



Biomedicínsky princíp a využitie elektrodermálnej odpovede v klinickej praxi.

Z. Višňovcová, I. Tonhajzerová: Biomedicínsky princíp a využitie elektrodermálnej odpovede v klinickej praxi.

Biomedical principle and application of electrodermal response in clinical practice.

ingridtonhajzerova@gmail.com

Ústav fyziológie, Jesseniova Lekárska Fakulta Univerzity Komenského, Martin, Malá Hora 4

Abstrakt

Elektrodermálna aktivita (EDA), pravdepodobne ako jediný neinvazívny parameter hodnotiaci sympatíkovú časť autonómneho nervového systému (ANS), umožňuje hodnotiť zmeny danej časti ANS počas rôznych psychologických stavov. Pre správne ohodnotenie správania sa je dôležité porozumieť aj biomedicínskej podstate monitorovania EDA.

Cieľom práce je poskytnúť biomedicínsky pohľad na elektrodermálnu aktivitu a súčasne jej klinickú aplikáciu pri psychických poruchách.

Metodika: Princíp EDA spočíva v snímaní elektrických zmien na povrchu kože. Koža tvorí pomerne nevodivú vrstvu. Potením dochádza k premene nevodivej vrstvy kože na vodivú, čo nám umožňuje snímať kožnú vodivosť, teda EDA.

Záver: EDA predstavuje neinvazívny nástroj pre monitorovanie psychologických procesov prebiehajúcich v ľudskom tele. Predpokladá sa, že sledovanie zmien EDA má prínos pri včasnej diagnostike, resp. terapii v psychiatrii.

Kľúčové slová: Elektrodermálna aktivita, stres, ADHD, depresívna porucha

Abstract

Electrodermal activity (EDA) allows to evaluate the changes of the sympathetic nervous system during various psychological states by noninvasive approach. Sympathetic overactivity is associated with higher risk of cardiovascular morbidity. Therefore, it is very important to understand of the EDA biomedical principle for following correct evaluation in clinical practice. The aim of this study was to provide the biomedical principle of EDA with clinical application in mental disorders.

Methods: The principle of EDA is based on record of electrical variation on the body surface. Skin represents relatively a nonconductive layer. Sweating provides the change of this non-conductor layer of skin to conductive, so it allows recording of the skin conductance – electrodermal activity. This noninvasive marker of sympathetic activity can be used in stress profile, and in clinical practice (depression, ADHD) from the point of cardiovascular risk.

Conclusion: EDA represents non-invasive method for monitoring psychological process, which take place in the human body. It is assumed that EDA recording can contribute to early diagnosis and therapeutic interventions of cardiovascular dysregulation in mental disorders.

Key words: Electrodermal activity, ADHD, depression

Úvod

Regulácia fyziologických „arousal“ štádií je zabezpečovaná prostredníctvom rovnováhy medzi aktivitou sympatika a parasympatika ako subčastí autonómneho nervového systému (ANS). Kým parasympatikus podporuje obnovu a zachovanie telesnej energie, sympatikový nervový systém stimuluje energetický výdaj. Zvýšením aktivity sympatika dochádza k zvýšeniu frekvencie srdca, tlaku krvi a potenia. Pot je slabý elektrolyt a dobrý vodič, čiže výsledkom plnenia potných kanálov je zníženie odporu kože, resp. zvýšenie vodivosti. Elektrodermálna aktivita (zmeny kožnej vodivosti, EDA) odráža aktivitu sympatikovej vetvy ANS a poskytuje senzitivne a komfortné meranie zmien sympatikového arousal spojeného s emóciami, poznaním a strachom (úzkosťou).

EDA z biomedicínskeho aspektu

Princíp EDA vychádza z elektromagnetického modelu. Veľkosť EDA je závislá od intenzity sekrécie potu. Ľudská koža tvorí pomerne nevodivú bariéru, potením sa zvyšuje množstvo elektrolytov, následkom čoho je znižovanie odporu kože, čiže sa stáva vodivejšou, a teda môžeme snímať hodnotu EDA (Dawson, Schell, Filion, 2007).

Meranie prebieha tak, že sa na povrch kože umiestnia dve elektródy, medzi ktorými prechádza slabý prúd. Namerané hodnoty predstavujú výsledok zmien tohto prúdu prechádzajúceho cez elektródy. Môžeme ho vysvetliť pomocou Ohmovho zákona, a to: odpor kože (R) sa rovná elektrickému napätiu (U) medzi dvoma elektródami umiestnenými na povrchu kože, ktoré sú predelené prúdom (I) prechádzajúcim kožou (Dawson, Schell, Filion, 2007), vid' vzorec (1).

$$R = U/I \quad (1)$$

V prípade, že prúd je konštantný, môžeme meniť napätie medzi elektródami, ktoré sa bude meniť priamo s odporom kože.

Ak máme konštantné napätie, môžeme meniť tok prúdu, ktorý sa bude meniť nepriamo s hodnotou odporu kože. Z toho vyplýva, že môžeme meniť vodivosť kože (Dawson, Schell, Filion, 2007).

Vodivosť je vyjadrená v Siemens a meranie kožnej vodivosti sa vyjadruje v jednotkách micro Siemens (μS).

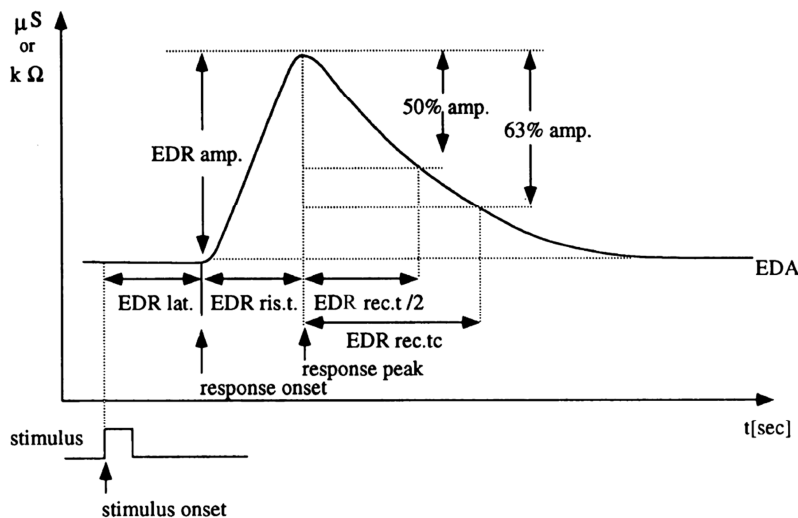
Väčšina používaných psychofyziologických meracích systémov zahrňuje systém konštantného napätia (štandardne používané konštantné napätie - 0,5V) pre priame meranie vodivosti (Fowles a kol., 1981, Murphy, 2010). Hodnoty odporu (R)/vodivosti (G) kože sú recipročné, $G=1/R$.

Hodnoty EDR môžu byť registrované dvomi spôsobmi: Prvý - opísaný Férém (1888) zahrňuje meranie elektrickej vodivosti/ odporu medzi dvoma elektródami umiestnenými v oblasti dlane. Tento typ merania sa označuje ako *exosomatické*, pretože samotné meranie sa odohráva na povrchu kože. Druhý spôsob sa využíva len zriedkavo, nazýva sa *endosomatickým*, pretože zdroj elektrického napätia sa nachádza v koži. Endosomaticky snímame aktivitu sympatikových nervov lokalizovaných v koži. Meria potenciál kože, akčný potenciál generovaný nervami (Edelberg, 1993, Murphy, 2010).

Pri meraní sa rozlišuje aj priebeh merania, t.j. či meranie prebieha na tonickom alebo časovom pozadí.

V **tonickej oblasti** predstavuje bazálnu aktivitu sympatikového systému a hodnotí základnú úroveň kožnej vodivosti, bez stimulov z vonkajšieho prostredia. Takto meraná SC sa označuje ako SCL (skin conductance level), kontinuálne sa mení v čase. Závisí od individuálneho psychického stavu a autonómnej regulácie jedinca. Jej typická hodnota je v rozmedzí od 10-50 μS (Dawson, Schell, Filion 2007).

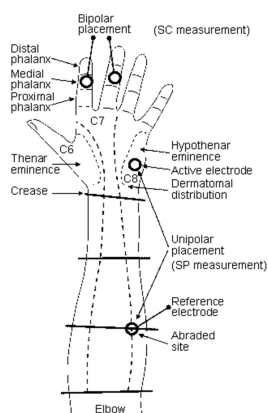
Fázová odpoveď odráža zmeny na diskretný stimul, na neočakávanú udalosť (napr. očný vnem) (Sokolov, 1963, Dawson, Schell, Filion, 2007). Všeobecne sa označuje ako SCR (skin conductance response), resp. GSR (galvanic skin response). SCR spôsobí zvýšenie vodivosti v koži, ktoré trvá približne 10-20s, po ktorom nasleduje návrat daných hodnôt na tonickú úroveň. Typická frekvencia spontánnych SCR je 1-3/min (vid' obr. 1) (Sokolov, 1963, Dawson, Schell, Filion, 2007, Murphy, 2010). Hovorí o kognitívnej a emocionálnej (vyvolanie emócií na stimul) odpovedi na stimul spojených s aktiváciou určitých mozgových oblastí (amygdala, hipokampus, bazálne gangliá a prefrontálny kortex).



Obrázek 1: Hodnotené parametre EDA vo fázovej oblasti; EDR – elektrodermálna odpoveď (Sokolov, 1963, Dawson, Schell, 2007, Murphy, 2010, Boucsein, 2011).

Lokalizácia snímacích elektród

Doporučené miesta pre snímanie EDA sú chodidlá a dlane, ale kvôli pohodliu merania sa najčastejšie elektródy umiestňujú na druhý článok ukazováka a prostredníka na nedominantnej ruke (vid' obr.2). Na tieto miesta sa upevnia elektródy tak, aby sa nemenil ich prítlak na kožu. Elektródy sú zložené zo zliatin striebra (Ag/AgCl), ktoré sú uložené v plastovom obale. Vzduchová bublina medzi obalom a kožou sa zvyčajne vyplní elektródovou pastou.



Obrázek 2: Umiestnenie elektród na meranie hodnôt elektrodermálnej vodivosti a potenciálu kože (Scerbo a kol., 1992).

Faktory ovplyvňujúce EDR

1. Metodika merania

Metóda merania EDA je veľmi citlivá na vznik artefaktov, kde patrí potenciál kože a odpor kože, povrchový potenciál každej elektródy a slabý elektrický článok, ktorý vzniká pri strete potu a elektródovej pasty. Pre minimalizáciu artefaktov sa odporúča používať pastu s ekvivalentnou elektrolytickou hodnotou (0,3%NaCl) vzhľadom na koncentráciu NaCl v pote. Pred meraním sa neodporúča čistiť si ruky mydlom, krémovat' atď. (Ishihara, Miyata, 1980, Venables, Christie, 1980, Boucsein, 1992, Naqvi, Bechara, 2006).

2. Termoregulačná funkcia kože.

Je potrebné dodržať konštantnú teplotu v miestnosti počas merania (Maltzman, 1979).

3. Použitie adekvátnych elektród.

Hodnoty EDA závisia od veľkosti plochy elektród (štandardne sa používajú elektródy s rozmerom 1cm²). Fyziologický rozsah hodnôt EDA, pre dane elektródy, je 1-30 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ (Hugdahl, 1998, Dawson, Schell, Filion, 2007, Boucsein 2011).

EDA z medicínskeho aspektu

EDA zaznamenáva elektrické zmeny v koži, ktoré súvisia s aktiváciou sympatikovej vetvy ANS, ktorá je spojená s aktivitou pozitívnej excitácie (vzrušenia), anticipácie a mobilizuje telo na odpoveď „boj alebo útek“ spojenú s nervovou a hormonálnou stresovou odpoveďou (Andreassi, 2007). Elektrické zmeny v koži sú výsledkom zvýšeného emočného arousal alebo kognitívneho zaťaženia, čo vedie k intenzívnemu fyzickému úsiliu (námahe), následkom čoho dochádza k sekrécii potu. Koža je pravdepodobne jediný orgán, ktorý reaguje iba na zmeny sympatikovej časti ANS (Cacioppo, Tassinari, Berntson, 2007). Monitorovanie EDA umožňuje detegovať funkciu orientácie, únikového správania a ich habituáciu (Sokolov a kol., 1963). Zvýšenie EDA je spojené s povinnosťou, bolesťou, intrigami, utrpením a anticipáciou (Andreassi, 2007). EDA je ovplyvňovaná najmä behaviorálnym inhibičným systémom (BIS), ktorý sa týka reakcie na trest, pasívnemu vyhýbaniu sa alebo frustrácii bez odmeny. Emočným vysadením BIS sú rôzne formy úzkosti (Cacioppo, Tassinari, Berntson, 2007). EDA je vysoko senzitívna už na nepatrné zmeny z vonkajšieho prostredia. Meranie EDA sa využíva v klinickom výskume (porozumenie emočného správania, vplyv dysregulácie, alkoholizmus, úzkosť, autizmus, ADHD, depresia, reakcia na rôzne typy závislostí, epilepsia, menopauza, bolesť, fóbia, desenzibilačná terapia, psychiatrické poradenstvo, schizofrénia, poruchy spánku a sociopatia), používa sa aj na sledovanie zmien napr. počas relaxácie (Andreassi, 2007).

Využitie EDA v klinickej praxi

Elektrodermálna odpoveď sa často využíva ako index tzv. sympatikovej excitácie (arousal) v odpovedi na stres, na hodnotenie sympatikovej časti autonómneho nervového systému v psychofyziologickom výskume, ako aj pri niektorých psychických poruchách.

Psychofyziologický výskum je ramený predovšetkým na zisťovanie správania sa elektrodermálnej aktivity a odpovede počas stresového profilu (anticipačná fáza, samotná odpoveď, recovery fáza). V našej práci sme snímali EDA u mladých zdravých ľudí v odpovedi na rôzne druhy stresorov (emočný, kognitívny), pričom sme zistili vyššiu sympatickú reaktivitu v odpovedi na kognitívny stresor v porovnaní s emočným stresorom. Zistili sme, že EDA sa v priebehu 5 minút po stresovom podnete nevrátila k bazálnym hodnotám, čo by mohlo odrážať tzv. sympatickú arousal počas celého stresového profilu. Zvýšená sympatická reaktivita na stres patrí medzi



rizikové faktory pre kardiovaskulárne ochorenia, a preto predpokladáme, že detailné poznanie zmien EDA v psychofyziologickom výskume môže poskytnúť dôležité informácie aj z hľadiska kardiovaskulárneho rizika (Visnovcova a kol., 2012).

Monitorovanie EDA pri psychických poruchách môže poslúžiť aj na zisťovanie možných zmien pri externalizovaných a internalizovaných poruchách. Napríklad pri ADHD sa predpokladajú poruchy v behaviorálnom inhibičnom/aktivačnom systéme, ktoré sa môžu prejaviť oslabenou sympatikovou odpoveďou a reaktivitou. To znamená, že elektrodermálna odpoveď pri ADHD môže byť znížená, čo potvrdili viaceré štúdie (Snoek et al., 2004 a i.). Na druhej strane, van Lang a spol. (2007) nenašli rozdiely medzi ADHD a kontrolnou skupinou v elektrodermálnej aktivite. Táto otázka potrebuje ďalší výskum.

Pri **internalizovaných poruchách** (napr. depresívna porucha) je podľa viacerých autorov popisovaná zvýšená aktivita sympatika a teda aj jeho vplyv na EDA odráža zvýšenie kožnej vodivosti a zníženie elektrického odporu kože. Niektoré práce však uvádzajú nižšie hodnoty EDA pri depresii, čo by poukazovalo na nerovnováhu autonómneho nervového systému. Je to odraz behaviorálnych symptómov spojených s depresiou, ako je napr. znížená fyzická aktivita? Viaceré práce EDA hyporeaktivitu vysvetľujú ako následok periférnej cholinergnej dysfunkcie koexistujúcej u určitého percenta depresívnych pacientov a anticholinergného muskarínového účinku antidepressívnej liečby (Bernstein, A.S. et. al., 1995). Thorell a spol. (2009) poukázal na nižšiu EDA aj pri suicidálnom konaní u depresívnych pacientov. Podobne ako pri externalizovaných poruchách, ani tieto patomechanizmy nie sú celkom vyjasnené. Zaujímavá je tiež hypotéza rozdielu medzi externalizovanými i internalizovanými poruchami v pokoji, ako aj v odpovedi na stres. To si vyžaduje detailný psychofyziologický výskum v danej problematike, ktorý by mohol dať odpoveď na dané otázky a napomôcť tak terapeutickému manažmentu pri daných psychických poruchách.

Záver

EDA patrí medzi fyziologické parametre, ktoré umožňujú sledovať zmeny najmä v sympatikovej časti autonómneho nervového systému a zároveň určovať úroveň arousal, motiváciu, emócie a individuálnu stresovú reaktivitu. Je dôležité si uvedomiť, že pre presné stanovovanie zmien v aktivite EDA je dôležité poznanie biomedicínskych charakteristík EDA a štandardizácie merania a pre interpretáciu výsledkov neustále poznávanie nových patofyziologických charakteristík EDA a ich zmien pri rôznych patologických podmienok.

Podakovanie

Práca bola podporená projektom Dobudovanie Centra excelentnosti pre perinatologický výskum (CEPV II 26220120036), Dobudovanie Centra experimentálnej a klinickej respirológie (CEKR II, 26220120034) a VEGA č. 1/0059/13.

Literatúra

1. Andreassi, J. (2007). *Psychophysiology: Human Behavior And Physiological Response*. In *Psychophysiology: Human Behaviour & Physiology Response*, Lawrence Erlbaum.
2. Bernstein, A.S., Schnur, D.B., Bernstein, P., Yeager, A., Wrable, J., Smith, S. (1995). *Differing patterns of electrodermal and finger pulse responsivity in schizophrenia and depression*. *Psychological Medicine*. 25(1), 51 – 62.
3. Blalock, B., Cushman, B., Nelson, R. (2009). *A replication and validation study on the Simplified Scoring System*. *Polygraph*. 38(4), 281 – 288.
4. Boucsein, W. (1992). *Electrodermal activity*. New York: Plenum Press. 80-82.
5. Boucsein, W. (2011). *Electrodermal activity*. Springer New York. 172 – 175.
6. Cacioppo, J., Tassinary, L., Berntson, G. (2007) *Handbook of psychophysiology*. Cambridge University Press.



7. Dawson, M.E., Schell, A.M., Filion, D.L. (2007). *The electrodermal system*. In Cacioppo, J.T., Tassinary, L.G., Berntson, G.G. (Eds.) *Handbook of psychophysiology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 159 – 181.
8. Edelberg, R. (1993). *Electrodermal mechanisms: A critique of the two-effector hypothesis and a proposed replacement*. In Roy a kol., *Progress in electrodermal research*. New York: Plenum Press. 7 – 29.
9. Féré, C. (1888). *Note sur les modifications de la résistance électrique sous l'influence des excitations sensorielles et des émotions*. *Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie*. 40, 217 – 219.
10. Fowles, D.C., Christie, M.J., Edelberg, R., Grings, W.W., Lykken, D.T., Venables, P.H. (1981). *Committee report. Publication recommendations for electrodermal measurements*. *Psychophysiology*. 18(3), 232 – 239.
11. Gale, A., Edwards, J.A. (1983). *Physiological correlates of human behaviour (Three volumes)*. London: Academic.
12. Hugdahl, K. (1998). *Cortical control of human classical conditioning: autonomic and positron emission tomography data*. *Psychophysiology*. 35(2), 170 – 178.
13. Ishihara, K., Miyata, Y. (1980). *Skin potential activity under two electrode electrolytes*. *Shinrigaku Kenkyu*. 51(5), 291 – 294.
14. Krapohl, D.J., Handler, M. (2006). *New ratios for scoring electrodermal response*. *Polygraph*. 35(2), 65 – 70.
15. Maltzman, I. (1979). *Classical conditioning and sociopathy*. *Pavlov Journal of Biological Science*. 14(2), 133 – 143.
16. Murphy, R.O. (2010). *Using skin conductance in judgment and decision making research*. In Schulte-Mecklenbeck M., Kuehberger A., Ranyard R. (Eds.), *A handbook of process tracing methods for decision research*. New York, NY: Psychology Press. 163 – 184.
17. Naqvi, N.H., Bechara, A. (2006). *Skin conductance: A psychophysiological approach to the study of decision making*. In Senior C., Russell T., Gazzaniga M. S. (Eds.), *Methods in mind: In The MIT Press*. 61(6), 77 – 86.
18. Prokasy, W.F., Raskin, D.C. (1973). *Electrodermal activity in psychological research*. New York: Academic.
19. Román, F., García-Sánchez, F.A., Martínez-Selva, J.M., Gómez-Amor, J., Carrillo, E. (1989). *Sex differences and bilateral electrodermal activity: a replication*. *Pavlov Journal of Biological Science*. 24(4), 150 – 155.
20. Scerbo, A.S., Freedman, L.W., Raine, A., Dawson, M. E., Venables, P.H. (1992). *A major effect of recording site on measurement of electrodermal activity*. *Psychophysiology*. 29(2), 241 – 246.
21. Snoek, H., Van Goozen, S.H., Matthys, W., Buitelaar, J.K., van Engeland, H. (2004). *Stress responsivity in children with externalizing behavior disorders*. *Development and psychopathology*. 16(2), 389 – 406.
22. Sokolov, E.N. (1963). *Perception and the conditioned reflex*. Oxford: Pergamon Press. 51 – 54.
23. Thorell, L.H. (2009). *Valid elektrodermal hyporeactivity for depressive suicidal propensity offers links to cognitive theory*. *Acta Psychiatrica Scandinavica*. 119(5), 338 – 349 .
24. van Lang, N.D., Tulen, J.H., Kallen, V.L., Rosbergen, B., Dieleman, G., Ferdinand, R.F. (2007). *Autonomic reactivity in clinically referred children attention-deficit/hyperactivity disorder versus anxiety disorder*. *European Child & Adolescent Psychiatry*. 16(2), 71 – 78.
25. Venables, P.H., Christie, M.J. (1980). *Electrodermal activity*. In Martin I., Venables P.H. (Eds.). *Techniques in psychophysiology*. 74(8), 3 – 67.
26. Visnovcova, Z., Mestanik, M., Chladekova, L., Kotianova, A., Slepecky, M., Calkovska, A., Tonhajzerova, I. (2012). *Zmeny elektrodermálnej aktivity v odpovedi na stress*. *Novinky v experimentálnej a klinickej medicine – recenzovaný zborník vedeckých prác*. Martin – Jesseniova Lekárska fakulta UK. 198 – 202

Doručeno redakční radě 31.1.2013

Přijato po recenzi 10.3.2013