

I. ÚVOD

Hlavní funkcí srdce je pumpovat krev dvěma okruhy:

1. **Plicní okruh:** přes plíce k oxygenu krve a odstranění oxidu uhličitého; a
2. **Systémový obvod:** dodává kyslík a živiny tkáním a odstraňuje oxid uhličitý.

Protože srdce pohybuje krví dvěma oddělenými okruhy, je někdy popisováno jako duální pumpa.



Aby srdce mohlo bít, potřebuje tři typy buněk:

1. generátory rytmu, které produkují elektrický signál (SA uzel nebo normální kardiostimulátor);
2. Vodiče pro šíření signálu kardiostimulátoru; a
3. Kontraktilní buňky (myokard) k mechanickému čerpání krve.

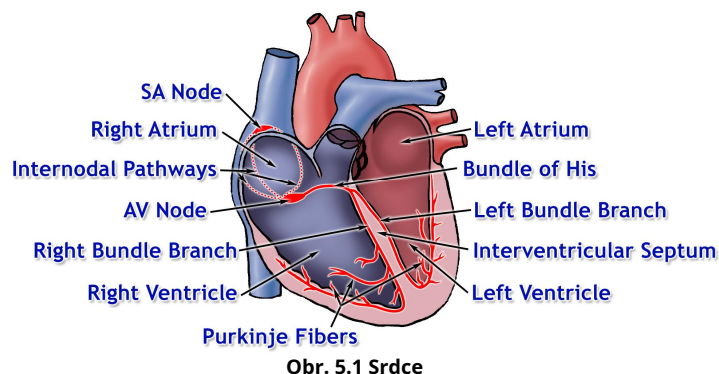
Elektrická a mechanická sekvence srdečního tepu

Srdce se specializovalo **kardiostimulátor** buňky, které zahajují elektrickou sekvenci **depolarizace** a **repolarizace**. Tato vlastnost srdeční tkáně se nazývá **vlastní rytmičnost** nebo **automatickost**. Elektrický signál je generován **sinoatriální uzel (SA uzel)** a šíří se do ventrikulárního svalu prostřednictvím zvláštních vodivých cest: **internodální dráhy** a **síňových vláken**, **atrioventrikulární uzel (AV uzel)**, **svazek Jeho**, vpravo a vlevo **svazkové větve**, a **Purkyňových vláken** (obr. 5.1).

Když elektrický signál depolarizace dorazí ke kontraktilním buňkám, dojde k jejich kontrakci – tzv. mechanické události **systole**. Když se repolarizační signál dostane k buňkám myokardu, uvolní se – jde o mechanickou událost zvanou **diastola**. Elektrické signály tedy způsobují mechanickou pumpovací činnost srdce; mechanické děje vždy následují po elektrických událostech (obr. 5.2).

The **SA uzel** je normálním kardiostimulátorem srdce, který spouští každý elektrický a mechanický cyklus. Když se uzel SA depolarizuje, elektrický stimul se šíří síňovým svalem a způsobuje kontrakci svalu. Po depolarizaci SA uzlu tedy následuje síňová kontrakce.

Impuls SA uzlu se také šíří do **atrioventrikulární uzel (AV uzel)** prostřednictvím **internodálních vláken**. (Vlna depolarizace se nešíří do komor hned, protože síně a komory odděluje nevodivá tkáň.) Elektrický signál je v AV uzlu zpožděn přibližně o 0,20 sekundy, když se síně kontrahují, a poté je signál předán do **akomory** přes **jeho svazek**, **správně levé svazkové větve**, a **Purkyňových vláken**. Purkyňova vlákna přenášejí elektrický impuls přímo do komorového svalu, stimulace komor k **smlouvě** (komorové **systole**). Během komorové systoly se komory začnou repolarizovat a poté vstoupí do období diastoly (obr. 5.2). Ačkoli srdce generuje svůj vlastní tep, srdeční frekvence (**b jíp ehmm** inute nebo BPM) a síla kontrakce srdce jsou modifikovány **soucítěn** a **parasympatikus** oddělení autonomního nervového systému.

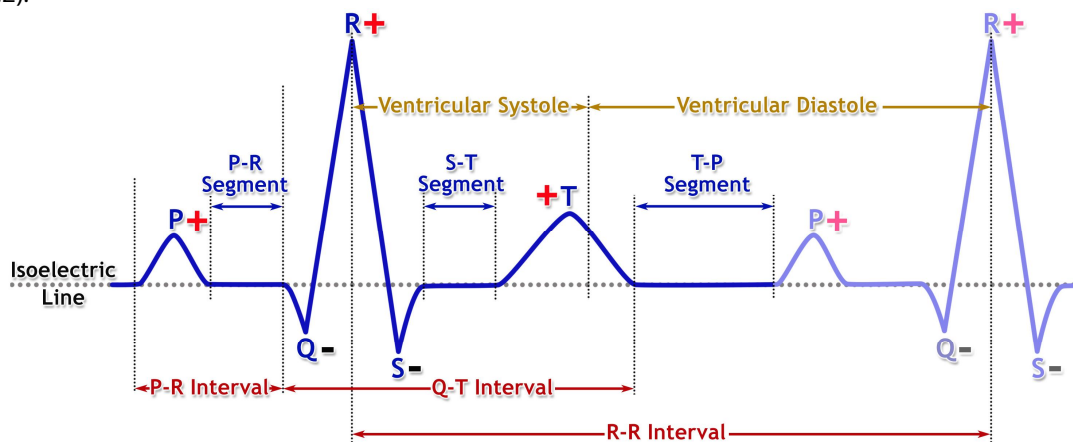


Obr. 5.1 Srdce

- Sympatické dělení zvyšuje automaticitu a excitabilitu SA uzlu, a tím zvyšuje srdeční frekvenci. Také zvyšuje vodivost elektrických impulzů přes atrioventrikulární převodní systém a zvyšuje sílu atrioventrikulární kontrakce. Sympatický vliv se zvyšuje při inhalaci.
- Parasympatické dělení snižuje automaticitu a excitabilitu SA uzlu, a tím snižuje srdeční frekvenci. Snižuje také vodivost elektrických impulzů přes atrioventrikulární převodní systém a snižuje sílu atrioventrikulární kontrakce. Parasympatický vliv se zvyšuje při výdechu.

Elektrokardiogram (EKG)

Stejně jako je elektrická aktivita kardiostimulátoru přenášena do srdečního svalu, „ozvěny“ depolarizace a repolarizace srdce jsou vysílány do zbytku těla. Umístěním dvojice velmi citlivých přijímačů (**elektrody**) na jiných částech těla lze detekovat ozvěny elektrické aktivity srdce. Záznam elektrického signálu se nazývá **anelektrokardiogramu (EKG)**. Mechanickou aktivitu srdce můžete usuzovat z EKG. Elektrická aktivita se mění v průběhu cyklu EKG, jak je znázorněno níže (obr. 5.2):



5.2 Složky EKG (svod II) & Elektrické a mechanické události srdečního cyklu Obr.

EKG představuje elektrické události srdečního cyklu, zatímco komorová systola a komorová diastola představují mechanické události (kontrakce a relaxace srdečního svalu, pasivní otevírání a zavírání intrakardiálních chlopní atd.). Elektrické děje probíhají rychle, mechanické děje pomalu. Obecně platí, že mechanické události následují elektrické události, které je iniciují. Počátku komorové diastoly tedy předchází začátek depolarizace komor. Ve skutečnosti u normální klidové elektrody II začíná komorová repolarizace normálně před dokončením komorové systoly ve stejném srdečním cyklu. Proto je konec komorové systoly/začátek komorové diastoly vyznačen na obr. 5.2 asi v 1/3 délky T-vlny.

Protože EKG odráží elektrickou aktivitu, je užitečným „obrazem“ srdeční činnosti. Pokud dojde k přerušení generování nebo přenosu elektrického signálu, EKG se změní. Tyto změny mohou být užitečné při diagnostice změn v srdci. Během cvičení se však poloha samotného srdce mění, takže změny napětí nemůžete standardizovat ani kvantifikovat.

Složky EKG

Elektrické události srdce (EKG) jsou obvykle zaznamenávány jako vzor základní linie (izoelektrická linie) přerušené P vlnou, a QRS komplexní a a T mávat. Kromě vlnových složek EKG existují intervaly a segmenty (obr. 5.2).

- The **izoelektrické vedení** je výchozím bodem elektrické aktivity depolarizací a repolarizací srdečních cyklů a označuje období, kdy elektrody EKG nezaznamenaly elektrickou aktivitu.
- An **interval** je měření času, které zahrnuje vlny a/nebo komplexy.
- A **segment** je měření času, které nezahrnuje vlny a/nebo komplexy.

Tabulka 5.1 Složky EKG a typické hodnoty svodu II*

EKG KOMPONENT		Oblast měření...	Zastupovat...	Doba trvání (sekundy)	Amplituda (milivoly)
Vlny	P	začátek a konec na izoelektrické čáře (základní čára); normálně vzpřímený ve standardních končetinových svodech	depolarizace pravé a levé síně.	0,07 – 0,18	< 0,25
	QRS komplex	začátek a konec na izoelektrické čáře (základní čára) od začátku vlny Q do konce vlny S	depolarizace pravé a levé komory. Součástí tohoto segmentu je také repolarizace síní, ale elektrický signál pro repolarizaci síní je maskován větším komplexem QRS (viz obr. 5.2)	0,06 – 0,12	0,10 – 1,50
	T	začátek a konec na izoelektrické čáře (základní čára)	repolarizace pravé a levé komory.	0,10 – 0,25	< 0,5
Intervaly	PR	od začátku P vlny do začátku QRS komplexu	dobu od začátku depolarizace síní do začátku depolarizace komor.	0,12-0,20	
	QT	od začátku QRS komplexu do konce T vlny	dobu od začátku depolarizace komor do konce repolarizace komor. Představuje refrakterní periodu komor.	0,32-0,36	
	RR	od vrcholu vlny R k vrcholu následující vlny R	čas mezi dvěma po sobě jdoucími komorovými depolarizacemi.	0,80	
Segmenty	PR	od konce P vlny do začátku QRS komplexu	dobu vedení vzruchu z AV uzlu do komorového myokardu.	0,02 – 0,10	
	SVATÝ	mezi koncem S vlny a začátkem T vlny	časové období představující ranou část repolarizace komor, během které jsou komory víceméně rovnoměrně excitovány.	< 0,20	
	TP	od konce T vlny do začátku následné P vlny	dobu od konce repolarizace komor do začátku depolarizace síní.	0,0 – 0,40	

* Poznámky: Hodnoty v tabulce představují výsledky typického nastavení svodu II (umístění elektrod na zápěstí a kotníku) se srdeční frekvencí subjektu ~75 BPM. Hodnoty jsou ovlivněny srdeční frekvencí a umístěním; hodnoty pro umístění trupu by byly jiné.

Vede

Zvláštní uspořádání dvou elektrod (jeden **pozitivní**, jeden **negativní**) s ohledem na třetí elektrodu (**přízemní**) se nazývá **aVest**. Polohy elektrod pro různé svody byly standardizovány. Pro tuto lekci budete nahrávat z **Vedení II**, který má kladnou elektrodu na levém kotníku, zápornou elektrodu na pravém zápěstí a zemnicí elektrodu na pravém kotníku. Typické hodnoty svodu II jsou uvedeny v tabulce 5.1.

Dominantní složkou EKG v každém normálním standardním záznamu svodu je komplex QRS. Obvykle jsou v záznamu svodu II vlny Q a S malé a negativní a vlna R je velká a pozitivní, jak ukazuje obr. 5.2. Je však důležité si všimnout mnoha faktorů, normálních i abnormálních, které určují trvání, formu, rychlost a rytmus komplexu QRS.

§ Mezi normální faktory patří tělesná velikost (BSA) a distribuce tělesného tuku, velikost srdce (komorová hmota), poloha srdce v hrudníku vzhledem k umístění svodů, rychlost metabolismu a další.

Například u osoby, která má vysokou bránici, může být srdeční vrchol posunut mírně nahoru a doleva. Tato změna polohy srdce mění „elektrický obraz“ komorové depolarizace pozorovaný elektrodami Lead II, což má za následek snížení pozitivitu vlny R a zvýšenou negativitu vlny S. Jinými slovy, kladná amplituda vlny R klesá a záporná amplituda vlny S roste.

Podobné změny v komplexu Lead II QRS lze pozorovat u osoby, například sportovce, který nemá žádné srdeční onemocnění, ale má větší než normální hmotu levé komory. Ve skutečnosti může být pokles pozitivitu vlny R spojený s nárůstem negativitu vlny S tak extrémní, že může vést k mylnému dojmu, že se vlna R stala invertovanou, zatímco ve skutečnosti je invertovaná špička zvětšenou vlnou S, které předchází mnohem menší, ale stále pozitivní R vlna. Když jsou amplitudy vln Q, R a S svodu II negativní, výsledkem je abnormální invertovaný komplex QRS.

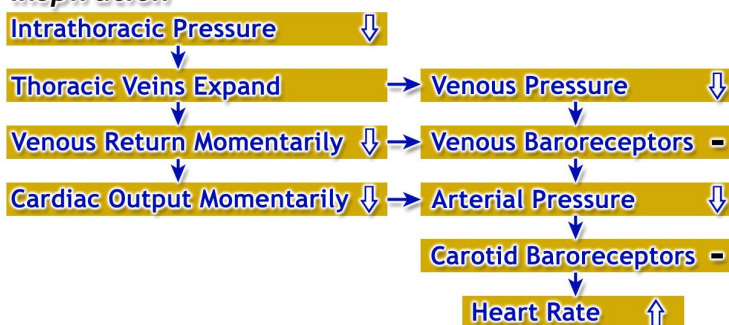
§ Mezi abnormální faktory patří hyper- a hypotyreóza, ventrikulární hypertrofie (pozorovaná například u chronické chlopenní nedostatečnosti), morbidní obezita, esenciální hypertenze a mnoho dalších patologických stavů. Podrobnější diskuse o změnách QRS v reakci na normální a abnormální faktory vyžaduje úvod do srdečních vektorů, pro které čtenáře odkazujeme na lekci 6.

Účinky klidového respiračního cyklu na srdeční frekvenci

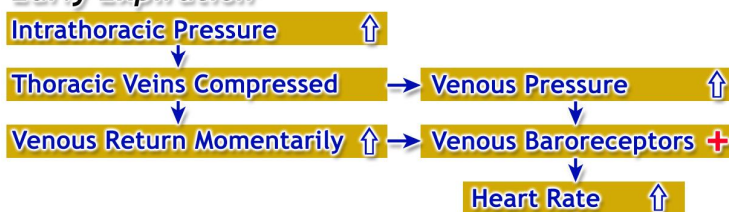
Dočasná malá zvýšení a snížení srdeční frekvence související s klidovým respiračním cyklem odrážejí úpravy srdeční frekvence provedené reflexy systémových arteriálních a systémových žilních tlakových receptorů (baroreceptorů) v reakci na cyklování nitrohrudního tlaku (obr. 5.4). Když se nádechové svaly stahují, tlak v hrudníku (nitrohrudní tlak) klesá, což umožňuje mírné rozšíření hrudních žil. To způsobí momentální pokles žilního tlaku, žilního návratu, srdečního výdeje a systémového arteriálního krevního tlaku. Reflex karotického sinu obvykle snižuje srdeční frekvenci v reakci na zvýšení krevního tlaku v krční tepně. Momentální pokles systémového arteriálního krevního tlaku během inspirace však snižuje frekvenci spouštění karotických baroreceptorů, což způsobuje momentální zvýšení srdeční frekvence.

Při relaxaci nádechových svalů pasivně nastává klidový výdech. Během časného klidového výdechu se zvyšuje nitrohrudní tlak, což způsobuje komprese hrudních žil, chvilkové zvýšení žilního tlaku a žilní návrat. V reakci na to systémové žilní baroreceptory reflexně zvyšují srdeční frekvenci. Mírné zvýšení srdeční frekvence je však dočasné, protože zvyšuje srdeční výdej a systémový arteriální krevní tlak, což zvyšuje palbu karotických baroreceptorů a způsobuje snížení srdeční frekvence.

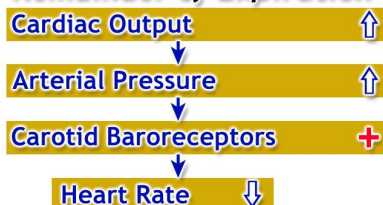
Inspiration



Early Expiration



Remainder of Expiration



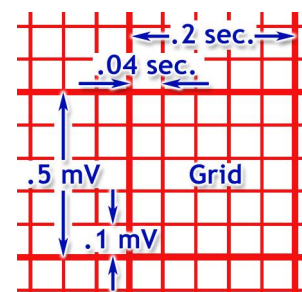
Source: Richard Pflanzner, Ph.D., Associate Professor
Indiana University School of Medicine, Purdue University School of Science

Obr. 5.3 Účinky klidového respiračního cyklu na srdeční frekvenci



Průměrná klidová tepová frekvence u dospělých je mezi 60-80 tepů/min. (Průměrně 70 tepů za minutu u mužů a 75 tepů za minutu u žen.) Pomalejší srdeční frekvence se typicky vyskytuje u jedinců, kteří pravidelně cvičí. Sportovci jsou schopni napumpovat dostatek krve, aby splnili požadavky těla s klidovou srdeční frekvencí až 50 tepů/min. Sportovci mají tendenci vyvinout větší srdce, zejména sval v levé komoře – stav známý jako „hypertrofie levé komory“. Protože sportovci (obvykle) mají větší a výkonnější srdce, jejich EKG může vykazovat jiné rozdíly než průměrnou klidovou srdeční frekvenci. Například nízká srdeční frekvence a hypertrofie projevující se u sedavých jedinců mohou být známkou selhání srdce, ale tyto změny jsou „normální“ pro dobře trénované sportovce.

Protože jsou EKG široce používány, byly standardizovány základní prvky pro zjednodušení čtení EKG. EKG mají standardizované mřížky světlejších menších čtverců a na první mřížce překrývají druhou mřížku tmavších a větších čtverců (obr. 5.4). Menší mřížka má vždy časové jednotky 0,04 sekundy na ose x a tmavší svislé čáry jsou od sebe vzdáleny 0,2 sekundy. Vodorovné čáry představují amplitudu v mV. Světlejší vodorovné čáry jsou od sebe vzdáleny 0,1 mV a tmavší čáry mřížky představují 0,5 mV. V této lekci zaznamenáte EKG za čtyř podmínek.



Obr. 5.4 standardní mřížka EKG