

# Wpływ dobowych zmian poziomu pobudzenia na wykonanie zadania poznawczego

Iwona Sołtysińska\*

Instytut Psychologii, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

## THE INFLUENCE OF CIRCADIAN RHYTHMS OF AROUSAL ON COGNITIVE PERFORMANCE

According to Nęcka's (1994) theory of intellect, the influence of arousal on cognitive functioning depends on the level of intelligence. Less intelligent people are expected to be more dependent on the fluctuations of arousal, whereas more intelligent people are hypothetically less dependent on such fluctuations. In the present study, this assumption has been verified through the measurement of circadian rhythms of arousal and their influence on cognitive task performance. The task designed for this study allowed to manipulate with the extent to which either working memory or attention was engaged. The data suggest that the time of day influences cognitive performance only in interaction with personality-related arousal, connected with the dimension of extroversion. As to intelligence, high IQ participants appeared less susceptible to arousal influences than less intelligent ones. Thus, the results confirmed the theoretical predictions only in part.

## WPROWADZENIE

Dominującym obecnie paradygmatem opisującym funkcjonowanie intelektualne człowieka jest podejście poznawcze. W obrębie tego paradygmatu wyjaśnia się poznanie ludzkie używając w znacznej mierze terminologii komputerowej. Proces przetwarzania informacji rozumiany jest tu jako sekwencja transformacji, dokonująca się w systemie o określonych parametrach, takich jak pojemność pamięci roboczej czy szybkość mentalna. Podejście takie umożliwia staranną analizę i budowanie precyzyjnych modeli wyjaśniających funkcjonowanie podstawowych procesów poznawczych.

W obrębie paradygmatu poznawczego można rozumieć inteligencję jako pewnego rodzaju „wyposażenie” osoby, zdolność, którą jednostka posiada w mniejszym lub większym stopniu. Rozumienie takie implikuje, że system poznaw-

czy funkcjonuje z reguły stabilnie. Zakłada się bowiem, że człowiek wykonuje zadania poznawcze na poziomie dla siebie typowym i w miarę stałym, niezależnie od wewnętrznego kontekstu oraz sytuacji, w jakiej zadanie jest wykonywane. Ponadto, założenie tego rodzaju ma najczęściej charakter ukryty i jest przyjmowane milcząco, zwłaszcza w laboratorium badawczym. Zakładając statyczność danego zjawiska, mamy do czynienia z niezwykle wygodną, bo stabilną, a więc łatwiejszą do opisanego rzeczywistością. Natomiast w życiu codziennym jest dla nas oczywiste, że jesteśmy zmęczeni, smutni lub „w nie najlepszej formie”, co wpływa na naszą pracę intelektualną. Oczywiście trudno zaprzeczyć, że osoby bardziej inteligentne w większości przypadków wykonują zadania wymagające stosowania złożonych funkcji poznawczych lepiej, niż osoby o niższej inteligencji. Faktem jest jednak również, że ta sama osoba wykonuje zadania intelektualne niejednakowo sprawnie w różnych momentach, o czym świadczą zarówno doniesienia z badań (Broadbent, 1971; Hockey, Gaillard i Coles, 1986; Humphreys i Revelle 1984; Sanders, 1983; 1986; Yerkes i Dodson, 1908), jak i subiektywne rela-

---

\* Korespondencję na temat artykułu można kierować pod adresem: Iwona Sołtysińska, Instytut Psychologii UJ, ul. Gołębia 13, 31-007 Kraków.  
e-mail: zapalka@apple.phils.uj.edu.pl

cje. Innymi słowy, proces wykonywania zadania charakteryzuje się specyficzną dynamiką i zmiennością, nie tylko inter-, lecz również intra-indywidualną. Funkcjonowanie systemu poznawczego uwarunkowane jest bowiem tak zwanymi „czynnikami energetycznymi” (Hitch, 1986; Hockey i in., 1986), które tworząc specyficzny kontekst motywacyjno-emocjonalny, wpływają na jakość procesu przetwarzania informacji.

Czynniki energetyczne mogą być nie tylko cennym źródłem informacji o samym procesie przetwarzania informacji, ale mogą również współdeterminować jego przebieg i znacząco wpływać na ostateczny rezultat, czyli poziom wykonania zadania. Tymczasem, w psychologii poznawczej typowym postępowaniem badawczym jest dążenie do zniwelowania wpływu zmiennych pozapoznawczych (na przykład poprzez randomizację) lub traktowania ich jak „szum”, czyli wariancję błędów w badaniach eksperymentalnych. Jednak zdaniem niektórych badaczy (Revelle, 1993), błąd wynikający z pominięcia opisywanych zmiennych może na tyle znacząco wpływać na osiągnięte przez osoby badane rezultaty, że podważa wiarygodność konstruowanych na ich podstawie wyjaśnień. Czynnione dotychczas próby w zakresie integracji podejścia poznawczego i „energetycznego” są nieliczne i niewystarczające. Liczne są natomiast sugestie, które postulują, że pełny opis intelektu musi, obok czynników natury poznawczej, zawierać komponenty pozapoznawcze (Nęcka, 1989; Hitch, 1986).

Jedną z pierwszych teorii, która uwzględniała wpływ czynników energetycznych na funkcjonowanie poznawcze, był sformułowany przez Broadbenta (1971) model kompensacji nieadekwatnego do wymagań zadania poziomu pobudzenia przez wysiłek. Idea ta została szeroko rozwinięta i poparta rezultatami empirycznymi w obszernej monografii Kahnemana (1973). Zgodnie z tą koncepcją, wysiłek spełnia funkcję mechanizmu wyższego rzędu, który reguluje dostępność zasobów i wpływa na ich alokację. Chwilowa dostępność zasobów jest kontrolowana dzięki informacjom zwrotnym, które dotyczą przebiegu bieżącej aktywności. Zwiększenie wymagań wykonywanego w danym momencie zadania powoduje wzrost wysiłku, a co za tym idzie – poziomu pobudzenia, a więc i chwilowej dostępności zasobów uwagi. Poziom pobudzenia zmienia się z sekundy na sekundę, w miarę jak osoba angażuje się w zadanie,

przy czym zmienność ta koresponduje ze zmianą wymagań zadania.

Zdaniem Wickensa (1986), jakość wykonania zadania jest monotoniczną, nieopadającą funkcją zasobów zainwestowanych w jego realizację. W przypadku małego zaangażowania wysiłku lepiej wykonywane są czynności automatyczne. Wzmocniony wysiłek nie polepsza wykonania czynności automatycznych, ale prowadzi do poprawy wykonania czynności kontrolowanych. Wickens wyodrębnia dwa aspekty procesu przetwarzania informacji: ciągłość i intensywność. Ciągłość odnosi się do serii następujących po sobie operacji, wykonywanych przez system w określonych warunkach, w celu stworzenia „wyjścia” na bazie „wejścia”. Źródłem ciągłości w modelach informacyjnych jest ciągłość w czasie. Modulacja „nasilenia” procesu przetwarzania wymaga wprowadzenia dodatkowego wymiaru odpowiedzialnego za zmienność stanów energetycznych organizmu, czyli intensywności. Analogią funkcjonalną dla wyróżnionych aspektów przetwarzania informacji może być sposób, w jaki przewodzone są impulsy w systemie nerwowym (Wickens, 1986). Przewodzenie impulsów z reguły dokonuje się w sposób binarny, zgodnie z zasadą „wszystko albo nic”. Jednakże w pewnej części proces ten zachodzi w sposób ciągły, dzięki zmieniającemu się poziomowi koncentracji neurotransmiterów w komórce nerwowej. Dla zrozumienia działania systemu nie wystarczy analiza ciągu operacji binarnych, ponieważ na ostateczny rezultat przetwarzania wpływa również intensywność z jaką proces ten przebiegał.

Proponowane w ostatnich latach poznawczo-energetyczne modele przetwarzania informacji postulują, że różne poziomy przetwarzania informacji mogą odnosić się do różnych typów zasobów energetycznych (por. Mulder, 1986; Sanders, 1983; Wickens, 1984). Sanders (1983) zakłada, że poszczególnym etapom procesu przetwarzania informacji, to jest wejściu (analiza sensoryczna), procesom centralnym (np. wnioskowanie) i wyjściu (procesy oceny), odpowiadają różne procesy energetyczne: pobudzenie, wysiłek i aktywacja. Zmiany zachodzące w środowisku zewnętrznym lub wewnątrz organizmu powodują jakościowe zmiany w poziomie wykonania, w zależności od typu zaangażowanego w wykonanie zadania procesu. Sanders proponuje trójczynnikową strukturę stanu energetycznego. Dwa mechanizmy

podstawowe, obejmujące pobudzenie (*arousal*) i aktywację (*activation*), rozdysponowują energię odpowiednio do procesów percepcyjnych i motorycznych. Jeżeli z jakiegoś powodu mechanizmy te dostarczają zbyt wiele lub za mało energii, stan optymalny może zostać (co najmniej czasowo) przywrócony dzięki nadrzędnemu mechanizmowi kontroli wysiłku (*higher-order effort mechanism*), który „zarządza” wysiłkiem, inwestowanym w danej chwili w konkretne zadanie. Ważnym elementem opisywanej teorii Sandersa jest również wspólne pewnej grupie badaczy (por. Hockey, 1979, 1984) rozumienie strategii jako formy kontrolowania i utrzymywania optymalnego stanu organizacji zasobów czy też systemów energii.

Kolejną teorią wiążącą aspekt energetyczny z funkcjonowaniem intelektualnym jest Formalna Teoria Intelaktu (FTI) Nęcki (1994). Uwzględnia ona wpływ poziomu pobudzenia na formalne parametry procesu przetwarzania informacji, takie jak pojemność pamięci roboczej i dostępność zasobów uwagi. O ile uprzednio zaprezentowane modele traktowały wpływ pobudzenia na poszczególne elementy procesu przetwarzania informacji oddzielnie, FTI łączy te elementarne mechanizmy w strukturę wyższego rzędu, wyjaśniając za pośrednictwem poziomu pobudzenia inteligencję, rozumianą tu jako proces dynamiczny. Teoria ta może więc być traktowana jako próba integracji obszarów energetycznych i poznawczych, a co za tym idzie jako przyczynek do zbliżenia odrębnych paradygmatów badawczych. Dlatego FTI będzie przedmiotem bardziej starannej analizy i punktem wyjścia dla hipotez przedstawionych w niniejszym artykule.

Jak podkreśla autor, FTI tylko częściowo obejmuje swym zakresem to, co powszechnie nazywane jest psychologią inteligencji człowieka, pomijając na przykład poziom strategii przetwarzania informacji, czy też treściowy aspekt przetwarzania (Nęcka, 1994). Odwołuje się ona do elementarnych mechanizmów przetwarzania informacji, przypuszczalnie wspólnych wszystkim ludziom i niezbędnych do wykonania każdego zadania poznawczego, niezależnie od jego treści. Zgodnie z FTI, system przetwarzania informacji realizuje ciąg operacji mających na celu rozwiązanie zadania poznawczego. Zadanie to stawia przed systemem określone wymagania co do pojemności pamięci roboczej i wielkości tej części ogólnej puli zasobów uwagi, którą w nie zaangażowano. Za-

danie jest realizowane skutecznie, dopóki system spełnia stawiane przez nie wymagania. Wykonywanie zadania staje się niemożliwe, gdy chwilowa wartość co najmniej jednego z parametrów (uwagi lub pamięci roboczej) spadnie poniżej poziomu minimalnego. Chwilowa wartość obu parametrów zależy od poziomu pobudzenia. Stałe różnice indywidualne odnoszą się do konstytucjonalnych czynników decydujących o poziomie pobudzenia (np. lęk, ekstremitacja), całkowitej pojemności pamięci roboczej i całkowitej puli zasobów uwagi. Jest to specyficzny potencjał poznawczy jednostki. Im wyższy potencjał, tym większa chwilowa wartość danego parametru w określonym stanie aktywacyjnym, a więc mniejsza zależność systemu od chwilowej wartości poziomu pobudzenia. Jego wzrost obniża pojemność pamięci roboczej, a zwiększa część zasobów uwagi poświęconych zadaniu. Osoby o wyższym potencjale w zakresie pamięci roboczej lub uwagi, czyli osoby bardziej inteligentne, mogą zatem skutecznie realizować zadanie poznawcze w większym przedziale dopuszczalnych stanów aktywacyjnych.

Kluczowym elementem każdej teorii energetyczno-poznawczej wydaje się rozstrzygnięcie sposobu rozumienia pojęcia „poziom pobudzenia”. W przypadku tego konstruktów mamy bowiem do czynienia z rozproszeniem terminologicznym i brakiem jednoznacznych decyzji co do hierarchii czy zależności pomiędzy stosowanymi pojęciami (Strelau, 1982). Wydaje się, że niemożliwe jest opisanie i wyjaśnienie wpływu tak pokaźnego zbioru czynników o znacznej zmienności za pomocą jednodymensyjnego „pobudzenia” czy niespecyficznego „systemu popędowego” (*drive system*, Hebb, 1955; Duffy, 1962). Jak twierdzi Sanders (1983), nie wystarczy też traktować pobudzenia jako ogólnego czynnika, który jest wspólną bazą możliwych stanów energetycznych. W celu uniknięcia dyskusji na temat wieloznaczności tego pojęcia i jego licznych interpretacji, w literaturze przedmiotu używa się aktualnie terminu szerszego, mianowicie sformułowania „czynniki energetyczne” (Hockey i in., 1986). Termin ten łączy w sobie zarówno intensywność motywacji, jak i sumę oddziaływań czynników środowiskowych, które mogą modyfikować poziom pobudzenia. Wydaje się jednak, że nie ma on żadnej mocy wyjaśniającej, chociaż być może pozwala uniknąć wieloznaczności interpretacyjnych.

Również w FTI wpływ czynników energetycznych zostaje uogólniony właśnie w postaci „poziomu pobudzenia”, traktowanego jako czynnik mający wyrażać uogólniony stan energetyczny organizmu. Próby weryfikacji tej teorii (Nęcka, 1997) pokazują jednak wyraźnie, że poziom pobudzenia modyfikuje wykonanie zadania poznawczego zależnie od swojej specyfiki: na przykład inaczej w przypadku pobudzenia energetycznego i napięciowego (w rozumieniu Thayera, 1978). Celowe wydaje się więc ustalanie charakteru wpływu podstawowych zmiennych energetycznych na przebieg opisywanych przez teorię procesów poznawczych, a dopiero potem próba integracji uzyskanych rezultatów w odniesieniu do predykcji teorii.

Jedną z istotnych determinant zmienności poziomu pobudzenia jest zmienność związana z porą dnia. Różnice indywidualne w rytmach okołodobowych opisywane są terminami zmian w procesach biochemicznych, fizjologicznych oraz w odniesieniu do różnic w poziomie wykonania zadania w ciągu dnia. Dane empiryczne sugerują, że pobudzenia energetyczne ma tendencję do podążania za okołodobowym bądź dziennym rytmem aktywacyjnym, który w znacznej mierze pokrywa się z dobowymi zmianami temperatury ciała (Blake, 1967). Pobudzenie energetyczne jest najwyższe w pierwszej części dnia, czyli rano, uzyskuje najniższy poziom w okolicy środka dnia, co może trwać aż do późnego popołudnia, po czym następuje jego nieznaczny wzrost (*subpeak*) i ostatecznie gwałtowny spadek w okresie bezpośrednio poprzedzającym sen (Thayer, Takahashi i Pauli, 1988). Poziom wykonywania zadań poznawczych w grupach różniących się konstytucjonalnie uwarunkowanym pobudzeniem jest różny, w zależności od pory dnia, w której zadanie jest wykonywane. Zgodnie z generalną tendencją, introwertycy lepiej od ekstrawertyków wykonują zadania rano, podczas gdy po południu obserwuje się zależność odwrotną (Colquhoun, 1960; Blake i Corcoran, 1972). Różnice te są wyjaśniane w terminach teorii pobudzenia, która sugeruje, że introwertycy są bardziej pobudzeni rano, podczas gdy po południu i wieczorem to ekstrawertycy przewyższają poziomem pobudzenia introwertyków (Wilson, 1989).

Celem prezentowanych badań była analiza wpływu zmian poziomu pobudzenia na wyko-

nanie zadania poznawczego w świetle dwóch predykcji Formalnej Teorii Intelaktu. Pierwsza predykcja dotyczy jednego z najogólniejszych założeń tej teorii, a mianowicie stwierdzenia, że poziom pobudzenia wpływa na poziom wykonania zadania poznawczego. Druga ma charakter bardziej specyficzny i dotyczy zróżnicowanego wpływu pobudzenia na osoby o zróżnicowanych zasobach. Zakłada się, że osoby inteligentne, czyli te, które uzyskują więcej punktów w teście inteligencji, dysponują zarówno większą pulą zasobów uwagi jak i większą pojemnością pamięci roboczej (Nęcka, 1994). W myśl drugiej predykcji poziom pobudzenia powinien szczególnie mocno wpływać na wyniki osób o niższej puli zasobów uwagi i mniejszej pojemności pamięci roboczej. W badaniach podjęto głównie problem zmienności poziomu pobudzenia związanej z porą dnia oraz efektów oddziaływania tej zmienności na poziom wykonania zadania poznawczego. Sformułowano więc następujące hipotezy szczegółowe.

H1: Poziom pobudzenia wpływa na poziom wykonania zadania poznawczego. Ponieważ pobudzenie jest w pewnym stopniu zależne od pory dnia (Thayer, 1989), pora dnia powinna wpływać na poziom wykonania zadania.

H2: Zgodnie z predykcjami FTI poziom pobudzenia (zatem również pora dnia) powinien szczególnie wyraźnie wpływać na wyniki osób o niższej puli zasobów uwagi i mniejszej pojemności pamięci roboczej, określanymi jako mniej inteligentne.

## METODA

### OSOBY BADANE

Przebadano łącznie 56 osób, w tym 23 mężczyzn i 33 kobiety. Średnia wieku badanych wynosiła 22.4 lata (odch. stand. 3.6). Były to osoby, które odpowiedziały na ogłoszenie informujące o przeprowadzanych badaniach. Ogłoszenia umieszczono na tablicach informacyjnych w budynkach wyższych uczelni krakowskich, tak więc osoby, które wzięły udział w badaniach to głównie studenci. Jedyną zachętą do udziału w badaniach była możliwość otrzymania informacji zwrotnej na temat indywidualnych wyników uzyskanych w testach.

## MATERIAŁY I APARATURA

W opisywanych badaniach użyto kwestionariuszy i testów „papierowych” oraz komputerowego zadania przeznaczonego do badania pamięci roboczej i uwagi (*Memory and Attention Test – MATTE*). Zadanie zostało tak zaprojektowane, by możliwa była jednoczesna manipulacja wymaganiami co do zasobów uwagi i zaangażowania pamięci roboczej. MATTE jest zadaniem poznawczym, które angażuje procesy uwagi i pamięci na coraz wyższym poziomie trudności. Zostało zaprojektowane w celu umożliwienia jednoczesnego pomiaru stanu dwóch kluczowych dla FTI funkcji poznawczych: dostępnych aktualnie zasobów uwagi i koniecznej do rozwiązania problemu pojemności pamięci. Istotą zadania jest ciągle angażowanie uwagi osoby badanej i konieczność jednoczesnego przechowywania w pamięci roboczej materiału, wyselekcjonowanego według zadanych kryteriów.

Na ekranie komputera pojawiały się kolejno bodźce trzech rodzajów (trójkąt, koło, kwadrat), nazywane bodźcami znaczącymi (czas ekspozycji 1.7 sek.). Prezentowane były one w kolejności losowej i losowym układzie przestrzennym. Zadaniem osoby badanej było śledzenie tego, co dzieje się na ekranie i naciśnięcie odpowiedniego klawisza reakcyjnego zawsze wtedy, gdy „zbierze w pamięci” określoną (zadaną) liczbę bodźców jednego rodzaju. Przykładowo: liczba elementów do zapamiętania wynosi 3, a osoba badana pamięta, że pokazane dotychczas zostały: 2 koła, 2 kwadraty i trójkąt. Następnie na ekranie pojawia się kwadrat. Osoba badana powinna zareagować, przyciskając klawisz oznaczony kwadratem, przy czym bardzo ważne jest, aby zachowywała w pamięci pozostałe figury. Gdy pojawi się trójkąt należy dodać go do przechowywanego w pamięci zbioru, uzyskując 2 koła, 2 trójkąty i 0 kwadratów – taka sytuacja nie wymaga reakcji. Gdy jako następne pojawi się koło, należy potwierdzić klawiszem z tym symbolem wystąpienie trzech kół, a następnie rozpocząć liczenie kół od początku. Oprócz bodźców znaczących na ekranie komputera pojawiały się również dystraktory, które należało ignorować. Były to figury zbliżone kształtem do bodźców znaczących (np. owal, romb).

Wskaźnikiem skuteczności uwagi była zdolność do efektywnej selekcji bodźców (zmienna

„dystrakcja”, przyjmująca wartości 0, 2 lub 4). Im większa liczba dystraktorów na ekranie, tym bardziej selektywnie musiała działać uwaga osoby badanej, a więc tym więcej zasobów trzeba było zainwestować w zadanie. Obciążeniem pamięci roboczej manipulowano za pomocą liczby elementów do zapamiętania (zmienna „liczba elementów do zapamiętania”, przyjmująca wartości 2 lub 3).

Zadanie skonstruowane zostało na planie czynnikowym ( $2 \times 3$ ). Składało się ze 114 ekspozycji, po 19 w każdym z sześciu warunków. Przed każdą serią osoby badane były informowane po ile figur i jakiego rodzaju należy pamiętać. Rejestrowano średni czas reakcji oraz procent poprawnych reakcji w serii.

## TESTY PSYCHOMETRYCZNE

Ocenę subiektywną poziomu pobudzenia używano za pomocą listy przymiotnikowej Thayera (*Activation-Deactivation Adjective Check List, ADACL*), w polskiej adaptacji Tatiany Klonowicz (1984). W kwestionariuszu tym osoba badana opisuje swój aktualny stan aktywacyjny na skali od 1 do 4, posługując się listą dwudziestu przymiotników. Na test składają się cztery skale które można umieścić na przeciwległych krańcach dwóch bardziej ogólnych wymiarów: pobudzenia energetycznego (skale Aktywacji Ogólnej i Dezaktywacji-Senności) i pobudzenia napięciowego (skale Wysokiej Aktywacji i Dezaktywacji Ogólnej). Zdeterminowany konstytucjonalnie poziom pobudzenia oceniano za pomocą skali ekstrawersji-introwersji kwestionariusza EPQ-R Eysencka (Eysenck, Eysenck i Barrett, 1985) w polskiej adaptacji Brzozowskiego i Drwala (1995). Do oceny poziomu inteligencji ogólnej zastosowano Matryce Progresywne Ravena (Raven, Court i Raven, 1983) w wersji zaawansowanej.

Jako wskaźnika chwilowego poziomu pobudzenia użyto miary „energia”, odpowiadającej zaproponowanej przez Thayera (1989) dymensji „pobudzenie energetyczne”. Zmienna ta utworzona została w oparciu o analizę czynnikową wyników kwestionariusza ADACL. Natomiast jako wskaźnik pobudzenia uwarunkowanego konstytucjonalnie przyjęto wynik na skali Ekstrawersji-Introwersji kwestionariusza EPQ-R Eysencka.

## PROCEDURA

Zadanie wykonywane było przez osoby badane dwukrotnie: do południa (9.00 – 12.00) i po południu (15.00 – 18.00) dnia następnego. W trakcie pierwszej sesji osoby badane wykonywały test Ravena, następnie kolejno ADACL (1), zadanie MATTE (1) i kwestionariusz osobowości (EPQ-R). W drugiej sesji powtarzano chwilowy pomiar poziomu pobudzenia (ADACL 2) i zadanie MATTE (2).

## WYNIKI

W pierwszej części opisu wyników przedstawiono efekty główne zadania oraz różnice w poziomie wykonania zadania w zależności od pory dnia. Następnie zaprezentowane zostaną efekty różnicowe w odniesieniu do postawionych hipotez. Dalej, dane odnoszące się do wpływu pobudzenia na wykonania zadania, każdorazowo w połączeniu z efektami interakcyjnego wpływu zmiennych energetycznych i pory dnia (hipoteza 1) oraz wyniki ilustrujące powyższe zależności z uwzględnieniem inteligencji osób badanych w odniesieniu do wszystkich wskaźników: pory dnia, czynnika „energia” oraz konstytucjonalnych uwarunkowań poziomu pobudzenia (hipoteza 2). W przypadku, gdy pomiar zmiennej energetycznej miał charakter chwilowy (pomiar poziomu energetycznego za pomocą ADACL) prezentowane dane odnoszą się do wykonania zadania następującego bezpośrednio po pomiarze. Wpływ zmiennych o charakterze konstytucjonalnym, które determinują poziom wykonania zadania w sposób stały (jak poziom ekstrawersji), przedstawiony został w odniesieniu do obu wykonanych zadań.

Analiza efektów głównych zadania MATTE potwierdziła skuteczność zastosowanej manipulacji, i to zarówno w zakresie angażowania pamięci roboczej (tab. 1) jak i uwagi selektywnej (tab. 2).

**Tabela 1**  
Skuteczność manipulacji w zakresie pamięci roboczej

Elementy do zapamiętania	Średnie czasy reakcji (sek.) $F(1,56) = 31.09$ $p < .01$	Poprawność (%) $F(1,56) = 39.92$ $p < .01$
2 rodzaje	.89	77.38
3 rodzaje	1.02	67.12

**Tabela 2**  
Skuteczność manipulacji w zakresie uwagi

Liczba dystraktorów	Średnie czasy reakcji (sek.) $F(2,112) = 31.46$ $p < .001$	Poprawność (%) $F(2,112) = 8.91$ $p < .001$
0	.85	76.59
2	.97	72.27
4	1.05	67.89

Czasy reakcji były istotnie dłuższe w warunkach wymagających pamiętania 3 rodzajów elementów niż w warunkach w których prezentowano elementy znaczące dwóch rodzajów [ $F(1,56) = 31.09$ ;  $p < .001$ ], a także wydłużały się w miarę narastania dystrakcji [ $F(2,112) = 31.46$ ;  $p < .001$ ]. Analogiczne zależności uzyskano w przypadku poprawności reakcji [odpowiednio:  $F(1,56) = 39.92$ ;  $p < .001$  i  $F(2,112) = 8.91$ ;  $p < .001$ ].

Analiza wpływu pory dnia na poziom wykonania zadania nie wykazała istnienia efektu głównego. Wpływ pory dnia na poziom wykonania zadania okazał się istotny dopiero przy uwzględnieniu innych czynników energetycznych wchodzących w interakcję z tą zmienną.

## CZYNNIKI ENERGETYCZNE A POZIOM WYKONANIA ZADANIA MATTE

Wpływ czynnika energia na wykonanie zadania jest niejednoznaczny. Okazał się on istotny wyłącznie w pomiarze drugim. Subiektywnie referowany stan energetyczny w interakcji z czynnikiem „liczba elementów do przechowywania” istotnie wpływa na poprawność wykonania zadania MATTE [ $F(1,54) = 4.78$ ,  $p < .03$ ] (ryc. 1). Różnice między grupami uwidaczniają się w przypadku konieczności przechowywania elementów trzech rodzajów. W tych warunkach lepsze wyniki uzyskują osoby opisujące swój poziom energii jako wysoki.

Analogiczna tendencja wystąpiła również przypadku czynnika „dystrakcja” (ryc. 2), ale zależność ta nie osiągnęła pułapu istotności statystycznej [ $F(2,108) = 2.70$ ;  $p < .07$ ]. Osoby, które opisywały swój poziom energii jako niski, lepiej radziły sobie w warunkach łatwych, gdy nie było dystraktorów lub należało przechowywać w pamięci figury dwóch rodzajów. Wzrost trudności zadania

Poprawność 2 [%]

**Ryc. 1. Poprawność wykonania zadania MATTE w zależności od liczby elementów do zapamiętania i poziomu czynnika „energia”**

spowodował spadek poprawności wykonania wyraźniejszy niż u osób z subiektywnie wyższym poziomem energii. Poziom wykonania u tych ostatnich, w przypadku drenażu zasobów uwagi jest w miarę stabilny, niezależnie od wymogów stawianych przez zadanie. Innymi słowy osoby te, prawdopodobnie dzięki wyższemu poziomowi energii, potrafią dokonywać skutecznej selekcji bodźców na różnym poziomie trudności.

W pomiarze pierwszym wpływ czynnika „energia” nie jest istotny, gdy bierzemy pod uwagę zależność prostą, uwidacznia się jednak w interakcji z porą dnia (ryc. 3). Po południu wyniki osób w

**Ryc. 2. Poprawność wykonania zadania MATTE w zależności od liczby dystraktorów i poziomu czynnika „energia”.**

obu grupach energetycznych są zbliżone – wzrost wymagań zadania (dodanie elementów do pamiętania) obniża poprawność nieco silniej w grupie osób o wysokiej energii. Wyraźny efekt interakcji jest widoczny w godzinach popołudniowych. Osoby z wysokim poziomem energii mogą wykonywać zadanie stabilnie, utrzymując stałą poprawność niezależnie od wzrostu wymogów zadania. Natomiast osoby z niskim poziomem energii znacznie lepiej radzą sobie z łatwiejszymi warunkami zadania (2 rodzaje elementów do przechowywania), podczas gdy w warunkach trudniejszych poprawność wykonania w ich przypadku radykalnie spada.

Konstytucjonalnie uwarunkowane pobudzenie nie wpływa bezpośrednio na poziom wykonania zadania MATTE. Natomiast gdy weźmiemy pod uwagę interakcję czynnika „ekstrawersja” z „porą dnia” wórzec radzenia sobie z zadaniem, które wymaga angażowania coraz większej ilości zasobów uwagi, jest niemal dokładnie odwrotny w grupach o wysokim i niskim natężeniu ekstrawersji, w zależności od tego o jakiej porze dnia zadanie było wykonywane (ryc. 4). Rano wyraźnie lepiej radzili sobie z zadaniem introwertycy, którzy tracili swoją przewagę w miarę pojawiania się na ekranie kolejnych dystraktorów. Po południu odwrotnie; początkowo, w warunkach

**Ryc. 3. Poprawność wykonania zadania MATTE (pierwsze wykonanie) w zależności od liczby elementów do zapamiętania, poziomu czynnika „energia” oraz pory dnia**

**Ryc. 4. Poprawność wykonania zadania MATTE (pierwsze wykonanie) w zależności od liczby dystraktorów, wyników w skali introwersji-ekstrawersji (EPQ-R) i pory dnia**

bez dystraktorów wyższą poprawność uzyskują ekstrawertycy, jednak w miarę wzrostu wymagań stawianych uwadze selektywnej, grupa ta uzyskuje znacząco niższe wyniki w porównaniu z osobami introwertywnymi. Ogólnie rzecz biorąc introwertycy wydają się lepiej radzić sobie z selekcją po południu, ekstrawertycy natomiast rano. Uogólnienie to nie dotyczy warunku bez dystraktorów, w którym zadaniem osób badanych jest zapamiętywanie i przechowywanie materiału bez konieczności selekcji bodźców znaczących.

Analizując interakcję poziomu ekstrawersji i pory dnia z poziomem wykonania zadania w pomiarze drugim, w godzinach rannych stwierdzono brak różnic w poprawności wykonania między introwertykami a ekstrawertykami. Natomiast wyraźne różnice w poprawności wykonania zadania [ $F(1, 53) = 3.66; p < .06$ ] pojawiły się w sesji popołudniowej, kiedy z łatwiejszym zadaniem pamięciowym znacznie lepiej radzili sobie introwertycy, z trudniejszym natomiast – ekstrawertycy (ryc. 5).

Należy przyjąć, że konstytucjonalne predyspozycje do funkcjonowania w określonych rejonach pobudzenia, w interakcji z porą dnia, mają wpływ na poziom wykonania zadania poznawczego. W warunkach, w których obciążana jest pamięć robocza, różnice między grupami występują głównie po południu: z łatwiejszym zadaniem lepiej radzą sobie wtedy introwertycy, z trudnym zaś – ekstrawertycy. W warunkach wymagających

selekcji bodźców znaczących spośród dystraktorów, ekstrawertycy lepiej radzą sobie w trakcie sesji dopołudniowych, introwertycy natomiast w godzinach popołudniowych. Tak więc poziom pobudzenia warunkowany rytmiką dobową, niejednakowo wpływa na dostępność zasobów uwagi i chwilową pojemność pamięci roboczej osób o różnym natężeniu ekstrawersji.

#### INTELIGENCJA A POZIOM WYKONANIA ZADANIA MATTE

Istotna statystycznie okazała się relacja pomiędzy mierzonym psychometrycznie poziomem inteligencji i poprawnością wykonania zadania MATTE. Osoby badane zostały podzielone według mediany na grupy nisko i wysoko inteligentnych w zależności od wyników uzyskanych w teście Ravena. Osoby inteligentne różniły się od nisko inteligentnych wynikami uzyskiwanymi w zadaniu MATTE [ $F(1,55) = 23.95; p < .001$ ]. Poszczególne grupy uzyskały odpowiednio 78% i 63% poprawnych odpowiedzi. Interpretując ten wynik można przyjąć, że osoby o wyższych wynikach uzyskanych w teście inteligencji mają większą pulę zasobów uwagi i bardziej pojemną pamięć roboczą, co jest zgodnie z założeniami FTI i wynikami badań empirycznych (m. in. Nęcka, 1994).

Osoby o wysokich wynikach w teście Ravena uzyskały lepsze rezultaty w zadaniu MATTE



**Ryc. 5. Poprawność wykonania zadania MATTE (drugie wykonanie) w zależności od liczby elementów do przechowywania, wyników w skali introwersji-ekstrawersji (EPQ-R) i pory dnia**

niezależnie od pory dnia. Spadek poprawności wykonania w ich przypadku spowodowany był głównie wzrostem trudności zadania. Innymi słowy zmiana poziom pobudzenia uwarunkowana porą dnia nie wpłynęła znacząco na wyniki uzyskiwane przez tą grupę. Osoby, które uzyskały niskie wyniki w teście Ravena okazały się bardziej wrażliwe na porę dnia (ryc. 6). Jak widać na rysunku, badani z tej grupy uzyskiwali znacząco lepsze rezultaty w sesjach dopołudniowych. Tak więc pora dnia w której osoby te wykonywały zadanie poznawcze miała znaczący wpływ na poprawność

jego wykonania. W trakcie sesji popołudniowych, gdy warunki pobudzeniowe prawdopodobnie były mniej korzystne, zwiększenie wymagań stawianych uwadze selektywnej powodowało spadek poziomu wykonania zadania mierzonego odsetkiem poprawnych odpowiedzi. W warunkach optymalnych, zwiększenie ilości dystraktorów nie powoduje u tych osób spadku poprawności. Można więc uznać, że pewne poparcie zyskała hipoteza mówiąca, że wpływ pobudzenia inaczej wpływa na wyniki osób dysponujących większą pulą zasobów uwagi.

**Ryc. 6. Poprawność wykonania zadania MATTE w zależności od inteligencji i pory dnia**

Poziom ekstrawersji i introwersji, który w pewnym stopniu determinuje aktualny stan energetyczny jednostki, w przypadku osób inteligentnych nie różnicuje czasów reakcji (ryc. 7). Natomiast gdy bierzemy pod uwagę ekstrawertyków z niższym poziomem inteligencji, ich czasy reakcji w miarę dodawania dystraktorów wydłużają się stosunkowo nieznacznie. W przeciwieństwie do nich, mniej inteligentni introwertycy są znacznie bardziej wrażliwi na obciążenie systemu uwagi selektywnej, co przejawia się znaczącym wydłużeniem czasów reakcji.

zadania poznawczego, można powiedzieć, że w trudniejszych warunkach zadania lepiej radzą sobie osoby znajdujące się na (subiektywnie) wyższym poziomie energii.

Podwyższona energia sprzyja również poprawności wykonania zadania MATTE w warunkach wymagającym przechowywania w pamięci roboczej większej liczby elementów, co przeczy teoretycznym postulatam formalnej teorii intelektu (Nęcka, 1994). Warto jednak zauważyć, że gdy zadanie jest „czysto pamięciowe” (w warunkach bez dystraktorów), niższy poziom energii sprzyja

Ryc. 7. Czas reakcji w zadaniu MATTE w zależności od wyników w skali introwersji-ekstrawersji (EPQ-R) i poziomu inteligencji

## WNIOSKI

Można uznać, że obie postawione hipotezy zostały częściowo potwierdzone, chociaż nie w przypadku wszystkich zmiennych zależnych. Wyższy poziom energii wyraźnie ułatwia selekcję bodźców. Wynik ten znajduje również potwierdzenie w zastosowanej manipulacji eksperymentalnej, czyli w odniesieniu do pory dnia, w której wykonywane było zadanie. Ponieważ do południa poziom pobudzenia jest generalnie wyższy, osoby o niższym poziomie inteligencji mają wtedy bardziej sprzyjające warunki pobudzeniowe i prawdopodobnie dzięki temu rano lepiej radzą sobie z selekcją bodźców, niż po południu. Uogólniając część wyników dotyczącą wpływu subiektywnie odczuwanego poziomu pobudzenia na wykonanie

poprawnemu wykonaniu zadania (ryc. 2). Tak więc obraz omawianych zależności może zależeć od specyfiki zadania, które w swej istocie obciąża pamięć roboczą i uwagę selektywną jednocześnie, choć nierównomiernie.

W godzinach popołudniowych, wysoka energia umożliwia systemowi radzenie sobie z rosnącymi wymaganiami zadania i utrzymanie poprawności jego wykonania na stałym poziomie, mimo zwiększających się wymagań, stawianych pamięci roboczej. Ciekawe, że stan energetyczny subiektywnie odczuwany przez osoby badane wpływa wyraźnie na poziom wykonania zadania w godzinach popołudniowych, podczas, gdy wpływ zmiennych o charakterze konstytucjonalnym uwidacznia się głównie w godzinach popołudniowych. Podobne rezultaty w odniesieniu do wymiaru ekstrawersji

opisywane są w literaturze (Mattheus, Davies i Lees 1990; Anderson i Revelle, 1994).

Wzorce wykonaniu zadania prezentowane przez grupy intro- i ekstrawertyków oraz osób o niskim i wysokim poziomie czynnika „energia” są analogiczne o różnych porach dnia (por. ryc. 3 i 5). Osoby z niskim poziomem energii w godzinach popołudniowych, podobnie jak introwertycy po południu, lepiej radzą sobie z łatwym zadaniem pamięciowym. Jednak osoby z wysokim poziomem energii rano, podobnie jak ekstrawertycy po południu, radzą sobie z wykonaniem zadania zgoła inaczej. Zachowują się bowiem tak, jak gdyby ignorowali manipulację eksperymentalną w postaci zwiększających się wymagań zadania, utrzymując stałą poprawność wykonania, niezależnie od ilości elementów przeznaczonych do aktywnego przechowywania w pamięci roboczej. Być może wyjaśnieniem tej stabilności może być postulowany przez Sandersa (1983) nadrzędny mechanizm kontroli wysiłku (*higher-order effort mechanism*), który umożliwia kontrolę aktualnego stanu energetycznego na poziomie strategicznej alokacji zasobów i zostaje „włączony” w trakcie wykonywania zadania dopiero wtedy, gdy wymagania co do zaangażowanych zasobów poznawczych rosną. Co ciekawe, zaobserwowane tutaj zależności sugerują, że proces ten może zachodzić w odniesieniu do rytmiki okołodobowej.

Warto zauważyć, że w przypadku pamięci roboczej mamy do czynienia z „procesem centralnym”, w odróżnieniu do procesu selekcji bodźców, odbywającego się na „wejściu” sensorycznym. Wobec oczywistego wpływu różnych aspektów pobudzenia na funkcjonowanie uwagi, charakter tego wpływu na funkcjonowanie pamięci roboczej wydaje się mniej jednoznaczny i, być może, jak sugeruje się powyżej, w celu wyjaśnienia go konieczne jest odwołanie się do hipotetycznego, nadrzędnego mechanizmu kontroli wysiłku.

W perspektywie takiego wyjaśnienia kluczowe staje się pytanie, w jaki sposób w badaniach weryfikujących poznawczo-energetyczne modele przetwarzania informacji należy szacować aktualny poziom pobudzenia osoby badanej, czy też stopień jej zaangażowania i wysiłku inwestowanego w zadanie. Wydaje się, że konieczne jest zastosowanie takiego narzędzia, dzięki któremu możliwy byłby pomiar o charakterze jeszcze bardziej chwilowym, niż kwestionariusz samoopisu bezpośrednio poprzedzający wykonanie zadania.

W odniesieniu do interakcyjnego wpływu pobudzenia konstytucjonalnego i pory dnia na poziom wykonania zadania poznawczego, należy stwierdzić, że rezultaty uzyskane przez grupy introwertyków i ekstrawertyków nie potwierdzają prostej zależności, zgodnie z którą introwertycy wykonują zadania lepiej niż ekstrawertycy rano, natomiast ekstrawertycy lepiej niż introwertycy po południu (Wilson, 1989). Wydaje się, że poziom wykonania konkretnego zadania poznawczego jest zdeterminowany jego specyfiką; a specyfika zadania to – między innymi – różne poziomy optimum aktywacyjnego, gwarantującego najlepszy poziom wykonania danego zadania.

Wyższy poziom poprawności, uzyskany w zadaniu MATTE przez osoby bardziej inteligentne, jest kolejnym dowodem empirycznym przemawiającym na rzecz tezy, iż osoby te mają więcej zasobów uwagi i bardziej pojemną pamięć roboczą. Poza tym, wyniki osób inteligentnych są wyraźnie mniej podatne na wpływ wewnętrznego i zewnętrznego kontekstu energetycznego. Wszystkie zmienne energetyczne (pora dnia, konstytucjonalnie uwarunkowany poziom pobudzenia i poziom energii oceniany na podstawie samoopisu) w interakcji z czynnikiem „inteligencja” i warunkiem zadania (w tym przypadku „dystrakcja”), w większym stopniu wpływają na wyniki osób mniej inteligentnych, niż bardziej inteligentnych. Osoby inteligentne wydają się być mniej podatne na fluktuacje poziomu pobudzenia. Oznacza to, że rezultaty poznawcze osiągnięte przez daną osobę mogą się znacząco różnić, w zależności od tego, w jakim kontekście energetycznym wykonuje ona określone zadanie intelektualne, szczególnie gdy pojemność pamięci roboczej i wielkość zasobów uwagi tej osoby jest niska. Dane te potwierdzają słuszność hipotezy drugiej, sformułowanej na podstawie formalnej teorii intelektu Nęcki (1994).

W świetle przedstawionych danych empirycznych nasuwa się spostrzeżenie, że wpływ poszczególnych czynników energetycznych na wykonanie zadania poznawczego nie sposób rozpatrywać w oderwaniu od siebie. Wpływ pojedynczych czynników energetycznych wydaje się być na tyle subtelny, że utrudnia zaobserwowanie istotnych zależności (por. Blake i Corcoran, 1972). Natomiast „współdziałając”, predyspozycje konstytucjonalne i zewnętrzny kontekst pobudzeniowy tworzą specyficzne, pozapoznawcze warunki energetyczne, wyraźnie modyfikujące wykonanie

zadania poznawczego. W trakcie analizy prezentowanych danych empirycznych, zaobserwowano istotnych zależności okazało się możliwe głównie w przypadku interakcji zmiennych energetycznych oraz warunków zadania. Tak więc wpływ rozumianego w ten sposób kontekstu energetycznego na wykonanie zadania poznawczego jest niezaprzeczalny.

## LITERATURA

- Anderson, K.J. & Revelle, W. (1994). Impulsivity and time of day: is impulsivity related to decay of arousal? *Journal of Personality and Social Psychology*, 67, 334-344.
- Blake, M.J.F. (1967). Relationship between circadian rhythm of body temperature and introversion-extraversion. *Nature*, 215, 896-897.
- Blake, M.J.F. & Corcoran, D.W.J. (1972). Introversion-Extraversion and Circadian Rhythms. *Aspects of Human Efficiency*, 5, 261-272.
- Broadbent, D.E. (1971). *Decision and stress*. London: Academic Press.
- Brzozowski, P. & Drwal, R.Ł. (1995). *Kwestionariusz osobowości Eysencka: Polska adaptacja EPQ-R*. Warszawa: Pracownia Testów Psychologicznych Polskiego Towarzystwa Psychologicznego.
- Colquhoun, W. P. (1960). Temperament, inspection efficiency and time of day. *Ergonomics*, 2, 367-372.
- Duffy, E. (1962). *Activation and behaviour*. New York: Wiley.
- Eysenck, S.B.G., Eysenck, H.J., Barrett, P. (1985). A revised version of the Psychoticism scale. *Personality and Individual Differences*, 6, 21-29.
- Hebb, D.R. (1955). Drives and the Conceptual Nervous System. *Psychological Review*, 62, 243-254.
- Hitch, G.J. (1986). Energetical aspects of information processing: Some pretheoretical issues. W: G.R.J. Hockey, M.G.H. Coles, i A.W.K. Gaillard (red.), *Energetics and human information processing* (s. 425-435). Dordrecht, The Netherlands: Martinus Nijhoff.
- Hockey, G.R.J. (1979). Stress and the cognitive components of skilled performance. W: V. Hamilton, i P.M. Warburton (red.), *Human stress and cognition: An information-processing approach*. New York: Wiley.
- Hockey, G.R.J. (1984). Varieties of attentional state: The effects of environment. W: (red.), *Varieties of Attention*. Oxford: Academic Press.
- Hockey, G.R.J., Coles, M.G.H. & Gaillard, A. W. K. (1986). Energetical issues in research on human information processing. W: G.R.J. Hockey, M.G.H. Coles, i A.W.K. Gaillard (red.), *Energetics and human information processing* (s. 425-435). Dordrecht: The Netherlands: Martinus Nijhoff.
- Humphreys, M.S. & Revelle, W. (1984). Personality, motivation, and performance: A theory of the relationship between individual differences and information processing. *Psychological Review*, 91, 153-184.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood-Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Klonowicz, T. (1984). *Reaktywność a funkcjonowanie człowieka w różnych warunkach stymulacyjnych*. Wrocław: Ossolineum.
- Matthews, G., Davies D.R., Lees, J.L. (1990). Arousal, Extraversion, and Individual Differences in Resource Availability. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59, 150-186.
- Melis, C.J., van Boxtel A. i Hettema, P.J. (1996). „Energetic processes in intelligence”. Poster presented at the XXVI International Congress of Psychology, August 16-21, Montreal, Quebec, Canada.
- Mulder, G. (1986). The Concept and Measurement of Mental Effort. W: G.R.J. Hockey, M.G.H. Coles, i A.W.K. Gaillard (red.), *Energetics and human information processing* (s. 425-435). Dordrecht: The Netherlands: Martinus Nijhoff.
- Necka, E. (1989). Poziomy przetwarzania informacji a pojęcie inteligencji. W: J. Strelau, W. Ciarkowska i E. Necka (red.), *Różnice indywidualne: Możliwości i preferencje*. Wrocław: Ossolineum.
- Necka, E. (1994). *Inteligencja i procesy poznawcze*. Kraków: Oficyna Wydawnicza „IMPULS”.
- Necka, E. (1997) Attention, Working Memory and Arousal: Concepts Apt to Account for the „Process of Intelligence”. W: G. Matthews (red.), *Cognitive Science Perspectives on Personality and emotions*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Raven, J.C., Court, J.H. & Raven, J. (1983). *Manual for Raven's Progressive Matrices and vocabulary scales (Section 4, Advanced Progressive Matrices)*. London: H. K. Lewis.
- Revelle, W. (1993). Individual differences in personality and motivation: Non-cognitive determinants of cognitive performance. W: A. Baddeley i L. Weiskrantz (red.), *Attention: Selection, awareness and control: A tribute to Donald Broadbent* (s. 346-373). Oxford: Oxford University Press.
- Sanders, A. F. (1983). Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica*, 53, 61-97.
- Sanders, A.F. (1986). Energetical states underlying task performance. W: G.R.J. Hockey, M.G.H. Coles, i A. W.K. Gaillard (red.), *Energetics and human information processing* (s. 425-435). Dordrecht: The Netherlands: Martinus Nijhoff.
- Strelau, J. (red.) (1982). *Regulacyjne funkcje temperamentu*. Wrocław: Ossolineum.
- Thayer, R.E. (1978). Toward a psychological theory of multi-dimensional activation (arousal). *Motivation and Emotion*, 2, 1-34.
- Thayer, R.E. (1989). *The biopsychology of mood and arousal*. New York: Oxford University Press.
- Thayer, R.E., Takahashi, P.J., i Pauli, J.A. (1988). Multi-dimensional arousal states, diurnal rhythms, cognitive and social processes, and extraversion. *Personality and Individual Differences*, 9, 15-24.
- Wickens, C. D. (1984). Processing resources in attention. [w:] *Varieties of Attention* (str. 63-102). Oxford: Academic Press.
- Wickens, C.D. (1986). Gain and energetics in information processing. W: G.R.J. Hockey, M.G.H. Coles, i A.W.K. Gaillard (red.), *Energetics and human information processing* (s. 425-435). Dordrecht: The Netherlands: Martinus Nijhoff.
- Wilson, G.D. (1989). Personality, time of day, and arousal. *Personality and Individual Differences*, 11, 153-168.
- Yerkes, R.M. & Dodson, J.D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit formation. *Journal of Comparative and Neurological Psychology*, 18, 459-482.