

616.127-073.97:612.766.1

PROBLEMATIKA VÝBĚRU SVODŮ EKG PRO DYNAMICKÉ A ZEJMÉNA ZÁTĚŽOVÉ VYŠETŘOVÁNÍ

Plukovník MUDr. Jan HOSPODÁŘ, CSc.
Ústav leteckého zdravotnictví, Praha

Elektrokardiogram v návaznosti na fyzickou zátěž se používá již více než 40 let. Za tuto dobu získali kardiologové a později sportovní, pracovní a rehabilitační lékaři mnoho zkušeností a metodických poznatků, jež se promítají do dnešní laboratorní práce.

Sledování EKG v dynamických podmínkách není podstatným problémem při kabelové nebo rádiové telemetrii 1 svodu EKG při pracovních měřeních všeho druhu včetně extrémních podmínek v horkých provozech, v letounu, při seskoku padákem, pod vodou apod. Rovněž v kli-

nických oblastech se dynamické vyšetřování pacientů pomocí vybraných svodů EKG (identifikace různých forem arytmí, ICHS apod.) značně rozšířilo, týká se to nejen např. radiotelemetrické kontroly EKG chodících pacientů v prostoru kliniky, ale i sledování ohrožených osob v pracovním zařazení nebo i v mimopracovní době pomocí miniaturních portativních magnetofonů. Naproti tomu spektrum metodických přístupů při zátěžovém vyšetřování pacientů s ICHS v laboratorních funkčních oběhové diagnostiky v oblasti klinické, sportovně-lékařské i rehabilitační je značně široké a pestré. Na základě bezprostředních praktických zkušeností je možno konstatovat, že EKG v dynamických podmínkách se snímá skutečně v extrémním rozsahu — od jednoho svodu do plných 12 svodů. Totéž platí pro elektrodové systémy — od spolehlivých importovaných nebo našich plovoucích nepolarizovatelných elektrod Ag-AgCl až po obsolentní stříbrné plíšky bez chlorovaného povrchu s přímým kontaktem na kůži a tudíž se všemi klasickými nevýhodami primitivních elektrod. A právě variabilita metodických adaptací, posuzovacích kritérií a nejasností ve velké řadě konzultací byla podnětem pro toto sdělení.

V oblasti zátěžového vyšetřování záleží více než kdekoliv jinde na pečlivém výběru vhodných svodů, elektrodových systémů, event. dalších snímačů a všech detailů, na nichž závisí získání bezartefaktového užitečného vstupního signálu i za krajně neklidových podmínek a jeho další elektronické zpracování v průběhu celého měřicího řetězce.

Pro sledování srdeční frekvence, resp. informativně 1 svodu EKG v oblasti fyziologie, některých klinických oborů, tělovýchovného lékařství a pracovního lékařství v širokém slova smyslu se v posledním desetiletí zkoncentrovala pozornost na několik základních systémů speciálních převážnou většinou hrudních bipolárních svodů.

Pro nejnáročnější dynamické podmínky je nesporně nejvýhodnější bisternální Geddesův (19) svod M-X (manubrium sterni-xifoides) vzhledem k minimální muskulatuře svodových míst. Osvědčil se opakovaně při sledování EKG pilotů (33, 45, 46, 47), výsadkářů (22, 43, 44, 52), námořníků (54), při kontrole EKG během značné fyzické zátěže (11), při náročných sportovních disciplínách (59) a zejména spolu s Belletovým svodem D-S (2) jako optimální prakticky při všech amerických a prvých sovětských kosmických letech s lidskou osádkou. Uvedená kombinace 2 bipolárních hrudních svodů byla s úspěchem využívána i v leteckém lékařství (17, 34). Geddesova presternální svodu M-X lze s výhodou použít pro kardiota-chometry s frekvenční selekcí při elektronickém zpracování komorové skupiny QRS, kde nezáleží na hodnotě amplitudy kmitu R. Hodnocení kresby EKG je pochopitelně svízelné.

Zmíněného Belletova (2) D-S svodu $C_{6R}-C_6$ lze využít vedle zdroje signálu EKG i pro sni-

mání dechových parametrů metodou impedance pneumografie (18, 57).

Některé pracovní skupiny umísťují při dynamickém sledování pacientů aktivní elektrody podobně symetricky v laterálních partiích hrudníku, např. $C_{4R}-C_4$, $C_{5R}-C_5$ apod. (6, 13, 15, 21, 24, 25, 38, 48).

Pro naše podmínky, kde se většinou používá kardiota-chometrů s amplitudovou selekcí, je nezbytné vybírat individuálně svod s maximální amplitudou kmitu R — optimálně vyhovuje svod CM_5 (MC_5) nebo jeho blízká modifikace. Tento svod zavedli v rámci dlouhodobého radiotelemetrického sledování kardiaků Gibson et al. (20); údajně zhruba odpovídá unipolárnímu prekordiálnímu Wilsonovu svodu V_5 . Tento svod dosáhl postupně značného rozšíření v klinice, tělovýchovném lékařství, pracovním lékařství, fyziologii a v jiných lékařských oborech; u nás se v současné době používá na mnoha pracovištích zejména při radiotelemetrické kontrole EKG pacientů s ICHS a probandů v průběhu nejrůznějších zátěží profesionálního a sportovního charakteru. Rovněž v našich laboratorích byl již v roce 1969 (28) vybrán při stanovování některých základních prvků pro leteckou radiobiotelemetrii, neboť se prokázal jako optimální pro cca 70 % pilotní populace. V každém případě se nám osvědčuje — i v terénu — upřesnění nejhodnějších svodových míst v pracovní poloze za pomoci portativního kardiostopu.

Bellet et al. (3) zavedli další výhodný bipolární hrudní svod nazvaný později Blackburnem (9) nepřesně CS_5 (right subclavicle — C_5); Bellet však umístil explorativní elektrodu do 5. mezižebří ve střední axilární čáře vlevo — tedy C_6 — a referenční elektrodu původně nad skapulární konec pravé klíční kosti, teprve později ve společné práci s Romanem (4) pod klavikulu. Tento svod se používá přes zdůvodnění výhod pro kontrolu pacientů s ICHS oproti CM_5 (posturální arteficiální změny vlny T) poměrně zřídka (29, 42, 51).

V řadě sportovně lékařských laboratoří byl úspěšně zaveden tzv. „švédský“ svod CH_4 (hlava- C_4); jeho původce Bengtsson (5) však většinou používal kombinace svodů $CH_{2,4,7}$ včetně propojení C_7 a C_4 , což je Nehbův svod J. Srovnání svodů CH a semiunipolárních svodů CR v průběhu zátěže provedli s příznivými výsledky Holmgren a Strandell (26).

Antero-posteriorní bipolární hrudní svody typu CB (B — Back) většinou CB_5 nebo CB_6 s referenční elektrodou na zádech se ve fyziologii i klinice nerozšířily (23, 36).

Carbery a spol. (13) vybrali pro monitorování EKG při pracovní zátěži speciální svod s aktivními elektrodami v místě manubriosternálního spojení a lumbosakrálního spojení. Tento zajímavý svod vyhovoval pro 95 % probandů; neprokládal však mimo rámec pracovní skupiny (15).

Z vícesvodových systémů vyvinutých pro dynamické vyšetřování je nejznámější a nejstarší

systém Nehbův [41], oblíbený v současné době zejména u německých autorů nejen při dynamickém vyšetřování, ale i v souboru základních svodů rozšířeném z 12 na 15. O vzrůstající popularitě Nehbových svodů svědčí i okolnost, že se v posledních letech dostávají u vícekanálových elektrokardiografů do přepínacích alternativ řídicích panelů (ELEMA Mingograf 62 a 82, SIEMENS Cardiomat 3 T a Cardiorex 3 T, HELIGE EK 22, NDR 6NEK-3, 6 NEK-4), v dalších případech do firemního zapojovacího doporučení (HELIGE EK 21 a EK 26), neboť se ve skutečnosti — nejde-li o zvláštní svodovou kombinaci — zapojují stejným způsobem jako standardní končetinové svody Einthovenovy ($D = I$, $A = II$, $J = III$).

Němečtí autoři používají často vedle klasických Nehbových svodů jejich nepřiliš rozdílných modifikací event. kombinací s Geddesovým přesternálním svodem M-X [32, 53, 60].

Svody podle Butčenka [12] jsou určitou adaptací svodů Nehbových; mimo oblast sportovního lékařství v SSSR nedoznaly podstatnějšího rozšíření.

Rosenkranz a Drews [49] zavedli modifikaci čtyřsvodového semiunipolárního hrudního svodového systému typu CL, diktovanou čtyřkanálovým elektrokardiografem Cardirex 42 (SIEMENS), se záznamem z hrudních elektrod $C_1, 3, 5, 6$ s elektrodou pro levou ruku a neutralizační elektrodou na zádech. Dnes při širších možnostech svodových voličů se pochopitelně výhodněji používá hrudních semiunipolárních svodů typu CR; nejmodernější elektrokardiografy ELEMA Mingograf 62 a 82 a SIEMENS Cardirex 6T mají k tomuto účelu ve volitelných programech právě alternativu CR_{1-6} .

Pro dynamické vyšetřování byl doporučován rovněž tzv. systém EEP (Ear-Ensiformis-PreCORDIAL), který navrhl LaDue [1]. Elektrody pro Wilsonovu svorku jsou umístěny na pravém ušním lalůčku (R), na processus ensiformis (L) a na 6. žebře v levé zadní čáře axilární (F), pro explorativní elektrody se používá různý počet svodových míst v rozsahu C_{1-6} [7, 9, 31, 56].

Obdobné solitérní adaptace hrudních unipolárních svodů jako např. Vartbaronova a spol. [58] — central terminal z C_8 , C_{4R} a C_{6R} — se nerozšířily.

Mason a Likar [37] přemístili elektrody pro horní končetiny symetricky do infraklavikulárních jamek (2 cm pod dolním okrajem klavikuly a mediálně od okraje deltoideu) a elektrody pro levou nohu do přední axilární čáry doprostřed mezi okraj hrudního koše a spina ilica. Tento základní svodový systém slouží pro central terminal pro unipolární hrudní svody V_{1-6} i pro potenciálový dělič pro zvětšené unipolární končetinové svody podle Goldbergera.

Uvedený svodový systém podle Masona a Likara se velmi podobá adaptaci již dříve používané Smedalem a spol. [55] v oblasti letecké fyziologie.

Zátěžové vyšetřování sportovců v masovém měřítku klade podstatné nároky na personál laboratoří funkční diagnostiky. Z tohoto důvodu se obecné metodické aspekty koncentrují na výběr minimálního počtu snímaných prvků s požadavkem získání maximální informace; v oblasti svodů EKG sledovaných bezprostředně v průběhu zátěže na bicyklovém ergometru se často setkáváme s kontrolou pouze 1–2 hrudních svodů — nejčastěji Nehbova svodu A, svodu CS_5 , CH_5 nebo CM_5 resp. jejich blízkých modifikací.

Tuto praxi však není vhodné přenášet do systému vyšetřování starších sportovců a zejména do zátěžové oběhové diagnostiky pacientů s ICHS. Průkaznost výsledků takového vyšetřování může být vzhledem k němu EKG záznamu v řadě případů nedostatečná či při nejmenším sporná.

Většina tělovýchovných lékařů realizujících zátěžovou ergometrii s registrací 1 nebo 2 svodů staví na dílčích údajích z prací Blackburna a spol. z let 1964 a 1967. V první práci [8], pojednávající o výběru svodů pro pozátěžové vyšetření, posoudili autoři 100 pozitivních případů s depresi úseků ST pořízené po zátěži: jediný svod V_5 poskytuje údajně 89% informaci, 2 svody $V_5 + V_6$ 91% informaci a 6 svodů-II, aVF a $V_{3, 4, 5, 6}$ má poskytovat plnou 100% informaci o pozátěžových změnách úseku ST. Uvedené atraktivní údaje — zejména o informačním obsahu 1 a 2 svodů — ztrácejí v současné době při jasně formulovaných požadavcích na sledování EKG v průběhu zátěže podstatný praktický význam, neboť jde o unipolární hrudní svody vyžadující central terminal ze 3 končetin. V rozsáhlé srovnávací práci Blackburnově a spol. z roku 1967 [9] uváděna detektabilita bipolárního svodu CM_5 cca 86 %, tzn. že nezachytí 14 % případů deviací ST-T.

Výběr solitérního svodu pro detekci zátěžové koronární insuficience je do značné míry otázkou metodiky, použitého souboru a posuzovacích kritérií. Kromě nejčastěji využívaného svodového místa C_5 doporučuje řada nevýznamných autorů zejména C_4 , méně často C_6 nebo obecněji C_{5-6} [10, 16, 35, 39, 50]. Podrobnější analýza ukázala, že nemálo záleží na umístění nejen explorativní, ale i referenční elektrody; diferenciaci diagnostické ST-T informace v tomto smyslu doložil Blackburn [7, 9] simultánním záznamem 43 bipolárních, unipolárních a speciálních svodů.

Akutní ischemie obecně může postihnout různé oblasti myokardu; co do lokalizace se tudíž může projevovat ischemickými deviacemi ST-T v určitých svodech nebo v různých svodových kombinacích běžně používaného nebo adaptovaného svodového spektra. Nehledě k okolnosti, že právě lokalizovaná patologie ST-T při zátěžové koronární insuficienci je přece jedním z diferenciativně diagnostických měřítek ve srovnání s obdobnými změnami repolarizačních částí komorového komplexu při digitalisovém efektu, elektrolytové dysbalanci

aj. Sám jsem měl možnost vidět na různých klinických pracovištích řadu markantních záznamů EKG při zátěži bez postižení svodu V_5 , kdy např. při ischemii přední komorové stěny byly změny v prekordiálních svodech V_{2-4} , při ischemickém postižení anteroseptální oblasti ve svodech V_{1-3} , jinde téměř výhradně ve V_6 .

Zajímavý přehled podává tabulka 1, do níž jsou seřazeny svodové metodické alternativy z 11 laboratorí oběhové funkční diagnostiky v ČSSR využívajících 2—3—4 svody EKG. (Nějde pochopitelně o pracoviště vybavená 4kanálovými elektrokardiografy registrující s dvojím přepnutím svodových voličů všech 12 svodů). Hrudní svodová místa jsou označena C_{1-6} ,

Na klinických pracovištích se setkáváme většinou s využitím hrudních svodových míst C_{1-6}

— pro unipolární hrudní svody V_{1-6} v klidu mimo zátěž při použití klasického central terminal z končetinových elektrod;

— pro adaptované semiunipolární hrudní svody typu CL (resp. CR) podle Rosenkranze a Drewse (49) i v průběhu zátěže;

— pro bipolární „švédský“ svodový systém CH_{1-6} rovněž i v průběhu zátěže.

Pro ergometrii vleže postačí v klasickém systému central terminal přemístit pouze elektrodu pro levou dolní končetinu do levého hypogastria (30).

Tab. 1

Přehled svodových metodických alternativ z 11 laboratorí funkční oběhové diagnostiky využívajících 2—3—4 svody EKG

Počet svodů	C						Nehb			CM ₅	I
	1	2	3	4	5	6	D	A	J		
2								/		/	
1—3							/	/	/		
3			/	/	/						
3		/		/		/					
3		/		/	/						
3							/	/	/		
4							/	/	/	/	
4		/			/	/		/			
4			/	/	/	/					
4	/		/		/	/					
4				/	/	/					/
svodů využito	1×	3×	3×	5×	6×	5×	3×	5×	3×	2×	1×

neboť se jedná nejen o klasické unipolární hrudní svody V (proti central terminal), ale i o bipolární svody CR a CH. Na pracovišti uvedeném v druhém řádku označeném 1—3 se provádějí na jednokanálovém elektrokardiografu vždy postupný záznam svodů D, A a J.

Tuto stať bych chtěl uzavřít konstatováním, že řada hodnotných prací Blackburnových je jistě dobře známa vedení WHO, které však i nadále doporučuje používání všech 12 svodů. V některých případech není ani 12 svodů realizovatelná identifikace ICHS bez etážových posunů unipolárních prekordiálních svodů V_{1-6} o 1—2 mezikřebří či využití pravostranných hrudních, zadních hrudních, resp. dalších speciálních svodů.

Nepříliš často se u nás využívá pro central terminal při fyzické zátěži 3 hrudních svodových míst podle Nehba.

Nejvhodnější svodovou kombinací podle zahraničních a našich vlastních zkušeností (10, 16, 61) se pro dané účely jeví svodový systém podle Masona-Likara (37). Při pečlivé fixaci dokonalých nepolarizovatelných plovoucích elektrod můžeme tak dosáhnout hodnotitelného záznamu 12 svodů i v dynamických podmínkách na bicyklovém ergometru.

Přehled nejpoužívanějších a nejvýhodnějších modifikací pro kontrolu hrudních svodů při zátěžovém vyšetřování podává tabulka 2.

Ve všech zde probíraných případech jde o monitorování skalárních parametrů EKG, a

Tab. 2

Přehled nepoužívanějších a nejvýhodnějších modifikací pro kontrolu hrudních svodů při zátěžovém vyšetřování

Svod	Explorat. hrudní elektrody	Indiferentní elektroda	Modifikace	Určení
{Wilson} V ₁₋₆	C ₁₋₆	C T L+R+F	—	Statické vyšetřování
—		C T L+R+ „F“	„F“ v levém hypogastriu	Ergometrie vleže
—		„C T“	„C T“ : Nehb	Dynamické vyšetřování
{Mason, Likar}		„C T“	„C T“ : Mason, Likar	
CR ₁₋₆ modif.		„R“	„R“ na zádech	
CH ₁₋₆		H		

to u klasických Einthovenových končetinových svodů, u zvětšených unipolárních končetinových Goldbergerových a u Nehbových hrudních svodů o projekci v rovině frontální, u unipolárních hrudních svodů v rovině horizontální. Není dosud vyjasněna otázka standardního používání třísvodových korigovaných ortogonálních systémů např. podle McFeea-Parungaa [40] nebo zejména podle Franka [14]. Výhodnost přenosu, elektronického a zejména strojového zpracování skalárního EKG nebo VKG v této formě je nasnadě, neboť na vstup číslicového počítače se přivádí jen 1/4 informace v bitech, co má pochopitelně podstatný význam z hlediska počtu vstupních kanálů a zaplnění kapacity paměti počítače. Srovnání klinické výhodnosti Frankovy svodové koncepce s tradičními 12 svody je stále předmětem odborných diskusí na nejvyšších kardiologických úrovních; v poslední době získává z hlediska informační hodnoty převahu systém Frankův.

S otázkou výběru svodů velmi úzce souvisí bohužel málo diskutovaná a krajně významná problematika detekce markantů zátěžové koronární insuficience po skončení zátěže. V posledních letech se nesporně prokázalo, že v některých případech mohou specifické deviace ST-T figurovat v kresbě EKG po skončení zátěže jen v relativně krátkém časovém úseku, specifikovaném většinou autorů na 30–60 s. Není naprosto logické ponechat pacienta sedět na ergometru s 1 nebo 2 svody EKG 10 minut po zátěži a provádět ve zvolených intervalech dílčí záznam; to lze realizovat při možnosti komplexního záznamu 12 svodů při stažení končetinových svodových míst na hrudník. Není-li k dispozici taková metodická kombinace, lze doporučit co nejrychlejší převedení pacien-

ta z ergometru na lehátko, připojení kabeláže a provedení komplexního záznamu.

Ze shora uvedených důvodů není rovněž v průběhu zátěžové elektrokardiografie postačující vizuální kontrola jediného svodu EKG na nevyhovujících sedmicentimetrových obrazovkách malých kardioskopů provenience naší nebo z NDR. V současné době jsou snadno dostupné spolehlivé šestikanálové kardioskopy TESLA OPD-280 U, resp. OPD-600/601.

Laboratoře funkční oběhové diagnostiky jen výjimečně disponují kvalitním vektorkardioskopickým zařízením, jež může podstatně usnadnit výběr nejvhodnějších snímacích svodů zajišťujících maximální stupeň detektibility zátěžové ischemie myokardu.

Základním předpokladem pro bezporuchové snímání EKG za neklidových podmínek je používání sintrovaných nepolarizovatelných plovacích elektrod, jejich pečlivá dokonalá fixace, promyšlená adaptace stíněné kabeláže, volba vhodných konektorů, elektrodového gelu pro dlouhodobé použití a dalších nezbytných prvků [27, 28].

Variabilita metodických přístupů a posuzovacích kritérií není v tak důležité oblasti lékařství zanedbatelnou otázkou. Je pochopitelné, že některé předpoklady jsou dány např. i základním přístrojovým vybavením — osmikanálovým elektrokardiografům MINGOGRAF 82 ELEMA nebo EK 21 HELIGE se kapacitně nemůže v žádném případě vyrovnat jednokanálový elektrokardiograf vzhledem k časovým nárokům na přepínání jednotlivých svodů, vyrovnání izoelektrické linie i vlastnímu zápisu a tím základní nemožnosti simultánního záznamu. V každém případě je však možné zamyslet se nad metodickými možnostmi a reálně posoudit a srovnat posuzovací kritéria.

Závěr

Pro kontrolu kresby EKG v průběhu fyzické zátěže na bicyklovém ergometru se předpokládá sledování buď základních hrudních unipolárních svodů V_{1-6} nebo jejich modifikací

1. vleže s přesunutím aktivní elektrody F do levého hypogastria;

2. s modifikovaným systémem semiunipolárních hrudních svodů CR_{1-6} ;

3. s bipolárním svodovým systémem CH_{1-6} ;

4. s centrální terminál z Nehbových svodových míst;

5. v metodické modifikaci s přesunem končetinových svodových míst podle Masona-Likara [37].

Při alternativách 1. a 5. lze registrovat i končetinové svody Einthovenovy a zvětšené unipolární končetinové svody Goldbergerovy, při alternativě 4. Nehbovy svody D, A a J.

Za optimální je možné považovat

— pro kontrolu kresby EKG v průběhu fyzické zátěže sledování základních hrudních unipolárních svodů V_{1-6} v metodické modifikaci podle Masona-Likara s předpokladem jednoho přepnutí svodových voličů u 6—8kanálových a dvojího přepnutí u 4kanálových elektrokardiografů;

— pro sledování srdeční frekvence v krajních neklidových podmínkách bisternální svod M-X;

— pro kontrolu 1 svodu EKG účelově vybraný svod ze spektra bipolárních svodů CM_5 , CS_5 , D-S, CH_5 nebo jejich blízkých modifikací;

— pro radiotelemetrické sledování pacientů s ICHS pečlivě individuálně vybraný svod s maximální předpokládanou detektibilitou.

Předneseno ve zkráceném znění na Národním sjezdu tělovýchovných lékařů v září 1975 v Praze.

Literatura

- Abarquez, R. F. - Freiman, A. H. - Reichel, F. - LaDue, J. S.: The Precordial Electrocardiogram during Exercise. *Circulation*, 22, 1960, č. 6, s. 1060—1068.
- Bellet, S. - Deliyannis, S. - Eliakim, M.: The Electrocardiogram during Exercise as Recorded by Radioelectrocardiography. *Amer. J. Cardiol.*, 8, 1961, č. 3, s. 385—400.
- Bellet, S. - Eliakim, M. - Deliyannis, S. - Figallo, E. M.: Radioelectrocardiographic Changes during Strenuous Exercise in Normal Subjects. *Circulation*, 25, 1962, č. 4, s. 686—694.
- Bellet, S. - Roman, L.: The Effect of Exercise on Postural Changes in the Electrocardiogram. *Circulation*, 33, 1966, č. 1, s. 117—123.
- Bengtsson, E.: The Terminal Complex of Electrocardiograms from Normal Children in Extremity, CR, V and CF Leads and a Comparison with Adults. *Acta med. scand.*, 154, 1956, č. 1, s. 11—30.
- Bergey, G. E. - Sipple, W. C. - Hamilton, W. A. - Squires, R. D.: Personal FM/FM Biotelemetry System. *Aerospace Med.*, 39, 1968, č. 5, s. 488—492.
- Blackburn, H.: The Electrocardiogram in Cardiovascular Epidemiology: Problems in Standardized Application. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 126, 1965, č. 2, s. 882—905.
- Blackburn, H. - Katigbak, R.: What Electrocardiographic Leads to take after Exercise? *Amer. Heart J.*, 67, 1964, č. 2, s. 184—185.
- Blackburn, H. - Taylor, H. L. - Okamoto, N. - Rautaharju, P. - Mitchell, P. L. - Kerkhof, A. C.: Standardization of the Exercise Electrocardiogram. A Systematic Comparison of Chest Lead Configurations employed for Monitoring during Exercise. In: *Physical Activity and the Heart. Proceedings of Symposium Helsinki, Finland*, s. 101—133. Red. M. J. Karvonen, A. J. Barry. Springfield, Ch. C. Thomas 1967.
- Blomqvist, C. G.: Use of Exercise Testing for Diagnostic and Functional Evaluation of Patients with Arteriosclerotic Heart Disease. *Circulation*, 44, 1971, č. 6, s. 1120—1136.
- Burns, D. C. - Gollnick, P. D.: An Inexpensive Floating-Mesh Electrode for EKG Recording during Exercise. *J. Appl. Physiol.*, 21, 1966, č. 6, s. 1889—1891.
- Butchenko, L. A.: Elektrokardiografija v sportivnoj medicene. Leningrad, Gosudarstvennoje izdatel'stvo medicinskoj literatury 1963, 207 s.
- Carbery, W. J. - Tolles, W. E. - Freiman, A. H.: A System for Monitoring the ECG under Dynamic Conditions. *Aerospace Med.*, 31, 1960, č. 2, s. 131—137.
- Frank, E.: An Accurate Clinically Practical System for Spatial Vectorcardiography. *Circulation*, 13, 1956, č. 5, s. 737—749.
- Freiman, A. H. - Tolles, W. - Carbery, W. J. - Rueggsegger, P. - Abarquez, R. F. - LaDue, J. S.: The Electrocardiogram during exercise. *Amer. J. Cardiol.*, 5, 1960, č. 4, s. 506—515.
- Friesinger, G. C.: Objektive Beurteilung der Angina Pectoris. *Das Medizinische Prisma*, 1972, č. 3, 32 s. (C. H. Boehringer Sohn, Ingelheim am Rhein).
- Fujie, Z.: Physiological Monitoring in Flight. In: *Digest of the 6th International Conference on Medical Electronics and Biological Engineering*, s. 195 až 196, 1965, Tokyo.
- Geddes, L. A. - Hoff, H. E. - Hickman, D. M. - Hinds, M. - Baker, L.: Recording Respiration and the Electrocardiogram with Common Electrodes. *Aerospace Med.*, 33, 1962, č. 7, s. 791—793.
- Geddes, L. A. - Partridge, M. - Hoff, H. E.: An ECG Lead for Exercising Subjects. *J. Appl. Physiol.*, 15, 1960, č. 2, s. 311—312.
- Gibson, T. C. - Thornton, W. E. - Algary, W. P. - Craig, E.: Telecardiography and the Use of Simple Computers. *N. Engl. J. Med.*, 267, 1962, č. 24, s. 1218 až 1224.
- Gilson, J. S. - Griffing, R. B.: Continuous Electrocardiograms Electrodes and Lead Systems. *Amer. J. Cardiol.*, 8, 1961, č. 2, s. 212—215.
- Goldberg, M. N. - Foster, D. R.: Telemetry of Physiological Data during Parachute Research. In: *Biomedical Sciences Instrumentation*, Vol. 1, s. 263—272, Edited by Fred Alt, New York, Plenum Press 1963.
- Gordon, E. S.: Remote Recording of Physiological Response of Subjects Undergoing Large-Amplitude Vertical Accelerations. In: *13th Annual Conference on Electrical Techniques in Medicine and Biology*, Digest of Technical Papers, s. 50—51, Publisher Lewis Winner, New York 36, 1960.
- Hertzler, E. C.: Electrocardiogram Recording System for Ambulatory Subjects. *J. Appl. Physiol.*, 23, 1967, č. 6, s. 998—1000.
- Hinkle, L. E. - Carver, S. - Benjamin, B. - Christenson, W. - Stone, B.: Studies in Ecology of Coronary Heart Disease. *Arch. Environ. Health*, 9, 1964, s. 14.
- Holmgren, A. - Strandell, T.: On the Use of Chest-Head Leads for Recording of Electrocardiograms during Exercise. *Acta med. scand.*, 169, 1961 č. 1, s. 57—62.

27. Hospodář, J.: Elektrodoové systémy pro dlouhodobé snímání EKG, resp. tepové frekvence za neklidových podmínek. Voj. zdrav. Listy, 40, 1971, č. 2, s. 81–88.
28. Hospodář, J. - Luxa, J.: Metody dlouhodobého snímání elektrokardiogramu, tepové a dechové frekvence při pracovním zatížení. Závěrečná zpráva výzkumného úkolu ÚLZ, publikace č. 131/1969.
29. Káňa, A. - Šimíček, J.: Zkušenosti s telemetrií v klinické medicíně. Prac. Léč., 25, 1973, č. 7, s. 293–297.
30. Klepzig, H. - Müller, D. - Reindell, H.: Über das EKG während Belastung und seine klinische Bedeutung. Z. Kreisf. Forsch., 45, 1956, č. 19–20, s. 741–750.
31. Lategola, M. T. - Naughton, J. - Brake, Ch. M. - Lyne, P.: Use of Simultaneous Multilead Telecardiography for Monitoring Cardiovascular Rehabilitants during Exercise. Aerospace Med., 40, 1969, č. 11, s. 1258 až 1264.
32. Leutschaff, R.: Präoperative Ekg-Telemetrie bei Herzkranken. In: Biotelemetrie. Symposium am 29.–30. November 1968 in Erlangen. Red. L. Demling - K. Bachmann, s. 96–102, Stuttgart, Georg Thieme Verlag 1970.
33. Lewis, Ch. E. - Jones, W. L. - Austin, F. H. - Roman, J.: Flight Research Program IX. Medical Monitoring of Carrier Pilots in Combat - II. Aerospace Med., 38, 1967, č. 6, s. 581–592.
34. Lim, S. T. - Fletcher, J.: Cardiovascular Response of Men to Stimulation by Sinusoidal Gravitational Field. Aerospace Med., 39, 1968, č. 2, s. 130–138.
35. Linhart, J. W.: Belastungstests. Das Medizinische Prisma, 1975, č. 1, 24 s. (C. H. Boehringer Sohn, Ingelheim am Rhein)
36. MacAlpin, R. N. - Kattus, A. A.: The Electrocardiogram during Treadmill Walking and Coronary Angiographic Findings. Circulation, 33, 1966, č. 2, s. 183–201.
37. Mason, R. E. - Likar, I.: A New System of Multiple-Lead Exercise Electrocardiography. Amer. Heart J., 71, 1966, č. 2, s. 196–205.
38. Master, A. M. - Rosenfeld, I.: Monitored and Post-Exercise Two-Step Test. J. A. M. A., 190, 1964, č. 6, s. 494–500.
39. Mattingly, T. W.: The Postexercise Electrocardiogram. Amer. J. Cardiol., 9, 1962, č. 3, s. 395–409.
40. McFee, R. - Parungao, A.: An Orthogonal Lead System for Clinical Electrocardiography. Am. Heart J., 62, 1961, č. 1, s. 93–100.
41. Nehb, W.: Zur Standardisierung der Brustwandableitungen des Elektrokardiogramms, Klin. Wschr., 17, 1938, č. 51, s. 1807–1811.
42. Norland, C. C. - Semler, H. J.: Angina Pectoris and Arrhythmias Documented by Cardiac Telemetry. J. A. M. A., 190, 1964, č. 2, s. 115–118.
43. Reid, D. H. - Matsuo, J. T. - Ellertson, D. G.: Human Biological Responses to 110 through 175 knots (IAS) Aerial Tow. Aerospace Med., 43, 1972, č. 10, s. 1109–1117.
44. Reid, D. H. - Doerr, J. E.: Physiological Studies of Military Parachutist Via FM/FM Telemetry: The Data Acquisition System and Heart Rate Response. Aerospace Med., 41, 1970, č. 11, s. 1292–1297.
45. Roman, J. A.: Cardiorespiratory Functioning In-Flight. Aerospace Med., 34, 1963, č. 4, s. 332–337.
46. Roman, J. A. - Lamb, L. E.: Electrocardiography in Flight. Aerospace Med., 33, 1962, č. 5, s. 527–544.
47. Roman, J. - Older, H. - Jones, W. L.: Flight Research Program VII. Medical Monitoring of Naval Carrier Pilots in Combat. Aerospace Med., 38, 1967, č. 2, s. 133–139.
48. Rosenfeld, I. - Master, A. M. - Rosenfeld, C.: Recording the Electrocardiogram during the Two-Step. Circulation, 29, 1964, č. 2, s. 204–211.
49. Rosenkranz, K. A. - Drews, A.: Über eine modifizierte Ableitungsmethode zur Registrierung von Brustwandelektrokardiogrammen während dosierter körperlicher Belastung. Z. Kreisf. Forsch., 53, 1964, č. 6, s. 615–618.
50. Roskamm, H.: Das Belastungs-EKG. Boehringer Mannheim 1968. 170 str.
51. Sandler, G.: Comparison of Radiocardiography and Conventional Electrocardiography in the Exercise Tolerance Test. Brit. Heart J., 29, 1967, č. 5, s. 719–724.
52. Shane, W. P. - Slinde, K. E.: Continuous ECG Recording during Free-Fall Parachuting. Aerospace Med., 39, 1968, č. 6, s. 597–603.
53. Schäcke, G. - Weitowitz, H. J. - Weitowitz, R.: Moderne Langzeituntersuchungen von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm am Arbeitsplatz. Arbeitsmed., Socialmed., Arbeitshyg., 5, 1970, č. 7, s. 171–175.
54. Sinicyn, S. A. - Denisjuk, M. S. - Šafran, L. M. - Mizin, V. F.: Metodika elektrokardiografičeskogo issledovanija na morskich sudach. Voj. med. Žurnal, 1972, č. 6, s. 94–95.
55. Smedal, H. A. - Holden, G. R. - Smith, J. R.: A Flight Evaluation of an Airborne Physiological Instrumentation System including Preliminary Results under Conditions of Varying Accelerations. NASA, Technical Note D-351. Moffet Field, Calif. 1960, 23. s.
56. Takahashi, H. - Iwatsuka, T. - Ohashi, I. - Hotta, S.: Some Observations of the ST Depression in the Exercise Electrocardiogram. Japan. Heart J., 4, 1963, č. 2, s. 105–117.
57. Vallbona, C. - Spencer, W. A. - Geddes, L. A. - Blose, W. F. - Canzoneri, J.: Experience with On-line Monitoring in Critical Illness. Proceedings of the 1966 National Telemetry Conference, Prudential Center, Boston, Mass. Publ. by Raytheon Comp., First Ed., 1966, s. 189–192.
58. Vartbaronov, R. A. - Nikolskij, L. N. - Poljakov, V. I.: Issledovanie vozmožnosti povyšeniya pomechoustojčinnosti odnopoljusnych grudnych otveddenij. Kosmičeskaja biologija i medicina, 7, 1973, č. 5, s. 85–90.
59. Vogel, P. A.: Zur Technik der EKG-Telemetrie unter schwierigen Bedingungen. Elektromedizin, 14, 1969, č. 2, s. 64–70.
60. Vogel, P. A.: Probleme der Messwertgewinnung und Elektrodentechnik. In: Biotelemetrie. Symposium am 29.–30. November 1968 in Erlangen. Red. L. Demling - K. Bachmann, s. 13–27, Stuttgart, Georg Thieme Verlag 1970.
61. Zölch, K. A. - Bachmann, K.: Ekg-Telemetrie bei Rhythmusstörungen des Herzens. In: Biotelemetrie. Symposium am 29.–30. November 1968 in Erlangen. Red. L. Demling - K. Bachmann, s. 110–119. Stuttgart, Georg Thieme Verlag 1970.