

613.693:621.38

VYUŽITÍ ELEKTRONIKY V LETECKÉM LÉKAŘSTVÍ

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

Sledování fyziologických parametrů se stává v řadě lékařských oborů pomocnou metodou podstatného významu při statické kontrole zdravotního stavu nemocných a při dynamickém vyšetřování reakcí zdravých osob a některých pacientů na různé formy a stupně zátěže. Vybavení lékařských pracovišť i základními kontrolními monitory zbavuje lékaře i střední zdravotnický personál řady sice jednoduchých, ale v souhrnu značně časově náročných úkonů; v klinice v mnohých případech extrémně urychluje vy-

šetřování pacientů, upřesnění diagnózy a umožňuje rychlejší provádění terapeutických zásahů, v oblasti pracovního lékařství, fyziologie a sportovního lékařství je mnohdy jediným možným řešením plynulého vyšetřování vůbec.

Odborníkům v oborech pracovního a sportovního lékařství je již dávno dobře známo, že kladové vyšetření před zátěží a po ní a někdy ani vyšetření v pracovních podmínkách v laboratoři neposkytuje věrnou informaci o chování intaktního lidského organismu v přirozených pracov-

ních podmínkách. Proto se přechází i v některých klinických oborech k vyšetřování pacientů během zátěže, k dlouhodobé telemetrické kontrole „chodících“ kardiaků apod. Je pochopitelné, že klinikovi dává mnohem více průběžný plynulý záznam EKG při použití speciálních elektrod, svodů a dalších metodik při dózované zátěži, např. během Masterova testu, během vyšetření na bicyklovém ergometru, pohyblivém koberci, než standardní klasický záznam realizovatelný však jen v klidu před zátěží a po ní.

Využití elektronických zařízení má plné uplatnění v oblasti leteckého lékařství, kde otázka dynamického vyšetřování letců má základní důležitost. Statické vyšetřování některých základních fyziologických parametrů se v řadě oborů leteckého lékařství používá po desetiletí, avšak teprve v posledních letech se v našich podmínkách začalo pracovat s průběžnou kontrolou během standardních zátěží. V tomto směru se v nemalé míře využívá bohatých zkušeností fyziologů, pracovních a sportovních lékařů, kteří mají dřívější zkušenosti s aplikací nových vhodných snímacích metodik, elektrodových systémů, speciálních svodů a i modifikací dalšího zpracování, neboť v jejich zájmové sféře se objevil daleko dříve požadavek vhodným způsobem registrovat, upravovat a vyhodnocovat výsledky dlouhodobého sledování, např. výkonnosti oběhového systému.

Tak např. pro snímání křivky EKG, respektive tepové frekvence při pracovním zatížení se nejvíce používají speciální hrudní svody. Optimální snímací elektrody jsou pak nepolarizovatelné sintrované plovoucí systémy o malé váze a objemu, o malých přechodových odporech elektroda — kůže, nedráždící kůži i při několikanásobné aplikaci a zajišťující minimální vysychání kontaktního elektrodového gelu. Tytéž nebo obdobné elektrodové systémy jsou použitelné pro spolehlivé snímání dalších biologických potenciálů, jako jsou např. EEG, EMG, EOG, GKR apod. Sprayové elektrody vykazují značně vysokou impedanci a při použití s běžnými zesilovači biologických potenciálů vyžadují zvláštní vysokoimpedanční transformátory. Současné verze balzových elektrod nasycených LiCl jsou velmi perspektivní z hlediska jednoduché aplikace — bez jakéhokoli čištění kůže, bez pasty, lepení, s fixací na hrudním páse, s možností hygienické očisty těla a několikátýdenní použitelnosti. Nevýhodou v naší praxi v současné době nekompenzovatelnou jsou opět vysoké přechodové odpory elektroda — kůže (až 120 kiloohmů měřeno střídavým kiloohmmetrem), jež lze zásadně eliminovat speciálním zesilovačem o velmi vysoké vstupní impedanci (cca 1000 megaohmů). Obdobně jsou velmi nadějně „izolované“ kapacitní elektrody s vyloučením ohmického spojení s kůží; praktické zkoušky však ukázaly, že i u nich ruší záznamy při dynamických vyšetřeních artefakty způsobené změnami kapacitního spojení elektroda — kůže za pohybu.

Nevyřešená je v evropských podmínkách otázka spolehlivého snímání dechové frekvence a volumu bez dýchací masky. Nejperspektivnější je v současné době stále asi metoda vysokofrekvenční impedanční pneumografie vyzkoušená a doporučovaná řadou autorů, i když má oponenty v otázce linearity.

Snímání a monitorování základních fyziologických parametrů v laboratorních podmínkách při pracovním zatížení nečiní již většinou potíže. Zdaleka ne všechna pracoviště však mohou a umějí využít možnosti dalšího elektronického zpracování a vyhodnocení signálů na matematických strojích. Vyžaduje to upustit od klasického způsobu záznamu, volit naprosto odlišnou metodiku zpracování signálů, v případě zpracování „off line“ se rozhodnout pro záznam na magnetický nebo děrný pásek a zejména přizpůsobit se metodicky a organizačně daným kapacitním možnostem strojního vyhodnocení.

Podstatná metodická mezera je stále v oblasti předletového lékařského vyšetřování letců na letišti, jež se provádí v měnících se podmínkách klasickými primitivními metodami. Pracovníci moskevského ústavu se již po léta snaží vyvinout kombinované přenosné zařízení pro rychlou kontrolu teploty, tepové frekvence a krevního tlaku elektronickou cestou. Naše informace v tomto směru nejsou nejnovější — dosud nevíme o spolehlivě pracujícím prototypu; uvědomujeme si však, že požadavky na soupravu použitelnou v terénu za různých provozních a klimatických podmínek jsou ve srovnání s laboratorním zařízením velké.

Zvláště široké možnosti využití má lékařská elektronika při sledování základních fyziologických parametrů bezprostředně za letu, což je optimální metoda objektivní kontroly reakcí letce při pracovním zatížení. Kontrolu fyziologických hodnot za letu lze uskutečnit jednak na registračních zařízeních umístěných přímo na palubě letounu, jednak radiotelemetricky. Klasický způsob zápisu na mnohakanálovém oscilografu je objemově a technicky značně náročný a vyžaduje vyčlenění speciálních letounů konstrukčně upravených pro potřeby zdravotnické služby. V zahraničí se používá rovněž systém záznamu několika paralelních informací na speciální palubní magnetofony. Taková koncepce je výhodná, technická zařízení vhodná k tomuto účelu však u nás nejsou k dispozici.

V našem ústavu jsme se rozhodli pro metodu radiotelemetrickou, neboť umístění vysílacího palubního agregátu v přetlakových kabinách jednomístných bojových letounů nečiní po prostorové stránce obtíže, synchronizační zařízení je pak součástí pozemního přijímacího centra. Vzhledem k základnímu požadavku — snadné montáži do letounů bez technických zásahů — používáme nouzové vysílací antény umístěné pod plexitem překrytu; tím je pochopitelně do jisté míry omezen akční rádius spolehlivého přenosu užitečného signálu. V tomto směru vyžadujeme

přenos některých parametrů — zejména tepové frekvence — naprosto bez artefaktů, aby mohlo být využito automatického vyhodnocování změn tepové frekvence metodou variační pulsometrie podle Bajevského.

Radiotelemetrická metodika se používá zejména pro výhodný přenosový systém, tvoří tedy jen určitý cenný doplněk v monitorovacích stavebnicových řetězcích používaných v oblasti leteckého lékařství. Hlavním požadavkem při předpokladu dlouhodobé kontroly v průběhu pracovního zatížení zůstává spolehlivé snímání a základní zesílení, popř. primární zpracování signálu. Pak již nezáleží na tom, zda monitorovací jednotka končí analogovými nebo číslicovými ukazateli sledovaných hodnot včetně limiterů, nebo zda se sledované parametry zapisují přímo, kontrolují na oscilografu či upravují pro strojní vyhodnocení.

Naše pracovní skupina rozpracovávající radiotelemetrickou metodu se v posledním období věnovala otázkám monitorování tepové a dechové frekvence, kompletaci radiotelemetrického řetězce pomocnými agregáty a zejména vývoji a adaptacím některých snímacích systémů. Mimořádná pozornost byla věnována zejména bezporuchovému snímání a monitorování EKG a tepové frekvence. Byly vyvinuty 2 nové verze plovoucích („floating“) skořepinových elektrod: 1. typ se sítkou z nekorodující oceli, 2. typ nepolarizovatelný s funkčním sintrovaným terčíkem Ag—AgCl. Elektrody byly dlouhodobě přezkušovány při našich laboratorních i terénních měřeních, dále v náročných podmínkách v klinice,

sportovním a pracovním lékařství. Po patentovém řízení se průmyslově vyrábějí. Provedli jsme zevrubné srovnání vybraných hrudních svodů (podle Nehba, Butčenka, Belleta, Geddesa) a některých dalších modifikací. Optimálním pro potřeby letecké radiotelemetrie se jeví adaptace MCs vyhovující u cca 70 % pilotů.

Vedle radiotelemetrie jsme získali rovněž metodické zkušenosti s řadou u nás konstruovaných elektronických agregátů zejména s analogovými i digitálními kardiachometry, respirochometry, elektronickou úpravou signálů, ortochronografií, záznamem signálů na magnetický pásek apod., jejichž význam v oblasti vojenského zdravotnictví je pochopitelně daleko širší.

Protože trend elektronizace řady lékařských léčebných, vyšetřovacích a kontrolních úkonů ve světovém měřítku je velmi strmý, snažíme se s vynaložením všech možností podstatně zvýšit úroveň práce zdravotnické služby letectva systémovým zaváděním perspektivních elektronických vyšetřovacích a vyhodnocovacích metodik.

Souhrn

Podán přehled o uplatnění některých elektronických zařízení v oblasti leteckého lékařství: při statickém vyšetřování, při kontrole reakcí na různé formy a stupně zátěže, dynamické monitorování základních fyziologických parametrů, možnosti kontroly reakcí pilota za letu, letecká radiotelemetrie, *problematika povrchových* snímacích elektrod a vybraných hrudních svodů při vyšetřování za neklidových podmínek.