

## ZASTOSOWANIE POMIARÓW SIŁY REAKCJI W CHRONOMETRII UMYSŁOWEJ. CZ. II\*

PIOTR JAŚKOWSKI

Instytut Psychologii

WSP Bydgoszcz

### APPLICATION OF RESPONSE FORCE IN MENTAL CHRONOMETRY. PART II

**Summary:** The paper reviews critically four hypotheses proposed to account for results concerning the force used by participants to press a response key (response force): compensation, overshoot, neuromotor-noise and common-code hypothesis. Even with some additional assumption none of them can account fully for all the data gathered so far.

### Wprowadzenie

Siła, z jaką uczestnik naciska na klucz pomiarowy w doświadczeniu, w którym zadaniem jest szybka reakcja na ustalone bodźce, nazywana jest siłą odpowiedzi. W ciągu ostatnich kilku lat stwierdzono, że siła odpowiedzi zależy od wielu czynników psychologicznych, takich jak natężenie bodźca (np. Angel, 1973; Jaśkowski, Rybarczyk, Jaroszyk i Lemański, 1995), czas między bodźcem ostrzegawczym a zasadniczym (Giray, 1990, Ulrich i Mattes, 1996), nacisk czasowy (Jaśkowski, Verleger i Wascher, 1994a; Van der Lubbe, Jaśkowski, Wauschkuhn i Verleger, złożona do druku), prawdopodobieństwo pojawienia się bodźca (Mattes, Ulrich i Miller 1997) itp. Zjawiska te w ostatnich latach zostały poddane bardzo wnikliwym badaniom eksperymentalnym. Starano się w nich odpowiedzieć na dwa podstawowe pytania.

1. Z fizjologii wiadomo, że stany psychologiczne stowarzyszone są z procesami fizjologicznymi. Np. uczucie strachu prowadzi do wydzielania adrenaliny do krwi i w konsekwencji do szeregu reakcji fizjologicznych (m.in. przyspieszenia akcji serca, pobudzenia przemiany materii itp.), których ogólną funkcją jest przystosowanie organizmu do walki. W odniesieniu do zagadnienia siły odpowiedzi istotne jest pytanie, jaką funkcję w organizmie spełnia taki mechanizm regulacji siły?

2. Jaki jest mechanizm regulacji i kontroli poziomu siły odpowiedzi?

Wyniki omówione w części pierwszej tego artykułu wskazują, że istotnym czynnikiem wpływającym na wielkość siły reakcji jest ogólne wzbudzenie. Uczestnicy reagują silniej, gdy są pod wpływem presji czasowej (gdy czas na wykonanie reakcji jest

---

\* Część I tego opracowania ukazała się w tomie 3 numer 2 *Forum Psychologicznego*.  
Praca finansowana z grantu KBN HOIF 00315.

ograniczony) (Jaśkowski i wsp., 1994a; Jaśkowski, Van der Lubbe, Wauschkuhn, Wauscher i Verleger, złożona do druku; Van der Lubbe, Jaśkowski, Wauschkuhn i Verleger, złożona do druku) oraz gdy w trakcie doświadczenia aplikowane są nieprzyjemne bodźce elektryczne, które nie niosą relewantnych informacji na temat zadania psychoruchowego (Jaśkowski, Wróblewski, Hojan-Jeziarska, 1994b). Wyniki tego rodzaju spowodowały, że zagadnienie regulacji siły odpowiedzi próbowano wyjaśnić w ramach popularnego modelu zasobów energetycznych zaproponowanego przez Pribrama i McGuinnessa (1980) i rozwiniętego następnie przez Sandersa (1983). Jednak już pierwsze wyniki badań siły odpowiedzi wykazały, że próby takie nie powiodą się. Po raz pierwszy wykazał to dobitnie Jaśkowski i Verleger (1993), których doświadczenie zostało omówione w pierwszej części niniejszej pracy (Jaśkowski, 1998).

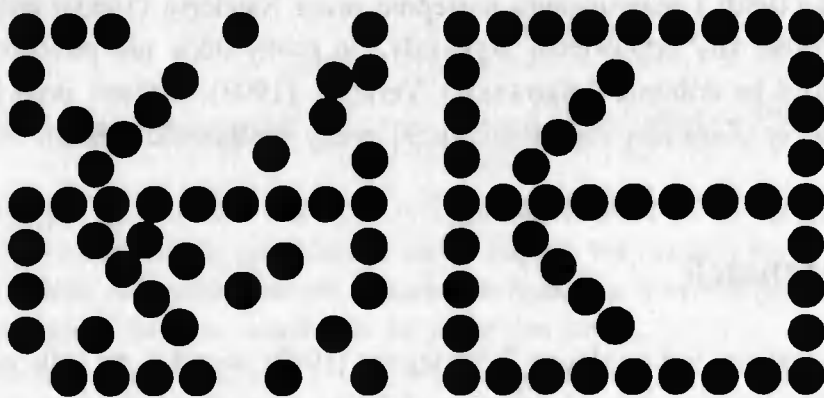
## Model kompensacji

Z doświadczenia Jaśkowskiego i Verlegera (1993) wynika, że jeśli przygotowanie odpowiedzi ruchowej jest słabe, konieczne staje się zaangażowanie większej liczby jednostek ruchowych. Możliwą przyczyną takiego zjawiska jest fakt, jak sugerowali autorzy, że w warunkach stresu wywołanego pojawieniem się bodźca w nieoczekiwanym momencie, obserwatorzy próbują skompensować swoją subiektywną powolność za pomocą bardziej dynamicznej odpowiedzi. Koncepcja ta była kilkakrotnie modyfikowana w następnych pracach (Jaśkowski i wsp., 1994a; Jaśkowski i Włodarczyk, 1997). Autorzy tej koncepcji sugerują, że w momencie detekcji bodźca, obserwator dokonuje natychmiastowej ewaluacji czasu potrzebnego do wykonania odpowiedzi oraz stopnia zaawansowania przygotowania odpowiedzi. Te dwa czynniki mogą na bieżąco modyfikować wzbudzenie/aktywację zgodnie z wymaganiami zadania. Tak więc, słabe przygotowanie wywołuje większy poziom wzbudzenia i/lub aktywacji, co prowadzi do wzrostu siły odpowiedzi. Hipotezę tę nazwano hipotezą kompensacyjną (Jaśkowski i wsp., złożona do druku).

Model ten zgadza się z podstawowymi faktami dotyczącymi siły odpowiedzi. Po pierwsze, przejmuje z modelu zasobów energetycznych założenie, że za regulację siły odpowiedzi odpowiedzialna jest aktywacja i/lub wzbudzenie. Po drugie, daje wyjaśnienie dla drugiej grupy wyników, tj. wyjaśnia wzrost siły odpowiedzi na bodźce, na które reakcja była w chwili prezentacji źle przygotowana. Chodzi tu głównie o prace na temat niepewności czasowej (Jaśkowski i Verleger, 1993; Mattes i Ulrich, 1996; Mattes i wsp., 1997) oraz błędnej informacji ostrzegawczej w doświadczeniu z paradigmatem S1-S2 (Jaśkowski i wsp., złożona do druku).

Dodatkowo na potwierdzenie hipotezy kompensacji można wspomnieć niedawne badania Jaśkowskiego i Włodarczyka (1997). Wykonali oni doświadczenie, w którym mierzono czas reakcji i siłę reakcji na bodźce w postaci nietkniętej (*intact*) i zdegradowanej (*degraded*) (rys. 1). Choć degradacja bodźca uważana jest za zmienną od-

działającą na jeden z początkowych etapów przetwarzania, stwierdzono, że siła odpowiedzi jest większa w przypadku bodźców zdegradowanych. Ten wynik łatwo wytłumaczyć w ramach hipotezy oceny koniecznego czasu odpowiedzi. Istotnie, w przypadku bodźców zdegradowanych obserwator kompensuje opóźnienie wywołane powolniejszym przetwarzaniem bodźca na etapie jego rozpoznawania poprzez bardziej dynamiczną reakcję.



Rys. 1. Bodźce zastosowane w pracy Jaśkowskiego i Włodarczyka (1997). Zadaniem obserwatora była reakcja prawą lub lewą ręką w zależności od tego, w którą stronę wskazywała strzałka. Po prawej stronie rysunku pokazano strzałkę w formie nietkniętej, po lewej w formie zdegradowanej

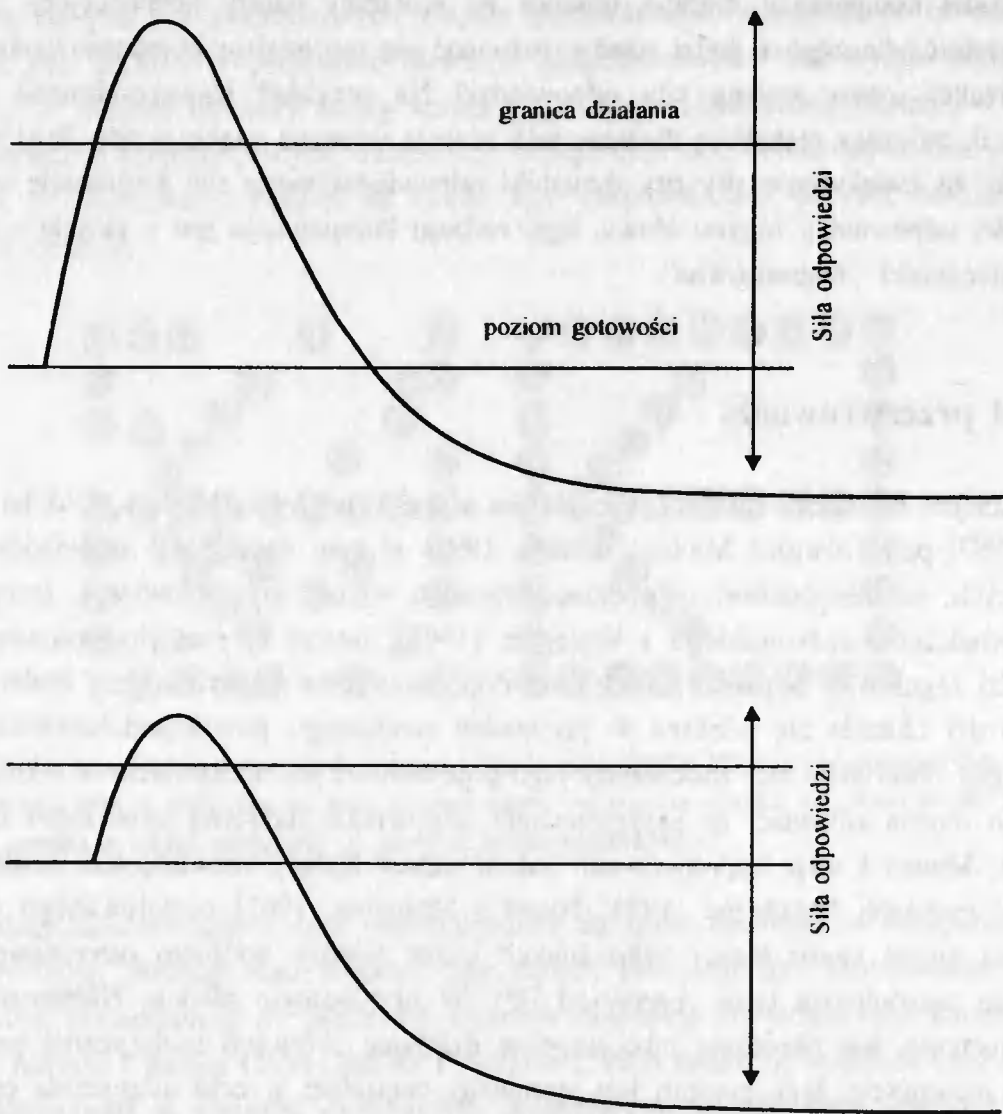
Model Jaśkowskiego i wsp. natrafia jednak na spore trudności w interpretacji innych wyników. Według tego modelu czas reakcji powinien być skorelowany z siłą odpowiedzi przynajmniej na poziomie średnich wartości. To jednak nie zawsze jest faktem. Abrams i Balota (1991, Balota i Abrams (1995) badali na przykład czas reakcji i siłę odpowiedzi w zadaniu leksykalnym polegającym na określeniu, czy dany ciąg liter jest słowem czy nie. Reakcje uczestników okazały się tym szybsze, gdy prezentowane słowo było popularne i wolniejsze po prezentacji rzadkiego słowa lub bezsensownego łańcucha liter. Równocześnie okazało się, że uczestnicy odpowiadają bardziej dynamicznie na słowa popularne niż na rzadkie lub na bezsensowne łańcuchy liter. Jest to wynik dokładnie przeciwny do oczekiwanego na podstawie modelu kompensacji. Podobnie trudno wytłumaczyć brak zmian siły odpowiedzi w zależności od skomplikowania zadania. Jaśkowski i wsp. (Jaśkowski i Włodarczyk, 1997; Włodarczyk i Jaśkowski, w przygotowaniu; Van der Lubbe i wsp., złożona do druku) oraz Miller i wsp. (1999) badali siłę i czas odpowiedzi dla zadań psychoruchowych różniących się stopniem złożoności: reakcję prostą, z wyborem, dysjunktywną i paradygmat Simona. Na ogół stwierdza się, że siła odpowiedzi jest niezależna od zadania. Jeśli już pojawiają się jakieś statystycznie znamienne różnice, są one przeciwne do spodziewanych. Np. Miller i wsp. (1999) w jednym z doświadczeń pokazali, że siła odpowiedzi była mniejsza dla reakcji z wyborem niż dla reakcji dysjunktywnej, choć to drugie zadanie jest niewątpliwie prostsze.

Model kompensacji natrafia również na problemy natury koncepcyjnej. Trudno jest wyjaśnić, dlaczego u ludzi miałby rozwinąć się mechanizm kompensowania szybkości reakcji przez zmiany siły odpowiedzi? Na przykład Kawabe-Himeno (1993) stwierdził, że czasy reakcji są dłuższe, jeśli reakcja wymaga większej siły. Stąd wynika wniosek, że zwiększenie siły czy dynamiki odpowiedzi wcale nie gwarantuje wzrostu szybkości odpowiedzi. Innymi słowy, tego rodzaju kompensacja jest z punktu widzenia jej użyteczności „bezsensowna”.

## Model przesterowania

Kolejna hipoteza została przedstawiona niedawno przez Mattesa, Ulricha i Millera (1997; patrz również Mattes i Ulrich, 1997) w celu wyjaśnienia doświadczeń pokazujących, że niespodziewany bodziec powoduje wzrost siły odpowiedzi. Inaczej niż w doświadczeniu Jaśkowskiego i Verlegera (1993), uczeni ci stan przygotowania odpowiedzi regulowali poprzez zmianę prawdopodobieństwa pojawienia się bodźca. Siła odpowiedzi okazała się większa w przypadku mniejszego prawdopodobieństwa, czyli wtedy gdy obserwator był zaskoczony jego pojawieniem się. Oczywiście w takich przypadkach można zakładać, że przygotowanie odpowiedzi ruchowej było słabo zaawansowane. Mattes i wsp. zaproponowali zatem model będący rozwinięciem modelu gotowości ruchowej Näätänen (1971; Niemi i Näätänen, 1981) postulowanego do wyjaśnienia zmian czasu reakcji jako funkcji czasu między bodźcem ostrzegawczym a bodźcem zasadniczym (ang. *foreperiod* FP). W oryginalnym modelu Näätänen gotowość ruchowa jest określona jako wspólne działanie aktywacji motorycznej oraz rozkazów ruchowych. Jego poziom jest sterowany centralnie w celu utrzymania optymalnego poziomu przygotowania ruchu. Jawna reakcja pojawia się, gdy poziom gotowości przekroczy pewną wartość progową, która nazywana jest granicą działania. Im lepsze jest przygotowanie do ruchu, tym mniejsza jest odległość między aktualną wartością gotowości ruchowej i granicą działania. Kiedy pojawia się bodziec, więcej impulsów pobudzających dociera z „centrum sterowania” i gotowość przekracza granicę działania. Czas reakcji zależy od odległości między gotowością a granicą działania, przy czym jest on krótszy dla mniejszych odległości.

Aby wyjaśnić swoje wyniki Mattes i in. (1997) wprowadził pewne dodatkowe założenia do modelu Näätänen (rys. 2). Zgodnie z ich wersją modelu, którą będziemy nazywali modelem przesterowania, siła odpowiedzi jest wprost proporcjonalna do wielkości aktywacji motorycznej oraz szybkość aktywacji ruchowej po pojawieniu się bodźca jest większa, kiedy większa jest odległość do granicy działania. Większa odległość między gotowością ruchu a granicą działania wymaga większego przyrostu aktywacji motorycznej do osiągnięcia granicy. Najważniejszym punktem teorii jest założenie, że im większa jest odległość do pokonania, tym pojawi się większe przesterowanie. To z kolei oznacza większą siłę nacisku.



Rys. 2. Model przesterowania. Siła odpowiedzi jest wprost proporcjonalna do wielkości aktywacji motorycznej oraz szybkość aktywacji motorycznej po pojawieniu się bodźca jest większa, kiedy odległość do granicy działania jest większa. Większa odległość między gotowością ruchu a granicą działania wymaga większego przyrostu aktywacji motorycznej do osiągnięcia granicy. Im większa jest odległość do pokonania, tym większe pojawia się przesterowanie. To z kolei prowadzi do większej siły nacisku

Model ten z powodzeniem wyjaśnia niewielką wartość siły i krótki czas reakcji w przypadku dobrze przygotowanych odpowiedzi oraz duże wartości siły oraz długie czasy reakcji w przypadku słabo przygotowanych odpowiedzi. W oryginalnym sformułowaniu nie wspomina się o tym, jak wyjaśnić w ramach tego modelu wpływ czynników wzbudzających, takich jak nacisk czasowy (np. Jaśkowski i wsp., 1994a) albo nierelevantny bodziec elektryczny (Jaśkowski i wsp., 1994b). Aby poradzić sobie z tego typu wynikami, konieczne jest wprowadzenie dodatkowych założeń. Możliwe jest

na przykład przyjęcie (Jaśkowski i wsp., złożona do druku), że szybkość aktywacji jest regulowana przez ogólne wzbudzenie. Inna możliwość (Jaśkowski i wsp., złożona do druku) mówi o tym, że presja czasowa może zwiększyć ogólne wzbudzenie, które prowadzi do wzrostu poziomu szumu w układzie ruchowym. Konsekwencją wzrostu amplitudy przypadkowych fluktuacji jest możliwość pojawienia się przedwczesnych reakcji. Aby ich uniknąć obserwatorzy mogą intencjonalnie zwiększać odległość między poziomem gotowości i granicą działania. Przy takim założeniu możliwe jest wyjaśnienie większej siły odpowiedzi w warunkach nacisku czasowego, jednakże implikuje ono również dłuższe czasy reakcji, co jest niezgodne z doświadczeniem. Należy zatem założyć dalej rozszerzając tę hipotezę, że ogólne wzbudzenie podnosi ogólną szybkość przetwarzania informacji w ośrodkowym układzie nerwowym.

W celu pełniejszego wyjaśnienia wyników doświadczalnych, oryginalna koncepcja Mattesa i wsp. (1997) wymaga uzupełnienia z jeszcze jednego powodu. Konieczne jest założenie, że parametry modelu mogą zmieniać się w trakcie trwania reakcji, tj. po zadziałaniu bodźca zasadniczego. W oryginalnym modelu przesterowania zakłada się, że siła odpowiedzi zdeterminowana jest odległością między poziomem gotowości ruchowej i granicą działania, zaś gotowość określa sytuacja w momencie pojawienia się bodźca zasadniczego. Tymczasem Jaśkowski i wsp. (złożona do druku) wykonali doświadczenie, które pokazuje, że na wielkość siły odpowiedzi mogą wpływać informacje zawarte w S2. W doświadczeniu tym bodziec S1 dostarczał wskazówki sugerującej, którą ręką najprawdopodobniej trzeba będzie odpowiedzieć na S2. Informacja ta była prawdziwa w 80 % przypadków. S2 natomiast informował, którą ręką należy odpowiedzieć na bodziec oraz czy wymagana jest szybka odpowiedź, czy raczej bezbłędna. Zatem nacisk czasowy nie był stały w całej sesji pomiarowej, lecz zmieniał się od próbki do próbki.

Zgodnie z hipotezą przesterowania siła odpowiedzi nie powinna zależeć od tego, czy bodziec wymagał przyspieszonej czy bezbłędnej reakcji. W rzeczywistości bodźce niosące informację o nacisku czasowym, wywoływały silniejszą reakcję obserwatorów. Tak więc, podobnie jak w modelu kompensacji, konieczne wydaje się założenie o istnieniu jakiegoś rodzaju sprzężenia zwrotnego, które może regulować np. poziom wzbudzenia, gotowość ruchową czy inne parametry modelu<sup>1</sup> w trakcie trwania reakcji.

<sup>1</sup> Z badań omówionych w cz. I tej pracy wynika, że parametry bodźca zasadniczego (np. natężenie) mogą wpływać na siłę odpowiedzi. Efekt ten wyjaśnia się ich wzbudzającym działaniem. Wydaje się zatem, że założenie o tym, że parametry modelu mogą ulegać zmianie na skutek ogólnego wzbudzenia jest wystarczające, aby wyjaśnić omawiane doświadczenie Jaśkowskiego i wsp. Zwróćmy jednak uwagę, że bodziec S2 w tym doświadczeniu nie jest wzbudzający (tak jak na przykład głośny dźwięk) tak długo, dopóki nie zostanie rozszyfrowana informacja w nim zawarta.

## Model szumu neuromotorycznego

Na początku lat 90. Van Galen i wsp. rozpoczęli badania siły, z jaką uczestnik doświadczenia naciska na pióro podczas pisania lub wykonywania ruchu skierowanego. Jednym z badanych czynników była presja czasowa, która powodowała, że uczestnicy przyciskali pióro silniej w przypadkach, gdy presji takiej nie wywierano. Stwierdzono również, że zwiększenie nacisku pióra na podłoże powodują również inne czynniki stresujące, takie jak nerelewantny silny szum akustyczny (stres fizyczny), zwiększenie trudności wykonywanego zadania albo konieczność wykonywania zadania pierwotnego równocześnie z zadaniem wtórnym – np. rachowania w pamięci (stres mentalny).

W 1995 roku Van Galen i De Jong (1995) zaproponowali teorię, która miała na celu wyjaśnienie zjawiska zmiany siły nacisku na pióro podczas pisania. Zauważyli oni w trakcie wcześniejszych badań, że stres wywołuje usztywnienie kończyn na skutek równoczesnej aktywacji mięśni agonistycznych i antagonistycznych. Ta obserwacja zainspirowała ich do zaproponowania modelu, zgodnie z którym sytuacja stresowa powoduje wzrost poziomu szumu neuromotorycznego, na który wpływa stymulacja zmysłowa, bodźce ostrzegawcze, a także mechanizm wysiłku (Van Gemmert i Van Galen, 1997). Chociaż zwiększony poziom aktywności neuromotorycznej zwiększa ogólną wydajność przetwarzania systemu, prowadzi równocześnie do zmniejszenia stosunku sygnału do szumu. Jednakże zmniejszenie się tego stosunku mogłoby spowodować pojawienie się przedwczesnych reakcji i tremoru, objawów, które często towarzyszą wzbudzeniu. Aby zoptymalizować stosunek sygnału do szumu i zapobiec takim objawom organizm dokonuje wytłumienia i odfiltrowania szumu poprzez zwiększenie napięcia mięśni przeciwstawnych kończyny.

Model ten przede wszystkim bardzo dobrze tłumaczy dane uzyskane w badaniach nacisku wywieranego na pióro (Van Gemmert i Van Galen, 1997; Van Gemmert i Van Galen, 1998; Van Den Heuvel, Van Galen, Teulings, Van Gemmert, 1998). Jednakże choć oryginalnie zaproponowany dla opisywania ruchów skierowanych, mógłby zostać łatwo zaadaptowany do ruchów balistycznych, takich jak nacisk palca na klucz pomiarowy w badaniach czasu reakcji.

Usztywnienie kończyny postulowane przez Van Galena i De Jonga (1995) może wyjaśnić sporą część wyników uzyskanych w badaniach siły odpowiedzi, szczególnie efekt czynników stresujących takich jak nacisk czasowy. Ponadto sztywność kończyny może być kontrolowana intencjonalnie, tak aby stawić czoła wymaganiom zadania. Hipoteza szumu neuromotorycznego postuluje zatem rodzaj mechanizmu kompensującego, jednakże w przeciwieństwie do modelu Jaśkowskiego i Verlegera (1993), jego zadaniem jest redukcja szumu neuromotorycznego, który w przeciwnym razie mógłby prowadzić do niepożądanych efektów, takich jak tremor czy inne oznaki niepokoju ruchowego. Wreszcie najnowsze badania (Van Den Heuvel i wsp., 1998) wskazują, że proces adaptacji mięśni prowadzący do usztywnienia jest bardzo elastyczny. Wy-

kazano to w doświadczeniu, w którym uczestnicy po pojawieniu się bodźca musieli szybko napisać zadany ciąg liter. Bodziec jednak określał, jakiej wielkości powinny być litery, lub pod jakim kątem powinny być napisane. Wzrost trudności zadania (większe niż normalnie litery lub inne pochylenie pisma) wywoływały większy nacisk pióra na podłoże, mimo że informacja o wymaganiach zadania dostarczana była wraz z bodźcem zasadniczym. Dzięki tej elastyczności możliwe jest wyjaśnienie wyników badań, w których stwierdzono większą siłę odpowiedzi w przypadkach, gdy reakcja była nieprzygotowana: podobnie jak w hipotezie kompensacji konieczność przeprogramowania odpowiedzi, np. po odkryciu, że S1 dostarczył fałszywej wskazówki jest czynnikiem wzbudzającym i wywołuje wzrost poziomu szumu neuromotorycznego.

Niestety, podobnie jak w modelu kompensacji należałoby oczekiwać, że wzrost złożoności zadania prowadzi każdorazowo do wzrostu siły odpowiedzi. Jak wspomniano przy omawianiu hipotezy kompensacji, niezależnie od złożoności zadania ruchowego, siła odpowiedzi pozostaje na tym samym poziomie. Zagadnienie to wymaga pilnego wyjaśnienia. Ponadto istotne wydaje się przeprowadzenie badań, w których obok siły odpowiedzi mierzono by równoległe aktywność mięśni przeciwstawnych. Pozwoliłoby to na ustalenie, czy zmianie siły odpowiedzi każdorazowo odpowiada zmiana sztywności kończyny.

## **Podsumowanie: hipoteza wspólnego kodu**

Żadna z omówionych powyżej hipotez nie potrafi wyjaśnić wszystkich zmian siły odpowiedzi, które zostały opisane w badaniach doświadczalnych. Niewątpliwym wydaje się fakt, że siła odpowiedzi regulowana jest poziomem ogólnego wzbudzenia, oraz że koniecznym jest założenie o istnieniu bardzo szybkiej pętli sprzężenia zwrotnego, która dokonuje korekty siły odpowiedzi w trakcie trwania reakcji czyli w ciągu zaledwie kilkuset milisekund. Z punktu widzenia pojęciowego i biomechanicznego najlepszym modelem jest model szumu neuromotorycznego. Hipoteza kompensacji natrafia przede wszystkim na problemy koncepcyjne. Natomiast hipotezę przesterowania w oryginalnej postaci sformułowano nader ogólnikowo, pozostawiając zbyt wiele miejsca na arbitralne uzupełnienia i spekulacje, których próbkę przedstawiono w tej pracy. Z drugiej strony takie nadmiernie ogólne sformułowanie czyni tę hipotezę niezwykle elastyczną i trudną do sklasyfikowania.

Na zakończenie warto przedstawić krótko hipotezę wspólnego kodu zaproponowaną przez Ulricha i Mattesa (1996). Ma ona marginalne znaczenie w wyjaśnianiu zjawiska siły odpowiedzi, jednakże moim zdaniem jest intrygująca.



Ulrich i Mattes (1996) przeprowadzili serię doświadczeń, w których badali wpływ natężenia bodźca ostrzegawczego i długości okresu między bodźcem ostrzegawczym a zasadniczym (FP) na siłę reakcji. Na podstawie hipotezy zasobów energetycznych (patrz: Jaśkowski, 1998) oczekiwali zwiększenia siły odpowiedzi po silnych akustycznych bodźcach ostrzegawczych, ale nie po bodźcach wzrokowych. Ponadto sygnał ostrzegawczy powinien wywoływać zwiększoną aktywację tylko przejściowo, a zatem dla dłuższych interwałów FP efekt bodźca ostrzegawczego na siłę odpowiedzi powinien zanikać. Silniejsze akustyczne bodźce ostrzegawcze prowadziły rzeczywiście do większej siły; taki efekt wywoływały również silniejsze bodźce wzrokowe. Ponadto siła odpowiedzi była powiększona nawet dla bardzo długich interwałów między bodźcami (1600 ms). Aby wyjaśnić uzyskane wyniki, Ulrich i Mattes zaproponowali hipotezę, która opiera się na odkryciach Romaguere i wsp. (1993).

Romaguere i wsp. (1993) przeprowadziła doświadczenia, w których uczestnicy odpowiadali, przyciskając silnie lub słabo klucz pomiarowy w zależności od tego, czy bodziec miał duże, czy małe natężenie. Wprowadzono dwa odwzorowania S-R (bodziec-reakcja). W odwzorowaniu kompatybilnym silna reakcja miała być generowana w odpowiedzi na silny bodziec, a słaba na słaby. W odwzorowaniu niekompatybilnym przyporządkowanie S-R było odwrócone. Szybsze reakcje stwierdzono dla kompatybilnego odwzorowania S-R. Autorzy przypisali ten efekt procesowi symbolicznego tłumaczenia (ang. *translation*), który wiąże charakterystykę bodźca z charakterystyką odpowiedzi. Tego typu wspólne kodowanie jest aktualnie przedmiotem wielu interesujących badań (patrz np. Hommel, Müsseler, Aschersleben i Priny, 1998; Müsseler, 1999; Stoet i Hommel, złożone do druku; Strümer, Aschersleben, i Prinz, złożone do druku).

Ulrich i Mattes (1996) założyli, że tego typu kompatybilność S-R jest odpowiedzialna za zmiany siły odpowiedzi. Twierdzą oni, że „subjects code the intensity of the visual signal as weak or strong and assimilate the level of force output with the coded intensity level” (p. 987). Hipoteza ta z powodzeniem tłumaczy efekt natężenia i modalności bodźca ostrzegawczego oraz odstępu między bodźcem ostrzegawczym a zasadniczym, jak również co najmniej częściowo wpływ natężenia bodźca zasadniczego. Niestety wydaje się, że zarówno wcześniejsze wyniki Jaśkowskiego i Verlegera (1993), jak i ostatnie wyniki Mattesa i wsp. (Mattesa, Ulricha i Millera, 1997; Mattesa i Ulricha) nie dają się interpretować w kategoriach tej hipotezy. Nie jest jednak wykluczone, że wielkość siły odpowiedzi nie jest regulowana wyłącznie jednym czynnikiem i podobnie jak długość czasu reakcji jest sumarycznym efektem wielu procesów zachodzących między bodźcem a reakcją.

## LITERATURA CYTOWANA

- Abrams, R.A., Balota, D.A. (1991). Mental chronometry. Beyond reaction time. *Psychological Science*, 2, 152-157.
- Angel, A. (1973). Input-output relations in simple reaction time experiments. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 15, 171-181.
- Balota, D., Abrams, R.A. (1995). Mental chronometry: beyond onset latencies in the lexical decision task. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory and Cognition*, 21, 1289-1302.
- Giray, M. (1990). *Über die Aktivierung der menschlichen Motorik: Theoretische und experimentelle Analysen bei Reaktionsaufgaben*. Rozprawa doktorska, Eberhard-Karls-Universität, Tübingen.
- Hommel, B., Müsseler, J., Aschersleben, G., Prinz, W. (1998). *The theory of event coding (TEC). A framework for perception and action* (3/1998). München: Max Planck Institute for Psychological Research.
- Jaśkowski, P. (1998). Zastosowanie pomiarów siły reakcji w chronometrii umysłowej. Cz. I. *Forum Psychologiczne*, 3, 203-215.
- Jaśkowski, P., Verleger, R. (1993). A clock paradigm to study the relationship between expectancy and response force. *Perceptual and Motor Skills*, 77, 163-174.
- Jaśkowski, P., Verleger, R., Wascher E. (1994a). Response force and reaction time in simple reaction task under time pressure. *Zeitschrift für Psychologie*, 202, 405-413.
- Jaśkowski, P., Wróblewski, M., Hojan-Jeziarska, D. (1994b). Impending electrical shock can affect response force a simple reaction task. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 995-1002.
- Jaśkowski, P., Rybarczyk, K., Jaroszyk, F., Lemański, D. (1995). The effect of stimulus intensity on force output in simple reaction time task in human. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 55, 57-64.
- Jaśkowski, P., Włodarczyk, D. (1997). Effect of sleep deficit, knowledge of results, and stimulus quality on reaction time and response force. *Perceptual and Motor Skills*, 84, 563-572.
- Jaśkowski, P., Van der Lubbe, R., Wauschkuhn, B., Wascher, E., Verleger, R. (złożona do druku). Influence of time pressure on response force and S1-S2 paradigm.
- Kawabe-Himeno, S. (1993). Effects of force output and preparatory period on fractionated reaction time. *Perceptual and Motor Skills*, 76, 415-424.
- Müsseler, J. (w druku). How independent from action control is perception? An event coding account for more-equally-ranked crosstalks. In: G. Aschersleben, T. Bachmann, J. Müsseler (red.), *Cognitive Contributions to the Perception of Spatial and Temporal Events*. Elsevier Science B.V.
- Näätänen, R. (1971). Non aging fore-period and simple reaction time. *Acta Psychologica*, 35, 316-327.

- Niemi, P., Näätänen, R. (1981). Fore-period and simple reaction time. *Psychological Bulletin*, 49, 133-162.
- Mattes, S., Ulrich, R. (1997). Response force is sensitive to the temporal uncertainty of response stimuli. *Perception & Psychophysics*, 59, 1089-1097.
- Mattes, S., Ulrich, R., Miller, J. (1997). Effects of response probability on response force in simple RT. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A, 405-420.
- McGuinness, D., Pribram, K. (1980). The neuropsychology of attention: Emotional and motivational controls. In: M.C. Wittrick (Eds.), *The brain and psychology*. New York: Academic Press.
- Miller, J., Franz, V., Ulrich, R. (1999). Effects of auditory stimulus intensity on response force in simple, go-no-go and choice RT tasks. *Perception and Psychophysics*, 61, 107-119.
- Pribram, K.H., McGuinness, D. (1975). Arousal, activation and effort in the control of attention. *Psychological Review*, 82, 116-149.
- Romaiguere, P., Hasbroucq, T., Camille-Aime, P., Seal, J. (1993). Intensity to force translation: a new effect of stimulus-response compatibility revealed by analysis of response time and electromyographic activity of a prime mover. *Cognitive Brain Research*, 1, 197-201.
- Sanders, A.F. (1983). Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica*, 53, 61-97.
- Stoet, G., Hommerl, B. (złożona do druku). Action planning and the temporal binding of response codes.
- Strümer, B., Aschersleben, G., Prinz, W. (złożona do druku). Effects of correspondence between complex stimulus and response pattern.
- Ulrich, R., Mattes, S. (1996). Does immediate arousal enhance response force in simple reaction time? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 972-990.
- Van der Lubbe, R., Jaśkowski, P., Wauschkuhn, B., Verleger, R. (złożona do druku). The influence of time pressure on information processing in tasks varying in complexity.
- Van den Heuvel, C.E., van Galen, G.P., Teulings, H.L., van Gemmert, A. (1998). Axial pen force increases with processing demands in handwriting. *Acta Psychologica*, 100, 145-159.
- Van Galen, G.P., de Jong, W.P. (1995). Fitts' law as the outcome of a dynamic noise filtering model of motor control. *Human Movement Science*, 14, 539-571.
- Van Gemmert, A.W.A., van Galen (1997). Stress, neuromotor noise, and human performance: A theoretical perspective. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1299-1313.