

Vlastní reakční čas. Způsobí jednostranná léze velkého mozku asymetrii reakčního času?

prof. MUDr. Lubor Stejskal, DrSc., MUDr. Svatopluk Ostrý, Ph.D., MUDr. RNDr. Ondřej Bradáč

Neurochirurgická klinika 1. LF UK, ÚVN a IPVZ Praha

U 51 nemocných s jednostranným postižením předního frontálního kortexu byl vyšetřen reakční čas pohybu ruky na somestetický podnět. Vlastní reakční čas (reakční čas po odečtu doby vstupu podnětu do mozku a doby výstupu z mozku do svalu) je nezávislý na místě, velikosti a tkáňové skladbě nádoru frontálního laloku velkého mozku. Rozsáhlé gliomy dorzolaterálního prefrontálního kortexu, orbitofrontálního kortexu, velké meningeomy konvexity a meningeomy parasagitální nezpůsobily významnou poruchu reakčního času. Vlastní reakční čas u jednostranných nádorů čelního laloku velkého mozku není stranově rozdílný. U 87 % vyšetřených měl hodnotu 110–260 ms. Vlastní reakční čas odpovídající době vypracování rozhodnutí k pohybu a výrobě pohybového vzorku je zajištěn neuronální soustavou odolnou vůči ložiskovému postižení předního frontálního kortexu. Toto zjištění je významným vodítkem při operacích v premotorické oblasti.

Klíčová slova: reakční čas, příprava k pohybu na zevní podnět, tumory frontálního laloku.

Reaction time proper. Unilateral tumour of the frontal lobe-does it affect the reaction time?

In 51 patients with unilateral involvement of the anterior frontal cortex, the reaction time of hand movement to a somesthetic stimulus was assessed. The actual reaction time (the reaction time left after subtracting the time taken for a stimulus to reach the brain and the time of brain output to muscle) is independent of the site, size, and tissue composition of a frontal lobe tumour of the cerebrum. Extensive gliomas of the dorsolateral prefrontal cortex and those of the orbitofrontal cortex, large convexity meningiomas, and parasagittal meningiomas failed to cause a significant disturbance in the reaction time. The actual reaction time in unilateral frontal lobe tumours of the cerebrum is not laterally different. In 87% of those investigated, it ranged from 110 to 260 ms. The actual reaction time, corresponding to the time taken to process a decision to move and to produce a movement pattern, is provided by the neuronal system resistant to focal involvement of the anterior frontal cortex. This finding is an important clue for surgeries in the premotor area.

Key words: reaction time, preparation of movement to an external stimulus, frontal lobe tumours.

Neurol. praxi 2015; 16(1): 54–57

Úvod

Množství pohybů (aniž si to uvědomujeme) je reakcí na určitý podnět. Doba mezi začátkem podnětu a začátkem pohybu je reakční čas.

Reakční čas má řadu závislostí: věk (do 20 let se zkracuje, od 20 se různě rychle prodlužuje), pohlaví: muži mají reakční čas kratší. Reakční čas u zdravého dospělého člověka při optickém podnětu a odpovědi pohybem prstů činí 200–400 ms, při ospalosti 400–800 ms. Reflexy pilotů stíhaček jsou údajně v hranici kolem 120 ms. Zkracuje se pozorností a prodlužuje se únavou. Jsou významné farmakologické závislosti. Nemění se až do hladiny 0,3 promile alkoholu v krvi, pak se rychle prodlužuje (Straus et Danko, 2009). Příklady delších reakčních časů poskytují dopravní nehody s velkým počtem proměnných v oblasti podnětů i pohybových reakcí.

Vyhodnocení reakčního času je jednodušší, když se jedná o situaci, kdy subjekt očekává předem ohlášený podnět, „příkázaný“ zevní podnět (*externally timed, paced by external stimuli, cued movement*) a má za úkol provést předem známý pohyb. I když je subjekt předchozí informací zbaven části kognitivního procesu, ukazuje se, že reakční čas je mnohem delší než by odpovídalo přímému vedení mozkovými drahami.

Začátek volního pohybu na zevní podnět je určen 3 zdržením:

- zdržením vjemu, v elektrofyziologických pojmech latencí korového evokovaného potenciálu (VEP, AEP, SEP), obecně EP,
- dobou přenosu mozkiem neznámou trati od arey 18 (při optickém podnětu), resp. od „sluchového kortexu“ (při zvukovém podnětu), resp. od arey 3b (při somatosenzorickém podnětu) k arei 4 = vlastní reakční čas (VRČ),
- zdržením pohybu, intervalem mezi poslední korovou instancí v arei 4 a kontrakcí svalu: latencí korového MEP. Celek tvoří reakční čas (RČ).

$$\text{VRČ} = \text{RČ} - (\text{EP} + \text{MEP})$$

Ve studii byl použit somatosenzorický dotykový podnět. Umožňuje lateralizované jednostranné vyšetření reakčního času. První zdržení dotykového vjemu má u dospělého člověka 175–180 cm vysokého střední hodnotu skalpového SEP n. medianus $19,9 \pm 1,4$ ms (Stejskal et al., 1983). Třetí zdržení, magnetem evokovaný korový MEP thenaru, má střední hodnotu latence k odstupu $20 \pm 0,9$ ms (Kadaňka et al., 1990).

První a třetí zdržení RČ je podstatou *long loop reflexu* (LLR II): nízkoprahové terminály projí-

kují cestou periferního nervu, zadních provazců a lemniscus medialis do kortexu ($19,9 \pm 1,4$ ms) a odpověď je vedena kortikospinální drahou a periferním nervem ($20 \pm 0,9$ ms) do výkonného svalu. Vzhledem k tomu, že LLR II z n. medianus na záěstí při snímání z thenaru má latenci kolem 40 ms (Deuschl et Eisen, 1999), je zřejmé, že v případě reflexního pohybu se jedná o krátký transkortikální převod v areích 3 (S1)-1-2-4 (M1), i když trvají důvody k označení LLR II „enigmatický“ (Pruszyński et al., 2011).

Naopak delší doba vlastního reakčního času ukazuje, že odpověď je závislá na přenosu a zpracování signálu složitou drahou.

Otázky a smysl práce

Předložená studie uvádí přípravu volního pohybu na příkázaný zevní podnět, jak se odráží v reakčním čase u nemocných s ložiskovou jednostrannou poruchou čelního laloku, kterému se přikládá v přípravě pohybu důležitá úloha. Smyslem práce je prokázat, jak jsou přenos a zpracování odpovědi odolné, resp. fragilní vůči překážce na předpokládané trati. Je významný rozdíl reakčních časů mezi stranou zdravou a stranou poškozenou nádorem? Je příprava rozhodnutí k pohybu obsažená ve vlastním reak-

Tabulka 1. Reakční časy v souboru nemocných s nádorem čelního laloku mozku

Soubor	Počet celkový	Počet L	Počet P	RČ/ms/ strana zdravá	RČ/ms/ strana nádoru	p
Celý	45	23	22	233,3 ± 58,7	217,8 ± 59,1	0,214
Gliomy I-IV	31	16	15	224,2 ± 59,5	218,2 ± 59,7	0,691
Jen gliomy HG (rozpad tkáně)	19	9	10	225,0 ± 67,0	212,1 ± 60,2	0,535
Meningiomy konvexity	8	4	4	247,0 ± 55,2	207,0 ± 71,2	0,230
Meningiomy parasagitální	6	3	3	250,9 ± 49,6	246,5 ± 45,1	0,865

L – nádory v levé hemisféře; P – nádory v pravé hemisféře; RČ – reakční čas; p – hladina významnosti

ním čase vzhledem k jednostrannému podnětu a pohybu jedné ruky převážně jednostranná? Vyplývá z kladné odpovědi podnět ke zvýšené opatrnosti při chirurgických výkonech v předmětné oblasti?

Sestava. Metoda

Komunikativní a spolupracující jedinci (24 mužů, 17 žen, ve věku od 20 do 78 let, střední hodnota 51,2 roku) s prokázanou jednostrannou supratentoriální expanzivní lézí anteriorně od sulcus precentralis, bez motorického deficitu a s normálním čítím všech modalit na horních končetinách.

Skladba: gliomy gr. I-IV: 31, z toho 4 oligodendrogliomy, meningiomy konvexity: 8, meningiomy parasagitální 6. Vyloučeno 6 nemocných pro nadnormativní rozdíl (3 ms) latencí MEP. Lokalizace ložiska v mozku byla určena grafickými vyšetřeními, skladba nádorové tkáně biopsií ex post.

Elektrofyzilogické vyšetření SEP a MEP bylo provedeno před operací v jedné době, ve vyšetřovacím křesle s opěrkou hlavy a s opěrkami předloktí. Vyšetření RČ s odstupem několika hodin nebo druhý den, vleže na zádech.

SEPs: n. medianus drážděn na zápěstí těsně nadprahovými (pro pohyb palce) pravoúhlými pulzy 0,2 ms, 6 Hz, nejprve vlevo, pak vpravo. Registrace povrchovými elektrodami C3/4-Cz, analyzační čas 100 ms. Set 200 přeběhů zprůměrněn, opakován. Odečet N20 ze skalpového svodu.

MEPs: skalp drážděn kruhovou magnetickou cívkou o průměru 13,5 cm s vyhledáním nejnižšího prahu v místech C3/4 pro AP m. abd. pol. druhé strany nejprve vlevo, pak vpravo. Registrace povrchovými elektrodami na thenaru, analyzační čas 100 ms, nezprůměrněno, opakováno. Odečet prvního AP m. abd. pol. Obvyklá doba vyšetření SEPs a MEPs byla maximálně 1 hod.

Vyšetření RČ: nemocný byl seznámen se smyslem vyšetření a souhlasil. Ležel na zádech tak, aby se cítil pohodlně, měl zavřené oči. Teplota v místnosti byla příjemná. Na volární

straně zápěstí nad průběhem n. medianus byla stimulační elektroda. Stimuly byly pro motorickou odpověď podprahové, pro senzitivní bezbolestný vjem lehce nadprahové intenzity (2–4 mA, 0,2 ms). Nemocný byl poučen, aby hned, jak ucítí podnět, provedl palcem a ukazovákem špetku a hned zase ruku uvolnil. Po nácviku bylo na každou ruku dáno 16 stimulů v náhodném uspořádání, mezistimulační pauzy 2–5 sec. EMG registrace povrchovou elektrodou na thenaru. Analyzační čas 500 ms, RČ určen prvním AP m. abductor pol. Vyšetření jedné ruky netrvalo déle než 3 minuty.

Statistické zpracování: párové t-testy, hladina významnosti: $p = 0,05$.

Výsledky

U 51 vyšetřených osob bylo vyhodnoceno celkem 1 632 měření reakčního času (RČ). U každé osoby bylo 16 měření provedených na každé ruce zprůměrněno a zpracováno jako soubor. RČ jednoho souboru z jedné ruky se pohyboval mezi 122 a 364 ms. Pouze v jednom případě byl 425, resp. 633 ms. Tato nemocná byla hodnocena jako outlier a ze zpracování vyloučena. V intervalu 150–200 ms bylo 36 souborů, v intervalu 200–300 ms 51 souborů, nad 300 ms 15 souborů. U 87 % souborů se RČ pohyboval mezi 150 a 300 ms, **po odečtení prvního (senzitivního) a třetího (motorického) zdržení** (40 ms, viz Úvod) **byl VRČ v 87 % 110–260 ms.**

U každého pacienta byl vyhodnocen soubor ze strany zdravé a korelován se souborem ze strany nádoru. Pět nemocných bylo z vyhodnocení reakčního času vyloučeno pro stranový rozdíl MEPs větší než 3 ms a jedna nemocná pro nespolehlivou spolupráci.

Výsledky prokazují, že v celém souboru není významný rozdíl reakčních časů mezi skupinou „nádorů“ a skupinou „zdravou“ (tj. mezi RČ při dráždění ruky na straně nádoru a RČ na straně druhé). Není rozdíl ve skupině infiltrativních nádorů.

Diskuze

Pohyb na přikázaný podnět je ve srovnání s pohybem spontánním organizován jednodušeji. O vlastním začátku volního spontánního pohybu, resp. pohybového projektu, jsou pochybnosti a souvisí s filozofií svobody projevu (Libet et al., 1983).

V přípravě pohybu volního spontánního, ne zcela určitého (self initiated, self-paced) nastává už přibližně 1 500 ms před prvním svalovým akčním potenciálem změna ve skalpovém EEG záznamu: negativní výchylka (CNV, contingent negative variation) hodnocená jako potenciál pohybové přípravy (Bereitschaftspotential (BP) Kornhuber et Deecke, 1965). První část BP má největší amplitudu oboustranně v premotorické krajině (BP1), druhá, „pozdní“ (BP2) v kontralaterální motorické krajině. Proces přípravy na spontánní pohyb začíná na úrovni bazálních ganglií. V záznamech ze zanořené stereotaktické elektrody v putamen se BP formovaná zvratem *self-paced* pohybu (Rektor et al., 2001).

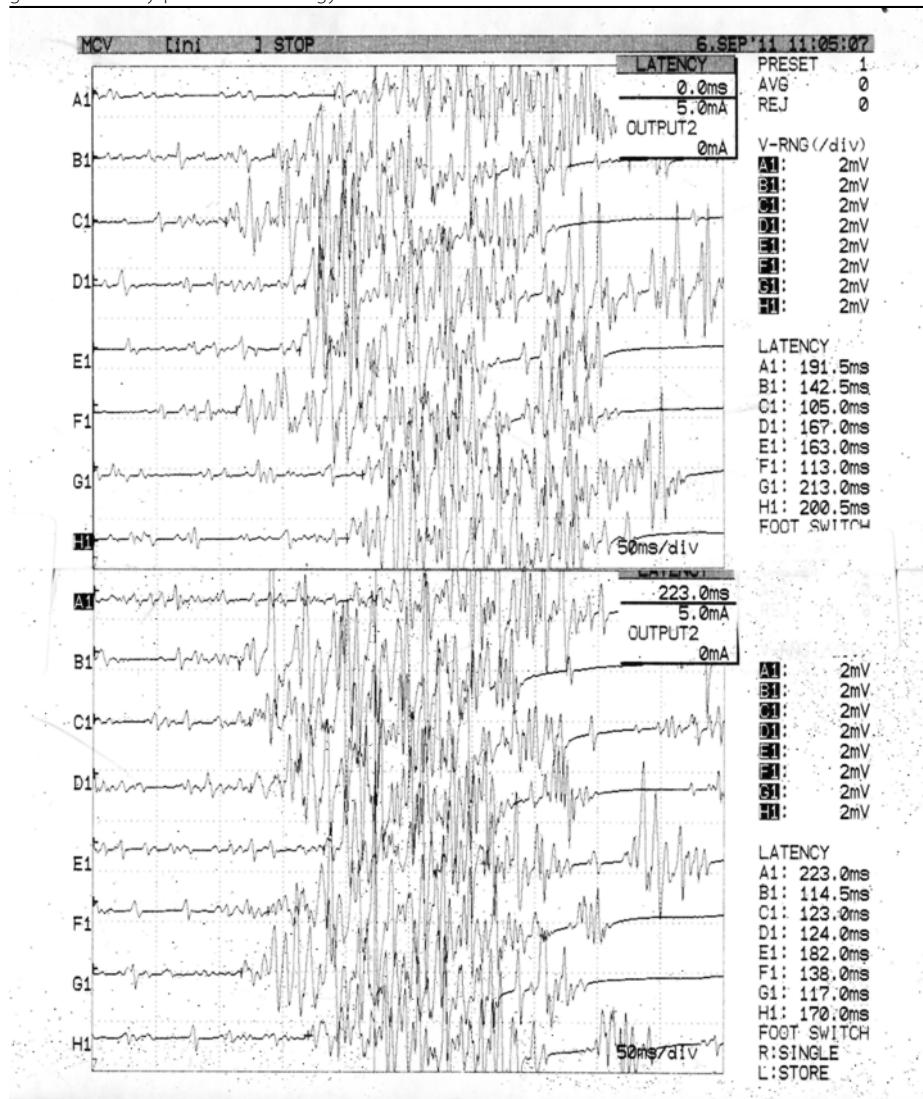
Před pohybem na přikázaný podnět nenastává tak brzká příprava, ale dlouhý reakční čas ¼ až ½ sekundy prokazuje, že mezi kortexem a svaem ani v tomto případě není přímé spojení.

Vlastní reakční čas je neúměrný krátké trati silně myelinizovaných vláken mozkových drah, na nichž se pohybuje nervový vzruch: vzdálenost mezi S1 a putamen je přibližně 70 mm, vzdálenost mezi putamen a vnitřním pallidem 10 mm, mezi vnitřním pallidem a VLc/VLo talamu 15 mm, mezi vnitřním pallidem a subtalamem (c. Luysi) 13 mm (Schaltenbrand et Bailey, 1959), mezi talamem a premotorickým kortexem přibližně 75 mm (Talairach et Tournoux, 1988). Je jasné, že prostá sumace převodních zdržení a rychlostí vedení na senzorických a motorických drahách nevysvětluje trvání a variabilitu reakčních časů (Hanes et Schall, 1993).

Cesta vzruchu vlastního reakčního času je neznámá, zůstává výzvou.

Projekce somatosenzorických areí 3a, 3b je jednak intrakortikální cestou asociačních areí do arey premotorické, jednak extrakortikální, do striata, do nc. caudatus (Lau et Glimcher, 2007; Balleine et al., 2007) a (převážně) do putamen. Do striata vstupují každým okamžikem zprávy o tom, co se právě děje kolem jedince ze všech míst kůry velkého mozku. Neurony striata zrychlují vybíjení v okamžiku rozhodování mezi ano/ne (Samejima et al., 2006; Balleine et al., 2007). V záznamech ze zanořené stereotaktické elektrody se při přikázané brzké flexi ruky po optickém resp. zvukovém podnětu objevoval

Obrázek 1. Soubor 16 reakčních časů z m. abd. pol. brevis vlevo. Zprůměrněný čas = 155,5 ms, meningom konvexity premotorického gyru vlevo



CNV ve formě zvratu fází 250–450 ms před začátkem určeného pohybu v nc. caudatus, v pallidu (Bareš et Rektor, 2001) a v putamen (Rektor et al., 2004). Je zřejmé, že v těchto 250–450 ms probíhá programování určeného pohybu.

Marsden (1982) hodnotil nepřetržitý příliv informací do striata tak, že vnitřní činnost striopallidového komplexu se subtalame digitalizuje tuto masu informací a redukuje ji na informace přesné pallidovým výstupem do talamu.

Z talamických jader VA, VL, VMD, CL, CM vstupují vzruchy do premotorické a ostatní frontální kůry, area 6 a SMA. Každá z talamokortikálních projekcí má svůj stálý vlastní zdroj v určitém talamickém jádru a stálý výstup do určité premotorické arey (Schell et Strick, 1984). Funkční význam premotorických projekcí je zčásti znám jak u člověka, tak u laboratorních zvířat. Do akce vstupuje vůle silně závislá na úkolovaném cíli (Kennerley et Wallis, 2009). Fenomén rozhodnutí iniciovaný vůlí byl analyzován u laboratorních zvířat včetně primátů při řešení a exekuci pohybových úko-

lů elektrograficky a fPET v různých strukturách i u člověka a nálezy shodně vedly do předního frontálního kortexu. Ve ventrálním premotorickém kortexu se zvyšuje jednotková neuronální aktivita při rozlišování významného podnětu předcházejícího pohybu (Pardo-Vazquez et al., 2009). Rozhodnutí k pohybu předchází kognitivní a analyzační proces, kombinace současné informace s dřívější (Gold et Shadlen, 2007). Léze ventrálního premotorického kortexu opoždí rozhodnutí k pohybu (Romo et al., 2004). Proces rozhodování je provázen zvýšeným regionálním průtokem (rCBF) a zvýšenou rezolucí fPET v mediálním prefrontálním kortexu (Frith et al., 1991; Barbey et al., 2009), zvýšenou fMRI v orbitofrontálním kortexu (OF), v předním cingulu a zejména v dorzolaterálním prefrontálním kortexu, DLPFC (Petrides, 2000; Lee et Seo, 2007; Seo et al., 2007; Tanji et Hoshi, 2008; Kennerley et Wallis, 2009).

Dlouhá doba a měnlivé trvání vlastní reakční doby ukazují, že **struktury „myslící v pojmech pohybu“, programující pohyb**, mají reverberační

uspořádání. Tím jsou míněny neuronální dráhy cyklicky uspořádané, kde impulzy jsou recyklovány. Také biofyzikální modelace ukazují na reverberaci (Xiao-Jing Wang, 2002). Ve strukturách soustavy striatum – thalamus – premotorický kortex operuje **kognitivní systém a v součinnosti s dlouhodobou i pracovní pamětí se tvoří rozhodnutí (decision making)**. Téměř všechny způsoby chování (intended behaviour) jsou naučené a zapamatované, ve vlastní reakční době se doplňují „pravidla hry“ (rules of the game) v dané situaci (Miller, 2000) a vytváří se aktualizovaný konkrétní pohybový vzorek.

Další cesta, konečný úsek trati reakčního času, je lépe známá. Vede kategorický povel k pohybu. Z premotorické kůry jsou silné projekce do primární motorické kůry (M1). Nejsou jediné, vstup je polymodální. Struktura tohoto vstupu nasvědčuje, že vzniklé výboje těchto neuronů jsou v programování pohybu konečné a že nic dalšího už výstup do kortikospinálního traktu nezastaví (Asanuma, 1989). S aktivací neuronů kortikospinálního traktu (PT neuronů) je proces pohybové přípravy ukončen a začíná děj motorické evokované odpovědi. Jakmile jsou PT neurony aktivovány a vedení kortikospinální drahou není blokováno, jsou neodvratně podrážděny na ně pevně a neměnně napojené míšní alfa motoneurony a na ně napojená svalová vlákna (motorické jednotky). Jestli budou PT buňky aktivovány, záleží jen na aktuálním prahu jejich podráždění. Podobně jako jsou v S1 přesně vymezené moduly pro sortiment vjemů z určité neměnné oblasti, tak v M1 jsou moduly pro simultánní aktivaci neměnné skupiny motoneuronů a kolaterální inhibici antagonistních motoneuronů (Asanuma, 1989). M1 **„myslí“ v pojmech svalů a provádí aktivaci svalů** (Favorov et al., 1988).

Literatura

1. Asanuma H. The Motor Cortex. Raven Press, New York 1989.
2. Balleine BW, Delgado MR, Hikosaka O. The role of the dorsal striatum in reward and decision-making. J Neurosci 2007; 27: 8161–8165.
3. Barbey AK, Krueger F, Grafman J. Structured event complexes in the medial prefrontal cortex support counterfactual representations for future planning. Phil Trans R Soc B 2009; 364: 1291–1300.
4. Bareš M, Rektor I. Basal ganglia involvement in sensory and cognitive processing. A depth electrode CNV study in human subjects. Clin Neurophysiol 2001; 112: 2022–2030.
5. Deuschl G, Eisen A. Long latency reflexes following electrical nerve stimulation. In: Recommendations for the practice of clinical neurophysiology: guidelines of the International Federation of Clinical Neurophysiology. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1999; (Suppl. 52): 268.
6. Favorov O, Sakamoto T, Asanuma H. Functional role of cortico-peripheral loop circuits during voluntary movements in the monkey: a preferential bias theory. J Neurosci 1988; 8: 3266–3277.
7. Frith CD, et al. Willed action and the prefrontal cortex in man: a study with PET. Proc Roy Soc London 1991; B244: 241–246.
8. Gold JJ, Shadlen MN. The neuronal basis of decision making. Annu Rev Neurosci 2007; 30: 535–574.

9. Hanes DP, Schall JD. Neural control of voluntary movement initiation. *Science* 1996; 274: 427–430.
10. Kadaňka Z, Pukl Z, Bednařík J. Evokované motorické potenciály v diagnóze roztroušené sklerózy. *Cesk Neurol Neurochir* 1990; 53/6: 369–379.
11. Kennerley SW, Wallis JD. Reward-dependent modulation of working memory in lateral prefrontal cortex. *J. Neurosci* 2009; 29: 3259–3270.
12. Kornhuber HH, Deecke L. Hirnpotentialänderungen bei Willkurbewegungen und passive Bewegungen des Menschen Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale. *Pflüger Arch* 1965; 284: 1–17.
13. Lau B, Glimcher PW. Action and outcome encoding in the primate caudate nucleus. *J Neurosci* 2007; 27: 14502–14514.
14. Lee D, Seo H. Mechanisms of reinforcement learning and decision making in the primate dorsolateral prefrontal cortex. *Ann NY Acad Sci* 2007, Ref. Midline.
15. Libet B, Wright Jr EW, Gleason CA. Preparation – or intention-to-act, in relation to pre-event potentials recorded at the vertex. *Electroencephalography Clin Neurophysiol* 1983; 56: 367–372.
16. Marsden CD. The mysterious motor function of the basal ganglia. *Neurology* 1982; 32: 514–539.
17. Miller EK. The prefrontal cortex and cognitive control. *Nature Rev Neurosci* 2000; 1: 59–65.
18. Pardo-Vazquez JL, Leboran V, Acuna C. Neural correlates of decisions and their outcomes in the ventral premotor cortex. *J Neurosci* 2008; 19: 12396–12408.
19. Petrides M. The role of the mid-dorsolateral prefrontal cortex in working memory. *Exp Brain Res* 2000; 133: 44–54.
20. Pruszynski JA, Kurtzer I, Scott SH. The long-latency reflex is composed of at least two functionally independent processes. *J Neurophysiol* 2011; 106: 449–459.
21. Rektor I, Bareš M, Kaňovský P, Brázdil M, Klejbllová I, Streitová H, Rektorová I, Sochůrková D, Kubová D, Kuba R, Daniel P. Cognitive potentials in the basal ganglia – fronto-cortical circuits. An intracerebral recording study. *Exp Brain Res* 2004; 158: 289–301.
22. Rektor I, Bareš M, Kubová D. Movement-related potentials in the basal ganglia: a SEEG readiness potential study. *Clin Neurophysiol* 2001; 112: 2146–2153.
23. Romo R, Hernández A, Zainos A. Neuronal correlates of a perceptual decision in ventral premotor cortex. *Neuron* 2004; 41: 165–173.
24. Samejima K, Ueda Y, Doya K, Kimura M. Representation of action-specific reward values in the striatum. *Science* 2006; 310: 1337–1340.
25. Seo H, Barraclough DJ, Lee D. Dynamic signals related to choices and outcomes in the dorsolateral prefrontal cortex. *Cereb Cortex* 2007; 17(Suppl 1): 110–117.
26. Schaltenbrand G, Bailey P. Atlas of the Human Brain. Thieme, Stuttgart, 1959.
27. Schell GR, Strick PL. Origin of thalamic input to the SMA and arcuate premotor areas. *J. Neurosci.* 1984; 4: 539–560.
28. Stejskal L, Lébl M, Holíš M, Lopuchovský S, Příbáň V, Tolar R. Korový somatosenzorický evokovaný potenciál n.medianus dospělého člověka. *Čs Neurol Neurochir* 1983; 46/79: 366–374.
29. Straus J, Danko F. Reakční čas na náhodný podnět vyžadující komplexní motorickou odezvu. *Locomotor Systém* 2009; 16: 52–63.
30. Talairach J, Tournoux P. Co-Planar Stereotactic Atlas of the Human Brain. Thieme Medical Publisher, New York, 1988.
31. Tanji J, Hoshi E. Role of the lateral prefrontal cortex in executive behavioral control. *Physiol Rev* 2008; 88: 37–57.
32. Xiao-Jing Wang. Probabilistic decision making by slow reverberation in cortical circuits. *Neuron* 2002; 36: 955–968.

Článek doručen redakci: 8. 8. 2013

Článek přijat k publikaci: 17. 2. 2014

prof. MUDr. Lubor Stejskal, DrSc.

Neurochirurgická klinika 1. LF UK, ÚVN a IPVZ Praha
Ústřední fakultní vojenská nemocnice –
Vojenská fakultní nemocnice Praha
U vojenské nemocnice 1200, 169 02 Praha 6
Lubor.Stejskal@uvn.cz
