AKTIVAČNÍ ÚROVEŇ v PRŮBĚHU TESTU BIMANUÁLNÍ KOORDINACE

THE AROUSAL LEVEL DURING THE TEST BIMANUAL COORDINATION

D. Benešová

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, katedra tělesné a sportovní výchovy

ABSTRACT

The aim of this research was establish if there has been the difference between the arousal level of subject and his performance in the test bimanual coordination. The arousal level was objectify by the measurement of electrodermal activity. The bimanual moving task represent the test "support drawing". The performance in this test is characterized by time, in which the proband executed the bimanual task and by improvement between the first and last retest. By force of the method box plot was created these groups of proband: the group most successful proband, the group least successful proband, the group with the effective training (with the maximal improvement) and the group with the least effective training (with the minimal improvement). It was found for successful performance of sensomotor task this is severe most for the rate of performance than of the accuracy, is optimal high arousal level of subject. Among the groups with the effective (Z1) and less effective internship (Z2) a difference especially in the intellectual test assumptions.

Keywords: electrodermal activity; support drawing; bimanual coordination

SOUHRN

Cílem tohoto výzkumu je zjistit, zda existuje rozdíl v aktivační úrovni subjektu a jeho výkonem v testu bimanuální koordinace. Aktivační úroveň byla objektivizována měřením elektrodermální aktivity. Bimanuální pohybový úkol reprezentoval test „supportní kreslení“. Výkon v testu je charakterizován časem, za který proband vykoná úkol a zlepšením mezi prvním a posledním retestem. Metodou box plot jsme získali tyto skupiny probandů – skupinu nejúspěšnějších a skupinu nejméně úspěšných, skupinu s efektivním zácvikem (s největším zlepšením) a s nejméně efektivním zácvikem (s nejmenším zlepšením). Bylo zjištěno, že pro úspěšné provedení senzomotorického úkolu náročnější více na rychlost provedení, nežli na přesnost je optimální vyšší úroveň aktivace subjektu. Mezi skupinami s efektivním (Z1) a méně efektivním zácvikem (Z2) byl zjištěn rozdíl především v testu intelektových předpokladů.

Klíčová slova: elektrodermální aktivita; supportní kreslení; bimanuální koordinace

Úvod

Fyziologické změny provázející pohybový výkon sportovce jsou v současné době dobře známy a stejně dobře je popsána jejich diagnostika. Domníváme se, že pohybový výkon je, kromě fyzické připravenosti sportovce, závislý na určitých psychologických charakteristikách, jejichž diagnostika je velmi obtížná. Psychické procesy mají velmi individuální charakter a jsou dynamicky proměnlivé v čase. Touto statí bychom chtěli upozornit na některá fakta, která se týkají aktuální připravenosti nervové soustavy jedince k efektivní pohybové odpovědi, jednak z hlediska úspěšnosti při provádění pohybového úkolu a jednak z hlediska průběhu senzomotorického učení.

V článku je popsáno výzkumné šetření zabývající se zjišťováním rozdílů aktivační úrovně úspěšných a neúspěšných probandů v průběhu vykonávání senzomotorického úkolu v kontextu s úspěšností v jeho provádění jednotlivých retestů testu bimanuální koordinace a s průběhem motorického učení.

Senzomotorický úkol představuje test „supportní kreslení“. Tento test je zkouškou objektivizující úroveň bimanuální koordinace zaměřenou především na rychlost provedení a prostorovou orientaci. Z hlediska přesnosti se tento test jevil jako nenáročný.

Pohybovou koordinaci chápe MECHLING a EFFENBERG (2006) jako spolupůsobení CNS a

kosterního svalstva v průběhu pohybu. Rozlišuje koordinaci intramuskulární (nervosvalová) a intermuskulární (koordinace jednotlivých svalů a svalových skupin). Koordinační schopnosti můžeme pojmut jako komplexní předpoklady k výkonu umožňující učení a realizaci pohybových dovedností a jejich projevy. BERNSTEIN (1990) definuje pohybovou koordinaci jako proces vyřízení nadbytečných pohybů z celkového motorického projevu a nalezení optimálního časově efektivního algoritmu pro vysoký stupeň kontroly pohybu.

Za bimanuální považujeme takové činnosti, které vyžadují součinnost obou rukou. Jedná se o úkony každodenní činnosti týkající se sebeobsluhy (zavazování tkaniček, používání přístroje apod.) nebo zcela specializované činnosti – hraní na hudební nástroj (klavír, klarinet, flétna apod.) a sportovní činnosti (volejbalové, tenisové podání, moderní i sportovní gymnastika apod.). Bimanuální pohyby mohou být buď symetrické či asymetrické. Fyziologické studie týkající se bimanuální koordinace jsou zaměřované především na dvě kortikální oblasti:

1) Suplementární motorická korová oblast, kde vznikají podněty k pohybu a zapojuje se při učení se komplexním pohybům (HALSBAND et. al., 1993, LANG et.al., 1988, 1990). Rovněž se účastní iniciace a programování jednotlivých segmentů komplexních pohybů (BRINGMAN a PORTER, 1979, LUPPINO et. al., 1991, CHEN et.al., 1995), kontroly držení těla (WIESENDANGER et.al., 1987, VIALLET et.al., 1992) a bimanuálních pohybů (WIESENDANGER et.al., 1994, 1996, UHL et.al., 1996, TANJI et.al., 1988, DONCHIN, et.al., 1998, 2001).

2) Primární motorická korová oblast, kde vznikají podněty vedoucí k pohybům opačné poloviny těla (GEORGOPOULOS et. al., 1995, SCHWARTZ et.al., 1988), svalovou aktivitu (SCOTT et.al., 1997), rychlost a akceleraci pohybu (FU et.al., 1995) a rovněž se zapojuje v pohybech bimanuálních (DONCHIN et.al., 1998, 2001, KERMANDI et.al., 2000).

Zapojení podkorových struktur v bimanuální koordinaci je rovněž velmi důležité, protože suplementární motorická korová oblast je propojena právě s celou řadou těchto struktur (JONES et. al., 1977, KUYPERS a LAWRENCE, 1967, PORTER, 1990, LUPPINO et.al., 1994).

Aktivační úroveň, někdy také aktivita nervové soustavy, je soubor prakticky všech dějů probíhajících v organismu. Je dána úrovní aktivace mozku. Považujeme ji za jednu z charakteristik aktuálního psychického stavu (KRÁLÍČEK, 2002). Jednou z možností, jak aktivaci objektivizovat je měření elektrických jevů na pokožce (elektrodermální aktivita, EDA). V případě tohoto výzkumu bylo využito měření kožní vodivosti (mikrosiemens). Kožní vodivost se interindi-

viduálně velmi liší v závislosti na subjektivní aktivitě autonomní nervové soustavy, speciálně jejího sympatického nervového systému (KRÁLÍČEK, 2002; KULIŠTÁK, 2003). Je možno pozorovat dva základní bioelektrické jevy na pokožce. Za prvé se jedná o dlouhodobější úroveň kožní vodivosti, která může setrávat po několik hodin až dnů. Za druhé se jedná o tzv. elektrodermální reakci, která velmi citlivě zaznamená výchylku aktivace nervové soustavy. Po odeznění podnětu, který reakci způsobil, se EDA navrácí zpět na původní úroveň (BOUSCEIN, 1992).

Obrázek 1. Závislost pohybového výkonu a aktivační úrovně podle Yerkers-Dodsonova zákona. Levá křivka (fialová): výkony vyžadující vysokou úroveň nervosvalové koordinace; střední křivka (modrá): výkony vyžadující střední úroveň nervosvalové koordinace, pravá křivka (zelená): výkony vyžadující především vysokou úroveň explozivně silových schopností, nízkou úroveň nervosvalové koordinace.

Figure 1. The relation the moving task and arousal level by Yerkers-Dodson law. The left curve (violet): the performance expectant the high level of nervous-muscles coordination, the middle curve (blue): the performance expectant the middle level of nervous-muscles coordination, the right curve (green): the performance expectant the poor level of nervous-muscles coordination and the high level of explosively.

Výchozí hypotézou tohoto výzkumu byl Yerkers-Dodsonův zákon (YERKERS a DODSON, 1908). Ze znění tohoto zákona vyplývá, mimo jiné, že čím více je pohybový úkol náročný na koordinaci, tím je optimální úroveň aktivace subjektu nižší (viz obr. 1). Vzhledem k vyšším nárokům senzomotorického úkolu na rychlost provedení než na jeho přesnost, předpokládáme, že vhodnější bude vyšší aktivační úroveň nervové soustavy.

Předpokládali jsme, že rychleji zvládne předepsaný pohybový úkol takový proband, který přizpůsobuje aktivační úroveň aktuálním požadavkům senzomotorického úkolu. Vzhledem k nárokům testu supportní kreslení jsme očekávali, že optimální aktivační úroveň subjektu, bude spíše vyšší.

Cíl

Cílem šetření je posoudit, zda existují rozdíly aktivační úrovně nervové soustavy úspěšných a neúspěšných jedinců. Dále jsme se zaměřili na velikost zlepšení mezi prvním a třetím pokusem testu supportní kreslení, rovněž s ohledem na průměrnou hodnotou elektrodermální aktivity v průběhu provádění pohybového úkolu.

Metodika

Pro posouzení úrovně bimanuální koordinace byl zvolen test nazvaný supportní kreslení (SK). Popis testu: Testovaná osoba (TO) ovládá za pomoci dvou kliček hrot záznamového zařízení. Jednou rukou je veden pohyb záznamového zařízení na vodorovné ose, druhou rukou ovládá TO kličkou pohyb záznamového zařízení na svislé ose. Hlavními kritérii jsou a) přesnost provedení (hrot záznamového zařízení nesmí vyjet z mezikruží, b) čas v sekundách, za který proband vykreslí celých 360° mezikruží. Test se opakuje třikrát bezprostředně za sebou (SK1, SK2, SK3) ve shodných podmínkách. Pokud v průběhu pokusu hrot záznamového zařízení opustí vyznačené mezikruží, je pokus považován za nesplněný (viz obr. 2).

Obrázek 2. Příklad správné (červená křivka) a chybné (modrá křivka) trajektorie v testu supportní kreslení.

Figure 2. The example of correct (red curve) and false (blue curve) trajectory in test support drawing.

V předvýzkumu byl tento test standardizován. Vnitřní konzistence testu byla posuzována half-split metodou (půlení testu). Byla zjištěna vysoká závislost mezi oběma polovinami testu ($R=0,89$, $p<0,01$). Metodou měření času dvěma examinátory byla posouzena objektivita testu ($R_o=0,92$, $p<0,01$) (BENEŠOVÁ, 2011).

Elektrodermální aktivita (EDA) byla zaznamenána časovou řadou dat, které reprezentuje kožní vodivost mezi dvěma elektrodami umístěnými na distálních člancích ukazováku a prsteníku nedominantní ruky. EDA byla měřena za pomoci multifunkčního přístroje firmy ADInstrument PowerLab 8/30, doplněný zesilovačem ML116 GSR Amp.

Průběh EDA byl sledován po celou dobu testování. Hodnoty EDA jsou relativní, individuálně odlišné. Měřicí přístroj byl pro každý subjekt kalibrován zvlášť. Tyto hodnoty jsou uvedeny v jednotkách elektrické vodivosti, mikrosiemensech. Měření probíhalo v laboratorních podmínkách.

Domníváme se, že výsledky testu i hodnoty relativních hodnot EDA, může ovlivnit neuro-psychická labilita. Z tohoto důvodu byla do šetření zařazena položka neuroticismu, jejíž hodnota byla zjištěna pomocí dvojdimenzionálního Eysenckova dotazníku (EOD) (EYSENCK, 1959).

Pomocí Říčanova testu intelektového potenciálu (T. I. P.) jsme se snažili postihnout mentální možnosti probanda (ŘÍČAN, 1971).

Výzkumný soubor ($N=142$) tvořili studenti ZČU v Plzni ve věku 20-26 let. Soubor čítal 84 žen a 58 mužů. Výsledky tohoto testu byly vyhodnoceny bez přihlídnutí na pohlaví, neboť se jednalo o takový test bimanuální koordinace, v němž kondiční předpoklady nehrají žádnou roli. Rovněž v projevech elektrodermální aktivity nejsou známy rozdílné výsledky u mužů a u žen.

Z výzkumného souboru byly, podle kritéria úspěšnosti v testu supportního kreslení, vytřídněny testované osoby, které vykázaly nejlepší nebo nejhorší výsledky (metoda box-plot). Třídění bylo provedeno součtem pořadí probandů ve třech retestech testu supportního kreslení. Tímto způsobem byly vytvořeny tyto skupiny: U1 ($N=20$): skupina nejúspěšnějších probandů (jejich výkony byly výborné jak na počátku testování, tak na jeho konci), U2 ($N=20$): skupina nejméně úspěšných probandů (jejich výkony byly slabé v prvním, druhém i třetím retestu).

Výpočtem podílu časů prvního a třetího retestu, bylo posuzováno zlepšení probandů. Tak byly získány skupiny Z1 ($N=20$): skupina s největším zlepšením mezi prvním a třetím retestem nebo také skupina s efektivním zácvikem a Z2 ($N=20$): skupina probandů, kteří se téměř nezlepšili nebo se zhoršili; skupina s méně efektivním zácvikem.

Obrázek 3. Grafické znázornění výsledků testu supportní kreslení. Porovnání dosaženého času v jednotlivých retestech u skupiny nejúspěšnějších (U1), nejmeně úspěšných (U2), skupiny s největším zlepšením (Z1), s nejmenším zlepšením (Z2) a průměrných hodnot celého výzkumného souboru.
Figure 3. Graphic representation the results in test support drawing. The comparison of achieved time in separate retests by this groups most successful proband (U1), the group least successful proband (U2), the group with the maximal improvement (Z1), the group with the minimal improvement (Z2) and the average evaluation of all research population.

Statistická významnost rozdílů mezi skupinami byla hodnocena párovým t-testem pro dva nezávislé výběry (t) za pomoci statistického software STATISTICA 6,0.

Věcná významnost byla posouzena ukazatelem effect size (ES). Podle THOMASE, NELSONA a SILVERMANA (2003), je-li $ES < 0,2$, je ES malý, pohybuje-li se hodnota ES okolo 0,5, hovoříme o mírném ES a je-li $ES > 0,8$, je effect size velký. V našem případě hodnota ES představuje věcnou významnost velikosti meziskupinového rozdílu.

Výsledky

Skupina nejúspěšnějších probandů (U1) v testu supportní kreslení očekávaně vykazovala signi-

fikantně lepší výsledky v položce dosaženého času všech tří retestů proti skupině nejmeně úspěšných (U2) (viz obrázek 3).

Nás však více zajímaly rozdíly mezi skupinami v průměrech elektrodermální vodivosti naměřené během opakování testu. Vyšší průměry EDA během řešení pohybového úkolu vykazali nejúspěšnější probandi (U1) proti nejmeně úspěšným (U2), a to v prvním retestu o 4,45 μS , ve druhém retestu o 4,89 μS a ve třetím retestu o 4,78 μS . Rozdíly hodnot proměnné průměr elektrodermální aktivity v průběhu testu supportní kreslení u skupin U1 a U2 jsou signifikantní (viz tab. 1).

Doplňkově byla zjišťována úroveň probandů

Tabulka 1. Hodnoty statistické (t-test) a věcné významnosti effect size (ES) interindividuálních rozdílů skupin U1 a U2 v položce průměr elektrodermální aktivity v průběhu testu supportní kreslení, p – hladina statistické významnosti.

Table 1. The value of the statistical (t-test) and the substantive significance (ES) of the interindividual differences in the groups U1 and U2 at the item the average of the electrodermal activity in the separate retest of the test support drawing, p – level of statistical significance.

Porovnání skupin U1 a U2	SK – retest 1			SK – retest 2			SK – retest 3		
	t-test	p	ES	t-test	p	ES	t-test	p	ES
Průměr EDA	2,31	0,03	0,77	2,41	0,02	0,79	2,48	0,02	0,8

Obrázek 4. Grafické znázornění průměrné hodnoty EDA v průběhu testu supportní kreslení. Porovnání hodnot této položky u skupiny nejúspěšnějších (U1), nejméně úspěšných (U2), skupiny s největším zlepšením (Z1), s nejmenším zlepšením (Z2) a průměrných hodnot celého výzkumného souboru.

Figure 4. Graphic representation the average valuation of electrodermal activity in the separate retest of the test support drawing. The comparison of this item by the groups most successful proband (U1), the group least successful proband (U2), the group with the maximal improvement (Z1), the group with the minimal improvement (Z2) and the average valuation of all research population.

v dimenzi neuroticismu (podle dotazníku EOD) a v intelektových předpokladech (podle dotazníku T. I. P.). Skupina úspěšných probandů (U1) vykazovala statisticky i věcně významně vyšší neuro-psychickou stabilitu ($t=2,81$, $p<0,01$, $ES=0,90$). Rozdíly dosažené v testu intelektových předpokladů mezi skupinami byly statisticky středně významné.

Při porovnání meziskupinových rozdílů u skupin s efektivním zácvikem (probandi, kteří se nejvíce zlepšili – Z1) a s méně efektivním zácvikem (zlepšili se málo nebo vůbec - Z2) byl zaznamenán statisticky významný rozdíl v hrubém skóru testu intelektových předpokladů (T. I. P.) ($t=2,77$, $p<0,01$, $ES=0,88$). Pokud se týče výkonů dosažených v testu, významný rozdíl se projevil pouze u prvního retestu – skupina Z1 dosáhla v průměru horšího výkonu než skupina Z2. Skupina s efektivním zácvikem (Z1) se pokus od pokusu zlepšuje, zatímco probandi náležející do skupiny s méně efektivním zácvikem (Z2) stagnují nebo se zhoršili. Hodnoty průměru EDA zaznamenala skupina Z1 nižší.

Diskuse

Aktivační úroveň nejúspěšnějších probandů (U1) prudce vystoupá před prvním pokusem testu z klidového stavu a v průběhu jednotlivých pokusů

kontinuálně mírně stoupá v rámci celého testování. Skupina nejméně úspěšných probandů (U2) zaznamenává podobný průběh křivky, avšak její strmost, mezi klidovým stavem a prvním pokusem, je menší. Skupina nejúspěšnějších (U1) vykazuje v průměru vyšší aktivační úroveň v průběhu testování. Skupina nejméně úspěšných probandů (U2) vykazuje úroveň aktivace výrazně pod průměrem celého souboru, stejně jako výkony v retestech testu supportního kreslení.

Test „supportní kreslení“ je poměrně jednoduchou úlohou, s relativně nízkými nároky na neuromuskulární koordinaci a proto jedinci s nejlepšími výkony (skupina U1) vykazovali v průměru vyšší aktivaci nervové soustavy.

Nejméně úspěšní probandi (U2) shodně vykazovali příliš nízkou úroveň aktivace nervové soustavy. Pravděpodobně nebyli na výkon koncentrováni a nezáleželo jim příliš na tom, jakého výsledku dosáhnou. Také dynamika aktivace (průměrná velikost změny) v průběhu provádění jednotlivých pokusů se měnila jen nepatrně.

Skupina probandů, kteří se nejméně zlepšili (Z2), zaznamenala absolutně nejvyšší úroveň aktivace v průběhu prvního retestu. Jejich výkon v tomto pokusu byl nadprůměrný. Následoval výrazný pokles aktivace, zatímco jejich výkon se

Tabulka 2. Hodnoty průměru (mean) a směrodatné odchylky (SD) u položek průměr EDA (EDA_P), průměrná velikost změny EDA (EDA_Z) v klidu (KL) a v jednotlivých retestech testu supportního kreslení (SK1, SK2, SK3), výkon v jednotlivých retestech, v dimenzi neuroticismu (NEURO) a testu intelektových předpokladů (T. I. P.).

Table 2. The value of mean and standard deviation (SD) on the items mean EDA (EDA_P), average size of changes EDA (EDA_Z) in quiet and during the retests of test support drawing (SK1, SK2, SK3), the performance in several retests (SK1, SK2, SK3), in the dimension of neuroticism (NEURO) and the test of intellect potency (T. I. P.).

	Skupina U1		Skupina U2		Skupina Z1		Skupina Z2	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
KL_EDA_P	0,43	2,34	0,64	2,3	-0,23	2,2	-0,1	2,55
KL_EDA_Z	0,66	0,33	0,59	0,35	0,88	0,89	0,61	0,31
SK1	43,24	5,23	121,01	44,82	99,33	50,94	60,34	16,93
SK1_EDA_P	12,78	7,61	8,33	3,99	11,53	7,33	13,81	8,84
SK1_EDA_Z	1,64	0,97	1	0,81	1,36	1,01	1,16	0,77
SK2	35,49	4,12	92,23	21,83	62,89	24,41	62,67	16,66
SK2_EDA_P	13,83	7,92	8,94	4,45	10,35	7,02	12,14	7,5
SK2_EDA_Z	1,5	0,99	0,92	0,86	1,38	1,25	1,56	1,27
SK3	32,56	3,07	84,59	25,96	53,34	22,44	58,89	19,31
SK3_EDA_P	14,5	7,12	9,73	4,81	11,21	7,07	13,06	8,38
SK3_EDA_Z	1,62	1,62	0,71	0,5	1,2	0,95	1,2	1,43
NEURO	7,95	4	12,3	5,65	10,15	5,14	11	4,56
T. I. P.	24,45	2,94	22,9	2,82	24,1	3,05	21,2	3,53

příliš neměnil. Domníváme se, že tento jev nastal, protože se přestali o předložený úkol zajímat.

Probandi, kteří se nejvíce v testu zlepšili (Z1), zahájili v prvním testu s aktivací odpovídající průměru celého souboru, ve druhém pokusu byl zaznamenán pokles a ve třetím pokusu opět mírný nárůst. Dynamika aktivace (průměrná velikost změny) během provádění prvního a druhého pokusu byla konstantní, ve třetím retestu mírně poklesla.

Velikost rozdílů zjištěné v testu intelektových předpokladů (T. I. P.) mezi skupinami U1 a U2 a skupinami Z1 a Z2 byla statisticky signifikantní. Domníváme se, že z tohoto faktu vyplývá, že test supportní kreslení mohou ovlivňovat intelektové předpoklady probanda. Pokud se týče druhé doplňkové proměnné, neuropsychická stabilita, ukazuje se její význam v úspěšnosti splnění senzomotorického úkolu.

Výzkumný soubor byl vybrán na základě dostupnosti a dobrovolnosti, je pravděpodobné, že testování se nezúčastnily osoby s tendencí vyhýbat se neúspěchu a s tendencí vyhýbat se konfrontaci s ostatními. Vzhledem k této skutečnosti, mohou být některé položky poněkud zkresleny.

Probandi byli všichni shodně informováni o tom, že test je zaměřen jak na přesnost, tak na rychlost. Jedinci, kteří preferovali rychlost provedení jednotlivých pokusů, dosahovali lepších výsledků. Domníváme se, že lepších výsledků

dosahovali soutěživí jedinci (U1) s tendencí riskovat. Největšího zlepšení dosahovali probandi (Z1), kteří v prvním pokusu pochopili podstatu senzomotorického úkolu a postupně zlepšovali svůj výkon až na úroveň průměru celého souboru. Ke zhoršení mezi prvním a třetím retestem v testu supportní kreslení došlo pouze u 7 probandů z celého výzkumného souboru.

Závěr

Cílem výzkumu bylo porovnat skupiny neúspěšnějších a nejméně úspěšných probandů (U1 a U2) a probandů s nejvíce a nejméně efektivním zácvikem (Z1 a Z2) z hlediska aktivační úrovně nervové soustavy projevující se elektrodermální aktivitou subjektu. Závěrem můžeme konstatovat, že v úloze zaměřené na bimanuální koordinaci v námi testovaném souboru platí, že aktivační úroveň subjektu sehrává důležitou roli v úspěšnosti provedení zadaného úkolu. Pro pohybový úkol více náročný na rychlost provedení než na jeho přesnost, je optimální spíše vyšší aktivační úroveň subjektu. Kromě vlivu aktivační úrovně může intervenovat celá řada dalších proměnných, např. neuropsychická stabilita nebo inteligenční předpoklady testovaných osob. V tomto typu šetření hodláme pokračovat, především zamýšlíme sledovat změny

v aktivační úrovni s nárůstem obtížnosti koordinačního úkolu.

Literatura

- Benešová, D. (2011). *Dynamika změn aktivační úrovně jako komponenta motorické docility*. Disertační práce. Praha: Karlova univerzita, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- Bernstein, N. (1995). *Physiology of movement*. Moscow: Nauka press.
- Bouscein, W. (1992). *Electrodermal activity*. New York: Plenum.
- Brinkman C. and Porter R. (1979): Supplementary motor area in the monkey: activity of neurons during performance of a learned motor task. *Journal of Neurophysiology*, 42, 681-709.
- Donchin O., Gribova A., Steinberg O., Bergman H., Cardoso de Oliveira S., Vaadia E. (2001). Local field potentials related to bimanual movements in the primary and supplementary motor cortices. *Experimental Brain Research*, 140, 45-55.
- Donchin O., Gribova A., Steinberg O., Bergman H., Vaadia E. (1998). Primary motor cortex is involved in bimanual coordination. *Nature*, 395, 274-278.
- Eysenck, H. J. (1959). *Manual for the Maudsley Personality Inventory*. London: University of London Press.
- Fu Q. G., Flament D., Coltz J. D., and Ebner T. J. (1995). Temporal encoding of movement kinematics in the discharge of primate primary motor and premotor neurons. *Journal of Neurophysiology*, 73(2), 836-854.
- Georgopoulos, A. P. (1995). Current issues in directional motor control. *Trends in Neuroscience*, 18, 506-510.
- Halsband U., Ito N., Tanji J., and Freund H. J. (1993). The role of premotor cortex and the supplementary motor area in the temporal control of movement in man. *Brain*, 116, 243-266.
- Chen C., Thaler D., Nixon P. D., Stern C. E., Passingham E. (1995). The function of the medial premotor cortex. *Brain Research Bulletin*, 102, 461-473.
- Jones E. G., Coulter J. D., Burton H., and Porter R. (1977). Cells of origin and terminal distribution of corticostriatal fibers arising in the sensory-motor cortex of monkeys. *The Journal of Comparative Neurology*, 173, 53-80.
- Kermadi I., Liu Y., Rouiller E. M. (2000). Do bimanual motor actions involve the dorsal premotor (PMd), cingulate (CMA) and posterior parietal (PC) cortices? Comparison with primary and supplementary motor cortical areas. *Somatosensory and Motor Research*, 17, 255-71.
- Králíček, P. (2002). *Úvod do speciální neurofyzologie*. Praha, Karolinum.
- Kulišťák, P. (2003). *Neuropsychologie*. Praha, Portál.
- Kuypers H. G. and Lawrence D. G. (1967). Cortical projections to the red nucleus and the brain stem in the Rhesus monkey. *Brain Research Bulletin*, 4, 151-188.
- Lang W., Lang M., Podreka I., Steiner M., Uhl F., Suess E., Muller C., and Deecke L. (1988). DC-potential shifts and regional cerebral blood flow reveal frontal cortex involvement in human visuomotor learning. *Experimental Brain Research*, 71, 353-364.
- Lang W., Obrig H., Lindinger G., Cheyne D., and Deecke L. (1990). Supplementary motor area activation while tapping bimanually different rhythms in musicians. *Experimental Brain Research*, 79, 504-514.
- Luppino G., Matelli M., Camarda R. M., Gallese V., and Rizzolatti G. (1991). Multiple representations of body movements in mesial area 6 and the adjacent cingulate cortex: an intracortical microstimulation study in the macaque monkey. *The Journal of Comparative Neurology*, 311, 463-482.
- Luppino G., Matelli M., Camarda R., and Rizzolatti G. (1994). Corticospinal projections from mesial frontal and cingulate areas in the monkey. *NeuroReport*, 5, 2545-2548.
- Mechling, H. (2003). Zu Gegenstand und Geschichte der Bewegungswissenschaft. In: H. Mechling & J. Munzert (Eds.). *Handbuch Bewegungswissenschaft – Bewegungslehre*. Schorn-dorf, Hofmann.
- Mechling, H. & Effenberg, A. O. (2006). Motorische Entwicklung. In: M. Tietjens & B. Strauß (Eds.), *Handbuch Sportpsychologie*. Schorn-dorf, Hofmann.
- Porter R. (1990). The Kugelberg lecture. Brain mechanisms of voluntary motor commands - a review. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 76, 282-293.
- Říčan, P. (1977). *Úvod do psychometrie*. Bratislava: Psychodiagnostické a didaktické testy.
- Scott S. H., Sergio L. E., and Kalaska J. F. (1997). Reaching movements with similar hand paths but different arm orientations. II. Activity of individual cells in dorsal premotor cortex and parietal area 5. *Journal of Neurophysiology*, 78, 2413-2426.
- Schwartz A. B., Kettner R. E., and Georgopoulos A. P. (1988). Primate motor cortex and free arm movements to visual targets in three-dimensional space. I. Relations between single cell discharge and direction of movement. *Journal of Neurophysiology*, 8, 2913-2927.
- Tanji J., Kazuhiko O., Kazuko C. S. (1988). Neuronal activity in cortical motor areas related to ipsilateral, contralateral, and bilateral digit movements of the monkey. *Journal of Neurophysiology*, 60, 325-343.
- Thomas, R. T., Nelson, K. N. & Silverman, S. J. (2003). *Research methods in physical activity*. Champaign: Human Kinetic.

Uhl F., Kornhuber A. W., Wartberger P., Lindinger G., Lang W., and Deecke L. (1996). Supplementary motor area in spatial coordination of bilateral movements: a new aspect to "the SMA debate"? *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 101, 469-477.

Viallet F., Massion J., Massarino R., and Khalil R. (1992). Coordination between posture and movement in a bimanual load lifting task: putative role of a medial frontal region including the supplementary motor area. *Experimental Brain Research*, 88, 674-684.

Wiesendanger M., Hummelsheim H., Bianchetti M., Chen D. F., Hyland B., Maier V., and Wiesendanger R. (1987). Input and output organization of the supplementary motor area. *Ciba Foundation symposium*, 132, 40-62.

Wiesendanger M., Kaluzny P., Kazennikov O., Palmeri A., and Perrig S. (1994): Temporal

coordination in bimanual actions. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 72, 591-594.

Wiesendanger M., Rouiller E. M., Kazennikov O., and Perrig S. (1996). Is the supplementary motor area a bilaterally organized system? *Advances in Neurology*, 70, 85-93.

Yerkers, R. M. & Dodson, J. D. (1908). The Relationship of Strength of Stimulus to Rapidity of Habit Formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459-482.

Mgr. Daniela Benešová
KTV FPE ZČU v Plzni
Klatovská tř. 51
301 00 Plzeň
dbenesov@ktv.zcu.cz