

ZASTOSOWANIE POMIARÓW SIŁY REAKCJI W CHRONOMETRII UMYSŁOWEJ. CZ. I¹

PIOTR JAŚKOWSKI

Instytut Psychologii

WSP Bydgoszcz

APPLICATION OF RESPONSE FORCE IN MENTAL CHRONOMETRY. PART I

Summary. It has been demonstrated recently that the force used by participants to press a response key depends on stimulation conditions such as stimulus intensity, foreperiod duration etc. There are presented experimental results concerning response force and time and the model of energetic resources that was proposed to account for the results. It was shown that the model can successfully explain only a part of the results.

Wprowadzenie

Jednym z podstawowych narzędzi badawczych w psychologii eksperymentalnej, w szczególności w obrębie tzw. chronometrii umysłowej (ang. *mental chronometry*), jest pomiar czasu reakcji. Określa on czas trwania procesów zachodzących od chwili pojawienia się bodźca do chwili wystąpienia akcji stanowiącej odpowiedź na bodziec. Wydłużenie czasu reakcji może oznaczać, że albo rozpoznanie bodźca bądź wybór i przygotowanie właściwej odpowiedzi ruchowej wymaga bardziej skomplikowanych obliczeń.

Jak zauważa Luce (1986), trudno sobie wyobrazić, aby na podstawie pomiarów czasów realizacji różnych programów komputerowych można było wnosić na temat architektury komputera. W najlepszym razie z takich pomiarów można by się było czegoś domyśleć na temat ogólnej organizacji jego pracy. Tym niemniej pomiary czasów reakcji są bardzo popularnym narzędziem badawczym. Nie ulega jednak wątpliwości, że próba odpowiedzi na pytanie, jak działa umysł czy mózg człowieka

¹ Praca finansowana z grantu KBN HOIF 00315.

Korespondencję kierować pod adresem: Piotr Jaśkowski, Instytut Psychologii WSP Bydgoszcz, ul. Leopolda Staffa 1; 85-867 Bydgoszcz, tel. (052)375-54-14

jedynie na podstawie pomiarów czasów reakcji jest skazana na niepowodzenie. Dlatego też podejmowane są wysiłki w celu powiązania czasów trwania procesów percepcyjnych i ruchowych z innymi mierzalnymi parametrami fizjologicznymi, które mogą pomóc w bardziej szczegółowym zrozumieniu mechanizmów leżących u podstaw tych procesów. Wiadomo, że wielu procesom poznawczym towarzyszą zmiany fizjologiczne, takie jak zmiana rytmu serca czy oddechu. Śledzenie tych zmian w typowo psychologicznych paradygmatach badawczych, dostarcza cennych informacji na temat zachowania człowieka czy zwierzęcia.

Reakcja na bodziec jest zawsze związana z uruchomieniem określonej grupy mięśni. Tak więc nie jest ona pojedynczym zdarzeniem, lecz raczej procesem. Innymi słowy, w badaniach psychologicznych mierzymy zwykle czas do wystąpienia pewnego zdarzenia polegającego na zamknięciu (lub czasem otwarciu) obwodu elektrycznego klucza pomiarowego. Zdarzenie to przełożone na język fizjologiczny oznacza, że siła mięśni przyłożona do klucza pomiarowego przekroczyła pewną umowną wartość.

W ostatnich latach w wielu laboratoriach psychofizjologicznych stwierdzono jednak przydatność analizy całego procesu kontrakcji mięśni, którego efektem jest zamknięcie obwodu klucza pomiarowego (Np. Coles, Gratton, Bashore, Eriksen i Donchin, 1985; Jaśkowski i Verleger, 1993; Wascher, Verleger, Jaśkowski, Koch i Kömpf, 1997). Niniejsza praca stanowi przegląd tej części najnowszej literatury naukowej, która dotyczy intrygującej zależności maksymalnej siły wywieranej przez osobę badaną na klucz pomiarowy od zmiennych psychologicznych determinujących przebieg procesów poznawczych i aktywacyjnych.

Definicje

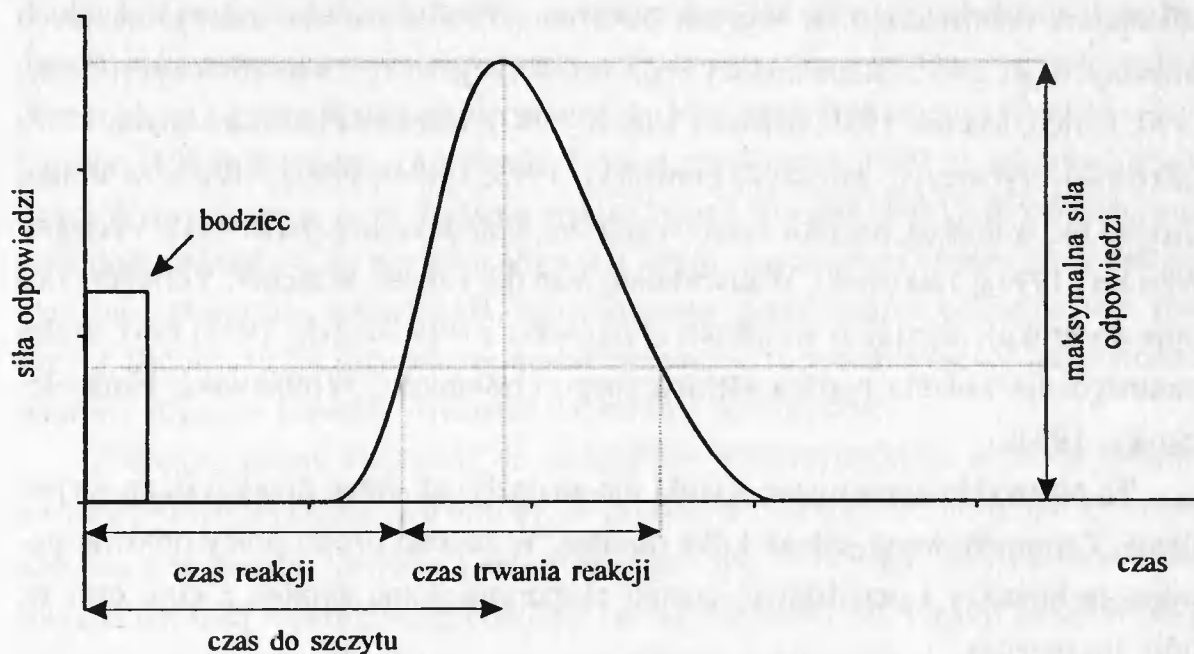
Typową krzywą odzwierciedlającą zmiany siły wywieranej przez osobę badaną na klucz pomiarowy w reakcji na pojawienie się bodźca przedstawiono na rys. 1. Do parametryzacji tej krzywej używa się zazwyczaj czterech wielkości. Są to:

(A) Czas reakcji – zdefiniowany jako czas od chwili pojawienia się bodźca do chwili, w której siła nacisku przekroczy pewną krytyczną wartość. W założeniach odpowiada to sytuacji spotykanej w typowych doświadczeniach z czasem reakcji, ponieważ obwód typowego klucza pomiarowego zamyka się, kiedy siła nacisku przekroczy pewną stałą wartość.

(B) Maksymalna siła odpowiedzi (ang. *force peak*) – maksymalna siła wywierana przez osobę badaną na klucz pomiarowy.

(C) Czas trwania reakcji – czas od chwili, w której siła przekroczyła wartość krytyczną, do chwili, w której wartość siły ponownie spadła poniżej wartości krytycznej.

Czasami definiuje się dodatkowe parametry, takie jak czas narastania czy opadania (Ulrich, Rinckenauer i Miller, w druku).



Rys. 1. Typowa krzywa ukazująca zmiany siły odpowiedzi w funkcji czasu od chwili pojawienia się bodźca

Pierwsze badania siły odpowiedzi

Pojawienie się bodźca zapoczątkowuje złożony łańcuch procesów w obrębie ośrodkowego układu nerwowego, który prowadzi do reakcji ruchowej. Utrzymuje się na ogół, że parametry fizyczne bodźca, takie jak np. jego natężenie, oddziałują tylko na pierwsze etapy przetwarzania informacji (przegląd literatury na ten temat można znaleźć w pracy Jaśkowskiego, 1996). W tym kontekście bardzo interesująca jest praca Angela (1973), który zbadał zależność siły odpowiedzi od natężenia

bodźca w zadaniu polegającym na reakcji prostej. Uzyskał on zaskakujący wynik: siła odpowiedzi rośnie wraz ze wzrostem natężenia bodźca, przy czym wynik ten był niezależny od modalności zastosowanego bodźca. Oznacza to, że natężenie bodźca wpływa na jeden z najpóźniejszych etapów przetwarzania informacji, mianowicie na proces generowania odpowiedzi ruchowej. Wynik ten niestety umknął uwadze psychologów poznawczych i psychofizjologów.

Badania siły odpowiedzi zostały na nowo podjęte dopiero na początku lat dziewięćdziesiątych (Giray, 1990; Jaśkowski, Verleger, 1993). Od tej chwili opisano kilkanaście doświadczeń, w których pokazano, że siła nacisku zależy od takich zmiennych, jak czas odstępu między bodźcem ostrzegawczym a zasadniczym (Giray, 1990; Ulrich, Mattes, 1996; Mattes i Ulrich, 1997), natężenia bodźca (Angel, 1973; Jaśkowski, Rybarczyk, Jaroszyk, Lemański, 1995; Miller, Franz, Ulrich, w druku; Ulrich i in., w druku), nacisku czasowego (ang. *time pressure*, Jaśkowski, Verleger, Wascher, 1994a; Jaśkowski, Wauschkuhn, Van der Lubbe, Wascher, Verleger, złożona do druku), wiedzy o wynikach (Jaśkowski i Włodarczyk, 1997) oraz irrelewantnego dla zadania bodźca elektrycznego (Jaśkowski, Wróblewski, Hojan-Jezińska, 1994b).

Te niezwykle interesujące wyniki nie znalazły jak dotąd przejrzystego wyjaśnienia. Zaproponowano jednak kilka hipotez. W dalszej części pracy omówię pokrótce te hipotezy i przedstawię wyniki eksperymentalne zgodne z nimi oraz te, które im przeczą.

Hipoteza niespecyficznych zasobów energetycznych

Pierwsza hipoteza, którą można nazwać hipotezą niespecyficznych zasobów energetycznych, przedstawiona została przez Giraya (1990). Zakłada ona, że łańcuch procesów obliczeniowych (od detekcji bodźca do reakcji ruchowej) jest wspierany przez „kanał niespecyficzny” (niem. *unspezifischer Kanal*), który bezpośrednio oddziałuje na dynamikę reakcji. Każdy bodziec wywołuje przejściowy stan podwyższonej aktywacji tego kanału. Bodźce o większym natężeniu prowadzą do zwiększonej aktywacji kanału niespecyficznego, a zatem do większej dynamiki reakcji. Model ten wyraźnie nawiązuje do koncepcji automatycznej czujności Posnera (ang. *automatic alertness*) (Posner, Nissen i Klein, 1976; patrz również Nissen, 1977),

rozumianej jako stan, w którym organizm jest pobudzony i gotowy do reakcji na docierające bodźce. Można zatem przyjąć, że automatyczna czujność jest ważnym elementem układu sterowania uwagą.

Mniej więcej w tym samym czasie Pribram i McGuinness (1975; McGuinness, Pribram, 1980) wprowadzili bardziej rozbudowany model sterowania uwagą, który również odwołuje się do koncepcji ogólnego wzbudzenia i gotowości do reakcji, jednakże wyraźnie rozdziela te dwie funkcje. Wzbudzenie (ang. *arousal*) (patrz James, 1884; Yerkes, Dodson, 1908; Canon, 1929) produkuje przejściową odpowiedź na pojawienie się bodźca zewnętrznego i szybko ulega habituacji: wzbudzenie rośnie, gdy bodziec jest nowy, zaskakujący lub wymaga złożonej reakcji oraz maleje, gdy się wielokrotnie powtarza. Idąc dalej tym tropem, Tucker i Williamson (1984) dowodzą, że wzbudzenie jest regulowane przez układ noradrenalinowy. Wskazują na to m.in. badania Aston-Jones i Blooma (1981), w których ustalono doświadczalnie, że noradrenalina jest neurotransmiterem regulującym krótkookresowe fluktuacje wzbudzenia, spowodowane przez bodźce pochodzące z otoczenia. Bloom (1979) sugeruje, że noradrenalina może powodować, że odpowiednie neurony stają się bardziej wrażliwe na wejścia sensoryczne.

Z drugiej strony gotowość do reakcji jest utrzymywana za pomocą systemu zwanego aktywacją (ang. *activation*). W przeciwieństwie do wzbudzenia, które jest aktywnością mózgu wywołaną informacją zawartą w bodźcu, aktywacja jest sterowana bardziej centralnie, odpowiada raczej czujności niż reakcji orientacyjnej. Ponadto ma charakter toniczny, gdy tymczasem wzbudzenie – przejściowy.

Pribram i McGuinness (1975) wprowadzają dodatkowo pojęcie wysiłku (ang. *effort*), którego zadaniem jest aktywna, wolicjonalna kontrola wzbudzenia i aktywacji. Sanders (1983; patrz rysunek 2) twierdzi, że wzbudzenie może wpływać na aktywację, jednakże połączenie to może zostać zlikwidowane wolicjonalnie, gdy powstaje ryzyko, że nadmiernie wzbudzające bodźce mogą poprzez aktywację prowadzić do przedwczesnych lub/i błędnych odpowiedzi osoby badanej. Natomiast Tucker i Williamson (1984) twierdzą raczej, że wysiłek jako odrębny system, nadrzędny w stosunku do wzbudzenia i aktywacji, jest niepotrzebny, ponieważ cechy przypisywane wysiłkowi pokrywają się z tymi, którymi dysponuje aktywacja.

Wyniki doświadczalne potwierdzające hipotezę zasobów energetycznych

Jak wspomniano, pierwszy model zmian maksymalnej siły odpowiedzi zaproponował Giray (1990), aby wyjaśnić wyniki swoich doświadczeń. Badał on wpływ odstępu czasowego między sygnałem ostrzegawczym a bodźcem zasadniczym na czas reakcji i siłę odpowiedzi. Zarówno czas reakcji, jak i siła odpowiedzi malały, gdy rósł odstęp czasowy. Wynik ten został później potwierdzony w kilku podobnych doświadczeniach (Ulrich, Mattes, 1996; Mattes, Ulrich, 1997). Według Giraya, bodziec ostrzegawczy powoduje aktywację kanału niespecyficznego, która w efekcie prowadzi do zwiększenia siły odpowiedzi.

W tym samym duchu Giray (1990; Giray i Ulrich, 1993) próbował wyjaśnić wyniki serii doświadczeń, w której osoba badana reagowała na bodziec akustyczny, optyczny lub oba bodźce prezentowane równocześnie. Równoczesna prezentacja bodźców prowadzi, według Giraya, do silniejszego wzbudzenia kanału niespecyficznego i w konsekwencji do większej siły, co potwierdziły wyniki prowadzonych doświadczeń.

Jaśkowski i współpracownicy (Jaśkowski, Verleger, 1993; Jaśkowski i in., 1994a, b) zwrócili uwagę na fakt, że niespecyficzny kanał Giraya odpowiada swoją charakterystyką zasobom energetycznym postulowanym przez Pribrama i McGuinnessa (1975) oraz Sandersa. W ramach modelu Giraya (1990) kanał niespecyficzny jest pobudzany wyłącznie przez bodźce zewnętrzne, podczas gdy w bardziej rozbudowanym modelu Sandersa znalazło się również miejsce na sterowanie wolicjonalne. Jaśkowski i in. (1994b), przedstawili sugestię, że wszelkie czynniki wpływające na aktywację bezpośrednio lub pośrednio za pomocą wysiłku lub/i wzbudzenia, powinny prowadzić do wzrostu siły odpowiedzi. Sugestia ta znalazła potwierdzenie w kilku doświadczeniach. Jaśkowski i in. (1994b), zbadali siłę odpowiedzi w zadaniu polegającym na prostej reakcji na bodziec optyczny w dwóch grupach osób badanych. W grupie doświadczalnej oprócz bodźca wzrokowego podawany był sporadycznie nieprzyjemny (choć niebolesny) bodziec elektryczny. W grupie kontrolnej prezentowane były tylko bodźce wzrokowe. Siła odpowiedzi była większa w grupie doświadczalnej. Sanders twierdził, że stan paniki wywołany nagłą silną stymulacją prowadzi do nadmiernego wzbudzenia i w konsekwencji do hiperaktywacji (Sanders, 1983, s. 80). Wzrost siły nacisku wywołuje również presja czasowa (ang. *time pressure*) (Jaśkowski i in., 1994a; złożona do druku) – czynnik

uznawany za wysoce aktywujący (Gaillard, 1978) – oraz wiedza o wynikach (ang. *knowledge of results*) (Jaśkowski, Włodarczyk, 1997) – czynnik wpływający według Sandersa (1983) na wysiłek.

Giray odniósł się również do doświadczeń Angela (1973), który badał wpływ natężenia bodźca akustycznego, optycznego i dotykowego na czas reakcji prostej i maksymalną siłę odpowiedzi, i stwierdził wzrost siły dla dużych natężeń bodźca. Wynik ten zgodny jest z rozważaną hipotezą, ponieważ bodziec o większym natężeniu silniej pobudza kanał niespecyficzny. Podczas gdy późniejsze badania potwierdziły wpływ natężenia bodźca akustycznego na siłę nacisku (Jaśkowski i in., 1995; Miller i in., w druku), w odniesieniu do bodźców wzrokowych problem wydaje się bardziej nieuchwytny. W sytuacji, gdy Ulrich i in. (w druku) potwierdzili niedawno rezultaty Angela, Miller, Ulrich i Pfaff (1991) oraz Jaśkowski i in. (1995) stwierdzili, że zmiana luminancji bodźca nie wywołuje zmian siły nacisku. Jaśkowski i in. (1995) wyjaśniali tę niezgodność znanym z innych badań faktem, że różne modalności różnią się pod względem ich zdolności do wzbudzania. Z badań tych wynika, że w zakresie natężeń używanych w laboratoriach bodźce wzrokowe nie podwyższają wzbudzenia, natomiast bodźce akustyczne – tak (e.g. Sanders i Wertheim, 1973; Niemi, 1979; patrz przegląd literatury Jaśkowski, 1996).

Wyniki niezgodne z hipotezą zasobów energetycznych

Mimo że koncepcja zasobów energetycznych Sandersa, zaraz po jej ogłoszeniu, stała się przedmiotem ostrych ataków (Navon, 1984, 1989; Neumann, 1987) jest ona wykorzystywana do dzisiaj, do wyjaśniania wielu zagadnień psychofizjologicznych (np. O'Boyle, Van, Hume, 1995; Lorist, Snel, Mulder, Kok, 1995; patrz również Sanders, 1997). Jej „pozostałości” można odnaleźć również w najnowszych modelach siły odpowiedzi (Miller i in., w druku; Jaśkowski i in., złożona do druku). Jednak hipoteza ta nie potrafi wyjaśnić serii doświadczeń zapoczątkowanych pracą Jaśkowskiego i Verlegera (1993).

Jak wspomniano, Giray (1990) badał wpływ odstępu między bodźcem ostrzegawczym a zasadniczym na siłę odpowiedzi i stwierdził, że maleje ona w funkcji długości tego odstępu. Wynik ten został przez niego zinterpretowany zgodnie z jego hipotezą kanału niespecyficznego. Założył on mianowicie, że bodziec ostrze-

gawczy wywołuje stan podwyższonej aktywacji kanału niespecyficznego, stopniowo malejącej z czasem. Gdy zatem bodziec zasadniczy zostanie podany krótko po bodźcu ostrzegawczym, siła reakcji jest duża. Po upływie pewnego czasu aktywacja wywołana bodźcem ostrzegawczym jednak zmaleje, a wraz z nim zmniejsza się siła odpowiedzi.

Jaśkowski i Verleger (1993) wykonali doświadczenie, które wyraźnie przeczy konkluzjom Giraya. Wprowadzili oni nowy paradygmat eksperymentalny, w którym można manipulować czasową niepewnością wystąpienia bodźca (jak w doświadczeniu Giraya), choć nie stosuje się w ogóle bodźca ostrzegawczego. Osoba badana obserwowała na ekranie monitora tarczę zegara, na którym przesuwała się jednostajnie wskazówka. Zadaniem osoby badanej była prosta reakcja na pojawienie się kolorowego okręgu w środku tarczy zegara. Osobę badaną poinformowano, że 80 % bodźców pojawi się o „godzinie 12”, a tylko 20 % o innych „porach”. Jeden obrót wskazówki trwał 6 sekund. Ponieważ nie było tutaj żadnego bodźca ostrzegawczego, według hipotezy Giraya, należało się spodziewać siły reakcji niezależnej od chwili pojawienia się bodźca zasadniczego. Tymczasem okazało się, że siła reakcji maleje, gdy wskazówka zegara zbliża się do „godziny 12”. Innymi słowy reakcja jest najsilniejsza, gdy osoba badana jest zaskoczona pojawieniem się bodźca, albo inaczej, kiedy nie jest przygotowana do reakcji. Wynik ten znalazł pełne potwierdzenie w kolejnych doświadczeniach Mattesa i współpracowników (Mattes i Ulrich, 1996; Mattes i in., 1997), w których manipulowano zarówno czasową niepewnością pojawienia się bodźca, jak i prawdopodobieństwem jego wystąpienia.

Niedawno Jaśkowski i współpracownicy (praca złożona do druku) znaleźli dodatkowy dowód na to, że siła reakcji zależy od przygotowania odpowiedzi. W doświadczeniu S1-S2, bodziec ostrzegawczy S1 wskazywał z wysokim prawdopodobieństwem (80 %), którą ręką będzie trzeba odpowiedzieć na bodziec S2. W 20 % przypadków informacja zawarta w S1 była nieprawdziwa. Oczywiście w takiej sytuacji w czasie pomiędzy bodźcami rozpoczynają się procesy programujące ruch po niewłaściwej stronie. Nietrudno odgadnąć, że po błędnej informacji zawartej w S1 czas reakcji był dłuższy, a siła odpowiedzi większa. Doświadczenia te dobitnie świadczą o istotnej roli, jaką odgrywa gotowość do reakcji ruchowej (ang. *motor readiness*) przy określaniu wielkości siły reakcji.

Kolejne dane, które również z trudem mieszczą się w ramach hipotezy zasobów energetycznych zostały dostarczone przez Ulricha i Mattesa (1996). Przeprowadzili

oni serię doświadczeń, w których badali wpływ natężenia bodźca ostrzegawczego i długości okresu między bodźcem ostrzegawczym a zasadniczym na siłę reakcji. Na podstawie hipotezy zasobów energetycznych oczekiwali zwiększenia siły odpowiedzi po silnych akustycznych bodźcach ostrzegawczych, ale nie po wzrokowych bodźcach ostrzegawczych. Ponadto sygnał ostrzegawczy powinien wywoływać zwiększoną aktywację tylko przejściowo, a zatem dla dłuższych interwałów między bodźcami ostrzegawczym i zasadniczym, efekt bodźca ostrzegawczego na siłę odpowiedzi powinien zanikać. Silniejsze akustyczne bodźce ostrzegawcze prowadziły rzeczywiście do większej siły; efekt taki wywoływały również silniejsze bodźce wzrokowe. Ponadto siła odpowiedzi była powiększona nawet dla bardzo długich interwałów między bodźcami (1600 ms)². Ponadto Jaśkowski i Włodarczyk (1997) pokazali, że brak snu, który według Sandersa powoduje „hipoaktywację” i „hipowzbudzenie”, nie prowadzi do obniżenia siły reakcji.

Podsumowanie

Badania doświadczalne wykazały, że czas reakcji i siła odpowiedzi ulegają zmianom pod działaniem wielu zmiennych psychologicznych. Jednakże często zmiany siły reakcji podążają w kierunku przeciwnym niż zmiany czasu reakcji, tj. pod wpływem jednej zmiennej rośnie siła odpowiedzi i skraca się czas reakcji, a pod wpływem innej maleje siła odpowiedzi i skraca się czas reakcji. Ponadto wykazano, że korelacja między czasem reakcji a siłą odpowiedzi, obliczana dla poszczególnych reakcji jest bliska zeru (np. Angel, 1973; Giray, 1990). Wszystko to świadczy o tym, że wielkości te są niezależnymi zmiennymi opisującymi proces przygotowania działania i jego egzekucji, są – jak to przedstawił Mattes i Ulrich – „dwoma stronami tej monety” (1997).

Hipotezą, w której niezależność ta byłaby zachowana, jest hipoteza zasobów energetycznych, czyli model stresu Sandersa (1983) uzupełniony o założenie, że aktywacja bezpośrednio moduluje dynamikę reakcji. Choć, jak wykazano powyżej, potrafi ona wyjaśnić wiele spośród uzyskanych wyników, istnieje szereg wielokrotnie potwierdzonych rezultatów, które poważnie zagrażają panowaniu tej hipo-

² Ulrich i Mattes choć powołują się na pracę Sandersa (1983), nie stosują ściśle jego koncepcji zasobów energetycznych. Stąd posługują się pojęciem wzbudzenia, ale nie aktywacji. W ramach modelu Sandersa dałoby się jednak wyjaśnić przynajmniej ostatni wynik, ponieważ inaczej niż wzbudzenie, aktywacja ma charakter toniczny, a zatem nie musi szybko ulegać zanikowi.

tezy, choć przy konstruowaniu nawet najnowszych modeli trudno uwolnić się od odwoływania się do tych koncepcji (Miller i in., w druku; Jaśkowski i in., złożona do druku).

LITERATURA CYTOWANA

- Angel, A. (1973). Input-output relations in simple reaction time experiments. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 171-181.
- Aston-Jones, G. i Bloom, F.E. (1981). Norepinephrine-containing locus coeruleus neurons in behaving rats exhibit pronounced responses to non-noxious environmental stimuli. *Journal of Neuroscience*, 1, 887-900.
- Bloom, F. (1979). Chemical integrative processes in the central nervous system. In: F.O. Schmitt, F., G. Worden (Eds.) *The neuroscience: Fourth study program*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Cannon, W.B. (1929). *Bodily changes in pain, hunger, fear, and rage: An account of recent researches into the function of emotional excitement*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Coles, M.G.H., Gratton, G., Bashore, T.R., Eriksen, C.W. i Donchin, E. (1985). A psychophysiological investigation of the continuous flow model of human information processing. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 11, 529-553.
- Gaillard, A.W.K. (1978). *Slow brain potentials preceding task performance* (doctoral dissertation). Academic Press: Amsterdam.
- Giray, M. (1990). *Über die Aktivierung der menschlichen Motorik: Theoretische und experimentelle Analysen bei Reaktionsaufgaben*. Rozprawa doktorska, Eberhard-Karls-Universität, Tübingen.
- James, W. (1884). What is emotion? *Mind*, 4, 118-204.
- Jaśkowski, P. (1996). Simple reaction time and perception of temporal order: Dissociations and hypotheses. *Perceptual and Motor Skills*, 82, 707-730.
- Jaśkowski, P., Rybarczyk, K., Jaroszyk, F. i 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. i 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. i Wascher, E. (1994a). Response force and reaction time in simple reaction task under time pressure. *Z. Psychol.*, 202, 405-413.
- Jaśkowski, P., Wróblewski, M. i Hojan-Jeziarska, D. (1994b). Impending electrical shock can affect response force in a simple reaction task. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 995-1002.
- Jaśkowski, P., Wauschkuhn, B., Wascher, E. i Verleger, R. (złożona do druku). *Influence of time pressure on response force and S1-S2 paradigm.*
- Jaśkowski, P. i 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.
- Lorist, M.M., Snel, J., Mulder, G. i Kok, A. (1995). Aging, caffeine, and information processing: an event-related potential analysis. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 96, 453-467.
- Luce, R.D. (1986). *Response times. Their role in inferring elementary mental organization.* Oxford: Oxford University Press.
- Mattes, S. i Ulrich, R. (1997). Response force is sensitive to the temporal uncertainty of response stimuli. *Perception & Psychophysics*, 59, 1089-1097.
- Mattes, S., Ulrich, R. i Miller, J. (1997). Effects of response probability on response force in simple RT. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A, 405-420.
- McGuinness, D. i Pribram, K. (1980). The neuropsychology of attention: Emotional and motivational controls. W: Wittrock, M.C. (ed.) *The brain and psychology.* New York: Academic Press.
- Miller, J., Franz, V., Ulrich, R. (w druku). Effects of auditory stimulus intensity on response force in simple, go-no-go and choice RT tasks. *Perception & Psychophysics.*
- Navon, D. (1984). Resources: a theoretical soupstone. *Psychological Review*, 91, 216-234.
- Navon, D. (1989a). The importance of being visible: on the role of attention in a mind viewed as an anarchic intelligence system: (1) basis tenets. *European Journal of Cognitive Psychology*, 1, 191-213.
- Navon, D. (1989b). The importance of being visible: on the role of attention in a mind viewed as an anarchic intelligence system: (2) application to the field of attention. *European Journal of Cognitive Psychology*, 1, 215-238.

- Neumann, O. (1987). Beyond capacity: A functional view of attention. In: Heuer, H., Sanders, A.F. (Eds.) *Perspective on Perception and Action*, Hillsdale: Erlbaum.
- Niemi, P. (1979). Stimulus intensity effects on auditory and visual reaction processes. *Acta Psychologica*, 43, 299-312.
- Nissen, M.I. (1977). Stimulus intensity and information processing. *Perception & Psychophysics*, 22, 338-352.
- O'Boyle, D.J., Van, F., Hume, K.I. (1995). Effects of alcohol, at two times of day, on EEG-derived indices of physiological arousal. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 95, 97-107.
- Posner, M.I., Nissen, M.J. i Klein, R.M. (1976). Visual dominance: an information-processing account of its origins and significance. *Psychological Review*, 83, 157-171.
- Pribram, K.H., McGuinness, D. (1975). Arousal, activation and effort in the control of attention. *Psychological Review*, 82, 116-149.
- Sanders, A.F. (1983). Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica*, 53, 61-97.
- Sanders, A.F., Wertheim, A.H. (1973). The relation between physical stimulus properties and the effect of foreperiod duration on reaction time. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 201-206.
- Ulrich, R. i Mattes, S. (1996). Does immediate arousal enhance response force in simple reaction time? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 972-990.
- Ulrich, R., Rinkebaumer, G., Miller, J. (w druku). Effects of stimulus duration and intensity on simple reaction time and response force. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*.
- Wascher, E., Verleger, R., Jaśkowski, P. i Wauschkuhn, B. (1996). Preparation for action: An ERP study about two tasks provoking variability in response speed. *Psychophysiology*, 33, 262-272.
- Wascher, E., Verleger, R., Vieregge, P., Jaśkowski, P., Koch, S. i Kömpf, D. (1997). Responses to cued signals in Parkinson's disease. Distinguishing between disorder of cognition and of activation. *Brain*, 120, 1355-1375.
- Yerkes, R.M. i Dodson, J. (1908). The relation of strength stimulus to rapidity of habit formation. *Journal of Comparative and Neurological Psychology*, 18, 459-482.