

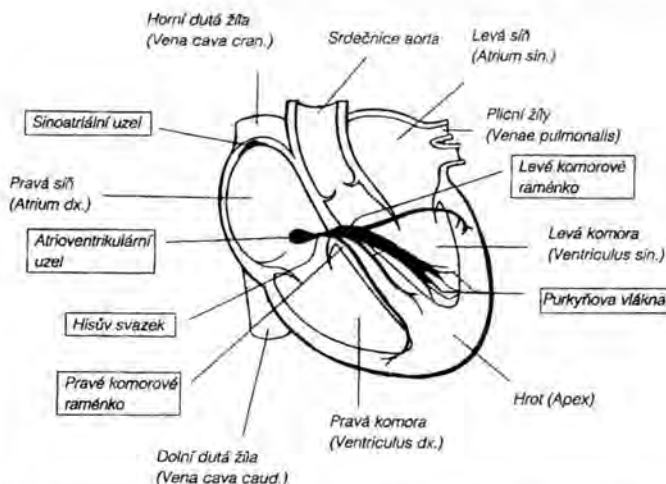
***Ze současné medicíny*****Srdeční převodní soustava**

KAREL ZEMAN

Zázračná samovolná činnost srdce, a to nejen u člověka, patřila odedávna k největším tajemstvím přírody. Nevíme, kdy si člověk začal uvědomovat, že mu v hrudníku cosi buší a s jeho koncem bít přestává. Bylo to zřejmě v samých začátcích lidské existence. Ve starověkých civilizacích sumerské, egyptské, čínské či indické a nakonec řecké a římské bylo srdce považováno za centrum lásky, intelektu a odvahy, protože lidé pozorovali v hrudi při fyzické nebo emoční zátěži tlukot nebo dokonce rychlé bušení. Avšak již staří Egypťané znali tvar srdce při mumifikacích, ale považovali jej za nádobu s krví a měli představu, že cévami proudí vzduch. Teprve Hippokrates z řeckého ostrova Kos asi v letech 460-370 před Kristem již považoval srdce za důležitý orgán pro život člověka a Galénos v letech 129 až 200 po Kristu jako první studoval pulz a tvrdil, že v cévách proudí krev. Až hodně později Belgičan Vesallius opravil některé nesprávné názory Galény a položil svou knihou *De humani corporis fabrica* z roku 1543 základy anatomie jako vědy. Za zakladatele moderní fyziologie a experimentálních metod v kardiologii je považován Angličan Harvey, který popsal srdce a krevní oběh v knize *De motu cordis et sanguinis* v roce 1628.

Dnes si srdce představujeme jako dutý svalový orgán, jako čerpadlo, které svými pravidelnými kontrakcemi pomocí speciálně uzpůsobené svalové tkáně a srdečních chlopní, ventilů, zajišťuje v cévách, žilách a mízních cestách jednoměrné proudění krve podle momentálních potřeb organismu. Srdce je uloženo v hrudníku, má tvar kužele, jehož hrot směřuje doleva a dolů. Pracovní myokard je tvořen z několika svalových vrstev. Zevní spirální vrstva je společná pro srdeční komory. Dutinové vrstvy jsou tvořeny spirálně probíhajícími svalovými snopci od báze k srdečnímu hrotu. Mikroskopicky se srdeční sval skládá ze speciálních poněkud protáhlých buněk, jež jsou mezi sebou svázaný řidkým vazivem a na povrchu obaleny jemnou blánou-endomysem. Mezi jednotlivými buňkami srdečních předsíní a komor probíhají krevní cévy, mízní cesty a nervy. Na povrchu srdce se nachází pevný vazivový obal, osrdečník-perikard. Dutiny srdce jsou vystlány tenkou buněčnou vrstvou-endokardem. Srdeční chlopeň trojčipá-trikuspidální mezi pravou předsíní a pravou komorou, dvojčipá chlopeň-mitrální mezi levou předsíní a levou komorou spolu s poloměsíčitými chlopněmi mezi pravou komorou a plicnicí a levou komorou a srdečnicí umožňují při srdečním stahu, kontrakci, jednosměrný tok krve do plic a celého těla. Žilním oběhem pak zpět do pravého srdce. O výživu srdce se starají dvě věnčité tepny, levá a pravá, kudy proudí tepenná krev a které od-

stupují od kořene srdečnice. Žilní systém odvádí krev zpět do pravé síně. (Obr. 1)



**Obr. 1.** Schematické znázornění anatomie srdce a srdeční převodní soustavy.

Činnost srdce je řízena za fyziologických poměrů speciální převodní, vodičovou srdeční soustavou, vegetativními nervy, chemickými látkami a mediátory.

## Vývoj poznání

K poznání srdeční převodní soustavy vedla dlouhá cesta.

Oblast srdce, označovaná jako převodní srdeční soustava, je tvořena speciální vysoce diferencovanou tkání. Činnost srdce je řízena spontánní aktivitou srdečního krokoměru, sinoatriálního uzlu (Sinoatrial Node-SAN), který se nachází v horní oblasti pravé síně. Vzruch, který zde samovolně vzniká, podráždí okolní síňovou svalovinu, způsobí kontrakci síní a dále se šíří po pravé a levé síni jako jednosměrným vodičem do další etáže převodní soustavy síňokomorového uzlu (Atrio Ventricular Node-AVN). Zde se rychlost vedení, díky speciální tkáni, poněkud zpomalí na potřebnou dobu nutnou k hemodynamicky významnému časovému odstavu síňové a komorové kontrakce-systoly. Vzruch pak dále převodní soustavou velkou rychlostí vstoupí do zvláštního svazečku, Hisova snopce (His Bundle-HB), do pravého a levého komorového raménka, do Purkyňových buněk (His Purkyňův systém), z nichž vzruch podráždí komorový pracovní myokard a dojde postupně k synchronnímu stahu, kontrakci pravé a levé komory, srdeční systole. Takto srdce svou mechanickou činností udržuje hemodynamickou rovnováhu v srdci a cévním

systému, krevní tlak, dodávku kyslíku, potřebných metabolitů a energii pro život tkání a orgánů.

První popis části vodivé srdeční soustavy tzv. Purkyňovy buňky nebo vláknata pochází od J. E. Purkyně z roku 1845. V té době existovala stará Hallerova představa o dráždění srdeční svaloviny pouze krevním proudem. Převládala neurogenní teorie řízení srdeční činnosti formulována Legalloisem a podporovaná bratry Weberovými, kteří prokázali vliv autonomního vegetativního nervového systému. V roce 1905 Hering jasně vymezil vliv vegetativního nervového systému pouze jako regulační, nikoliv řídicí. Proti neurogenní teorii načas zavládla ještě teorie myogenní, kterou v roce 1897 propagoval Engelmann na základě poznatku, že embryonální srdce tepe dříve, než je inervováno.

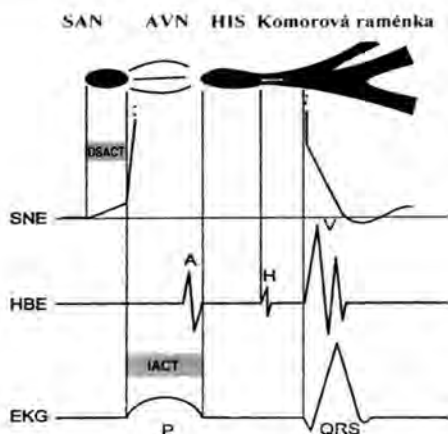
Až v roce 1900 Gaskell elektrofyziologicky prokázal, že určujícím sídlem srdeční automacie je zvláštní tkáň v horní části pravé síně. Morfologicky v roce 1907 Keith a Flack prokázali u různých savců zvláštní ohraničený okresek tkáně, kterou pokládali za primární sídlo srdeční automacie... nazvali jej sinoatriální uzlík (SAN). O rok později Aschoff a Tawara popsali podobnou tkáň spojující v srdci síně s komorami a nazvali ji síňkomorový uzel (AVN). Je to zvláštní nervový svazek v srdci, který jako jediné místo vede vzruchy ze síně do komor.

Pokračováním AVN je další svazeček speciální tkáň pojmenovaný po jeho objeviteli jako Hisův svazek. Dále se šíří vzruchy do obou komor pomocí preferenčních vláken levého a pravého komorového raménka až k již známým Purkyňovým buňkám. Z Purkyňových buněk vzruch pronikne do srdečního svalu, dojde k podráždění pracovního myokardu a k mechanickému stahu, srdeční systole. Na jednu Purkyňovu buňku je napojeno 5-10 tisíc buněk srdečního svalu.

## Význam elektrofyziologie srdeční převodní soustavy

Historický význam měla elektrokardiografická registrace dutinového elektrogramu Hisova svazku v roce 1969 Scherlagem. Rozpoznání a definování způsobu vzniku a vedení vzruchu převodními strukturami, prokázané anatomicky, histologicky a elektrofyziologicky, mělo též stěžejní význam pro pochopení vzniku jednotlivých kmitů a vln později registrovaných na elektrokardiografické křivce z povrchu těla, z jícnu nebo srdečních dutin, a to za fyziologických a patologických okolností. (Obr. 2)

Za fyziologických okolností jsou buňky pracovního myokardu uzpůsobeny především ke stažlivosti srdečního svalu a nejsou schopny tvořit vzruchy. Naproti tomu převodní srdeční soustavy jsou schopny samovolné automacie, tvořit vzruch a rozvádět jej různou rychlostí do jednotlivých srdečních oddílů. Napěťový spád mezi aktivovanou a klidovou oblastí v buňkách srdečních je zdrojem lokálních elektrických proudů, které ve vodivém prostředí vytváří kolem sebe elektrické pole, jež je možné měřit a registrovat.



Obr. 2. Schéma srdečního převodního systému.

Srovnání časového sledu akčních potenciálů nitrosrdečního záznamu srdečního převodního systému ze srdečních dutin a z povrchu hrudníku. (DSACT-přímo měřená doba převodu vzruchu síní. SNE-nitrosrdeční elektrogram SA uzlu. HBE-nitrosrdeční potenciály síní A, nitrosrdeční potenciál Hisova snopce H a srdečních komor V. Záznam povrchového EKG-elektrická aktivita síní P, komorového komplexu QRS a vlna T. IACT-doba převodu vzruchu síněmi).

Ze SAN se šíří vzruch svalovinou síní rychlostí 1000 mm/sec. V AVN se zpomalí na 200 mm/sec, ale již v Hisově svazku se vzruch jakoby nabije, zesílí a šíří se dále komorovými raménky a Purkyňovými vlákny rychlostí 4000 mm/sec, buňkami pracovního myokardu 500 mm/sec. Vzruch se převodním systémem šíří z buňky na buňku jako jednoduším vodičem. Buňky převodního systému se chovají jako zesilovače a umožňují tak převod vzruchu k srdečním buňkám, umožňují podráždit je, způsobit srdeční stah, ale šíří se také jako velmi slabé elektrické potenciály na povrch těla, kde potenciály můžeme registrovat v podobě elektrokardiografické křivky (EKG).

Tvorba a vedení vzruchů převodní srdeční soustavou je rovněž ovlivňována již zmíněnými mediátory vegetativního nervového systému, např. adrenalinem nebo některými léky. Může být také změněna vrozenými odchylkami nebo poškozena některými chorobnými stavy. Např. srdeční zánět, angina pectoris, srdeční infarkt nebo mimosrdeční metabolická onemocnění (např. porucha funkce ledvin) mohou vést k četným poruchám tvorby a vedení vzruchu převodní srdeční soustavou, mohou vést k poruchám srdečního rytmu.

Povrchové elektrické potenciály, povrchové elektrogramy (EKG) vycházející ze srdce jsou známy již z konce devatenáctého století, více než 100 let, nitrosrdeční, dutinový elektrogram byl po prvé registrován až v druhé polovině dvacátého století.

První EKG křivku zaznamenal Marey pomocí Lippmanova kapilárního elektroměru v roce 1876. Za tvůrce klinické EKG je považován leydenský fyziolog Einthoven, který použil k snímání EKG strunový galvanometr a tři končetinové elektrody. O praktické využití EKG se zasloužil v první polovině 20. století Lewis a Pardee. Velkým pokrokem bylo zavedení hrudních tzv. unipolárních svodů Wilsonem v roce 1934 a tzv. unipolárních končetinových svodů v roce 1947 Goldbergem. Těchto 12 povrchových EKG svodů se využívá v diagnostice poruch srdečního rytmu dodnes, a to nejen za klidových podmínek, ale i při zátěži.

Jícnová a invazivní – nitrosrdeční, dutinová elektrografie v druhé polovině 20. století umožnila podrobnější interpretaci poruch převodní srdeční soustavy a srdečních arytmií. Tato tzv. invazivní diagnostická technika umožňuje snímat dutinové EKG ze srdečních síní (vlna A), z oblasti síňokomorového převodu (potenciál H), srdečních komor (vlna V). Umožňuje posoudit fyziologický převod vzruchu a poměrně přesně určit lokalizaci a mechanismus poruchy tvorby a rozvodu vzruchu, srdeční arytmie, vrozené anomálie v převodní srdeční soustavě. Rychle se rozvíjející invazivní nitrosrdeční elektrofyziologická EKG diagnostika v posledním dvaceti letech vedla k nebyvalému rozvoji elektrofyziologických tzv. nefarmakologických léčebných metod, které téměř zcela nahradily léčbu farmakologickou.

## Léčení poruch srdeční převodní soustavy

Elektrofyziologická poznání přispěla k léčbě život ohrožujících a závažných poruch srdečního rytmu, způsobených právě onemocněním převodní srdeční soustavy. Jsou to v první řadě různé synkopální stavy, záchvatovitě bušení srdce (tachykardie) nebo významné zpomalení srdeční frekvence (bradykardie), opakované mdloby, nebo dokonce stavy vedoucí k srdeční zástavě a bezvědomí.

První srdeční stimulátor (PaceMaker-PM) u nemocného se závažnou zpomalenou srdeční činností-bradykardií a opakovanými stavy bezvědomí byl chirurgicky implantován pod kůži se srdeční elektrodou zavedenou do pravé srdeční komory v roce 1958 ve Švédsku Senningem a Elmqistem. Rychlý pokrok vedl k nebyvalému rozvoji stále dokonalejších, později programovatelných kardiostimulátorů s frekvenční přizpůsobivostí podle tělesné zátěže, fyzické biosenzory a dalšími přídatnými funkcemi. Tyto miniaturní přístroje-kardiostimulátory jsou dnes implantovány nejčastěji do podkoží na hrudníku v oblasti pod pravou klíční kostí.

Záchvatovitě stavy rychlého bušení srdce, tzv. paroxysmální supraventrikulární tachykardie, dříve často neúspěšně léčené různými medikamenty, jsou v posledních 20 letech úspěšně léčeny nefarmakologicky.

Invazivní elektrofyziologická intervenční metoda, tzv. transvenózní radiofrekvenční ablace je dnes považována u těchto poruch srdečního rytmu za metodu první volby. Metodu použili po prvé nezávisle na sobě Gallagher a Schein-

mann v roce 1992. Úspěšnost této léčby je více než 90% a pacienti jsou často pokládáni za vyléčené a nemusí užívat již žádné medikamenty.

Za další úspěch poznání poruch vodivé srdeční soustavy lze považovat léčbu nemocných, nejčastěji po prodělaném srdečním infarktu, kteří trpí život ohrožující srdeční zástavou, způsobenou tzv. komorovou fibrilací a následnými stavy bezvědomí. První přístroj implantovaný pod kůži nemocného – Cardioverter-Defibrilátor, který dokáže automaticky komorovou fibrilaci zrušit a obnovit normální srdeční rytmus – použil Mirowski v USA v roce 1980.

V posledních deseti letech došlo k vývoji nové nefarmakologické léčby u nemocných s těžkou poruchou srdečního selhávání a výrazným poškozením převodního vedení v komorových raméncích, charakterizované rozšířením EKG komplexu QRS. Nová metoda prezentovaná jako resynchronizační léčba pomocí tzv. dvoukomorové-biventrikulární srdeční stimulace optimalizuje dyssynchronii srdečních komor, zlepšuje srdeční výkon, prodlužuje nemocným život a jeho kvalitu.

Moderní elektrofyziologická pracoviště v současné době umožňují pomocí trojrozměrného mapování srdce a přesné navigace diagnostických a léčebných katétrů s milimetrovou přesností úspěšně vyšetřit, diagnostikovat a léčit poruchy srdečního rytmu u nemocných po srdečním infarktu, po srdeční transplantaci, kterých s prodlužováním lidského věku stále přibývá. Patří k nim především narůstající procento nemocných s poruchami srdečního rytmu v síních (tzv. fibrilací nebo flutterem síní). V blízké budoucnosti budou elektrofyziologické laboratoře vybavovány systémy pro stereotaktickou a robotickou navigaci diagnostických a léčebných katétrů.

Od prvních elektrofyziologických experimentálních studií srdeční buňky a jejich membránových vlastností na konci 19. a 20. století po poznání elektrické srdeční aktivity a převodního srdečního systému na konci 20. a na začátku 21. století došlo k nebyvalému rozvoji neinvazivní a invazivní diagnostiky. Původní popisná – deskriptivní a později zátěžová – dynamická diagnostika srdeční převodní soustavy pomocí farmak a programové stimulace srdce dospěla až k současným léčebným postupům tzv. radiofrekvenční ablací, která v mnohém nahradí donedávna užívanou farmakologickou léčbu srdečních poruch rytmu a pokročilého chronického srdečního selhání.

V souladu s „medicínou založenou na důkazech“ vydává Česká kardiologická společnost průběžně s vývojem doporučené postupy pro diagnostiku a léčbu poruch srdeční převodní soustavy. Nezadržitelný pokrok srdeční elektrofyziologie skýtá pro budoucnost nové léčebné postupy s minimální zátěží pro nemocné i pro lékaře, které přinesou nemocným nejen významné prodloužení, ale i zlepšení kvality života.

#### Literatura u autora

Prof. MUDr. Zeman Karel, CSc., I. interní kardiologická klinika LF MU, FN u Sv. Anny v Brně, e-mail: karel.zeman@fnusa.cz