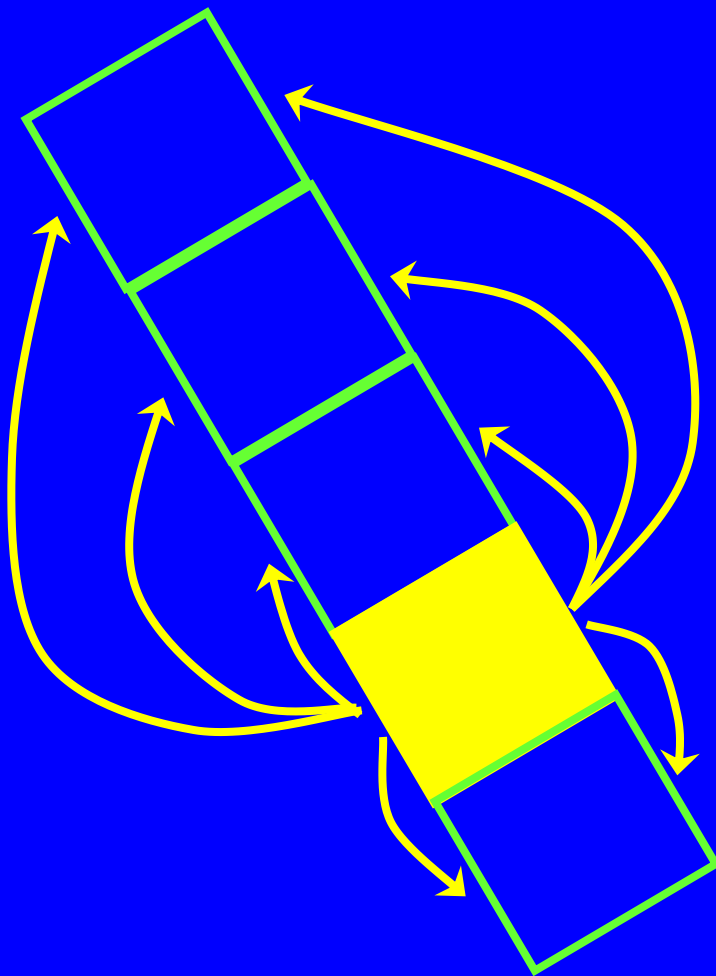
2



3



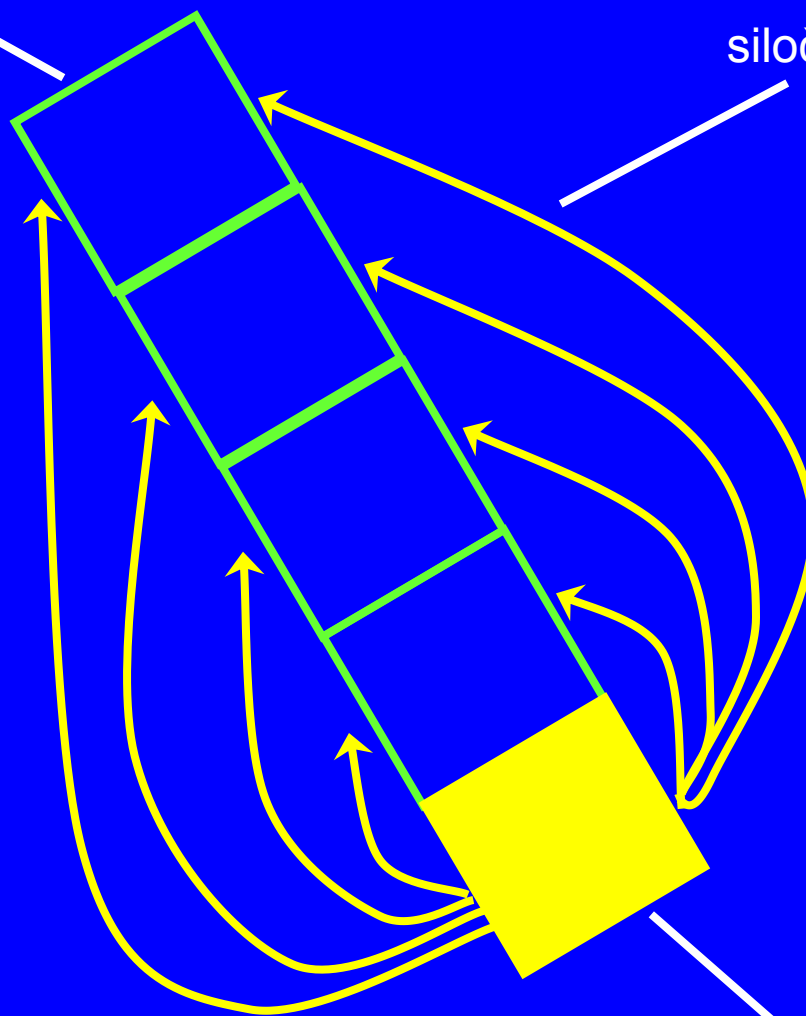
4



5

Normálně polarizovaná nebo
repolarizovaná zóna

siločáry

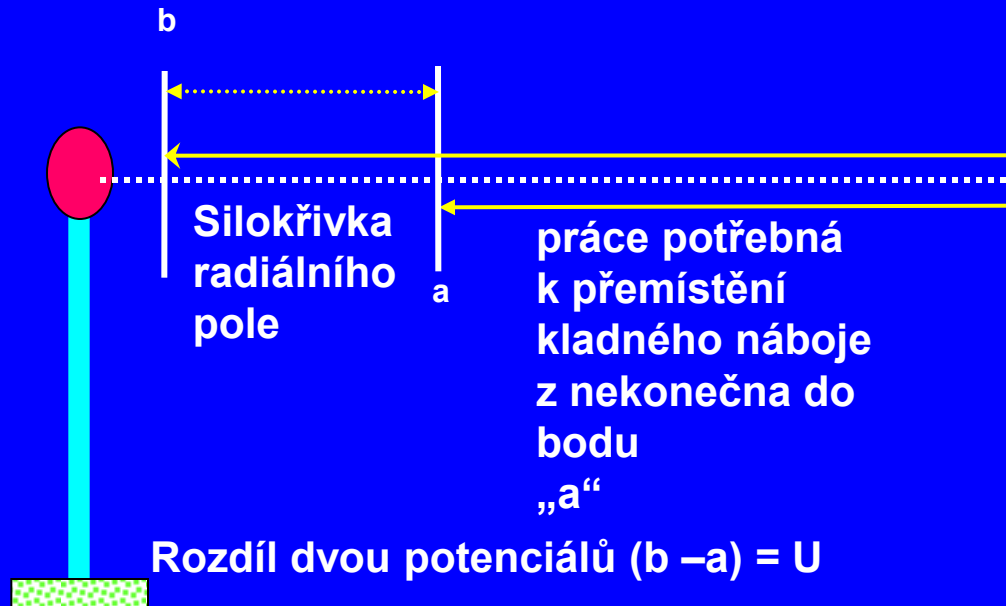


depolarizovaná zóna

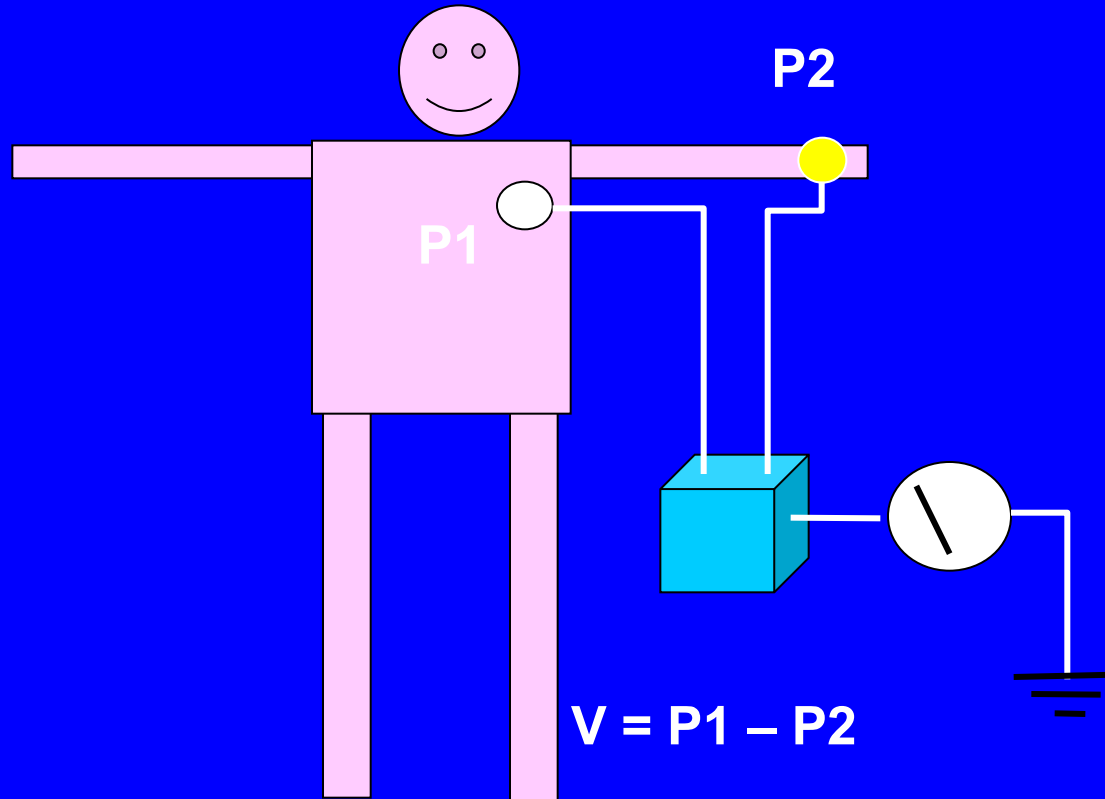
Potenciál a napětí

Potenciály „a“ a „b“
jsou ve vztahu:
 $b > a$

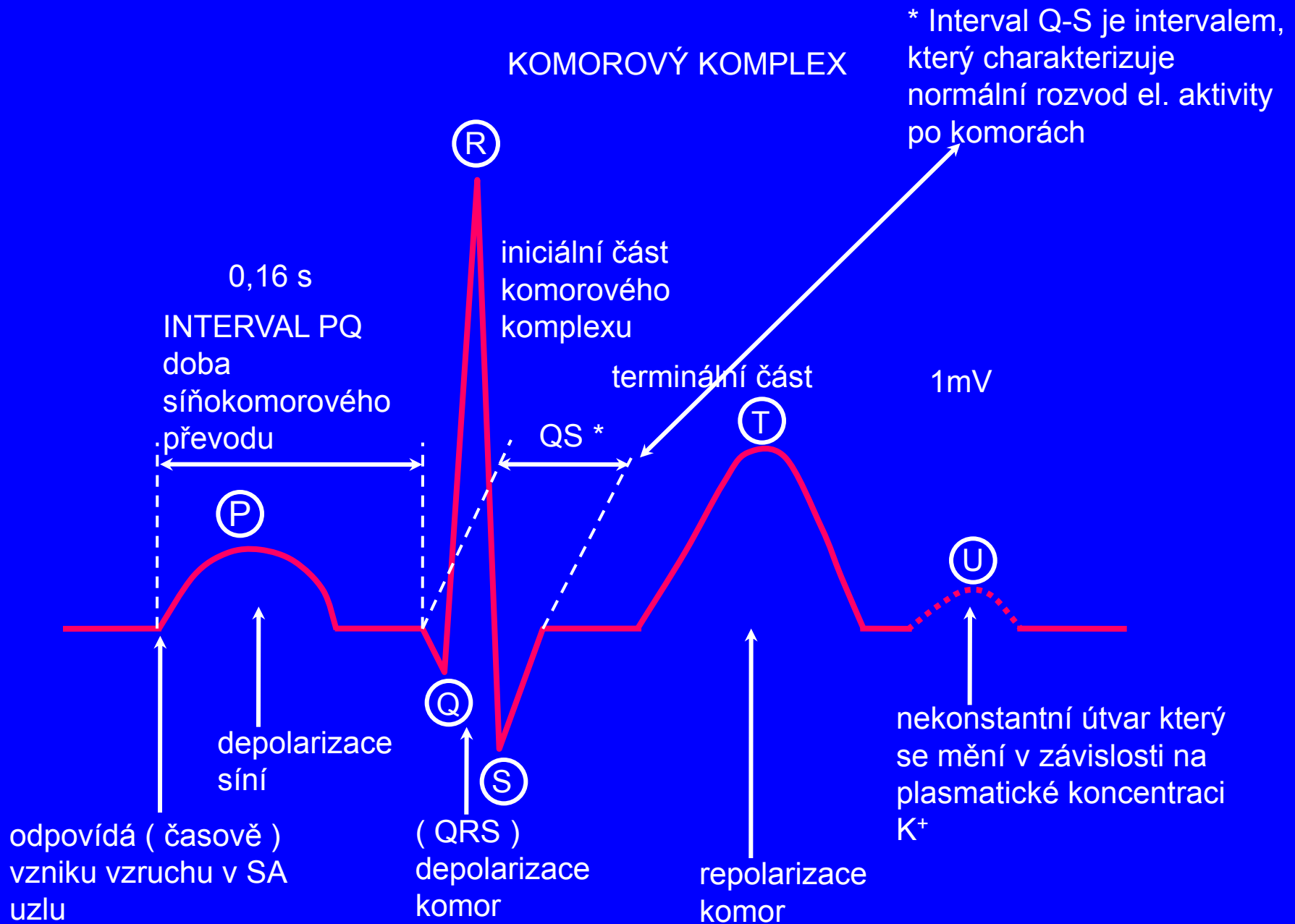
práce potřebná k
přemístění + náboje
z nekonečna do bodu
„b“



Podstata registrace EKG



KOMOROVÝ KOMPLEX



Interpretace „normální“ EKG křivky

Izoelektrická linie je zapisovaná za podmínek, kdy se nemění napětí mezi registračními elektrodami.

V čase, který předchází začátku vlny P dochází ke vzniku vzruchu v SAU. Pro tuto událost chybí na EKG křivce specifický útvar.

Vlna P je vždy přítomná, zpravidla pozitivní a je způsobená depolarizací síní.

Během intervalu P-Q dochází k síňo-komorovému zdržení a vzruchová aktivita přestoupí na komory.

Interval P-Q je obrazem síňo – komorového převodu.

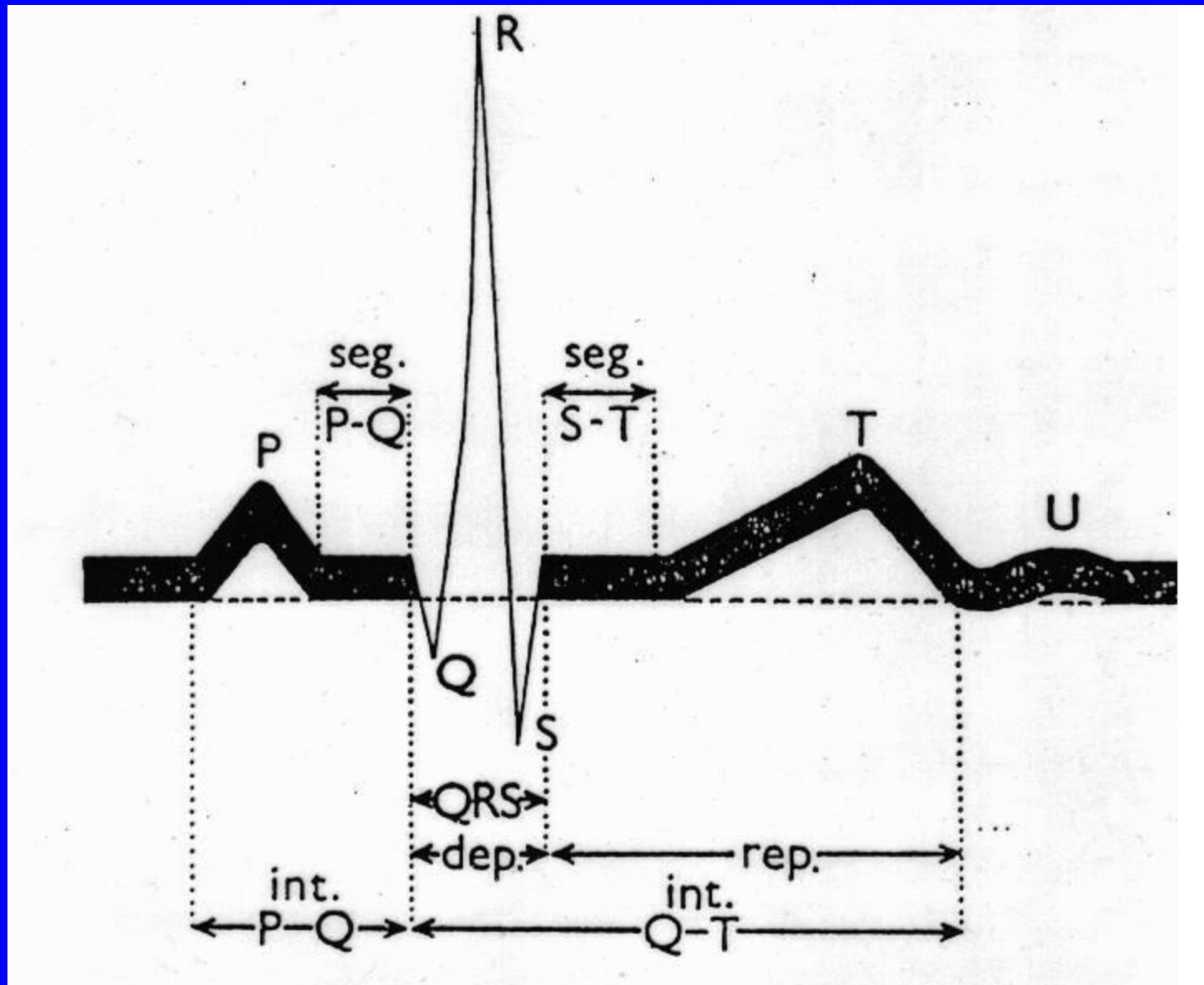
Trojice kmitů, QRS (iniciální část komorového komplexu) je konstantním útvarem EKG křivky a informuje o depolarizaci komor.

Interval Q–S vypovídá o kvalitě rozvodu vzruchu po komorách.

Vlna T je konstantní útvar EKG, má zpravidla pozitivní směr; je obrazem repolarizace komor.

V uvedených parametrech jakoby chybí zobrazení repolarizace síní. Za normálních okolností je parametrem repolarizace síní pozvolná a málo voltážová vlna Ta. Vlna spadá časově do iniciální části komorového komplexu.

V poslední době se značně akcentoval zájem o Q-T interval, jeho vyvolané nebo vrozené prodloužení může být významnou proarytmogenní charakteristikou. Dosud bylo popsáno 6 vrozených syndromů tzv. dlouhého Q-T.



Typy elektrod v EKG technice

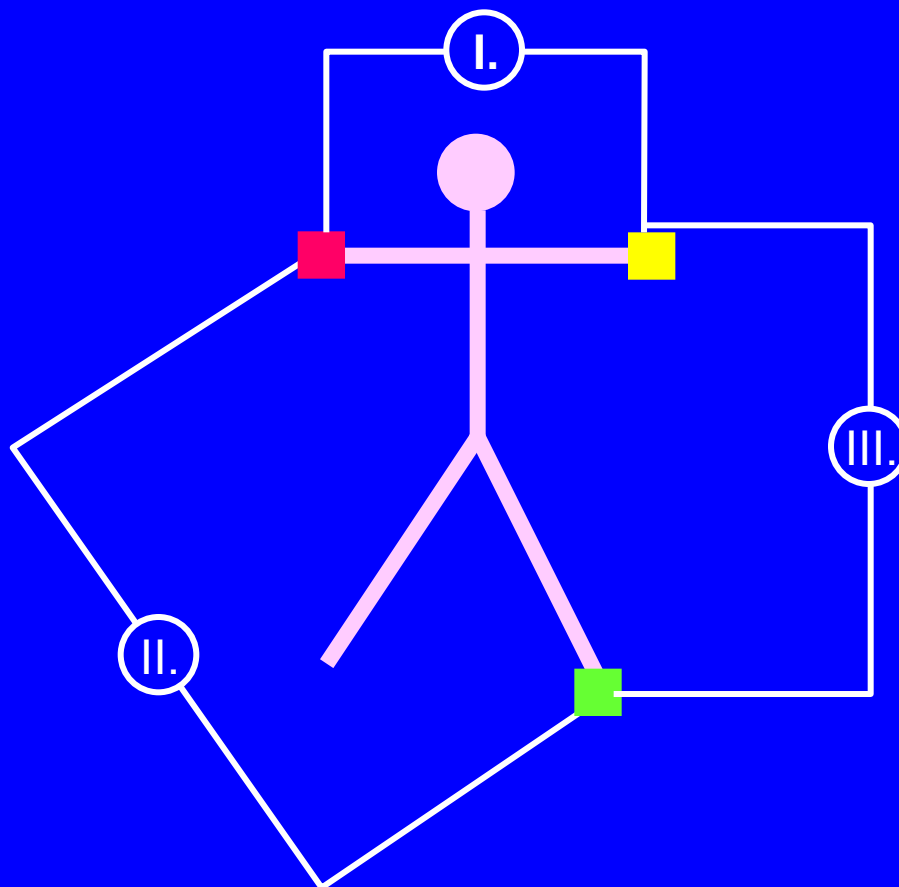
Elektrody **explorativní**: promítá se do nich potenciál místa, kde jsou přiloženy

Elektrody **indiferentní** : vykazují v čase neproměnný potenciál. Obvykle jsou konstruovány vhodnou kombinací (propojením) elektrod explorativních. Nejběžnější je tzv. **Wilsonova svorka**.

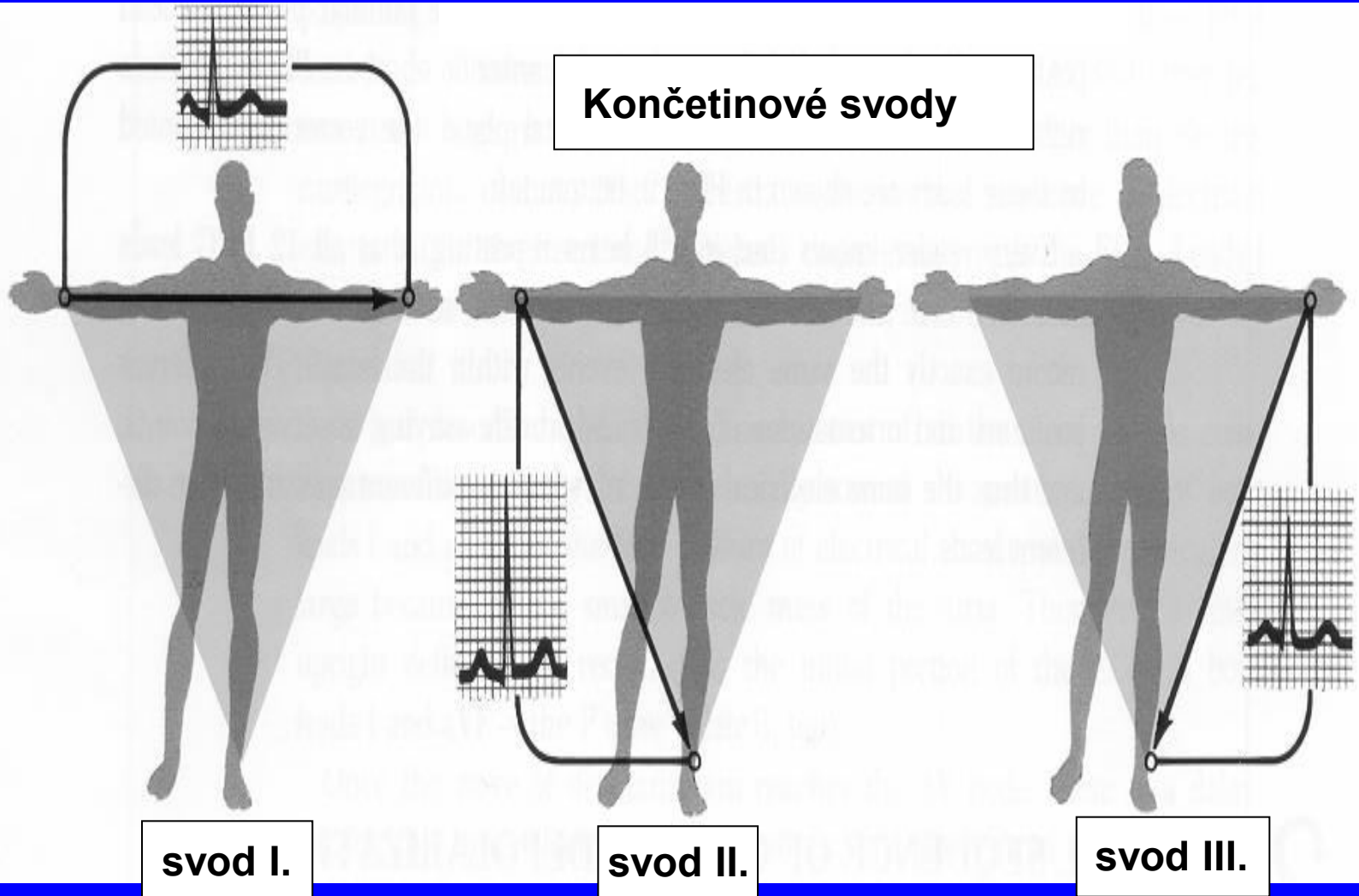
Základní metody registrace EKG

Metody jsou odvozeny od způsobu porovnávání
napětí mezi dvěmi elektrodami
technika bipolární (obě elektrody jsou explorativní)
technika unipolární (jedna elektroda je explorativní
a druhá indiferentní)
zvláštní případ je technika zesílených svodů

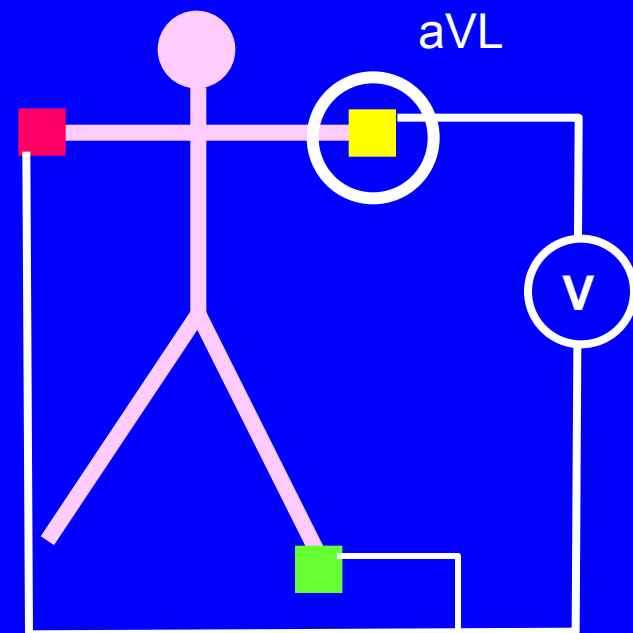
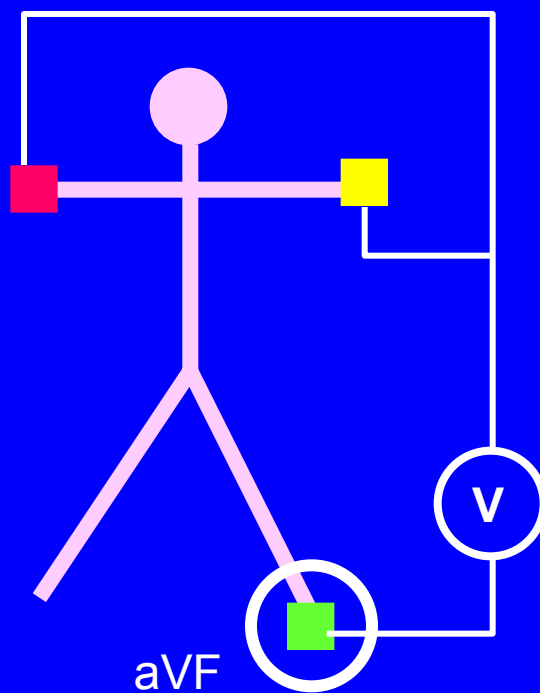
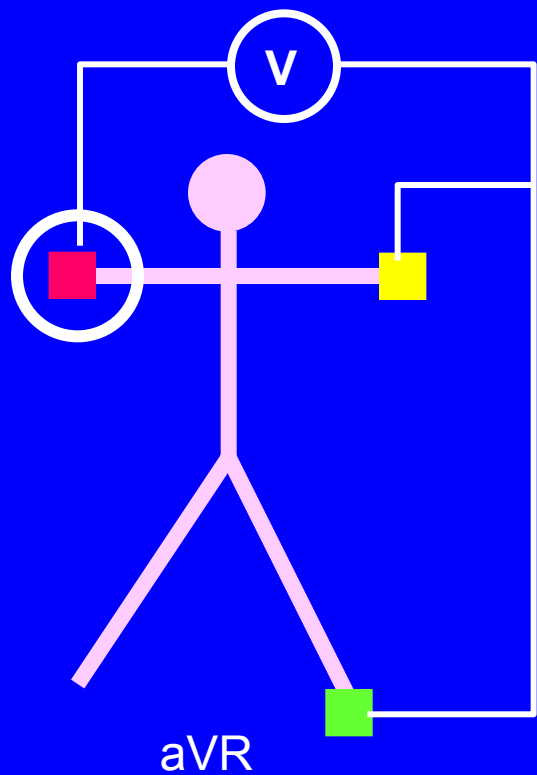
Klasické končetinové svody (bipolární technika)

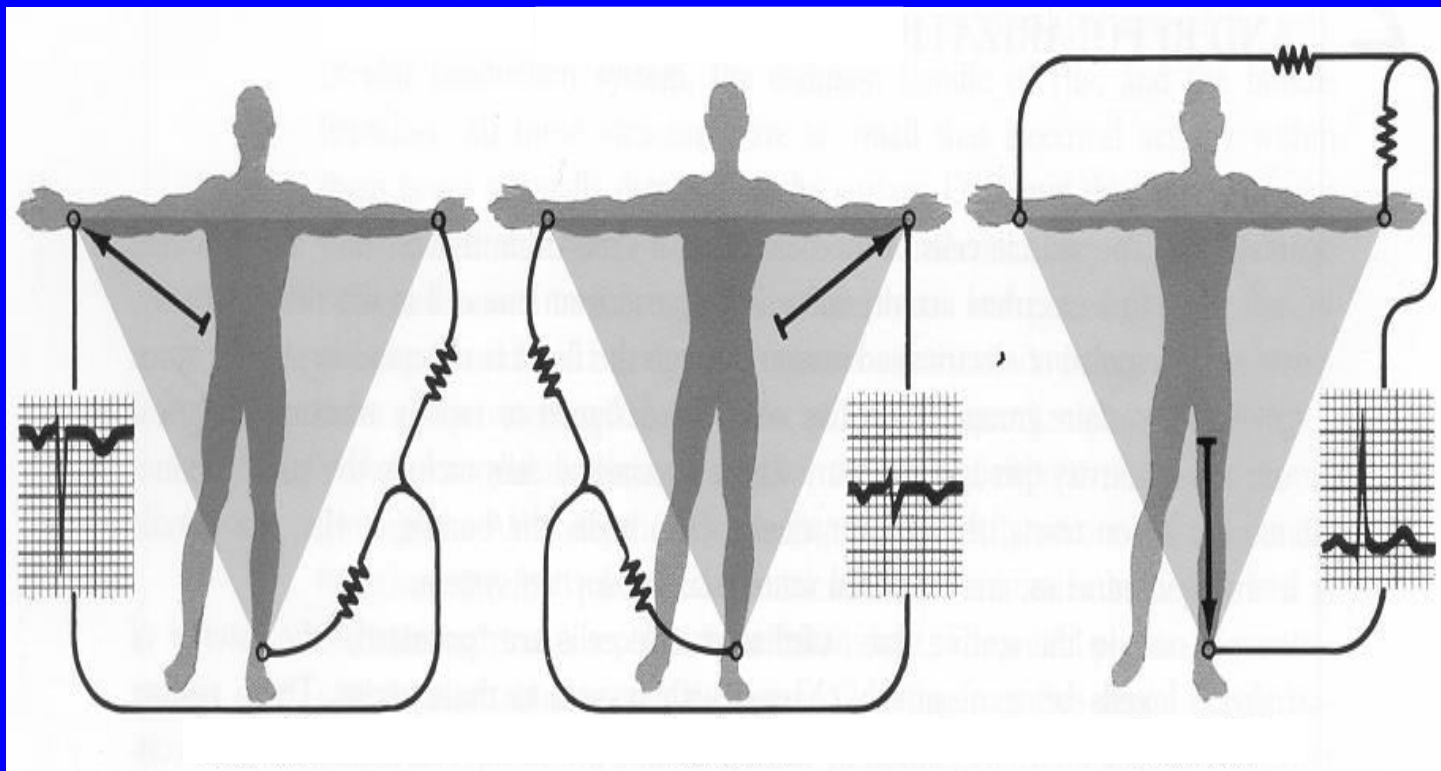


Končetinové svody



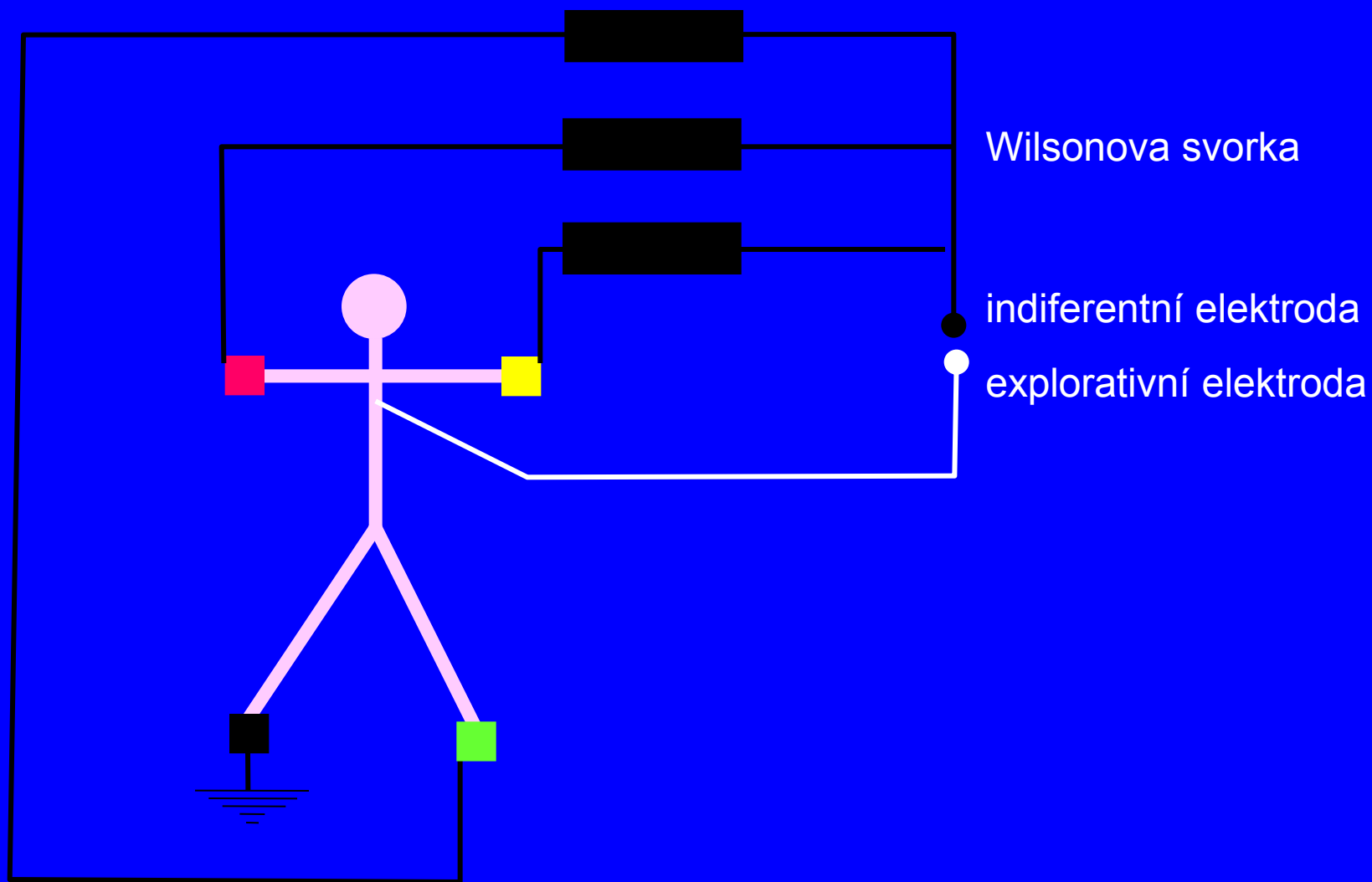
Zesílené svody (podle Goldberga)



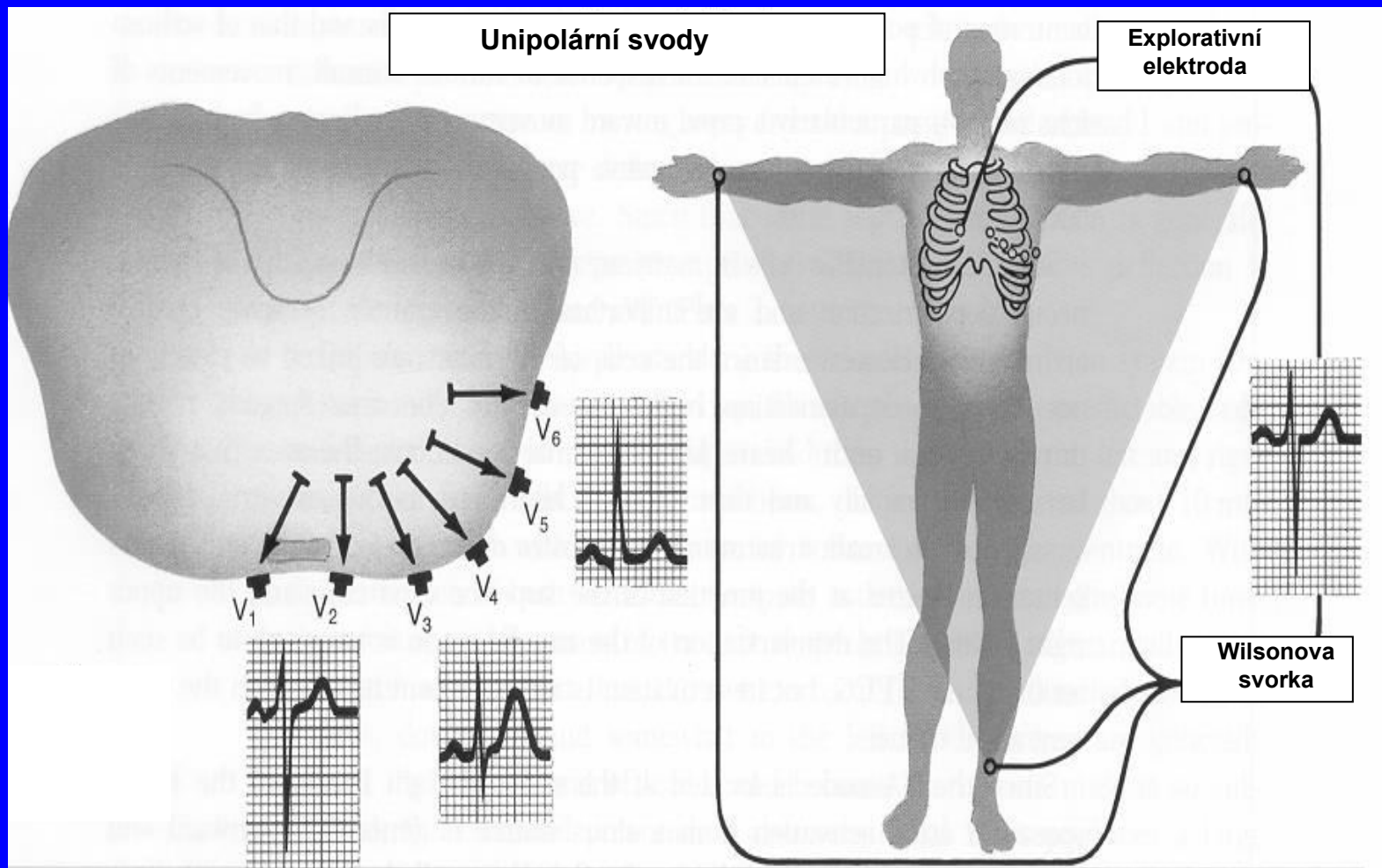


Zesílené končetinové svody

Zesílené končetinové svody byly vytvořeny vhodným elektronickým pospojováním kabelů z klasických snímacích míst. Goldberger zesílením dosáhl tak, že vyšel z klasické Einthovenovy rovnice, podle které platí, že součet potenciálů z klasických registračních míst, je v kterémkoliv okamžiku srdečního cyklu roven nule. Pokud jedno registrační místo odpojíme, pak jeho potenciál musí být roven součtu dvou zbývajících míst. Goldberger před spojením do uzlu vodiče z jednotlivých míst ještě opatřil vhodným odporem. Tímto uspořádáním dosáhl zvětšení voltáže až o $\frac{1}{2}$ (proto „zesílené svody“).



HRUDNÍ SVODY, WILSONOVA SVORKA



TECHNIKA HRUDNÍCH SVODŮ PODLE WILSONA

Unipolární svody podle Wilsona (někdy se též označují jako prekordiální) jsou uspořádány tak, že vhodným elektrickým propojením je vytvořena indiferentní elektroda. Její potenciál je nulový. Explorativní (aktivní) elektroda se přiloží na konvenčně domluvená místa. Napětí mezi explorativní a indiferentní elektrodou se registruje. Obvykle se užívá šesti poloh, kam se umístí explorativní elektroda.

Indiferentní elektroda je obvykle vytvořena tak, že kabely ze tří základních registračních míst jsou propojeny do uzlu přes odpor 500 Ω . Výsledný zkrat je tzv. **Wilsonova svorka**.

Explorativní snímací elektroda je umístěna na jednom ze šesti specifických míst na hrudníku. Každá poloha expolorativní elektrody V1 až V6 poskytuje aktuální informaci o potenciálu vznikajícímu v důsledku činnosti té elektrické struktury, která je konkrétní elektrodě nejbližší

Elektrody $V_1 - V_6$ jsou umístěny v následné lokalizaci

Svod

explorativní (aktivní) elektroda

V_1

4. mezižebří parasterálně vpravo

V_2

4. mezižebří parasterálně vlevo

V_3

mezi V_2 a V_4

V_4

5. mezižebří medioklavikulárně vlevo

V_5

mezi V_4 a V_6 v přední axilární čáře

V_6

5. mezižebří vlevo ve střední axilární čáře

INFORMACE Z JEDNOTLIVÝCH HRUDNÍCH ELEKTROD

Elektroda V1 – podle polohy srdce – poskytuje elektrické informace o **pravé síni**, resp. **pravé komoře**.

Elektroda V2 informuje především o **pravé komoře**.

Elektrody V3 a V4 zobrazují **komorovou septální oblast**.

Elektroda V5 dává dominantní elektrický obraz o **komoře levé**.

V6 rovněž zobrazuje **levou komoru**, navíc může při vertikálně rotovaném srdci vypovídat o bazálních strukturách levé komory.

Podmínky registrace EKG

1. Nastavení citlivosti přístroje $1\text{mV} = 1\text{cm}$ (cejch)
2. Rychlost registrace (obvykle 25mm/s)
3. Omezení pohybových artefaktů

Na EKG křivce hodnotíme:

1. Akce
2. Frekvence
3. Rytmus
4. Sklon elektrické osy srdeční
5. Popis jednotlivých kmitů a vln

Akce srdeční

Termínu „**akce srdeční**“ se užívá k vyjádření míry **pravidelnosti** nebo **nepravidelnosti**, s jakou elektrické komplexy spojené s elektrickou srdeční aktivitou vznikají. Akce srdeční může být **pravidelná**, nebo **nepravidelná**.

O pravidelnosti nebo nepravidelnosti se nejlépe přesvědčíme proměřením času (intervalu), který uplyne mezi dvěma stejnými výraznými útvary EKG záznamu. Například poměříme několik „R – R“ intervalů. Pokud je R-R interval stejný, resp. pokud se pohybuje v rámci stanovené tolerance (viz podrobněji učebnice zabývající se elektrokardiografií), označíme záznam „akce pravidelná“. V případě, kdy R-R interval nápadně a často přesahuje příslušnou mez tolerance, efekt označíme „akce nepravidelná“.

Nepravidelná akce je obrazem tzv. **dysrytmie**. Dysrytmie může být **fyziologická**, nebo **patologická**. Příkladem fyziologické dysrytmie je **dysrytmie respirační**. Je charakterizována tím, že při nádechu dochází ke **vzrůstu** srdeční frekvence, při výdechu k **poklesu** frekvence srdeční.

Příčinou jsou extrakardiální mechanismy řízení srdeční činnosti. Tzv. vitální centra v dolním kmenu (v pontu a oblongátě), centrum respirační a centrum kardiovaskulární, jsou součástí retikulární formace a vzájemně se ovlivňují.

Respirační dysrytmie je běžně přítomná u mladých jedinců

HODNOCENÍ EKG – frekvence

Frekvence

Tímto termínem označujeme počet komorových systol vzniklých za jednu minutu. Jako vodítko poslouží výrazný útvar iniciální části komorového komplexu, například kmit „R“. Pokud je akce pravidelná, lze jednoduše počet kmitů R za 6 s vynásobit deseti a přímo dostáváme údaj o frekvenci. Při nepravidelné frekvenci je nezbytné užít postupů úměrných registraci. Moderní přístroje zpravidla frekvenci udávají jako součást vytištěného protokolu. Počet síňových elektrických systol (vln P) je za normálních okolností shodný jako počet systol komorových. U některých jedinců, kdy vznikly podmínky pro tzv. „fibrilaci síní“, může být počet aktivací síní mnohem vyšší než je aktivita komor. Protože o čerpací funkci srdce rozhodují komory, je počet komor za časovou jednotku adekvátní posouzení frekvence.

HODNOCENÍ EKG - rytmus

Rytmus srdeční

Tímto termínem označujeme určení (identifikaci) aktuálního zdroje vzruchů v srdci. Pokud je zdrojem SAU, jde o **rytmus sinusový**. Za situací, kdy se nemůže SAU uplatnit, ujme se obvykle produkce vzruchů některá struktura AVU. V tomto případě označujeme zdroj vzruchové aktivity „**rytmus nodální**“. Ve zvláštních případech, například A-V blok III. stupně, je aktivita síní určována SAU, zatímco komory pracují **rytmem idioventrikulárním**.

EKG ZNÁMKY SINUSOVÉHO RYTMU

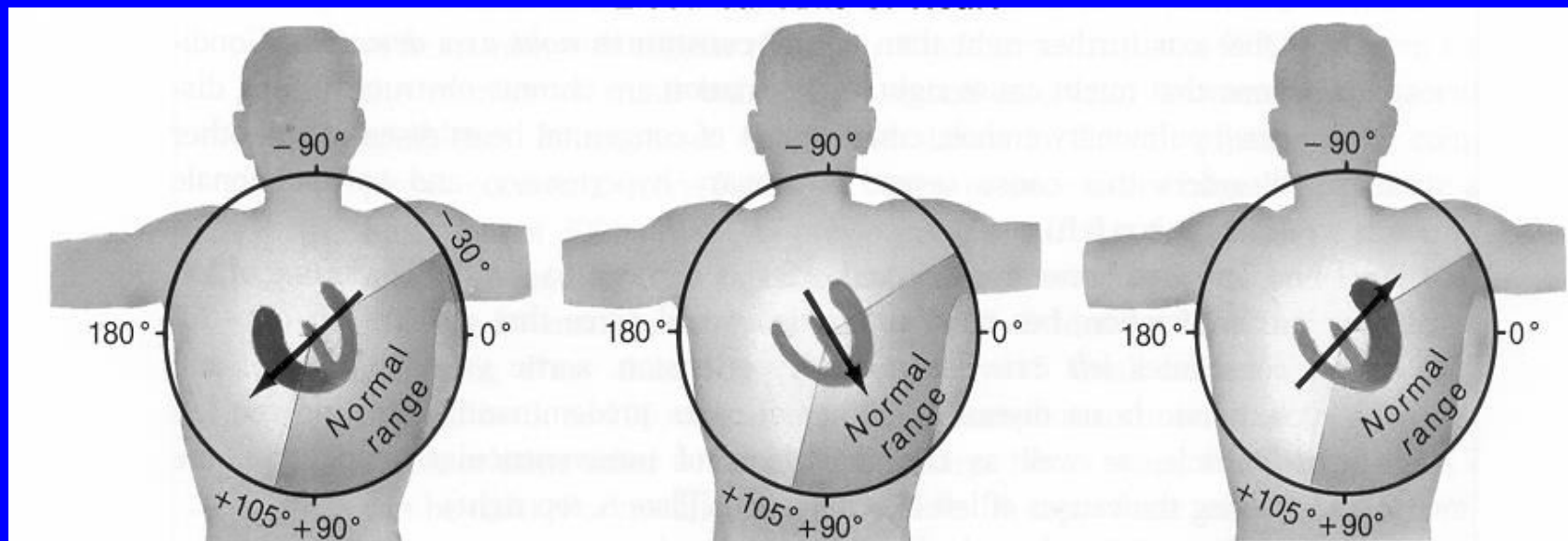
Sinusový rytmus je v klidu charakterizován tím, že

- a) vlna P předchází iniciální část komorového komplexu. Tato skutečnost je logická v tom, že SAU leží ve vtokové části pravé síně a teprve po vzniku vzruchu se může síňová oblast depolarizovat (vlna P);
- b) je normální trvání intervalu P – Q. To svědčí o tom, že cesta od SAU k AVU a následovně na komory je normální;
- c) je normální frekvence, tedy u dospělého 60 – 80 stahů za minutu

POPIS EKG KŘIVKY – ELEKTRICKÁ OSA SRDEČNÍ

Elektrickou osou srdeční rozumíme **velikost a směr elektrického vektoru srdečního** v okamžiku **vrcholící depolarizace komor**.

Prototypová el. osa srdeční vychází z baze srdeční a míří **dopředu, doleva a dolů**.



SKLON DO PRAVA
(VERTIKALIZECE)

NORMALNÍ SKLON

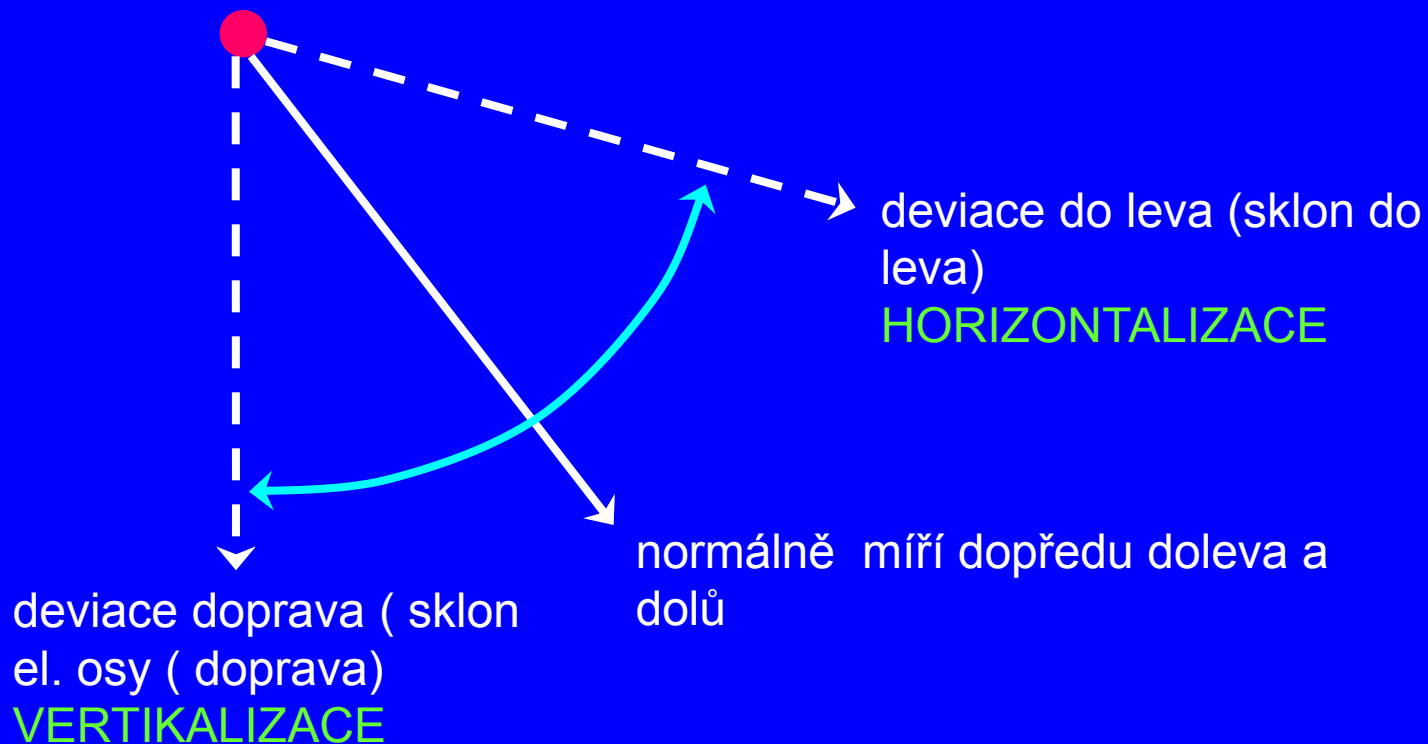
SKLON DO LEVA
(HORIZONTALIZACE)

Elektrická osa srdeční

(dvojrozměrná redukce)

projekce do ventrální roviny

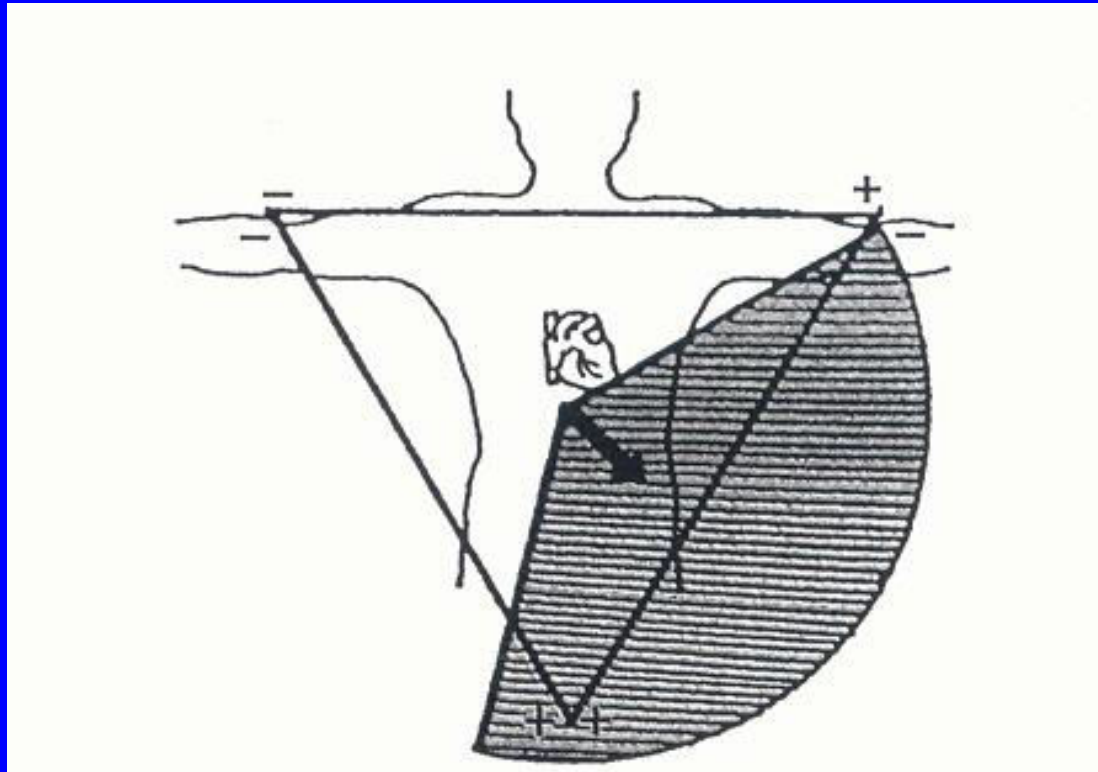
počátek odpovídá bazi srdeční



Elektrická osa srdeční promítnutá do frontální roviny

Vlevo odchylka (deviace) el. osy do prava
(vertikalizace), uprostřed normální rozmezí směrů el.
osy (normal range), vpravo je odchylka el. osy do leva
(horizontalizace).

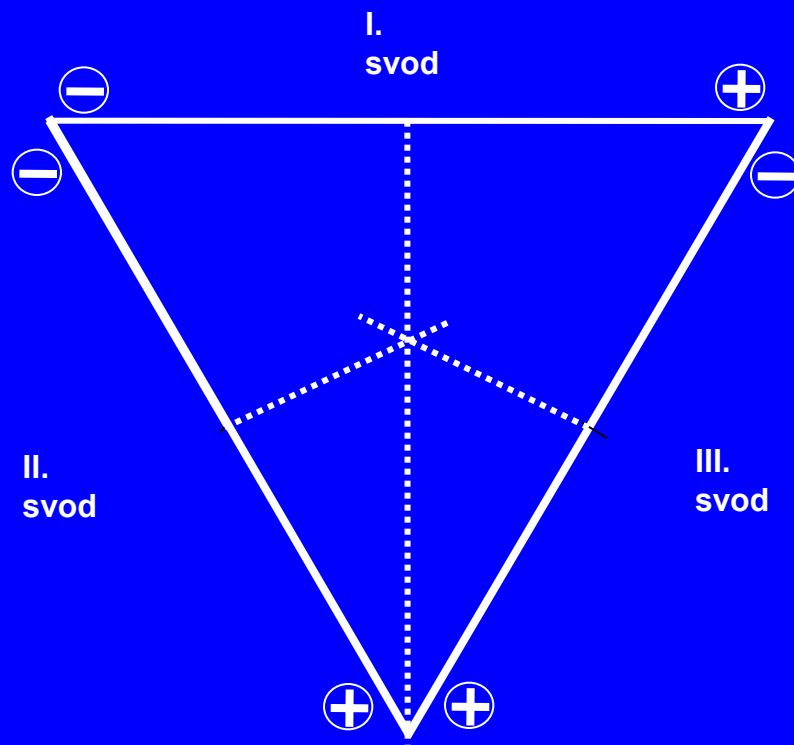
SKLON ELEKTRICKÉ OSY SRDEČNÍ



**Rozmezí fyziologických směrů elektrické osy srdeční
(normální směr)**

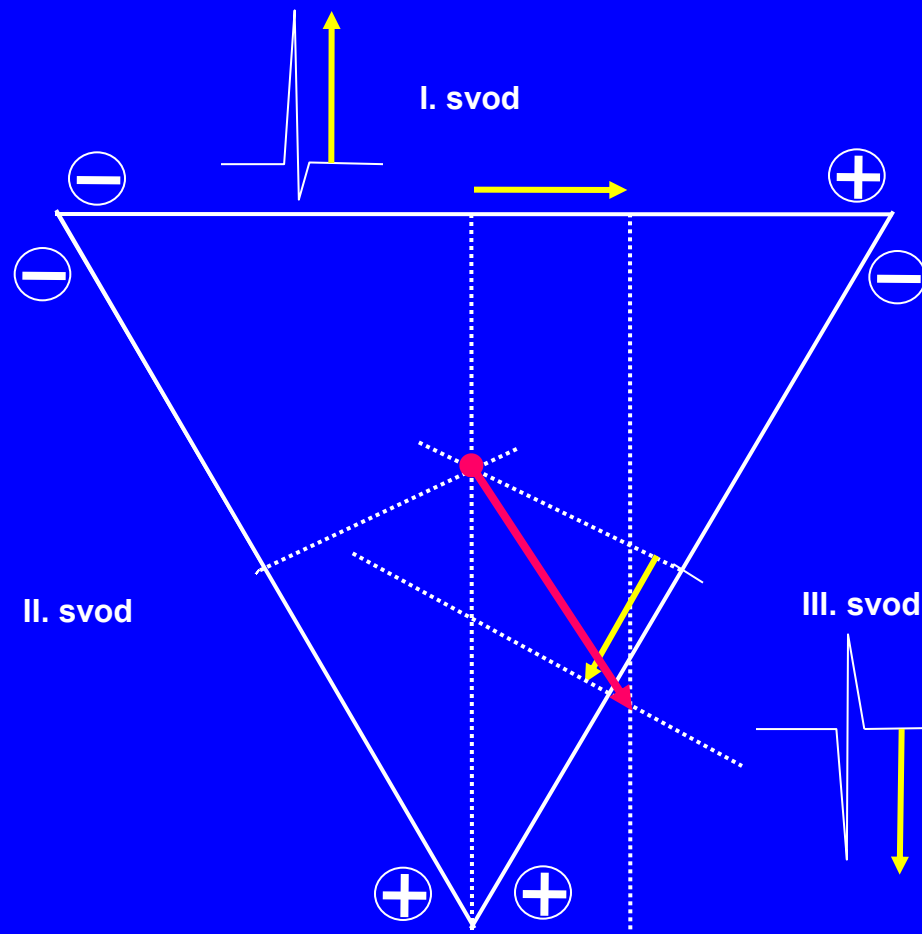
Horizontálně šrafovaná oblast na obrázku vyjadřuje nejčastější rozsah směrů fyziologicky orientované osy srdeční.

K určení elektrické osy srdeční je možné užití několika metod. Standardně se užívá konstrukce tzv. Einthovenova trojúhelníka. Einthovenův trojúhelník je konstruován jako rovnostranný trojúhelník, který symbolizuje klasické bipolární končetinové svody: horní strana – I. svod, levá – II. svod a pravá (z pohledu kreslíčího) – III. svod.



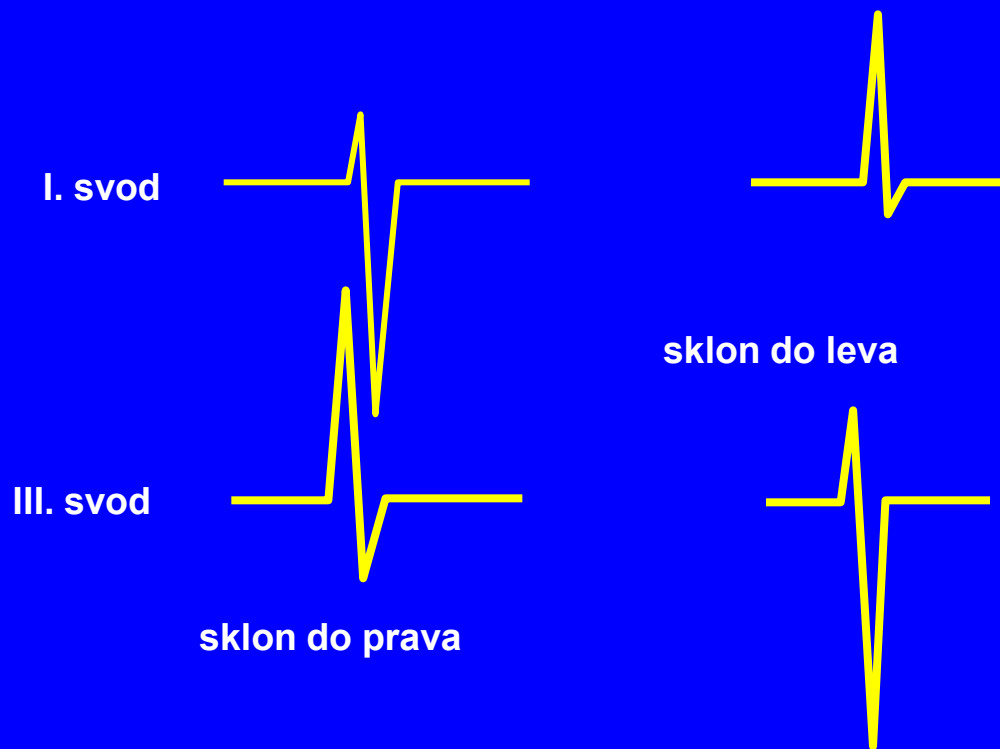
Einthovenův trojúhelník

Jde o symbolické vyjádření klasických končetinových svodů podle Einthovena (I., II., III.). V trojúhelníku je rovněž naznačena polarita (+, -) směru výchylky. Obvyklý postup je ten, že se od středu strany vynese v příslušném směru (proto je vyjádřena polarita) amplituda kmitu R v I. a ve třetím svodu. Pak se spustí rovnoběžky z tohoto bodu s osou strany. V místě protětí rovnoběžek je vrchol el. osy srdeční.



Konstrukce elektrické osy srdeční v Einthovenově trojúhelníku

V I. a ve III. svodu vyneseme ve stejném měřítku amplitudu kmitu R. Vzniklým bodem vedeme rovnoběžku s osou strany a v místě jejich protětí je vrchol el. osy srdeční. Její začátek leží v těžišti rovnostanného trojúhelníka. Amplitudy kmitů R šedě, osa černě. Upozorňujeme, že uvedený způsob je orientační.



Orientační určení výrazných deviací elektrické osy srdeční

Srovnáním vzájemných směrů největších výchylek (kmitů) iniciální části komorového komplexu v I. a III. svodu lze zaregistrovat dva výrazně odlišné obrazy. Při sklonu do prava směřuje největší kmit v I. svodu (kmit S) proti nejvyššímu kmitu ve III. svodu (kmit R). Při sklonu do leva je v I. svodu nejvyšší kmit R, a ve třetím svodu kmit S, kmity míří „od sebe“.

HODNOCENÍ EKG KŘIVKY - Popis jednotlivých kmitů a vln

Tento popis provedeme pro každý svod. Zaměříme se na známky **kvalitativní** a známky **kvantitativní**.

Kvalitativní známky jsou: přítomnost, nebo nepřítomnost jednotlivých kmitů a vln, jejich polarita.

Kvantitativní známky jsou: voltáž kmitů a vln, trvání nejdůležitějších intervalů. Zvlášť by měly být popsány údaje, které jsou typické pro nějakou zjevnou a typickou poruchu.

úsek křivky	původ	trvání
vlna P	depolarizace síní	0,08-0,10s
komplex QRS	depolarizace komor	0,06-0,10s
vlna T	repolarizace komor (repolarizace síní je skryta v QRS komplexu)	0,20s při srdeční frekvenci 70tepů/min

Z úseků a intervalů mají pro praxi největší význam: **interval PQ**, který je ukazatelem síňokomorového převodu a trvá 0,12-0,20s a **interval QT** odpovídající trvání aktivace komor (jeho trvání závisí na srdeční frekvenci – při frekvenci 70tepů/min je asi 0,4s, na každých 10 tepů navíc se zkracuje o 0,02s, na každých 10 tepů méně než 70 se prodlužuje o 0,03 s).

NORMÁLNÍ EKG KŘIVKA, ZÁKLADNÍ SEGMENTY A INTERVALY

V křivce je užito anglosaské značení. PR-interval odpovídá intervalu P-Q, QRS-interval = Q-S interval. Ostatní značení je stejné. **Pozor !** Na EKG křivce chybí známka, která by jednoznačně dokumentovala vznik vzruchu v SAU. Klasická registrace se prováděla na tzv. přímopíšicích EKG přístrojích na pohybující se milimetrový papír. Horizontální vzdálenost odpovídala 0.04 s, vertikální vzdálenost základního rastru odpovídala 0.1 mV.

