Od psychofyziky po funkční magnetickou rezonanci: objektivizace zrakového vnímání

Jan Kremláček, Ústav lékařské biofyziky a Ústav patologické fyziologie, Lékařská fakulta v Hradci Králové, Univerzita Karlova

Poruchy zpracování zrakové informace jsou citlivým indikátorem funkčních změn v mozku a umožňují rozpoznat a sledovat průběh celé řady onemocnění počínaje zánětem zrakového nervu přes roztroušenou sklerózu mozkomíšní až po schizofrenii nebo Alzheimerovu chorobu. Biofyzikální základy kvantifikace zrakového vnímání formulovali Weber a Fechner (1860) v psychofyzice a jejich přístupy jsou dodnes běžně využívány např. v oftalmologii při určování zrakové ostrosti. Výsledná hodnota vyšetření je však významně závislá na subjektivní výpovědi vyšetřovaného. Tuto nevýhodu eliminují přístupy měřící mozkovou aktivitu pacienta. Klinicky užívanou metodou měřící přímý korelát neurální aktivity jsou zrakové evokované potenciály (VEP). Díky selektivní vizuální stimulaci umožňují VEP testovat jednotlivé subsystémy zrakového analyzátoru, a tak rozšířit diagnostické možnosti této metody.

Naše laboratoř se dlouhodobě věnuje výzkumu a vývoji VEP získaných aktivací magnocellulárního vstupu zrakového dorzálního proudu s využitím „Motion-Onset" stimulací. Tyto vizuálním pohybem vyvolané odpovědi (M-VEP) umožňují v kombinaci s tradičními VEP diferencovat mezi různými typy neuro-oftalmologických onemocnění [1], nebo zkoumat jejich neurofyziologickou podstatu. Optimalizací podnětu pro M-VEP jsme dospěli ke stimulaci radiálním pohybem koncentrické struktury s prostorovou frekvencí modulovanou v souladu s kortikálním magnifikačním faktorem, která umožňuje vyšetřovat zrakový aparát i při snížené zrakové ostrosti nebo v periferii zorného pole. Tato stimulace se stala také inspirací pro práce zkoumající „brain-computer interface".

Zrakové vnímání zahrnuje i kognitivní zpracování realizované rozsáhlými neurálními interakcemi zahrnujícími i paměťové stopy, jejichž testování je možné využitím kombinace několika stimulů během jednoho vyšetření. V oblasti kognitivních potenciálů jsme se významně podíleli na zavedení a testování tzv. „zrakové mismatch negativity" - komponenty vybuzené periferní vizuální stimulací magnocellulárního vstupu [2, 3].

Senzitivita a nízké náklady neurofyziologického vyšetření nás vedly k vytvoření přenosného zařízení pro registraci evokovaných potenciálů (viz příloha níže). Patentované zařízení je ve zkušebním režimu a umožňuje vyšetření v ambulantních nebo domácích podmínkách.

Registrace odpovědi mozku na podnět není omezena na koreláty přímé neurální aktivity, ale souvisí i s lokální modulací krevního zásobení a metabolického obratu v mozku. Tuto kvalitu lze měřit prostřednictvím funkční magnetické rezonance. Výborné prostorové rozlišení magnetické rezonance ve spojení s odpovídající zrakovou stimulací umožňuje definovat populační retinotopické mapy funkčních celků zrakového kortexu. Senzitivitu tohoto přístupu ověřujeme ve dvojitě slepé studii modulující kortikální plasticitu u pacientů s věkem podmíněnou makulární degenerací.

Vývoj diagnostických metod zkoumajících vazby mezi fyzikálním prostředím a zrakovým vnímáním tvoří významnou součást lékařské biofyziky a poskytuje stále přesnější popis stavu organismu ve zdraví i nemoci.

[1] KUBA, M., Z. KUBOVÁ, J. KREMLÁČEK a J. LANGROVÁ. Motion-onset VEPs: Characteristics, methods, and diagnostic use. *Vision Research*. 2007, 47(2), 189-202. ***Q2, 82 citací podle WOS***

[2] KREMLÁČEK, Jan, Kairi KREEGIPUU, Andrea TALES, Piia ASTIKAINEN, Nele PÕLDVER, Risto NÄÄTÄNEN a Gábor STEFANICS. Visual mismatch negativity (vMMN): A review and meta-analysis of studies in psychiatric and neurological disorders. *Cortex*. 2016, 80(April), 76–112. ***Q1, 34 citací podle WOS***

[3] URBAN, A., J. KREMLÁČEK, J. MASOPUST a J. LIBIGER. Visual mismatch negativity among patients with schizophrenia. *Schizophrenia Research*. 2008, 102(1–3), 320-8. ***Q1, 32 citací podle WOS***

Obrazová příloha, informační leták patentovaného zařízení:

Kremláček, Jan, Miroslav Kuba, and František Vít. 2015. Mobile device for long-term monitoring of visual and brain functions. WO2015055156A1, issued 2015.

Charles University
Faculty of Medicine in Hradec Kralove
Pathological Physiology - Neurophysiology lab
kuba@lfhk.cuni.cz kremlacek@lfhk.cuni.cz vit@lfhk.cuni.cz

EPort - headset

quick testing / long-term monitoring of visual and brain functions

VEPable :-)
EPort is primarily developed for
VEP recording and offers 2x16 RGB LEDs
driven with a millisecond precision

VERSATILE
4 EEG channels,
3 accelerometer streams,
2 digital inputs (reaction time),
1 light detector

MOTION sensitive
accelerometer for artefact rejection
or head motion monitoring

OPEN
device can be accessed
and programmed using API
from Matlab(TM)

PRECISE
reads data with 1 kHz*
sub millisecond synchrony
with light stimulus or response

FLEXIBLE
can handle recording of
VEP, EEG, ERP, ECG, EOG, EMG, ENG
& reaction time

PORTABLE
weight 390g, ready for dry electrodes,
wireless version is under development
PC with USB & Widows (TM)

* accelerometer data are sampled 100 Hz

Keywords

- *electric potentials of the brain cortex*
  (electroencephalogram – EEG, visual evoked potentials – VEPs, events related potentials – ERP s)
- *diagnostics of neuro-ophthalmological disorders*
- *VEPs monitoring for automatic detection of fatigue/sleepiness*
- *visual LED stimulation outside the central (working) area of the visual field*
- *low-weight, low-cost device with USB (blue-tooth) PC connection*