

Patrik Christian Cmorej, David Peřan a Jozef Jakabčín

EKG v prvním kontaktu a urgentních stavech





***Děkujeme společnostem, které v této publikaci inzerují
nebo její vydání jiným způsobem podpořily
(v abecedním pořadí):***

- Fakulta zdravotnických studií Univerzity J. E. Purkyně
v Ústí nad Labem
- PROMED.CS PRAHA a.s.
- PROMEDICA PRAHA GROUP, a.s.
- SNT Plus s.r.o.
- QUICKSEAL INTERNATIONAL, s.r.o.
- Seiva s.r.o.

Patrik Christian Cmorej, David Peřan a Jozef Jakabčín

EKG v prvním kontaktu a urgentních stavech

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Automatizovaná analýza textů nebo dat ve smyslu čl. 4 směrnice 2019/790/EU a použití této knihy k trénování AI jsou **bez souhlasu nositele práv zakázány**.

Patrik Christian Cmorej, David Peřan, Jozef Jakabčín

EKG v prvním kontaktu a urgentních stavech

PhDr. Mgr. et Mgr. Patrik Christian Cmorej, Ph.D., MHA (autor a editor)

Zdravotnická záchranná služba Ústeckého kraje, příspěvková organizace
Fakulta zdravotnických studií Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem

PhDr. Mgr. David Peřan, Ph.D., MBA, LLM, FERC (autor)

Zdravotnická záchranná služba Karlovarského kraje, příspěvková organizace
Klinika anesteziologie a resuscitace 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy
a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady

MUDr. Jozef Jakabčín, Ph.D. (autor)

Fakulta zdravotnických studií Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem
Kardiologie na Bulovce, s. r. o., Praha
Kardiologie – Ústí nad Labem, s. r. o.

Recenzentka:

MUDr. Táňa Bulíková, Ph.D., univ. doc.

Katedra urgentnej zdravotnej starostlivosti Slovenské zdravotníckej univerzity v Bratislave
ZZS Life Star Emergency, Limbach

Publikace byla vydána za finanční podpory Fakulty zdravotnických studií Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem.

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

Obrázky dodali autoři. Obrázky 3.1, 3.2, 3.3, 4.3, 4.7, 6.2, 6.4, 7.1, 12.8 překreslil a upravil Jiří Hlaváček.

Cover Photo © Marek Křivánek, 2025

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2025

© Grada Publishing, a.s., 2025

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 9907. publikaci

Šéfredaktorka lékařské literatury MUDr. Michaela Lízlerová

Odpovědná redaktorka BcA. Radka Jančová, DiS.

Jazyková korektura a redakce Mgr. Eliška Belinová

Sazba a zlom Vladimír Fára

Počet stran 206

1. vydání, Praha 2025

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod a. s.

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.

Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění však pro autory ani pro nakladatelství nevyplývají žádné právní důsledky.

ISBN 978-80-271-7787-5 (ePub)

ISBN 978-80-271-7786-8 (pdf)

ISBN 978-80-271-5357-2 (print)

Fakulta zdravotnických studíí

Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem

Bakalářské studijní programy

- Biomedicínská technika
- Ergoterapie
- Fyzioterapie
- Ochrana a podpora zdraví
- Pediatrické ošetrovatelství
- Porodní asistence
- Radiologická asistence
- Všeobecné ošetrovatelství
- Zdravotnické záchrannářství

Navazující magisterské studijní programy

- Organizace a řízení ve zdravotnictví
- Učitelství odborných předmětů pro zdravotnické školy

UNIVERZITA J. E. PURKYNĚ V ÚSTÍ NAD LABEM

Fakulta zdravotnických studií



Obsah

Věnování	VII
Úvod	1
1 Vyšetření pacienta v primární péči	3
1.1 Metoda vyšetření	3
1.2 Odběr anamnézy	6
2 Historie EKG	7
2.1 První měření elektrických potenciálů srdce	7
2.2 Vznik a vývoj české elektrokardiografie	8
3 Teoretické aspekty vzniku a snímání elektrické aktivity srdce	11
3.1 Spontánní automacie	11
3.2 Elektrokardiogram	12
3.3 Fyziologická křivka EKG	15
3.4 Elektrická srdeční osa	18
3.5 Srdeční akce	19
3.6 Srdeční rytmus	19
4 Postup provedení EKG záznamu	21
4.1 EKG záznam se standardním umístěním elektrod	22
4.2 EKG záznam se zobrazením zadních svodů	24
4.3 EKG záznam se zobrazením pravostranných svodů	25
5 Hodnocení EKG v osmi krocích	27
5.1 Je přítomna elektrická aktivita?	27
5.2 Jaká je frekvence QRS komplexů?	30
5.3 Je rytmus pravidelný?	30
5.4 Jaká je šířka QRS komplexů?	31
5.5 Jaká je aktivita síní?	31
5.6 Jaký je vztah mezi aktivitou síní a komor?	32
5.7 Je ST úsek v izoelektrické linii?	32
5.8 Vlny T jsou pozitivní?	33
6 Tachykardie	35
6.1 Vybrané úzkokomplexové tachyarytmie	35
6.2 Vybrané širokokomplexové tachyarytmie	41
6.3 Komorová extrasystolie a fokální komorové tachykardie	45
6.4 Management péče o pacienta s tachykardií	47
7 Bradykardie	51
7.1 Bradykardie způsobené dysfunkcí sinoatriálního uzlu	53
7.2 Bradykardie způsobené poruchou atrioventrikulárního převodu	55
7.3 Management péče o pacienta s bradykardií	58
8 Raménkové blokády	61
8.1 Blok pravého Tawarova raménka	61
8.2 Blok levého Tawarova raménka	62
8.3 Levá přední hemiblokáda	62
8.4 Levá zadní hemiblokáda	63
8.5 Bifascikulární a trifascikulární blokáda	64
9 EKG u akutního koronárního syndromu	67
9.1 Akutní koronární syndrom s elevací úseku ST (STEMI)	67
9.2 Akutní koronární syndrom bez elevací úseku ST (NSTEMI)	75
9.3 Management péče o pacienta s akutním koronárním syndromem	76
10 EKG změny u vybraných klinických stavů	83
10.1 Kardiomyopatie	83
10.2 Porucha automatické funkce sinusového uzlu (sick sinus syndrome)	86
10.3 Hypertrofie levé komory	88

10.4	Stimulovaný rytmus	89
10.5	Syndrom Brugadaových	91
10.6	Perikardiální výpotek / srdeční tamponáda	92
10.7	Akutní plicní embolie	92
10.8	Hypokalemie	93
10.9	Hyperkalemie	94
10.10	Hypotermie	94
10.11	Léky navozené změny EKG	95
10.12	Subarachnoideální krvácení	96
10.13	Úraz elektrickým proudem	96
10.14	Anestezie a perioperační období	97
11	Strukturované předání informací	99
11.1	Význam strukturovaného předání	99
11.2	Podoby předání informací	99
12	Resuscitace dospělých	103
12.1	Základní resuscitace dospělých	103
12.2	Rozšířená resuscitace dospělých	105
13	Kazuistiky	111
	Kazuistika 1	112
	Kazuistika 2	114
	Kazuistika 3	116
	Kazuistika 4	118
	Kazuistika 5	120
	Kazuistika 6	122
	Kazuistika 7	124
	Kazuistika 8	126
	Kazuistika 9	128
	Kazuistika 10	130
	Kazuistika 11	132
	Kazuistika 12	134
	Kazuistika 13	136
	Kazuistika 14	140
	Kazuistika 15	142
	Kazuistika 16	144
	Kazuistika 17	146
	Kazuistika 18	148
	Kazuistika 19	150
	Kazuistika 20	152
	Kazuistika 21	154
	Kazuistika 22	156
	Kazuistika 23	158
	Kazuistika 24	160
	Kazuistika 25	162
14	EKG test	165
15	Vědomostní test	177
16	Hodnocení EKG pohledem kardiologa	179
17	Využití umělé inteligence v hodnocení EKG	181
	Medailonky autorů	183
	Seznam zkratk	185
	Souhrn	189
	Summary	191
	Rejstřík	193

SEIVA®



TRADIČNÍ ČESKÝ VÝROBCE KARDIOLOGICKÝCH PŘÍSTROJŮ



Klidové EKG



Zátěžové EKG



Holtery EKG



Holtery krevního tlaku



Spirometrie



Pulsní oxymetrie



Integrace všech přístrojů
do vašeho ambulantního
software



DICOM obrazový archiv



Systémy do čekáren



www.seiva.cz

Věnování

Tuto knihu věnuji:

kolegyním a kolegům ze Zdravotnické záchranné služby Ústeckého kraje, kteří vykonávají náročnou práci v krásném, ale nelehkém kraji;

mým skutečným přátelům ze záchranky i z fakulty za jejich podporu a přátelství;

a především své rodině – manželce Mirce, synovi Honzíkovi a dceři Elišce – za krásný život, ve kterém mi jsou oporou.

Patrik Christian Cmorej

Tuto knihu věnuji své manželce, která je mi oporou jak v osobním, tak profesním životě.

Jozef Jakabčín

Publikace, kterou držíte v ruce, si klade za úkol srozumitelně, stručně a nekonvenčním způsobem přiblížit hodnocení EKG křivky. Svým pojetím je určena především lékařům, všeobecným sestrám a zdravotnickým záchranářům bez hlubokých znalostí elektrokardiografie.

Tato kniha, podobně jako jiné, přibližuje čtenářům nejčastější elektrokardiografické obrazy arytmií a ischemických změn a současně rámcově informuje o základních terapeutických postupech s odkazem na doporučení odborných společností. Postup uvedený v této monografii je oproti podobným typům monografií obohacen o metodu hodnocení elektrokardiogramu v osmi krocích (kapitola 5), která je modifikací postupu uvedeného v manuálu kurzu Evropské resuscitační rady – Advanced Life Support Provider. Tato metoda v sobě zahrnuje základní hodnocení jak poruch srdečního rytmu, tak ischemických změn. Svým zaměřením je vhodná pro všechny zdravotnické pracovníky v primární péči, kteří ve své praxi používají elektrokardiografii.

Monografie je obohacena o kapitolu věnovanou kazuistikám z běžné praxe, ve kterých autoři provázejí čtenáře hodnocením EKG záznamu v osmi krocích. V samotném závěru publikace autoři připravili pro čtenáře sadu testovacích EKG záznamů, na nichž si čtenář může ověřit osvojené znalosti z hodnocení EKG.

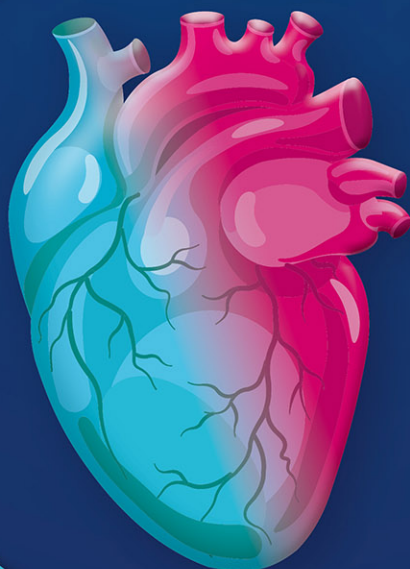
Kniha je uspořádána tak, aby poskytla základní poznatky pro praktické rozhodování v medicíně prvního kontaktu. Postupy zde uvedené využijí především lékaři v primární péči, ale i ostatní zdravotničtí pracovníci, kteří jsou při rozhodování o dalším postupu velmi často osamoceni a nezdědka odkázáni na jediné, obecně snadno přístupné, elektrokardiografické vyšetření. Věříme, že tato monografie bude všem zmíněným zdravotnickým pracovníkům užitečná.



YLPIO®

telmisartanum 80 mg / indapamidum 2,5 mg

UNIKÁTNÍ FIXNÍ DVOJKOMBINACE



TELMISARTAN + INDAPAMID

-  Efektivní 24hodinová kontrola krevního tlaku^{1,2}
-  Velmi dobrá snášenlivost^{3,5,6}
-  Prokázaná ochrana před orgánovým poškozením způsobeným hypertenzí^{1,2,3,4}
-  Vyšší adherence k léčbě⁴

PRO.MED.CS Praha a.s.

Telčská 377/1, Michle, 140 00 Praha 4, Česká republika www.promed.cz

 PRO.MED.CS
Praha a.s.

1 Vyšetření pacienta v primární péči

Cílem kapitoly je seznámit čtenáře s:

- jednoduchým postupem vyšetření v primární péči
- akronymem ABCDE, využívaným při vyšetření a zajištění pacienta

Vyšetření pacienta je základní dovedností každého zdravotnického pracovníka. Pro usnadnění popisu a výuky vyšetření se používá akronym ABCDE (**obr. 1.1**), který nejenže stanovuje postup vyšetření, ale také kroky k zajištění pacienta. Díky univerzálnosti tohoto strukturovaného přístupu lze postup ABCDE aplikovat na každého pacienta se zachovanými známkami života, bez ohledu na jeho stav vědomí.

První písmena abecedy představují jednotlivé kroky vyšetření: **a**irway (dýchací cesty) – **b**reathing (dýchání) – **c**irculation (oběh) – **d**isability (neurologické vyšetření) – **e**xposure (odhalení).

1.1 Metoda vyšetření

Před samotným vyšetřením je nezbytné provést celkové zhodnocení situace a kontrolu bezpečnosti. Úroveň vědomí pacienta se zjišťuje hlasitým oslovením a jemným zatřesením rameny. Pokud pacient vstupuje do ordinace, vyšetření začíná oslovením.

Algoritmus je koncipován tak, že postupuje od prioritních úkonů v orgánových systémech, které mohou ohrozit život pacienta během krátkého časového období, až po úkony, které nemají zásadní vliv na okamžité přežití pacienta (disability + exposure). Izolované nebo současně probíhající patologie v systémech A, B a C je nutné řešit neprodleně, krok za krokem, a teprve poté přistoupit k další části vyšetření. Pokud během vyšetření nebo po provedené intervenci dojde ke změně stavu, mělo by se vyšetření zahájit znovu od začátku.

1.1.1 A – dýchací cesty

Pokud pacient odpovídá na pozdrav, znamená to, že má průchodné dýchací cesty. V této fázi lze zároveň posoudit schopnost verbálního projevu a dechového úsilí a v případě, že pacient vykazuje známky dechové tísně, lze rovnou aplikovat kyslík.

Průchodnost dýchacích cest lze zajistit pomocí jednoduchých pomůcek, jako je nosní nebo ústní vzduchovod. Použití dalších pomůcek – ať už supraglotických (např. laryngeální maska nebo tubus), či subglotických (tracheální rourka) – závisí na konkrétní situaci, materiálním vybavení a odborném výcviku zdravotnického personálu.



	VYŠETŘENÍ	INTERVENCE	CÍL
A 	• zvukové fenomény • poloha hlavy • cizí tělesa • tekutina, sekret • otok	• zprůchodnění • odsátí • zajištění • O₂	Průchodné dýchací cesty
B 	• pohled - poslech • pohmat - poklep • dechová frekvence a úsilí • symetrie hrudníku • podkožní emfyzém • pozice trachey • náplň krčních žil • cyanóza SpO₂ - ETCO₂ - USG - RTG - CT	• O₂ podle SpO₂ • terapie pneumotoraxu • inhalační terapie • ventilace	Dostatečná oxygenace a ventilace
C 	• tepová frekvence • krevní tlak • kapilární návrat • krvácení • barva kůže • odběry krve • diuréza EKG - USG - CT - RTG	• i.v. / i.o. vstup • kontrola krvácení • protokol masivního krvácení • tekutiny • léky • transfuzní přípravky	Stabilizace krevního oběhu
D 	• ACVPU / GCS • reaktivita a symetrie zornic • hladina glykémie • základní neurologické vyšetření • držení těla • toxikologické vyšetření	• glukóza • antidota	Zhodnocení neurologického stavu
E 	• vyšetření od hlavy k patě • odběr anamnézy • teplota • poranění • otoky • jizvy / kožní změny • známky užívání drog • známky infekce / sepse	• terapie zjištěné příčiny • termomanagement • ošetření traumat • zavedení NGS, PMK	Odhalení dalších příznaků a termomanagement

© ČLS JEP - SUMMK, Sekce nelékařských zdravotnických pracovníků

Obr. 1.1 Vyšetření pacienta postupem ABCDE (zdroj: Sekce nelékařských zdravotnických pracovníků SUMMK ČLS JEP)

1.1.2 B – dýchání

Vyšetření dýchání zahrnuje sledování pohybů hrudníku, hloubky a frekvence dýchání a měření saturace hemoglobinu kyslíkem (SpO_2). Při vyšetření hrudníku se využívají metody pohledu, poslechu, pohmatu a poklepu.

Vizuálně se hodnotí asymetrie dýchacích pohybů, cyanóza, zvýšená náplň krčních žil nebo deviace trachey. Poslechem se zjišťuje přítomnost nebo nepřítomnost dechových fenoménů, a to jak fyziologických, tak patologických.

Kyslík se podává vždy, když SpO_2 poklesne pod 94 % nebo při známkách dechové nedostatečnosti. Průtok kyslíku je titrován dle aktuální hodnoty SpO_2 . Ideálně se podává kyslíkovou maskou s rezervoárem. Mezi zásadní intervence patří dekomprese tenzního pneumotoraxu. Kromě kyslíkové terapie je nezbytné řešit i další možné příčiny hypoxie nebo hypoventilace, včetně farmakologického zásahu. Při zajištěných dýchacích cestách je potřeba monitorovat kvalitu ventilace měřením koncentrace CO_2 ve vydechované směsi, tzv. end-tidal CO_2 .

1.1.3 C – krevní oběh

Základním vyšetřením krevního oběhu je stanovení tepové frekvence a kvality pulzu palpací. Vyšetřením na arteria radialis a arteria carotis externa, měření krevního tlaku, kontrola kapilárního návratu a provedení 12svodového EKG vyšetření. V některých případech může být ponecháno monitorování pomocí 4svodového EKG. V odůvodněných situacích je zajištěn vstup do cévního řečiště (intravenózní nebo intraoseální) a jsou podány balancované krystaloidní roztoky. Po zajištění cévního přístupu lze farmakologicky řešit onemocnění ovlivňující kardiovaskulární systém.

1.1.4 D – neurologické vyšetření

Ke zhodnocení stavu vědomí lze využít buď Glasgow Coma Scale (GCS), nebo jednodušší variantu ACVPU (alert – při vědomí; confused – zmatený/dezorientovaný; voice – reakce na oslovení; pain – reakce na bolest; unresponsive – nereaguje). K hodnocení stavu vědomí a neurologickému vyšetření patří také měření glykemie. Při glykemii pod 4 mmol/l, pokud je doprovázena poruchou vědomí, je indikováno podání roztoku glukózy.

Při základním neurologickém vyšetření se hodnotí velikost, symetrie a reaktivita zornic, poruchy vidění, poruchy řeči, poloha jazyka v ústech a při plazení, symetrie ústních koutků, symetrie pohybu a citlivost končetin a další neurologické známky. Lze využít akronym FAST pro rozpoznání cévní mozkové příhody (face – arm – speech – time).

1.1.5 E – odhalení

Odhalení a celkové vyšetření pacienta od hlavy k patě je poslední částí vyšetření, při níž se pátrá po poraněních, otocích, změnách barvy kůže, jizvách a dalších abnormalitách. V této fázi se také měří tělesná teplota a zajišťuje tepelný komfort pacienta. Součástí této části vyšetření je v podmínkách urgentního příjmu rovněž zajištění nazogastrickou sondou a permanentním močovým katétre. V ordinaci praktického lékaře či ambulantního specialisty může být součástí vyšetření také semikvantitativní analýza moči pomocí diagnostických proužků.



1.2 Odběr anamnézy

Odběr anamnézy provází celé vyšetření, didakticky je však uveden na konci. Ke snadnějšímu zapamatování lze použít akronym SAMPL (**tab. 1.1**).

Tab. 1.1 Odběr anamnézy s pomocí akronymu SAMPL

S	symptomy a příznaky
A	alergie
M	medikace
P	předchozí onemocnění, těhotenství
L	lačný?

Ke správnému vyšetření pacienta při prvním kontaktu patří také odběr specifické anamnézy, jako je rodinná, sociální, pracovní, gynekologická atd.

Literatura

Peran D, Kodet J, Pekara J, et al. ABCDE Cognitive Aid Tool in Patient Assessment – Development and Validation in a Multicenter Pilot Simulation Study. *BMC Emerg Med.* 2020;20(1):95. doi: 10.1186/s12873-020-00390-3.

Lott C, Carmona F, Delnoij T, et al. *Advanced Life Support: Course Manual*. Niel: European Resuscitation Council, 2021. ISBN 9789492543790.

2 Historie EKG

Cílem kapitoly je seznámit čtenáře s:

- stručnou historií elektrokardiografie
- významnými osobnostmi historie elektrokardiografie

2.1 První měření elektrických potenciálů srdce

V době vydání této publikace je elektrokardiografie v odborné společnosti známa více než 120 let. Za jejím objevem stál na počátku nizozemský fyziolog Willem Einthoven, který za svůj přínos k vývoji EKG obdržel v roce 1924 Nobelovu cenu za fyziologii a medicínu. Jeho práce položila základy moderní kardiologie a umožnila lépe porozumět srdečním chorobám. Einthovenův vynález strunového galvanometru v roce 1903 byl klíčový pro přesné měření elektrických potenciálů srdce. Einthoven navrhl standardizaci EKG záznamů do svodů I, II a III, což se stalo základem pro moderní elektrokardiografii. Tento systém umožňuje jednotné a srozumitelné měření elektrických aktivit srdce. V roce 1906 Einthoven také navrhl koncept telekardiogramů, tedy přenos EKG záznamů z pacientů na vzdálenost, což je dnes běžnou praxí. Einthovenovy interpretace P, Q, R, S a T vln v EKG záznamu položily základy pro moderní porozumění a diagnostiku srdeční činnosti a jako takové se používají dodnes.

Willem Einthoven navázal na objevy Carla Matteucciho, který v roce 1842 použil termín akční potenciál při studiu žabích nervosvalových preparátů, a Alexandra Muirheada, který v roce 1869 publikoval první záznam elektrického rytmu srdce. Pro práci Willema Einthovena byl dále důležitý pokrok učiněný v roce 1872 Gabrielem Lippmannem, který sestavil jednoduchý přístroj nazvaný elektrometr. Byl tvořen kapilárou naplněnou rtutí se zředěnou kyselinou sírovou. Po přívodu akčního proudu ze srdce do elektrometru nastal pohyb rtuti, který bylo možno opticky zvětšit a pozorovat. Později Augustus Desiré Waller prokázal, že elektrický proud ze srdce se šíří i na končetiny. Vyzkoušel to na pokusu se psem, kterému ponořil končetiny do skleněných nádob naplněných slabým fyziologickým roztokem a propojil vodičí dráty s elektrometrem. Pohyb rtuti byl zaznamenán na pohyblivou fotografickou desku. Takto vznikla první křivka srdečních biopotenciálů, které tento muž pojmenoval jako elektrokardiogram. V roce 1889 úspěšně zaznamenal první elektrokardiogram u člověka. Nevýhodou elektrometru byla však jeho malá citlivost.

Tento nedostatek odstranil v roce 1902 W. Einthoven zařízením, které nazval strunovým galvanometrem. Jeho nový přístroj byl v porovnání s elektrometrem mnohem citlivější, pružnější a přesněji sledoval probíhající činnost srdce. Strunový galvanometr byl zkonstruován z velkého elektromagnetu ve tvaru podkovy, mezi jehož póly kolmo procházelo postříbřené křemenné vlákno (struna). Po přivedení biopotenciálů ze srdce do tohoto vlákna nastalo jeho rozkmitání. Vzniklé kmity bylo možné zvětšit optickým zařízením a zapisovat je na pohyblivou fotografickou desku. Takto vznikla známá elektrokardiografická křivka.

Einthoven svoje první zkušenosti s galvanometrem publikoval v roce 1906 a zjistil, že tvar EKG křivek se liší u zdravých a nemocných jedinců. Zároveň zjistil, že podle tvaru křivek



lze poznat některé poruchy srdeční činnosti, a že je tudíž přístroj použitelný i pro klinické účely. V tomto období nastává rozvoj evropské i americké elektrokardiografie.

2.2 Vznik a vývoj české elektrokardiografie

Tehdejší Karlo-Ferdinandova univerzita sledovala evropský vývoj a k evropskému rozvoji elektrokardiografie přispěla již v samých počátcích. První výsledky výzkumu srdce za pomoci EKG vzešly z fyziologické laboratoře zásluhou dvou badatelů: E. K. K. Heringa (1909) a R. H. Kahna (1911). O šíření metody EKG a její klinické použití se významně zasloužili profesori V. Libenský (1914), K. Weber (1926) a F. Herles (1928).

Profesor Ewald Karl Konstantin Hering (1834–1918) přišel do Prahy z Vídně v roce 1870 a převzal po profesoru J. E. Purkyňovi vedení fyziologického ústavu, který se nacházel v historických Svatováclavských lázních. Jeho hlavní zásluha spočívala v podrobném poznání jedné z častých poruch srdečního rytmu, která byla dlouho pojmenována jeho jménem („pulsus irregularis perpetuus Hering“). Heringův přínos k objasnění podstaty fibrilace síní je opakovaně zdůrazňován až do současnosti, kdy je citován v recentních amerických učebnicích elektrokardiografie.

Druhým výzkumným pracovníkem byl pražský rodák židovského původu Richard Hans Kahn (1876–1941). Vystudoval na německé lékařské fakultě v Praze, kde pracoval až do roku 1941. Jeho osud byl nelehký; ovlivnily ho rasové důvody, které měly vliv i na opomenutí jeho přínosu v elektrokardiografii. Jeho nejcennější a zároveň nejprínosnější prací bylo zjištění elektrokardiografického obrazu, jaký nastává při přechodném nedostatečném krevním zásobení srdečního svalu. Vlastní pokusy prezentoval na psech, a to krátkodobým zaškrcením srdečních tepen se současným provedením EKG záznamu. Originální výsledky jeho práce, charakterizované specifickými změnami EKG obrazu při omezení průtoku věnitou tepnou, umožnily v roce 1909 vysvětlit podstatu analogických změn EKG, ke kterým dochází u člověka při angině pectoris.

Českou školu klinické elektrokardiografie otevřel profesor Václav Libenský (1877–1938), který byl vedoucím kardiologického oddělení české polikliniky v Myslíkově ulici v Praze. Profesor Libenský a jeho kolegové získali v roce 1913 darem Einthovenův strunový galvanometr vyrobený v Mnichově. Díky tomuto galvanometru profesor Libenský zaznamenal a popsal úplnou síňokomorovou blokádu u nemocného se synkopami. Tuto kazuistiku publikoval ve stejném roce v Časopise lékařů českých. O další pokrok v klinické aplikaci elektrokardiografie v Praze, a zprostředkovaně také v dalších českých a slovenských regionech, se významně zasloužili především profesori K. Weber a F. Herles.

Profesor Klement Weber (1890–1971), někdejší přednosta I. lékařské kliniky v Praze, vydal rozsáhlou monografii o poruchách srdečního rytmu, a významně tak přispěl k rozvoji české elektrokardiografické školy. V roce 1926 jako první u nás souborně popsal elektrokardiografické a klinické projevy poruch srdečního rytmu a zároveň navrhl i jejich léčebné postupy.

František Herles (1900–1991) je považován za nejdokonalejšího interpreta EKG záznamů a za zakladatele československé elektrokardiografie jako samostatného oboru. K jeho nejvýznamnějším publikacím patří monografie *Základy elektrokardiografie*, která se dočkala čtyř opakovaných doplněných vydání a spolu s dalšími autorovými díly sloužila výuce několika generací studentů medicíny i lékařů již od roku 1934. Profesor Herles také vytvořil české elektrokardiografické názvosloví, které je používáno dodnes. Mnohá z jeho

pozorování si drží světové prvenství, neboť se převážně věnoval neprobádaným EKG projevům. V roce 1928 byl první u nás i v Evropě, kdo diagnostikoval pouze na základě EKG obrazu infarkt myokardu. V roce 1938 o tomto onemocnění, tehdy málo známém a vzácném, publikoval své desetileté zkušenosti. Zaznamenával také EKG u umírajících pacientů, o nichž si vedl pravidelné a pečlivé záznamy, které shrnul jako výsledky studie ve své habilitační práci v roce 1934.

Od té doby však uplynulo již více než 80 let a vývoj elektrokardiografů i elektrokardiografických metod pokračoval: od objevu Einthovenova galvanometru k elektronickým a později k polovodičovým i mikročipovým přístrojům; od počátečních fotografických znázornění EKG křivek k záznamům s přímopíšíím zapisováním s automatickým vyhodnocováním záznamu. Jedním z nejvýznamnějších objevů druhé poloviny 20. století byl vznik nové metody přenosu a záznamu EKG. Krátce po druhé světové válce se o něj zasloužil americký inženýr Norman J. Holter, který zahájil výzkum rádiového přenosu EKG a zápisu EKG signálů na magnetický pásek. Díky miniaturizaci přístrojů a elektronické paměti bylo umožněno vložit přístroj do brašny nebo do kapsy kabátu, a tím vyhodnocovat i několika-denní záznam EKG.

Holterovské monitorování EKG se tak postupně stalo standardní vyšetřovací metodou srdce. V současné době se běžně využívá při přenosu a archivaci EKG obrazu. První elektrokardiograf, který před více než sto lety vážil 300 kg a poprvé zaznamenal poruchu srdečního rytmu, je v dnešní době nahrazen přenosnými, plně digitalizovanými EKG přístroji. Tyto přístroje však pracují na stejném principu, který v roce 1934 teoreticky předpověděl profesor František Herles.

Literatura

Bělohávek J. EKG v akutní kardiologii: průvodce pro intenzivní péči i rutinní klinickou praxi. 2., rozš. vyd. Praha: Maxdorf, 2014. ISBN 978-80-7345-419-7.

Čihalík Č. Variabilita EKG náleží ve vnitřním lékařství a pediatrii. Olomouc: Solen, 2015. ISBN 978-807471-100-8.

Junas J. Průkopníci medicíny. Praha: Avicenum, 1977.

Kordač V. Vnitřní lékařství – Úvod do oboru a vyšetřovací metody. Praha: Univerzita Karlova, 1989.

Trojan S. Lékařská fyziologie. Praha: Grada, 2003. ISBN 8024705125.



3 Teoretické aspekty vzniku a snímání elektrické aktivity srdce

Cílem kapitoly je seznámit čtenáře s:

- teoretickými východisky tvorby a vedení vzruchu
- elektrokardiogramem a fyziologickou EKG křivkou

Elektrokardiografický záznam je výsledkem interakce funkčních anatomických struktur srdce zastoupených buňkami převodního a pracovního myokardu, které jsou schopné generovat a šířit vzruch v srdci a zajistit tak mechanickou odezvu pracovního myokardu v podobě kontrakce srdečního svalu. Fyziologické kontrakci srdečního svalu předchází dlouhá cesta zastoupená tvorbou vzruchu v sinoatriálním uzlu a jeho vedením dalšími strukturami převodního systému až k cílovým kardiomyocytům. Vznik a vedení vzruchu jsou podmíněny elektrofyzilogickými vlastnostmi buněk srdečního svalu, které jsou nadány schopností spontánní geneze vzruchů (chronotropie), vodivosti vzruchu (dromotropie), dráždivostí (batmotropií) a stažlivostí (inotropií). Tyto vlastnosti buněk srdečního svalu jsou základním předpokladem zaznamenání srdeční elektrické aktivity v podobě elektrokardiogramu.

3.1 Spontánní automacie

Buňky srdečního svalu jsou vybaveny schopností generovat vzruchy. Za fyziologických podmínek je vzruch generován ve specializovaných buňkách sinoatriálního (SA) uzlu, které tvoří tzv. primární pacemakerové centrum. Buňky v SA uzlu spontánně depolarizují a po dosažení prahového potenciálu iniciují akční potenciál. Depolarizaci v SA buňkách lze charakterizovat jako změnu polarity buněčné membrány. Hlavními aktéry depolarizace jsou intracelulární a extracelulární změny v pohybu iontů Na^+ , Ca^{2+} a K^+ . Návrat k elektrické rovnováze buněčné membrány je zajištěn repolarizací. Výsledkem uvedených změn je vznik akčního potenciálu, zodpovědného za tvorbu elektrického vzruchu.

Buňky SA uzlu generují při klidovém stavu vzruchy s frekvencí 60–100/min, které se šíří síňovými drahami v myokardu pravé a levé síně a následně do atrioventrikulárního (AV) uzlu. Takto vzniklý srdeční rytmus se nazývá sinusový rytmus. V AV uzlu dochází k fyziologickému zpomalení vzruchu, které zabezpečuje dostatek času potřebného k naplnění komor při systole síní. V případě poruchy SA uzlu je AV uzel také schopen generovat vzruchy. Shodně s SA uzlem je vybaven spontánní diastolickou depolarizací, ta však směrem od SA uzlu klesá, takže AV uzel je schopen generovat vzruchy s frekvencí 40–50/min. V takovém případě je AV uzel označován jako sekundární pacemakerové centrum. Vznikají-li vzruchy v AV uzlu, je vzniklý rytmus označen za junkční*.

* Termín „junkční rytmus“ pochází z anatomického uložení junkce. V síňové části AV uzlu začínají vstupní dráhy, které přijímají impulzy ze síní. Následně, v přechodu do komorové části, se nachází Hisův svazek, který pokračuje v septu komor a rozvádí elektrické impulzy do komorového svalstva obou komor.