

# BITalino (2. LF UK)

## Teoretická příprava

### Elektromyografie (EMG)

**Elektromyografie (EMG)** je diagnostická metoda sloužící k záznamu a posouzení elektrických signálů produkovaných činností kosterního svalu. K měření slouží přístroj zvaný **elektromyograf** a získaná křivka popisující elektrické signály v průběhu práce svalu se nazývá **elektromyogram**. Čím jsou peaky elektromyogramu vyšší, tím intenzivnější elektrické potenciály jsou zachycovány a tím intenzivněji sval pracuje. Užitím této metody se nesnímá sval jako celek, nýbrž jen menší funkční jednotky svalu zvané **motorické jednotky** (viz dále)<sup>[1][2]</sup>.

V praxi se používají dvě základní elektromyografické metody – **povrchová (surface) EMG** a **podpovrchová (intramuscular) EMG**<sup>[2][3]</sup>.

#### Povrchová EMG

**Povrchová EMG** je neinvazivní metoda záznamu elektromyografických impulzů. Pro detekci svalové aktivity jsou používány povrchové elektrody, které se pomocí samolepicích ploch, případně náplastí, připevňují na kůži vyšetřovaného. Při měření je nutné použít **minimálně dvě elektrody** (+ a – elektrodu), avšak v praxi se užívají alespoň tři – dvě snímající rozdíl elektrických potenciálů mezi danými elektrodami (+ a – elektroda) a jedna referenční (umísťuje se na místo s nulovým potenciálem, nejtypičtěji kost v blízkosti měřené oblasti)<sup>[2][4]</sup>.

Z důvodu velikosti elektrod nelze měřit jen jednotlivé motorické jednotky, avšak **vždy více motorických jednotek** najednou. **Výhodou této metody** je její neinvazivnost a snazší aplikace, **nevýhody** jsou spojené právě s nemožností měření jednotlivých motorických jednotek. Povrchovou EMG lze též změřit aktivitu pouze povrchových svalů a její přesnost je do značné míry ovlivňována (a) stavem kůže vyšetřovaného, (b) množstvím tkání mezi měřeným svalem a kůží (zejména tkáně tukové). Metoda obecně vykazuje **menší odchylky** u mladších lidí v porovnání se staršími<sup>[3]</sup>.

Původně byla metoda považována za klinicky nevhodnou, podle nových poznatků však lze tuto metodu použít k **základní detekci některých svalových chorob**<sup>[2]</sup>.

#### Podpovrchová EMG

**Podpovrchová EMG** umožňuje měření **i svalů hlubších skupin**, a to s vyšší přesností, neboť lze snímanou oblast omezit i na **jedinou motorickou jednotku**. V extrémním případě lze dokonce měřit i samostatné svalové vlákno – pomocí metody **SFEMG (Single-Fiber EMG)**. K povrchové EMG se používají **jehlové či drátové elektrody**. **Jehlovou elektrodu** lze přesně zavést do vybrané motorické jednotky, avšak ve svalu může být přítomna jen krátce a rozsáhlejší pohyby svalu značně zvyšují chybu jejího snímání. Naopak **drátové elektrody** mohou být ve svalu delší dobu, výraznější svalová kontrakce přesnost měření výrazněji nesnižuje, ale elektrodu nelze umístit s takovou přesností jako u elektrody jehlové. **Nevýhodou** metody povrchové EMG je bolestivost při zavádění elektrod a metoda zároveň vyžaduje kvalifikovanější personál<sup>[2][3]</sup>.

EMG dnes neslouží jen jako **diagnostická metoda**, ale široké uplatnění nachází i v oboru **biotechnologií, bioinformatiky a rehabilitace**. Pomocí signálu EMG lze například ovládat robotické protézy. Systémy ovládané metodou EMG jsou obecně nazývány **myoelektricky ovládané systémy (Myoelectric Control Systems - MCSs)**<sup>[5]</sup>.

#### Mechanismus řízení kontrakce kosterní svaloviny

**Kosterní svalstvo** je ovládáno **motorickými neurony**. Terminální část axonu motoneuronu se větví a jednotlivé větve nasedají na svalová vlákna. Místo kontaktu neuronu se svalem se nazývá **motorická ploténka**. Zároveň se zavádí pojem **motorická jednotka**, která je definována jako počet svalových vláken inervovaných jedním motoneuronem. Čím méně vláken je inervovaných jedním neuronem, tím jemnější motoriku může daný sval vykonávat<sup>[6]</sup>.

Po aktivaci neuronu se jeho axonem šíří **akční potenciál (AP)**, který je na svalová vlákna předáván formou neurotransmiteru v chemické nervosvalové synapsi. Jakmile se neurotransmiter (konkrétně acetylcholin) naváže na receptory umístěné v sarkolemě (cytoplazmatické membráně svalového vlákna), dochází k **synchronní depolarizaci** všech svalových vláken motorické jednotky a ke vzniku **akčního potenciálu** svalu, který se šíří dále po sarkolemě jednotlivých vláken. Ve výsledku dojde k **otevření Ca-kanálů sarkoplazmatického retikula** (endoplazmatické retikulum ve svalových elementech) a je provedena kontrakce svalu<sup>[1][6]</sup>.

**Metoda EMG zachycuje vzniklý akční potenciál motorické jednotky (MUAP - Motor Unit Action Potential)** pomocí elektrod a jeho průběh je zaznamenán ve formě elektromyografické křivky<sup>[1][2]</sup>.

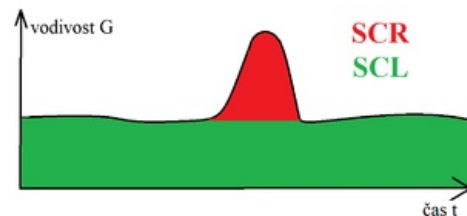
#### Elektrodermální aktivita (EDA)

#### Mechanismus odpovědi organismu na stresové podněty a princip snímání EDA

Hladké svalstvo, srdce a žlázy v lidském těle jsou řízeny **autonomním** neboli **vegetativním nervovým systémem** (ANS). Tento systém není přímo ovlivnitelný naší vůlí a dělí se na dvě části, **sympatikus** a **parasympatikus**, které zpravidla působí protichůdně<sup>[7][8]</sup>.

**Sympatikus** má za úkol řídit rychlou odpověď organismu a mobilizaci energetických zdrojů pro útěk nebo obranu (fight or flight) ve stresových situacích<sup>[8]</sup>.

**Parasympatikus** je odpovědný za dlouhodobější získání energie z potravy a její ukládání (rest or digest) a dostává se na řadu při trávení a odpočinku. Autonomnímu nervovému systému jsou nadřazeny centra v míše, mozgovém kmeni a v hypothalamu<sup>[8]</sup>.



Zjednodušené schéma grafu vodivosti.

**Sympatikus** mimo jiné spouští i odpověď v potních žlázách nacházejících se v kůži. Většina potních žláz na těle zvyšuje sekreci potu při vysoké teplotě organismu, přičemž odpařování potu z povrchu těla vede k jeho ochlazení. Na dlaních ruky, na ploskách a v podpaží se však ve zvýšené míře nacházejí **potní žlázy**, které reagují na emoční stimuly, zejména při **stresové situaci** (strach, zlost, bolest, úzkost), a podobně na zvýšenou **kognitivní zátěž** (paměť, rychlé zpracování informací, orientace). Evoluční výhoda tohoto mechanismu je stále předmětem diskuzí. Protože pot obsahuje ionty jako např.  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$ , je silným elektrolytem, a pokud je vyloučen z potních žláz, **zvýšuje vodivost kůže**, tzn. snižuje její elektrický odpor. Tuto změnu ve vodivosti pokožky je možno měřit buďto pomocí malého proudu (nebo přiloženého napětí) vysílaného měřicím zařízením (**exosomatická metoda**), nebo snímat elektrickou aktivitu kůže bez přiložení externího proudu (**endosomatická metoda**). Exosomatická metoda se používá k měření elektrického odporu kůže (**Skin Conductance**), zatímco endosomatická metoda se používá k měření elektrického potenciálu kůže (**Skin Potential**). U většiny dnešních přístrojů se používá exosomatická metoda, tuto metodu využívá i přístroj BITalino (r)evolution, EDA křivka je získána měřením elektrického odporu kůže za konstantního elektrického proudu<sup>[9]</sup>. Souhrnný název pro tyto změny na kůži je **elektrodermální aktivita**, neboli **EDA**<sup>[7][10]</sup>.

Podle způsobu měření můžeme sledovat **normální, nezátěžovou, tonickou elektrodermální aktivitu** (**SCL** – **Skin Conductance Level** / **SPL** – **Skin Potential Level**) pokud je testovací objekt v klidu a **stresovou, zátěžovou, fázičnou elektrodermální aktivitu** při odpovědi na stimul (**SCR** – **Skin Conductance Response**/ **SPR** – **Skin Potential Response**). Při bipolárním zapojení elektrod (dvě elektrody), které se používá u většiny přístrojů, je SCL a SCR v závislosti na čase součástí jedné linie v grafu, přičemž SCL se projevuje jako víceméně vodorovná linie a SCR jako náhlý vzestup vodivosti následovaný náhlým sestupem. Celá křivka SCR se po jednotlivém izolovaném stresovém stimulu zpravidla vrátí do původní polohy během 1 až 3 vteřin. Taktéž prodleva mezi stresovým stimulem a změnou vodivosti kůže (viditelná v křivce EDA) činí zpravidla další 1 až 3 vteřiny. Tato prodleva je způsobena učtým časovým úsekem mezi procesy: **zaznamenání stimulu smysly** → **zpracování vjemu v CNS** → **vedení parasympatikem** → **zvýšená aktivita potních žláz**<sup>[7]</sup>.

Vodivost kůže mohou ovlivnit vnější faktory jako je teplota, vlhkost, denní doba, roční období a vnitřní faktory jako je medikace, drogy, stáří, pohlaví či fáze menstruačního cyklu<sup>[7]</sup>.

## Praktické využití EDA

Přístroje měřící elektrodermální aktivitu jako jedni z prvních začali používat **psychologové** už na začátku 20. století, mezi nejvýznamnějšími **Carl Gustav Jung** (při metodě **slovních asociací**). Snímání EDA totiž umožňuje pozorovat stresové faktory působící na člověka a kvantitativně míru stresu měřit. Dnes se mimo jiné tyto přístroje používají pro monitorování na dálku u pacientů postižených **autismem**. Ti se často dostávají do stresových situací, protože nemohou komunikovat s lidmi ve svém okolí, a malá měřidla, ve formě náramků, odesílají data přímo lékaři, který může zatelefonovat například rodině a zjistit, proč je pacient v nepořádku. Bylo zjištěno, že tyto přístroje také dokáží s malým předstihem zaznamenat blížící se **epileptický záchvat**. Měření EDA je též jednou ze součástí **polygrafu** (tzv. „detektoru lži“), užívaného zejména v kriminalistice. V neposlední řadě můžeme zmínit jedno z bizarnějších využití, ve formě tzv. „E-meter,“ který používají členové Scientologického hnutí<sup>[7][11]</sup>.

## Praktická část

### Obecný návod

K práci s BITalino (r)evolution je nutné užívat počítač s Bluetooth. Do svého počítače stáhněte Google Chrome, který je nutný ke spuštění programu. Program OpenSignals (r)evolution je ke stažení zdarma pro všechny operační systémy zde: <http://bitalino.com/en/software>. Základní verze programu je zdarma, nicméně k přístupu se všemi funkcemi je třeba koupit premium verzi (k vypracování obou úloh postačí verze zdarma). Podrobnější informace k BITalino (r)evolution naleznete zde ([https://cs.wikibooks.org/wiki/BitAlino\\_\(r\)evolution\\_\(manu%C3%A1l\)](https://cs.wikibooks.org/wiki/BitAlino_(r)evolution_(manu%C3%A1l))).

1. Po nainstalování programu **zapněte BITalino** posunutím černé páčky na okraji (viz foto). Po zapnutí je viditelné blikající zelené světlo (viz foto).
2. **Připojte BITalino k počítači** – zapněte Bluetooth a připojte se k BITalinu. PIN pro připojení je 1234.
3. **Otevřete program OpenSignals**. Pro lepší orientaci v programu doporučujeme zhlédnutí demo videa, které je dostupné taktéž na výše přiloženém odkazu. V tomto videu je představena premium verze programu.
4. **Nastavte snímací frekvenci BITalina na 100 Hz** pomocí programu OpenSignals. Po otevření programu rozklikněte ikonku se zeleným kolečkem uprostřed, tím si otevřete seznam vašemu počítači známých i dosud neznámých přístrojů BITalino ve vašem okolí. Nyní klikněte na ikonku připojeného BITalina a změňte frekvenci (parametr označený: Sampling rate) z přednastavených 1000 Hz na 100 Hz.

5. Do jednoho ze 6 portů BITalino **zapojte prodlužovací kabel** (viz foto). Protože každý port má v programu vlastní okno, je nutné dbát na otevření okna shodného s číslem portu (které však není na krabičce uvedeno!). Pro nejjednodušší orientaci v portech doporučujeme používat stále port č. 1.
6. **Ke kabelu připojte senzor.** Dbejte na **připojení správného senzoru** (tzn. EDA senzoru v případě snímání elektrodermální aktivity a EMG senzoru v případě elektromyografie). Taktéž dbejte na **připojení senzoru ve správném směru** (vyražená písmena na obalu senzoru musí být správně orientována při pohledu od elektrod).
7. Do volné zdířky senzoru **připojte vhodné elektrodotové kabely**, které jsou blíže popsány v dané úloze.

## Úloha 1 - zjišťování funkce dvojhlavého a trojhlavého pažního svalu při specifických pohybech pomocí metody povrchové EMG

Pomocí přístroje BITalino s připojenými povrchovými EMG elektrodami ověřte, při kterých pohybech (viz postup práce) dochází k nejvýraznějšímu zapojení dvojhlavého (m. biceps brachii) a trojhlavého pažního svalu (m. triceps brachii).

Který druh kliků je nejvhodnější pro posílení trojhlavého pažního svalu? V jaké anatomické poloze se musí nacházet předloktí, aby se dvojhlavý sval pažní výrazně zapojil do flexe v loketním kloubu? Jaká je příčina jeho nízké až nulové aktivity v ostatních polohách předloktí?

### Návod

1. Dle obecného návodu **připravte BITalino a zapojte senzor s označením EMG.**
2. K senzoru **připojte trojelektrodotový kabel** (viz foto) a pomocí cvočků **zacvakněte 3 elektrody**. Pozn.: Při práci s trojcestným snímačem **dbejte na správné umístění elektrod! Negativní a pozitivní senzor** (označený černou, respektive červenou barvou v místě rozdělení kabelů) musí být **umístěny na určeném svalu, bílá elektroda slouží jako reference** a připojuje se **na těsně pod kůží ležící kost**. V tomto případě nalepte referenční elektrodu na olecranon loketní kosti. Umístění referenční elektrody na elektricky neaktivní oblast je nezbytné pro adekvátní výsledky měření!
3. **Elektrody nalepte na vyšetřovaný sval** (pořadí vyšetření dvojhlavého a trojhlavého pažního svalu libovolné). Snažte se nalepit elektrody **na dlouhou hlavu příslušného svalu** (viz foto)
4. Po nalepení elektrod **začne vyšetřovaný cvičit** dle následujících pokynů (**vyšetřovatel mezitím pozoruje změny svalové aktivity** – zpětné prohlížení záznamu je stejně jako v případě EDA ve verzi zdarma nemožné)

### Zkoumání aktivity dvojhlavého pažního svalu při flekčních pohybech v lokti (*m. biceps brachii*)

1. **Najděte těleso uchopitelné jednou rukou** (s hmotností alespoň 3 kg – například batoh zatížený knihami)
2. **Postavte se do základní anatomické polohy** (předloktí v supinované poloze), do ruky na paži s připojenými elektrodami **uchopte těleso a alespoň 10× proveďte flexi** v loketním kloubu; **pozorujte změny hodnot EMG křivky**
3. **Proveďte částečnou pronaci předloktí** (tak, aby dlaň mířila malíkovou hranou dolů) a opět **provedte několik flexí** v loketním kloubu se **současným pozorováním EMG**
4. Umístěte **předloktí do plně pronované polohy** a opět **zopakujte flekční pohyby**
5. **Vyhodnoťte získaná data a odpovězte na otázky**

### Zkoumání aktivity trojhlavého pažního svalu při jednotlivých druzích kliků (*m. triceps brachii*)

1. **Zaujměte polohu ve vzporu ležmo** („kliku“)
2. **Proveďte přibližně deset kliků s širokým postavením rukou** (tzn. ruce výrazně přes šíři ramen, lokty v průběhu kliku směřují od těla)
3. Po krátké pauze **provedte dalších 10 kliků**, tentokrát **s klasickým postavením rukou** (ruce na šíři ramen, lokty v průběhu kliku směřují od těla)
4. Opět nechce vyšetřovaného krátce odpočinout a zopakujte sadu **10 kliků s užším úchopem** (rozteč rukou o něco menší než na šíři ramen, lokty směřují podél těla)
5. Po další přestávce udělejte **10 kliků v tzv. diamantovém úchopu** (ruce jsou umístěny těsně vedle sebe, tak, aby se vždy dva proti sobě stojící ukazováky a palce vzájemně dotýkaly a vytvořily mezi sebou trojúhelník)
6. **Přistavte vyšetřovanému stabilní židli** (takovou, aby se při opoře o její hranu nepřevrhla)
7. Vyšetřovaný **položí paty na zem, ruce na hranu židle** (s pažemi za zády – **vzpor vzadu ležmo**) a



Páčka pro zapnutí a vypnutí



Signalizace zapnutého BITalina s problikávající diodou



provede poslední sérii **deseti**, tentokrát tzv. **tricepsových kliků s úchopem za zády**  
8. **Vyhodnoťte získaná data a odpovězte na otázky**

## Úloha 2 - zjišťování aktivity periferního nervstva při působení specifických podnětů z okolního prostředí

Pomocí přístroje BITalino s připojenými EDA elektrodami zjistíte, které stimuly vzbuzují největší stresovou reakci vyšetřovaného (vyšetřovaného vystavujte jen **předem dohodnutým** a **dobrovolně odsouhlaseným** stimulům – viz návod).

Zapište, které stimuly zvyšovaly vodivost kůže nejvíce a které naopak ponechaly vyšetřovaného v klidu.

Do diskuze napište, jaké vnější faktory (prostředí) a jaké vnitřní faktory (pacient) mohly ovlivnit výsledky měření, a zkuste na základě zjištěných údajů stručně zhodnotit citlivost pacienta vůči stresu (tzn. jak relativně stoupala vodivost kůže při stimulech vůči klidové hodnotě).

Pokud jste zahrnuli obě kategorie stimulů (jeden ze skupiny A, B, C, F a druhý ze skupiny D, E), odpovězte i na otázku, zdali je pacient vybuzen více pomocí stresových stimulů, nebo pomocí kognitivní zátěže.

### Návod

1. Dle obecného návodu **připravte BITalino a zapojte senzor s označením EDA**
2. K senzoru **připojte dvouelektrodový kabel** a pomocí cvočků **zavakněte 2 elektrody**
3. **Odlepte ochrannou nálepku** z elektrod **a nalepte je na mýdlem omytou ruku vyšetřovaného** podle obrázku (jednu elektrodu na svaly hypothenaru, druhou na svaly thenaru; viz foto)
4. **Zahajte měření** kliknutím na ikonku červeného kolečka
5. **Zvolte se souhlasem vyšetřovaného minimálně tři z následujících** stresových stimulů:
  - A) Zadržení dechu na dobu alespoň 20 sekund
  - B) Posilování břišních svalů ve statické pozici „planku“ na dobu alespoň 30 sekund
  - C) Bolestivý podnět v podobě štípnutí do ucha nebo stisku trapézového svalu
  - D) Několikaminutové zkoušení dotyčného z těžké učební látky, např. anatomie
  - E) Řešení hádanek, či dělání domácího úkolu
  - F) Sledování alespoň dvou videí na internetu s tituly jako: „top jump scares,“ „short horror movie,“ „disturbing video,“ „uncanny valley“
  - Poznámky: Stimul D vyžaduje navíc jednoho zkoušejícího, celkem tedy tři zúčastněné. Stimul F je lepší provádět se sluchátky v uších pacienta a v potměšilé místnosti.
6. **Podrobně vyšetřovaného vybraným stimulům a důkladně sledujte zaznamenávaný graf** v reálném čase
7. **Zhodnoťte naměřená data a odpovězte na otázky**

### Reference a zdroje

1. HOROWITZ, Stephen H. Overview of electromyography. *UpToDate* [online]. 2018-08-10 [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <https://www.uptodate.com/contents/overview-of-electromyography>
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Electromyography>
3. <https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromyografie>
4. <https://www.youtube.com/watch?v=LOFUTNEgrv4>
5. Chowdhury, R.H.; Reaz, M.B.I.; Ali, M.A.B.M.; Bakar, A.A.A.; Chellappan, K.; Chang, T.G. Surface Electromyography Signal Processing and Classification Techniques. *Sensors* 2013, *13*, 12431-12466.
6. Vajner, Luděk, Jiří Uhlík a Václava Konrádová. *Lékařská histologie I.: cytologie a obecná histologie*. 2., upravené vydání. Praha: Karolinum, 2018. ISBN 978-80-246-4107-2.
7. STERN, Robert Morris, William J RAY a Karen S QUIGLEY. *Psychophysiological recording*. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2001. ISBN 0195113594.
8. Grim, Miloš a Rastislav Druga. *Základy anatomie*. 2., přeprac. vyd. Praha: Galén, c2014. ISBN 978-80-7492-156-8.
9. Electrodermal Activity (EDA) Sensor Data Sheet. Dostupné z: [http://bitalino.com/datasheets/REVOLUTION\\_EDA\\_Sensor\\_Datasheet.pdf](http://bitalino.com/datasheets/REVOLUTION_EDA_Sensor_Datasheet.pdf)

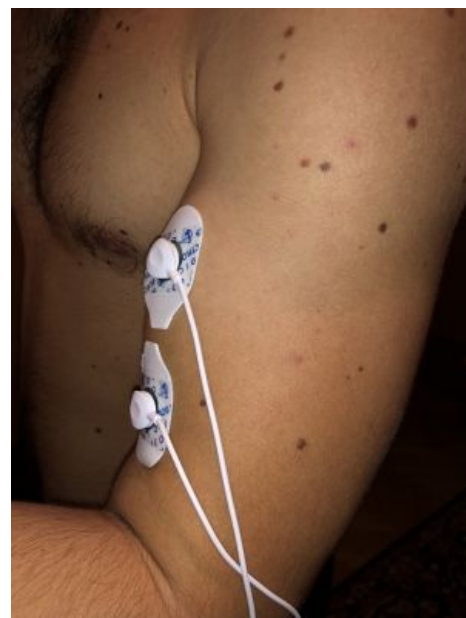


Prodlužovací kabel



Trojcestný snímač (červená - pozitivní elektroda, černá - negativní elektroda, bílá - referenční elektroda)

10. Zangróniz R, Martínez-Rodrigo A, Pastor JM, López MT, Fernández-Caballero A. Electrodermal Activity Sensor for Classification of Calm/Distress Condition. *Sensors (Basel)*. 2017;17(10):2324. Published 2017 Oct 12. doi:10.3390/s17102324
11. Petr, J., 2017. Pod elektronickým dozorem. *Zázraky medicíny* (6/2017). Brno. Str. 6.



Zapojení snímacích elektrod pro EMG na dlouhou hlavu dvojhlavého pažního svalu.



Zapojení snímacích elektrod pro EMG na dlouhou hlavu trojhlavého pažního svalu a referenční elektrody na olecranon.



Rozmístění elektrod pro měření EDA.