

061.3(100):572.02(202)

GALVANICKÁ KOŽNÍ ODPOVĚĎ PŘI PŘETLAKOVÉM DÝCHÁNÍ

Major MUDr. Marian VLASÁK, Ústav leteckého zdravotnictví, Praha

Letec si musí zachovat vysokou výkonnost během letu i při působení nejrůznějších zátěží. Jeho organismus musí být schopen přiměřené adaptační reakce. Pro zjištění stavu organismu během letu je důležitá nejenom výsledná motorická reakce při pilotáži, ale rovněž řada vegetativních parametrů, zachycujících činnost oběhu, dýchání, teplotu těla apod. Vědci pracující

v oboru aplikované fyziologie zařadili mezi registrované funkce další — galvanickou kožní odpověď (GKO).

Ačkoli je tato fyziologická funkce — dříve nazývaná psychogalvanický reflex — známa již přes půl století jako Tarchanovův a Veragutův jev, přesto teprve bádání z posledních let přineslo některé slibné výsledky. Fyziologický

podklad GKO sledovalo mnoho autorů (Darrow 1932, Floyd a Keele 1936, Wang 1958 a další). Zdá se, že fyziologická podstata tohoto jevu ještě dnes není vyřešena. Názory se shodují v tom, že efekty této reakce jsou umístěny v kůži, a to buď v potních žlázách nebo v kožních kapilárách. Jsou známy dva metodické přístupy k registraci tohoto jevu. Je to jednak registrace změn potenciálu, snímaná ze dvou míst kožních okrsků, a jednak registrace odporu, kterou klade kůže protékajícímu stejnosměrnému nebo střídavému elektrickému proudu nevelké hodnoty (Keller 1932, Goodby a Goodby 1936, Guida 1957, Levy a Thaler 1958).

Hodnotitelnost GKO je jednou z předností této reakce, jak uznává řada autorů (Haggard 1954, Lacey 1947). Vyhodnocovací kritéria však nejsou zdaleka jednotná. Záleží na tom, zda je sledována GKO na určitý měřitelný podnět, tzv. specifická galvanická kožní odpověď (SGKO), nebo spontánní kolísání křivky GKO v delším časovém průběhu bez registrovatelných podnětů, tzv. nespecifická galvanická kožní odpověď (NSGKO). Nejčastěji sledovanými hodnotami je latentní doba SGKO a velikost spontánního kolísání křivky, hodnocená počtem vln a rozkmitem. Při sledování GKO odporovou metodou je možné reakce měřit a vyjadřovat přímo v jednotkách odporu.

Přes dlouholetou snahu četných badatelů nebyl nalezen jednotný vztah mezi GKO a emocemi. Vysokou korelaci ukazuje tato reakce s aktivací organismu. Cohen a Silverman (1957) využili této stránky GKO při hodnocení výkonnosti pilotů na centrifúze. Zjistili, že odolnost pilotů na přetížení byla menší u osob s enormně vysokou NSGKO. Zároveň u těchto osob našli zvýšenou emotivní reakci spojenou se strachem.

GKO je dnes běžně používanou fyziologickou reakcí při hodnocení kosmonautů během letu a spolu s ostatními důležitými fyziologickými funkcemi je telemetricky přenášena na Zem. Vhodně doplňuje ostatní fyziologické funkce a dá se podle ní velmi dobře rozlišit stadium bdění a spánku. Klinické použití GKO je zatím minimální. Richter a Katz (1934) zjistili vymizení GKO při přerušení inervace kůže. Znovuobjevení GKO na postižených místech znamená obnovu inervace sympatickými vlákny*). Velmi často se používá při odhalení simulované hluchoty (Beebe 1953).

Závislost GKO na stavu vědomí sledovalo mnoho autorů (Landis a Hunt 1935, Darrow 1932, Cohen a Silverman 1957, Sokolov 1958). Ve spánku je kožní odpor veliký. Po probuzení a při činnosti klesá. V bdělém stavu v klidu se ustálí na určité výši základní vodivosti, která při sledování metodou registrace potenciálu se projevuje rovnou izoelektrickou rovinou. Působíme-li na vyšetřovanou osobu různými podněty, dostáváme křivku zvlněnou v závislosti na stupni

aktivace organismu. Možnosti využití GKO ve vyšetřování VNČ ocenil Morávek (1959).

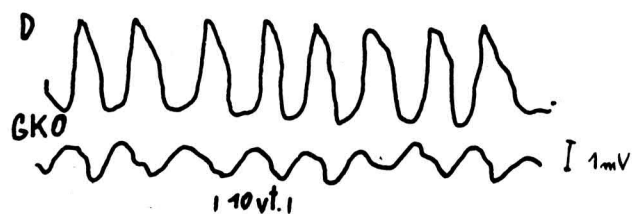
Při nácviku přetlakového dýchání (PD) jsme registrovali mimo jiné fyziologické funkce GKO. Kladli jsme si otázku, zda nám GKO může ohodnotit stav organismu při zátěži intrapulmonálním přetlakem (IP).

Metodika

Na PD nacvičovali jsme piloty ve věku od 25 do 35 let. Po dobu tréninku byli piloti hospitalizováni na lůžkovém oddělení a neschopní byli vyloučeni. Nácvik byl prováděn v dopoledních hodinách jednak při konstantním IP 400 mm H₂O po dobu 30 min. bez kompenzačního protitlaku a jednak druhý den s kompenzačním protitlakem při IP, který se zvyšoval v 5minutových intervalech ze 400 na 600, 800 a 1000 mm H₂O. Nacvičovaná osoba seděla v hlubokém křesle s nohama opřenými o podlahu a rukama opřenými o opěradlo.

Fyziologické hodnoty, a to I. a II. svod ekg, dechová frekvence, GKO, rytmické ůukání levé ruky a podněty byly registrovány na 6. kanálovém polygrafu. Rychlost posuvu byla 2½ mm/sec a 25 mm/sec. Fyziologické hodnoty byly zaznamenávány po celou dobu nácviku. GKO byla registrována metodou snímání potenciálu z levé nohy. Jedna elektroda byla umístěna na plosce nohy asi ve středu nožní klenby z mediální strany, druhá elektroda na dorsální straně spodní třetiny bérce. Elektroda na plosce nohy byla zasunuta do flanelové kapsičky navlhčované fyziologickým roztokem na vnitřní straně elastické gumové punčochy, jejíž tlak zaručoval dobrý kontakt s pokožkou. Nacvičované osoby s nalepenými elektrodami seděly 5 minut v klidu na tréninkovém sedadle. Po instrukci začali dýchat kyslík a byla zapnuta registrace. Za 3 minuty byl zvýšen IP na určenou hodnotu. Ve druhé minutě po skončení IP jsme získali poslední hodnotu. Při zpracování výsledků omezili jsme se na zpravování NSGKO, které jsme hodnotili jednak počtem vln vyšších dvou milimetrů v časovém úseku jedné minuty a jednak rozkmitem křivky, kterou charakterizovaly největší výchylky ve směru negativity a pozitivivity v odpovídajícím úseku. Vzhledem k nemožnosti zachovat konstantní podmínky během doby celého nácviku omezili jsme se na hodnocení GKO ve 2., 7., 12., 17., 22., 27 min. IP.

Obr. Sympatie GKO s D.



* J. Šourek (1962) sledoval na bohatém klinickém materiálu dráhu míšního úseku galvanického kožního reflexu. Zjistil mnoho cenných faktů, které otvírají další možnosti klinického použití tohoto reflexu.

Experimentální výsledky

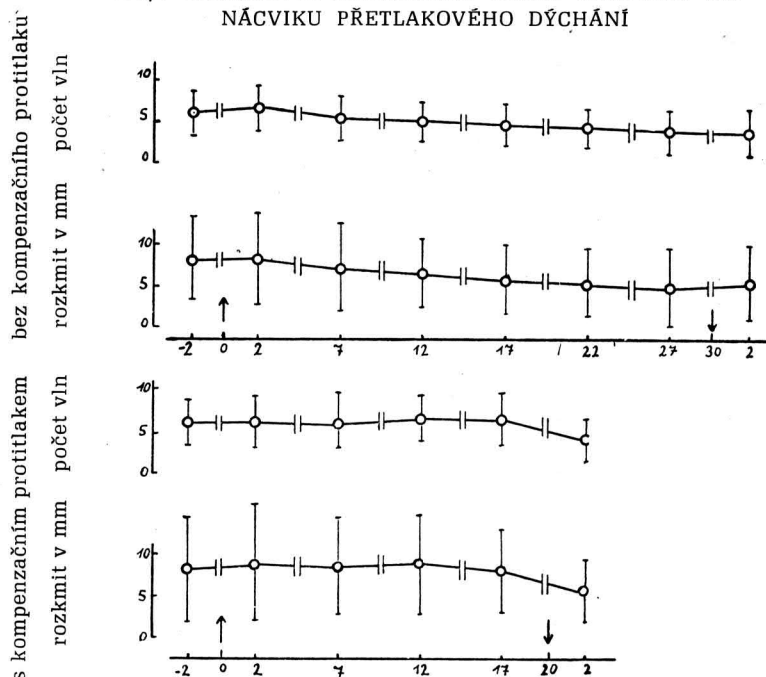
Na grafu je zachycen průběh GKO hodnocené aritmetickým průměrem při nácviku PD bez kompenzačního protitlaku a s kompenzačním protitlakem. GKO při PD bez kompenzačního protitlaku, hodnocená jak počtem vln, tak rozkmitem, má přibližně stejný průběh. Její hodnoty se zvýšily po zavedení IP jen nepatrně a v dalším průběhu obě hodnoty klesaly. Počet vln se pohybuje od 5 do 7/min. a rozkmit od 5 do 8 mm. Směrodatné odchylky u GKO hodnocené počtem vln jsou malé. U GKO hodnocené rozkmitem jsou naopak velké a svědčí o velkých interindividuálních rozdílech. Další křivka zachycuje hodnoty GKO při nácviku PD s kompenzačním protitlakem. Klidové hodnoty před zavedením IP a po něm jsou přibližně stejné při obou způsobech nácviku. V průběhu nácviku s kompenzačním protitlakem hodnoty GKO neklesají, zůstávají přibližně na stejných hodnotách, ale po skončení IP značně poklesnou. Tento pokles jsme hodnotili t-testem a zjistili jsme, že jak počet vln, tak i rozkmit se liší od hodnot před zavedením IP a od hodnot s ostatními výškami IP na hladině významnosti $P > 0,005$.

Při obou způsobech nácviku pozorovali jsme velké interindividuální rozdíly v průběhu hodnot GKO. Zvláštní typy v průběhu těchto hodnot a jejich rozřídění do různých skupin se nám nepodařilo vyanalyzovat.

Pozorovali jsme, že při obou způsobech nácviku měli v některých úsecích vlny GKO rytmus shodný s dechovým rytmem (viz obr.). Celkem jeví synchronii GKO s dýcháním již před zavedením IP, kdy nacvičované osoby dýchaly čistý kyslík, pouze 20 % osob. V průběhu nácviku PD bez kompenzačního protitlaku během 30 minut jsme našli tento jev u 65 % osob na úseku trvajícím nejméně 1 minutu. Sledovali jsme vliv dechové frekvence na synchronické změny GKO a zjistili jsme, že se tento jev objevil nejčastěji při dechové frekvenci 6 až 10/min. Při rychlejší dechové frekvenci byl výskyt sporadický a při dechové frekvenci nad 20/min. jsme tento jev nenašli ani jednou. Závislost na pravidelnosti dýchání byla zřetelná. Při nepravidelném dechovém rytmu tento jev mizel. V největším počtu případů se tato synchronie objevila do 5. min. po zavedení IP. Její trvání bylo krátkodobé, většinou od jedné do 3 min.

Sledovali jsme průběh GKO u osob s oběhovým selháním při nácviku PD bez kompenzačního protitlaku. K oběhovému selhání došlo u 8 osob, a to 7× pod obrazem vagovazálního kolapsu (Vlasák 1961). U těchto oběhových selhání bylo pozorováno 6× bezvědomí, takže je nutno předpokládat, že selhání adaptačních sil u těchto osob bylo kompletní a výkonnost v době

Graf: CHARAKTER GALVANICKÉ KOŽNÍ ODPOVĚDI PŘI NÁCVIKU PŘETLAKOVÉHO DÝCHÁNÍ



přerušení nácviku byla nulová. Pouze ve dvou případech došlo ke zřetelnému zvýšení GKO. V jednom případě měl rozkmit GKO dokonce vzestupnou tendenci. Nelze tedy podle charakteru GKO, snímaného naším způsobem, předpovědět blížící se selhání adaptačních sil organismu.

Diskuse

Je známo, že jednotlivý hluboký vdech může vyvolat reakci GKO. Nenašli jsme žádných zpráv o tom, zda dýchání ovlivňuje GKO dlouhodobě. Nález sympatie GKO s dýcháním je podmíněn z největší části mohutnou plicní ventilací a především mohutným inspiem při IP. Podle našich nálezů není tato sympatie jevem ojedinělým, ale našli jsme ji u převážné většiny nacvičovaných osob. Tím se řadí GKO k dalším funkcím, jejichž ovlivnění dýcháním je prokazatelné. Jsou to kolísání srdeční frekvence, tonusu arteriál, změny krevního tlaku popsané jako Traube-Heringovy vlny. V eeg. obrazu popsal Roitbak (1954) změny alfa rytmu vázané na dýchání. V podobné závislosti se mění i činnost jednotlivých nervových buněk v nervových centrech (Burešová 1961). Dechovým rytmem je ovlivněna aktivita příčné pruhovaného svalstva a vznikají tzv. dýchací pohyby končetin. Za klidových podmínek se ovlivnění GKO dýcháním nepozoruje. Je k tomu třeba aktivace organismu do určitého stupně. Sám o sobě výskyt tohoto jevu při nácviku PD není vázán na sníženou odolnost organismu. Zdá se, že tento jev není individuálně specifický a dá se za vhodných podmínek vyvolat u převážné většiny individuí. Když před zavedením IP nacvičované osoby dýchaly čistý kyslík bez přetlaku, byl výskyt tohoto jevu mnohem menší. Z jiných pokusných situací víme, že v úplném klidu

tento jev nenastává. Soudíme, že tato synchronie je vázána na určitý stupeň aktivace organismu a není specifická pouze pro PD. Synchronie GKO s dechem může do velké míry ovlivnit jak hodnocení SGKO, tak i hodnocení NSGKO.

GKO jsme snímali z míst, která jsou obvykle používána. Ačkoli se hodnoty GKO, hodnocené jak počtem vln, tak i rozkmitem před skončením IP a po něm při PD s kompenzačním protitlakem, signifikantně liší, přece nás výsledek plně neuspokojil. Především to, že se hodnoty během nácviku i na různých hladinách IP téměř neliší, je při nejmenším zvláštní. Tento nálezný je možno mimo jiné vysvětlit adaptací organismu na určitou situaci. To, že se hodnoty před zavedením IP neliší od hodnot po zavedení IP, je možné vysvětlit tím, že došlo k vysoké aktivaci organismu již před zavedením přetlaku na základě emotivních změn. Na pulsovou reakci, kterou jsme v této situaci sledovali, se dá dokázat, že dochází k mohutné emoci, která může překrývat vlastní reakci při IP. Jsou velké individuální rozdíly, v hodnotách od 0 až po 40 mm, hodnotíme-li rozkmit křivky. Tato okolnost, zdůrazňovaná i jinými autory, je jednou z příčin, která brání využití této reakce v experimentální i klinické medicíně. Individuální přístup je tedy hlavním požadavkem při jejím hodnocení.

GKO hodnocená počtem vln za časovou jednotku, na rozdíl od jiných autorů, je hodnotou méně variabilní, pravděpodobně pod vlivem specifického charakteru zátěže, což je v souladu i s nalezenou synchronií GKO s dechem. Zdá se, že možnosti, které GKO skýtá, zdaleka nejsou plně využity. Především by bylo potřeba revidovat klasický způsob umístění elektrod na tzv. aktivním okrsku kůže, tj. v dlani nebo na plosce nohy, a umístění druhé elektrody na dorsální straně končetiny na tzv. neaktivním místě. Při velké aktivaci organismu ať pod vlivem psychické nebo fyzické zátěže může dojít k rozšíření aktivních zón a k hrubému ovlivnění potenciálového rozdílu obou míst. Je třeba hledat nové přístupy ke snímání GKO jednak ověřením dalších charakteristických míst na lidském těle, nebo používáním unipolární GKO. Rovněž je třeba hledat i stavy organismu, ve kterých dochází k signifikantním změnám GKO. Podle nás to jsou mimo jiné stavy maximálního zatížení.

Souhrn

Autor sledoval galvanickou kožní odpověď metodou registrace potenciálu u pilotů při nácviku přetlakového dýchání bez kompenzačního protitlaku a s kompenzačním protitlakem. Elektrody byly umístěny na plosce nohy a na dorsální straně nohy. Galvanická kožní odpověď byla hodnocena počtem vln a jejich rozkmitem v určitých časových úsecích. Signifikantně se lišily hodnoty před skončením a po skončení intrapulmonálního přetlaku při nácviku přetlakového dýchání s kompenzačním protitlakem. Byly popsány synchronické změny galvanické kožní odpovědi s dechovým rytmem. Tento jev byl nalezen u 65 % nacvičovaných osob. Tato synchronie může

hrubě ovlivnit hodnocení specifické a nespecifické galvanické kožní odpovědi.

Резюме

Автор изучал кожно-гальваническую ответную реакцию путем регистрации потенциалов у летчиков во время тренировки дыхания под избыточным давлением без компенсаторного противодействия и при наличии последнего. Электроды прикреплялись к подошве ноги и к тыльной стороне ступни. Оценка кожно-гальванической ответной реакции проводилась на основании числа волн и их амплитуды в определенных интервалах времени. Отчетливо отличались друг от друга величины до и после окончания внутрилегочного избыточного давления при тренировке дыхания под избыточным давлением, сочетающегося с компенсаторным противодействием. Описаны изменения кожно-гальванической ответной реакции, синхронные с дыхательным ритмом. Данный факт был выявлен у 65 % обследованных. Этот синхронизм может оказать резкое влияние на оценку специфической и неспецифической кожно-гальванической реакции.

Summary

The author studied in pilots the galvanic skin reaction by recording the potentials during pressure breathing without compensatory counter-pressure and with compensatory counter-pressure. The electrodes were placed on the sole of the foot and on the instep. The galvanic skin reaction was evaluated at certain time intervals by the number of waves and by their oscillation. During pressure breathing with compensatory counter-pressure significantly different values were obtained prior to the rise in intrapulmonary pressure and after its termination. The changes in the galvanic skin response were synchronous with the rhythm of respiration and were present in 65 per cent of the studied subjects. Evaluation of specific and unspecific galvanic skin response can be grossly influenced by this synchronism.

Písemnictví

1. Beebe H.: Is psychogalvanic resistance test a reliable means determining hearing for speech. Pract. otorhinolar. 15: 98, 1953.
2. Burešová O.: osobní sdělení 1961.
3. Cohen S. I., Silverman A. J.: Measurement of pilot mental effort. Report No 148, of north atlantic treaty organisation 1957.
4. Darrow C. W.: Nervous mechanism controlling the palmar galvanic skin reflex and palmar sweating. A consideration of available literature. Arch. Neurol. Psychiat. 37: 641, 1932.
5. Floyd D., Keele A.: Further observations on changes of potential and EMF recorded from the human skin. Proceeding of the psychological society, Jan. 25, 1936.
6. Goodby K. N. W., Goodby H. K.: Simultaneous photographic records of the potential and resistance of the psychomotor response. J. Physiol. 83: 11, 1936.
7. Guida A.: A new technic for simultaneous registration of two effects of the PGR (the Tarchanoff effect and the Féré effect). Riv. patol. clin. 12: 303, 1957.
8. Haggard E. A.: Experimental studies in affective processes: II. On the qualification and evaluation of measured changes in skin resistance. J. Experim. Psychol. 35: 45, 1954.
9. Keller P.: Vergleichende Untersuchungen über die reflektorischen Schwankungen der Polarischen und des Potentials der menschlichen Haut. Z. ges. exper. Med. 85: 433, 1932.
10. Lacey O. L.: An analysis of the appropriate unit for use in the measurement of level of galvanic skin resistance. J. Exper. Psychol. 37: 449, 1947.
11. Landis C., Hunt W. A.: The conscious correlates of the galvanic skin response. J. Exper. Psychol. 18: 505, 1935.
12. Levy E. Z., Thaler V. H., Ruff G. E.: New technic for recording skin resistance changes. Science 128: 33, 1958.
13. Morávek M.: Použití galvanického kožního reflexu ve VNČ. Act. nerv. sup. suppl. 1, 1959.
14. Richter C. P., Katz H.: Peripheral nerve injuries determined by the electrical skin resistance method. J. A. M. A. 122: 648, 1943.

15. Roitbak A. I.: O vlijaniji dychatel'nogo centra na koru bol'shich polušarij. Fiziol. žurn. SSSR 40: 261, 1954.

16. Sokolov E. N.: Vosprijatije i uslovnyj refleks. Moskva 1958.

17. Šourek K.: Klinicko-fyziologická analýza míšního úseku dráhy galvanického kožního reflexu u člověka. Předneseno na 10. fyziol. dnech v Hradci Králové dne 28. 6. 1962.

18. Vlasák M.: Selhání oběhu při přetlakovém dýchání bez kompenzačního protitlaku. VZL 31: 201, 1962.

19. Wang G. H.: The galvanic skin reflex. A review of old and recent works from a physiological point of view. Amer. J. of Physical Med. 36: 295, 1957.