

MACIEJ HENNEBERG, RENATA HENNEBERG

## OCENA WPŁYWU RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ NA ZMIENNOŚĆ FENOTYPOWĄ CZŁOWIEKA

### WSTĘP

Zróznicowanie cech o zmienności ciągłej wynika z oddziaływania licznych czynników różnorodnej natury. Wyróżnienie udziału poszczególnych grup przyczyn w określaniu ogólnej zmienności fenotypowej jest konieczne dla prawidłowej interpretacji różnic międzysobniczych i międzygrupowych. Trudno jest, oczywiście, ocenić udział każdego z osobna jednostkowego czynnika, jednakże określenie oddziaływania zasadniczych grup przyczyn da się praktycznie zrealizować. Odpowiednią do tego celu metodykę wypracowano już na początku XX wieku w zakresie genetyki cech ilościowych. Dla pełnego jej wykorzystania wymagane jest jednak prowadzenie odpowiednio zaplanowanych doświadczeń, co w przypadku człowieka nie jest możliwe do zrealizowania. Mimo to, wykorzystanie niektórych elementów owej metodyki, w połączeniu z odpowiednim sposobem przeprowadzania pomiarów, pozwala uzyskiwać orientację co do siły oddziaływania poszczególnych przyczyn zmienności cech.

Obserwowane w danym momencie u osobnika ukształtowanie cechy fenotypowej jest wynikiem przebiegu procesów przystosowawczych o różnym czasie trwania i różnym mechanizmie. Najogólniej procesy te można podzielić na trzy grupy: adaptacyjne, adaptabilne i adjustacyjne [Strzałko i in. 1976]. Procesy adaptacyjne dotyczą materiału genetycznego i ich wyniku nie można zmienić w trakcie życia osobniczego; procesy adaptabilne przebiegają w czasie formowania się organizmu w ten sposób, że ich rezultat, jakim jest konkretne wyrażenie cechy na skutek interakcji pomiędzy wyposażeniem dziedzicznym a oddziaływaniem czynników środowiska, zostaje utrwalony na czas życia osobniczego, natomiast procesy adjustacyjne regulują odwracalnie napięcie już ukształtowanych cech w zależności od chwilowych stanów organizmu.

Zmierzona w danym momencie wartość natężenia cechy fenotypowej zawiera, poza informacją o jej ukształtowaniu przez wymienione procesy, również błąd obserwacji, który w większości przypadków można traktować jako błąd losowy. Charakteryzując rozkład natężenia cechy fenotypowej w zbiorze osobników za pomocą miar położenia i rozproszenia, uzyskuje się łączną informację o oddziaływaniu wymienionych procesów oraz wielkości błędu obserwacyjnego. Interpretacja i dalsze opracowanie tak otrzymanych wyników zależy od celu badań. Zwykle jednak pożądana jest znajomość wpływu poszczególnych przyczyn lub ich grup na wartość badanych cech, a zatem dąży się do oceny wpływu poszczególnych procesów na statystyczne charakterystyki rozkładów. Odpowiednia do tego celu analiza miar położenia wymaga porównywania wartości otrzymanych dla zbiorów różniących się pod interesującymi badacza względami, jednak dla niektórych celów, np. oceny wielkości błędu przypadkowego czy pewnych rodzajów zmienności fluktuacyjnej jest ona bezużyteczna z powodu znoszenia się wpływu wartości indywidualnych o przeciwstawnych znakach podczas obliczania takich charakterystyk statystycznych. Większe możliwości w tym zakresie stwarza analiza wariancji. Na wartość bowiem tej miary wpływają wszystkie zmiany wielkości składowych określających natężenie cechy.

W biologii cech ilościowych stosuje się różne szczegółowe metody analizy wariancji w zależności od potrzeb badawczych narzucających rozmaite sposoby wydzielenia grup przyczyn. W najprostszym przypadku wydziela się składniki wariancji pochodzące ze źródeł dziedzicznego i „środowiskowego”. Składniki te można z kolei dalej dzielić na genetyczne komponenty addytywne, dominacyjne i interakcyjne oraz trwałe i fluktuacyjne efekty oddziaływania środowiska, a w końcu także oddzielić wpływ błędu pomiarowego. Szczegóły oceny wielkości komponent wariancji opisane są w wielu podstawowych opracowaniach z zakresu genetyki cech ilościowych [np. Falconer 1974, Mather i Jinks 1971, Cavalli-Sforza i Bodmer 1971, Sváb 1978], ograniczymy się więc tutaj do przedstawienia schematu podziału wariancji odpowiadającego przytoczonym na wstępie grupom przyczyn:

$$V_P = V_G + V_{Eg} + V_{Es} + V_{Er}$$

gdzie  $V_P$  — całkowita wariancja fenotypowa,  $V_G$  — wariancja genotypowa,  $V_{Eg}$  — wariancja stałych efektów oddziaływania środowiska,  $V_{Es}$  — wariancja specyficznych (fluktuacyjnych) efektów oddziaływania środowiska,  $V_{Er}$  — wariancja błędu pomiarowego.

W odniesieniu do cech ilościowych człowieka często podejmowano próby oceny udziału zmienności genetycznej w ogólnej zmienności cechy, posługując się do tego celu badaniami bliźniąt lub rodzin. Znacznie rzadziej podejmowano próby oceny wielkości pozostałych komponent wariancji.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie możliwości szacowania udziału środowiskowych źródeł wariancji w całkowitej obserwowanej zmienności cech człowieka.

#### MATERIAŁ I METODY

Możliwości oceny poszczególnych komponent wariancji fenotypowej postanowiliśmy zilustrować analizując dwa kontrastujące ze sobą zespoły cech: „klasyczne” cechy antropometryczne i parametry równowagi kwasowo-zasadowej krwi będące wskaźnikiem homeostatycznej regulacji organizmu.

Badaniom antropometrycznym poddano grupę 40 dorosłych mężczyzn w wieku 20 - 60 lat, pracujących na Wydziale Elektrolizy Huty Aluminium „Konin”. Stanowili oni losowo dobraną próbę spośród wszystkich pracowników tego wydziału, którzy jako zespół nie odbiegają pod względem charakterystyk antropometrycznych od ogółu mężczyzn polskich [Puch, Wąsalska 1978]. Grupa ta została zbadana przez trzy różne ekipy w latach 1974, 1975, 1976. Za każdym razem badania przeprowadzono w miesiącach letnich (czerwiec-sierpień). Ze względu na znaczną płynność kadry w hucie, absencje itp. przyczyny, niezależne od prowadzących badania, uzyskano trzykrotne powtórzenie pomiarów tylko dla 16 członków grupy, pozostali 24 zostali zmierzani tylko dwukrotnie w odstępie jednego roku, lub dwóch lat. Takim sposobem wykonania powtarzanych pomiarów tych samych osób umożliwia łączne uchwycenie zmian zachodzących w wartościach cech antropometrycznych w stosunkowo krótkich — dla osób dorosłych — odcinkach czasu oraz błędów pomiarowych mających swe źródło w indywidualnych różnicach sposobu mierzenia przez poszczególnych członków ekip i drobnych wahnięciach w wymiarach ciała badanych. Te ostatnie mogą wynikać z chwilowych stanów ich organizmów przy kolejnych badaniach (np. zależnych od stopnia zmęczenia, zmian postawy czy wypełnienia przewodu pokarmowego). Warto dodać, że członkami ekip byli studenci IV - V roku antropologii, szkoleni i nadzorowani w czasie badań przez pracowników Zakładu Antropologii UAM. Fakt ten może mieć wpływ na zminimalizowanie ewentualnych błędów systematycznych obciążających wyniki badań z kolejnych lat, tym bardziej, że w każdym roku te same pomiary na poszczególnych badanych wykonywane były przez różnych członków ekipy.

Parametry równowagi kwasowo-zasadowej krwi zbadano w Zakładzie Higieny i Żywienia Sportowców AWF w Poznaniu na 181 osobnikach, powtarzając oznaczenia dla każdego z nich co najmniej dwukrotnie, w odstępie od tygodnia do kilku lat. W skład badanej grupy wchodziło: 43 chłopców w wieku około 8 lat (II klasa szkoły podstawowej), 23 dziewczęta w tym samym wieku, 38 żołnierzy służby czynnej (20 - 22 lata),

61 lekkoatletów w wieku 18 - 25 lat oraz 16 lekkoatletek w tym samym wieku. U żadnej badanej osoby nie stwierdzono stanów patologicznych mogących zaburzać homeostazę organizmu. Liczba powtórzeń dla poszczególnych badanych lekkoatletów obojga płci była różna i wahała się od 3 do 15, w pozostałych podgrupach pomiary powtarzano dwukrotnie. Mierzono następujące parametry: pH, prężność dwutlenku węgla ( $p\text{CO}_2$ ) i tlenu ( $p\text{O}_2$ ) w krwi kapilarnej pobieranej w spoczynku z opuszki palca ręki. Oznaczeń dokonywano posługując się aparatem ABC-1 do pomiaru parametrów równowagi kwasowo-zasadowej mikrometodą według Astrupa [Siggaard-Andersen 1974]. Jest to urządzenie produkowane przez firmę „Radiometer”. Badania we wszystkich przypadkach wykonywane były przez autorkę przy zachowaniu standardowych warunków pobierania, przechowywania i analizowania krwi na tym samym egzemplarzu aparatu. Mimo starania o zachowanie jednakowych warunków, nie można było uniknąć przypadkowych błędów pomiarowych. Ich wariancję oceniono powtarzając sześciokrotnie oznaczenia dla tej samej próby krwi.

W odniesieniu do niektórych cech antropometrycznych wykorzystaliśmy dane z literatury dotyczące współczynników odziedziczalności [Susanne 1971, Skład 1973] oraz oszacowań wariancji błędów pomiarowych [Szczotka 1964].

Dysponując powtórzonymi kilkakrotnie pomiarami cech tych samych osobników można z całkowitej obserwowanej ich wariancji wydzielić część wynikającą z przyczyn powodujących fluktuacje wielkości cech w czasie pomiędzy powtórzeniami pomiarów, a tym samym określić zmienność tych wielkości wynikającą z przyczyn „trwałych”. Jeśli odstęp czasu pomiędzy powtórzeniami jest bardzo mały, otrzymuje się praktycznie oszacowanie tylko wariancji błędu pomiarowego, przy odpowiednio dobranych, dłuższych odstępach można uchwycić zmienność wynikającą z innych przyczyn. Podejście pierwszego rodzaju stosował H. Szczotka [1959, 1964] oceniając wariancję błędów pomiarów Zdjęcia Antropometrycznego.

Metody szacowania komponent wariancji na podstawie powtarzalnych pomiarów podane są m.in. w opracowaniach Falconera [1974] i Svábá [1978]. Postępowanie polega na obliczeniu dla każdego osobnika średniej z powtórzonych  $n$ -krotnie pomiarów danej cechy, określenia wariancji tak uzyskanych średnich indywidualnych ( $V_{P(n)}$ ) oraz zestawieniu jej z wariancją zaobserwowaną w zbiorze pojedynczych wartości cech osobników ( $V_P$ ). Modyfikując nieznacznie formuły podane przez Falconera [1974] postępowanie to można przedstawić w następujący sposób:

$$V_{P(n)} = V_G + V_{Eg} + \frac{1}{n}(V_{Es} + V_{Er})$$

$$r = \frac{1}{n-1} \left( \frac{nV_{P(n)}}{V_P} - 1 \right).$$

Wielkość  $r$  nosi nazwę powtarzalności i jest korelacją pomiędzy powtarzającymi pomiarami tego samego osobnika, a zatem:

$$r = \frac{V_G + V_{Eg}}{V_P}.$$

Wynika stąd, że wartość  $r$  stanowi oszacowanie górnej granicy współczynnika odziedziczalności *sensu lato* ( $h^2 = V_G/V_P$ ), który może osiągać wartość równą  $r$  w przypadku braku wariancji spowodowanej trwałymi oddziaływaniami środowiska. Z podanych wyżej zależności wynika w sposób oczywisty, że:

$$1 - r = \frac{V_{Es} + V_{Er}}{V_P}.$$

Dysponując zatem oszacowaniami wartości  $h^2$ ,  $r$  i wielkości błędu pomiarowego można określić udział zmienności adaptacyjnej, adaptabilnej i adiustacyjnej oraz wariancji błędu w całkowitej obserwowanej zmienności cechy, bowiem:

$$\frac{V_G}{V_P} = h^2, \quad \frac{V_{Eg}}{V_P} = r - h^2, \quad \frac{V_{Es}}{V_P} = 1 - r - \frac{V_{Er}}{V_P}.$$

Celem precyzyjnego określenia tych wartości należałoby dysponować dokładnym oszacowaniem  $h^2$  *sensu lato*. Trudności metodyczne określania wartości mierników odziedziczalności u człowieka nie zawsze na to pozwalają i trzeba zadowalać się przybliżonymi wartościami współczynników odziedziczalności, niejednokrotnie określanymi w węższym sensie ( $h^2 = V_A/V_P$ ) udziału tylko addytywnej części wariancji genetycznej w wariancji fenotypowej. W przypadku wielu cech poligenicznych i przy szacunkowych metodach określania wielkości  $h^2$  nie ma to jednak większego wpływu na interpretację wyników. Należy również zdawać sobie sprawę z faktu, że ustalenie udziału poszczególnych składowych w całkowitej wariancji fenotypowej odnosi się tylko do konkretnej badanej zbiorowości i właściwego jej zestawu warunków. Dane uzyskane dla jednej grupy mogą mieć jedynie charakter orientacyjny gdy odnosimy je do innych grup. Warto także zwrócić uwagę, że wariancja błędu pomiarowego nie stanowi właściwości biologicznej badanej cechy. Stąd, dla uzyskania bliższego rzeczywistości obrazu, udział pozostałych komponent wariancji fenotypowej powinien być określany w odniesieniu do całkowitej wariancji nie obciążonej wariancją błędu, a więc należałoby stosować  $V_P - V_{Er}$  zamiast  $V_P$ . Fakt ten jest często pomijany przy badaniu odziedziczalności cech człowieka, co przy różnym udziale wariancji błędu w wariancji poszczególnych cech może prowadzić do nieprawidłowych

ustaleń dotyczących przyczyn ich zmienności. Poza obliczeniem szeregu wartości opisujących udział poszczególnych składowych w wariancji badanych w niniejszej pracy cech, posłużyliśmy się również współczynnikami polimorfizmu genetycznego i ekosensytywności [Henneberg, Lewicki 1978] dla opisanego zakresu zmienności cech.

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW I Dyskusja

Oszacowania parametrów rozkładów wybranych cech antropometrycznych, obliczone z indywidualnych średnich pomiarów powtórzonych i z pojedynczych pomiarów (po jednym od każdego osobnika), zestawiono w tabeli 1, wraz z oszacowaniami wartości  $r$ ,  $V_{Es}$  i  $V_{Er}$ . Tę ostatnią wartość przyjęliśmy za H. Szczotkę [1964], który nie uwzględniał w swoim opracowaniu ciężaru ciała i pojemności życiowej płuc.

Tabela 1. Charakterystyki statystyczne wybranych cech antropometrycznych 40 mężczyzn, na których pomiary powtarzano w odstępach rocznych lub dwuletnich. Liczby mianowane odpowiednio w kg, cm i  $\text{cm}^3$

Cecha	Obserwacje powtarzane ( $N=40$ ; $\bar{n}=2,4$ )		Obserwacje pojedyncze ( $N=40$ )		$r$	$V_{Es} + V_{Er}$	$V_{Er}^*$
	$\bar{x}$	$V_{P(n)}$	$\bar{x}$	$V_P$			
ciężar ciała	73,52	71,88	73,56	77,64	0,87	9,88	—
<i>B-v</i>	169,13	32,65	169,04	31,19	1,08**	0,00	0,25
<i>B-sst</i>	138,28	22,92	138,30	23,81	0,94	1,53	0,33
<i>B-da</i>	62,14	10,98	62,30	12,10	0,84	1,92	1,07
<i>a-a</i>	39,14	3,69	39,44	5,72	0,39	3,48	0,41
<i>thl-thl</i>	29,79	2,76	29,89	4,41	0,36	2,83	0,49
obwód pasa	89,29	51,01	89,20	80,01	0,38	49,72	1,20
n. obw. ram.	29,95	5,32	30,16	6,18	0,76	1,47	0,61
<i>ic-ic</i>	29,49	2,95	29,99	3,17	0,88	0,38	0,16
pojemność życiowa płuc $\times 10^{-3}$	4,26	678,59	4,28	724,86	0,89	79,27	—

\* — dane za H. Szczotką [1964]; \*\* — przy zastosowanej tu metodzie obliczeniowej można uzyskać wartość  $r > 1$  przy nałożeniu się błędów wynikających z liczebności prób i dokładności z jakimi podawane są wartości do obliczeń.

Współczynniki powtarzalności są dla większości cech wysokie, świadcząc o znacznym udziale procesów adaptacyjnych i adaptabilnych w określaniu ich zmienności. Wyjątek stanowią tu: szerokość barków, szerokość klatki piersiowej i obwód pasa. Jednakże nie przekraczające wartości krytycznej przy  $\alpha=0,05$  wartości  $F$  dla porównań  $V_P$  i  $V_{P(n)}$  wskazują, iż również w tych przypadkach udział procesów „trwale” kształtujących zmienność jest istotny. Zestawiając oszacowane przez nas wielkości wariancji „fluktuacyjnej” ( $V_{Es} + V_{Er}$ ) z oszacowaniami wariancji błędu pomiarowego podanymi przez H. Szczotkę [1964] dla materiału o po-

Tabela 2. Charakterystyki statystyczne rozkładów parametrów równowagi kwasowo-zasadowej krwi w grupach osób badanych kilkakrotnie. Prężności gazów w mmHg

grupa/cecha	obserwacje powtarzane		obserwacje pojedyncze		r	V <sub>Es</sub> + V <sub>Er</sub>
	$\bar{x}$	V <sub>P(n)</sub>	$\bar{x}$	V <sub>P</sub>		
1. chłopcy (8 lat), N=43; n=2						
pH	7,418	0,00017	7,418	0,00043	-0,20	0,00052
pCO <sub>2</sub>	35,56	3,51	35,81	10,20	-0,31	13,36
pO <sub>2</sub>	84,92	49,10	81,30	99,09	-0,20	138,19
2. żołnierze, N=38; n=2						
pH	7,389	0,00018	7,382	0,00045	-0,17	0,00053
pCO <sub>2</sub>	36,79	4,38	37,13	8,17	+0,07	7,59
pO <sub>2</sub>	81,37	46,88	84,95	80,52	+0,16	67,30
3. lekkoatleci, N=61; $\bar{n}=7,1$						
pH	7,402	0,00021	7,398	0,00050	+0,32	0,00034
pCO <sub>2</sub>	37,31	1,75	37,56	9,82	+0,04	9,34
pO <sub>2</sub>	84,69	22,15	83,72	101,18	+0,09	91,82
4. dziewczęta (8 lat), N=23; n=2						
pH	7,419	0,00015	7,411	0,00029	+0,04	0,00028
pCO <sub>2</sub>	34,67	0,73	34,00	1,57	-0,07	1,67
pO <sub>2</sub>	81,74	46,02	83,70	120,65	-0,24	149,25
5. lekkoatletki, N=16; $\bar{n}=7,1$						
pH	7,407	0,00010	7,402	0,00055	+0,06	0,00052
pCO <sub>2</sub>	36,36	1,33	36,31	10,34	-0,01	10,49
pO <sub>2</sub>	82,54	22,83	81,13	262,11	-0,06	277,29

dobnej do naszego liczebności (N=42) stwierdzamy, że rezultaty otrzymane przez tego autora są wyraźnie niższe od naszych. Może to świadczyć o zachodzeniu zmian w wymiarach ciała badanych robotników w ciągu kolejnych lat. Ponieważ badani przez nas mężczyźni byli w wieku, w którym nie należy spodziewać się kierunkowych zmian ontogenetycznych, na tyle znacznych by dały się uchwycić w odstępie rocznym lub dwuletnim, możemy przyjąć, iż mamy tu do czynienia z wahaniami typu adiustacyjnego. Warto dodać, że najwyższe rozbieżności stwierdza się dla tych cech tułowia, których wielkość określana jest przez ułożenie różnorodnych elementów ciała: kości, mięśni, trzewi, a również, w przypadku obwodu brzucha, stopnia wypełnienia przewodu pokarmowego. Krótkookresowe zmiany grubości podściółki tłuszczowej zdają się tu grać mniejszą rolę, (por. tab. 1 — zależne od nich zmiany obwodu ramienia). Różnice pomiędzy danymi H. Szczotki oraz naszymi wynikami mogą także mieć swe źródło w innej jakości pracy ekip wykonujących badania. Trudno jednak obecnie o ustalenia w tym względzie. Należy raczej przyjąć, że sytuacja taka nie miała miejsca ponieważ technika antropometryczna jest w znacznym stopniu ujednolicona, a w trakcie wykonywania badań w obu przypadkach zapewne przestrzegano powszechnie znanych i realizowanych zasad. Przy okazji zwracamy uwagę iż zarówno wyniki H. Szczotki jak i nasze, niezależnie od interpretacji dotyczącej źródeł zmienności, wskazują na konieczność uwzględniania szeroko

Tabela 3. Oszacowanie udziału komponent wariacji wynikających z różnych grup przyczyn w całkowitej wariacji fenotypowej wybranych cech antropometrycznych oraz mierników polimorfizmu genetycznego i ekosensytywności

cecha	$V_G/V_P$	$V_{Eg}/V_P$	$V_{Es}/V_P$	$V_{Er}/V_P$	$P_g$	$D_{eg}$	$D_{e(s+r)}$
ciężar ciała	0,64*	0,23	0,13		0,10	0,06	0,04
B-v	0,92**	0,07	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00
a-a	0,18*	0,21	0,54	0,07	0,02	0,03	0,05
ic-ic	0,88**	0,00	0,07	0,05	0,06	0,00	0,02
n. obw. ram.	0,66*	0,10	0,14	0,10	0,08	0,03	0,04

\* - wartości za Susanne [1971], \*\* - Skład [1973]

rozumianej wariacji błędów przy porównaniach międzycechowych i międzygrupowych.

Odpowiednie wartości parametrów charakteryzujących rozkłady wielokrotnie i jednorazowo mierzonych cech fizjologicznych zestawione są w tabeli 2. Miary położenia i rozproszenia rozkładów pojedynczych pomiarów w badanych tu grupach są porównywalne ze standardowymi zestawieniami dla innych grup ludzkich [Siggaard-Andersen 1974]. Dla wszystkich trzech cech, we wszystkich grupach stwierdzamy bardzo niskie wartości współczynników korelacji wewnątrzklasowej (powtarzalności), przy istotnych, w większości przypadków, różnicach pomiędzy  $V_P$  i  $V_{P(n)}$ . Oszacowane wielkości wariacji fluktuacyjnej ( $V_{Es} + V_{Er}$ ) są, pomijając błędy wynikające z liczebności prób i dokładności obliczeń, praktycznie równe całkowitej obserwowanej wariacji cech. Wskazuje to, że właściwości homeostatyczne krwi ustalone są identycznie u wszystkich osobników przez procesy adaptacyjne i adaptabilne, a podlegają jedynie zmianom adiustacyjnym. W tym więc przypadku całkowita obserwowana zmienność wynika z chwilowych fluktuacji stanów organizmów (i popełnianych błędów obserwacyjnych) i nie może być brana pod uwagę w porównaniach międzyosobniczych czy międzygrupowych mających na celu interpretację trwałych właściwości badanych obiektów. Zakres zmian adiustacyjnych badanych cech oraz wywołujące je czynniki są dobrze poznane dzięki badaniom o charakterze eksperymentalnym (por. np. Szczygieł [1975]).

Dążąc do ustalenia udziału poszczególnych komponent w całkowitej wariacji cechy, celem uzyskania dokładnych wyników powinniśmy dysponować oszacowaniami współczynników odziedziczalności wykonywanymi na tej samej grupie, na której szacowano udział środowiskowych składowych wariacji. W niniejszym opracowaniu nie dysponujemy tak wykonanymi określeniami. W związku z tym, jedynie celem zobrazowania możliwości przeprowadzania ustaleń udziału komponent wariacji, posłużyliśmy się wybranymi z literatury współczynnikami odziedziczalności (tab. 3). Rozpatrując dane zawarte w tabeli 3 można wnio-

Tabela 4. Wytrącenie wariacji błędu pomiarowego z całkowitej obserwowanej wariacji parametrów równowagi kwasowo-zasadowej krwi oraz mierniki ekosensytywności. Obliczenia dla grupy lekkoatletów ( $N=61$ ). Wariacje błędu pomiarowego oszacowano na podstawie sześciokrotnego powtórzenia oznaczeń dla jednorazowo pobieranej próby krwi tego samego osobnika

Cecha	$V_{Er}$	$V_P - V_{Er}$	$V_P - V_{Er}/V_P$	$D_{e(s+r)}$	$D_{es}$
pH	0,00012	0,00038	0,76	0,0030	0,0026
pCO <sub>2</sub>	1,56	8,26	0,84	0,0834	0,0765
pO <sub>2</sub>	55,89	45,29	0,45	0,1201	0,0804

skować, iż udział pozagenetycznych czynników w kształtowaniu zmienności cech antropometrycznych, jakkolwiek zróżnicowany, jest, z wyjątkiem szerokości barków, wyraźnie mniejszy od udziału czynników dziedzicznych. W ostatnich trzech kolumnach omawianej tabeli podane są wartości mierników polimorfizmu genetycznego i ekosensytywności (pierwiastek ze stosunku odpowiedniej komponenty wariacji do kwadratu średniej arytmetycznej cechy). Ze względów praktycznych szczególną uwagę należałoby zwrócić na wartości  $D_{eg}$  ponieważ informują one na ile można trwale zmienić wielkości cech fenotypowych za pomocą manipulacji warunkami środowiska w trakcie rozwoju osobniczego (trening, żywienie, opieka itp.). Ponieważ wartości zawarte w tabeli 3 mają charakter wysoce szacunkowy, nie będziemy podejmowali prób dalszej ich interpretacji.

W przypadku parametrów równowagi kwasowo-zasadowej krwi odpada konieczność ustalania współczynników odziedziczalności, ponieważ otrzymane wartości  $r$ , które jak powiedzieliśmy można traktować jak oszacowania górnej granicy  $h^2$ , okazały się praktycznie równe zero. Podobnie ma się rzecz z oceną trwałych efektów oddziaływań środowiska. Wystarczy zatem rozbić całkowitą wariację fenotypową omawianych cech na składnik wynikający ze zmienności adiustacyjnej i wariacji błędu pomiarowego. Dysponujemy pojedynczymi oszacowaniami błędu dla każdej z cech, a pięcioma oszacowaniami całkowitej wariacji uzyskanymi dla każdej z grup. Ponieważ jednak różnice pomiędzy wariacjami poszczególnych cech dla wszystkich grup (z wyjątkiem pCO<sub>2</sub> grupy 4 i pO<sub>2</sub> grupy 5) są nieistotne statystycznie, wybraliśmy do obliczeń dane dla grupy najliczniejszej (tab. 4). Rozpatrując wyniki tych obliczeń stwierdzamy, że udział wariacji błędu pomiarowego w wariacji całkowitej jest dość znaczny, dla wszystkich trzech cech większy niż w przypadku rozpatrywanych cech antropometrycznych. Zmienność typu adiustacyjnego okazuje się być niewielka w przypadku pH, natomiast dla prężności gazów przewyższa ona wyraźnie zmienność fluktuacyjną cech morfologicznych. Takie wyniki dobrze zgadzają się z przewidywaniami teoretycznymi, bowiem odpowiednie stężenie jonów wodorowych

we krwi ma podstawowe znaczenie dla sprawnego pełnienia przez nią funkcji transportowo-informacyjnych oraz sprawnego przebiegu w niej procesów biochemicznych. Natomiast prężności tlenu i dwutlenku węgla we krwi odzwierciedlają chwilowe stany fizjologiczne organizmu.

Zgodność interpretacji wyników uzyskanych dla cech morfologicznych i fizjologicznych z powszechnie akceptowanymi domniemaniami teoretycznymi wydaje się świadczyć o poprawności prezentowanego w niniejszej pracy podejścia metodycznego. Zdajemy sobie sprawę z fragmentaryczności i niedoskonałości materiałów, do których zostało ono tu zastosowane. Aby uzyskać rezultaty wystarczająco precyzyjne dla szczegółowych interpretacji i ustaleń praktycznych, konieczne byłoby wykonanie starannie zaplanowanych badań odpowiednio zebranych materiałów.

#### PIŚMIENNICTWO

- Cavalli-Sforza L. L., W. F. Bodmer 1971, *The Genetics of Human Populations*, San Francisco.
- Falconer D. S. 1974, *Dziedziczenie cech ilościowych*, Warszawa.
- Henneberg M., P. K. T. Lewicki 1978, *Ekosensytywność cech metrycznych — próba innego ujęcia metodycznego*, *Przegl. Antrop.*, 44, 87.
- Mather K., J. L. Jinks 1971, *Biometrical Genetics*, Londyn.
- Puch A. E., A. Wąsalska 1978, *Pracownicy Huty Aluminium „Konin” na tle zróżnicowania antropologicznego pracowników różnych zawodów*, *Przegl. Antrop.*, 44, 324.
- Siggaard-Andersen O. 1974, *The Acid-Base Status of the Blood*, Kopenhaga.
- Skład M. 1973, *Rozwój fizyczny i motoryczność bliźniąt*, *Mat. i Prace Antrop.*, 85, 3.
- Strzałko J., M. Henneberg, J. Pióntek 1976, *Wstęp do ekologii populacyjnej człowieka*, Poznań.
- Susanne C. 1971, *Recherche sur la transmission des caractères mesurables de l'homme*, *Mem. Inst. Royal des Sc. Nat. de Belgique*, 167.
- Sváb J. 1978, *Genetyka populacji*, Warszawa.
- Szczotka H. 1959, *O błędach pomiarowych*, *Przegl. Antrop.*, 25, 399, 1964, *Opracowanie pomiarów kontrolnych za pomocą analizy wariancyjnej*, *Mat. i Prace Antrop.*, 67, 129.
- Szczygieł A. 1975, *Podstawy fizjologii żywienia*, Warszawa.

Zakład Antropologii UAM  
Fredry 10, 61-701 Poznań

#### ESTIMATING SHARES OF VARIOUS SOURCES OF VARIABILITY IN DETERMINING HUMAN PHENOTYPIC VARIANCE

by MACIEJ HENNEBERG and RENATA HENNEBERG

The authors have applied a method of repeated at specified time intervals observations of same individuals (repeatability) to a set of anthropometric characters (see table 1, where characters not denoted by standard anthropometric

coding are — from top of the table down — : body weight, waist circumference, max. arm. circumference and vital capacity) and three parameters of the acid-base status of the blood (see table 2). The method allows one to separate a "fluctuative" portion of total observed variance and thus to estimate a "durable" portion of variance. The method is outlined in the text with formulas. Symbols of variables used in them, and consequently in headings of tables, are in majority the same as in D. S. Falconer's *Introduction to Quantitative Genetics*, (Edinburgh 1960). Exceptions are:  $V_{Er}$  that denotes variance of random measurement error,  $P_g$ ,  $D_{eg}$ ,  $D_{e(s+r)}$  and  $D_{es}$ . These last four symbols are used for indices of genetic polymorphism and ecosensitivity described in Henneberg & Lewicki [1978]. Anthropometric data were collected on a group of 40 physical laborers aged 20—60 yrs measured twice or thrice during summers of 1974, 1975, 1976. Physiological observations were carried on 181 individuals subdivided into five groups (boys aged 8 yrs, draft solidiers, male athletes, girls aged 8 yrs, and female athletes). Measurements were repeated 2 - 15 times on each individual and taken over periods ranging from one week to several years.

It has been found, as would be theoretically expected, that anthropometric traits contain a large share of genetic and "durable" environmental variance, whereas variance resulting from these sources is practically absent in physiological characteristics observed here. Thus total variance of examined blood properties is attributable to reversible short-term fluctuations in physiological states of organisms plus observational errors. Furthermore the authors discuss relevance of partitioning of variance for arriving at more precise estimates of heritability and ecosensitivity of various characters.

---

K. Lorenz, *Vergleichende Verhaltensforschung. Grundlagen der Ethologie*, Wien—New York 1978, Springer Verlag. ss. 307.

Nazwisko Konrada Lorenza, laureata nagrody Nobla, jest szeroko znane w świecie naukowym. Należy on wraz z Tinbergenem do założycieli nowej nauki — etologii. Omawiana praca stanowi podręcznik próbujący wyjaśnić podstawowe problemy i zakres tej nauki. Obejmuje ona cztery części składowe: wprowadzenie historyczne, podstawowe zagadnienia metodologiczne etologii, problematykę zachowań zaprogramowanych filogenetycznie oraz adaptacyjną modyfikację zachowania.

Lorenz stwierdza, że: „Etologia albo porównawcze badanie zachowania jest łatwe do zdefiniowania: polega ona na tym, że do zachowania zwierząt i ludzi stosuje się te wszystkie sposoby i metody, które w innych gałęziach biologii są oczywiste od czasów Karola Darwina” (s. 1). Główną przyczyną późnego włączenia metod biologicznych do badania zachowania widzi Lorenz w sporze pomiędzy psychologią celowościową a behawioryzmem. Etologia oparta jest na rozróżnianiu „zachowań wrodzonych” i „nabytych”, których jednak nie definiuje się przez wyłączenie, ale ze względu na źródło odnośnych informacji jako przesłanki każdego przystosowania. Rozróżnianie to ma znaczenie dla człowieka: „Także pod względem kulturowym rozróżnianie elementów wrodzonych i nabytych jest istotne. Również człowiek nie jest w swoim zachowaniu modyfikowalny w sposób nieograniczony przez uczenie i tak niektóre wrodzone programy wyznaczają prawa człowieka” (s. 9). W całej pracy Lorenz zwraca uwagę na znaczenie etologii i stosowanych przez nią metod do wyjaśnienia zachowania człowieka.

W części poświęconej zagadnieniom metodologicznym omawia autor szereg podstawowych zagadnień m. in. różnice pomiędzy celami badań fizyki i biologii, problemy redukcjonizmu i funkcjonowania systemów oraz teleonomii zachowań. Szczególnie dużo uwagi poświęca autor najważniejszym metodom badawczym w etologii uwzględniając przede wszystkim metodę porównawczą. Najbardziej podstawowe znaczenie ma część druga pracy, gdzie Lorenz omawia w sposób bardzo wszechstronny problemy związane z zachowaniem zaprogramowanym filogenetycznie. Zwraca on tu uwagę na ruchy instynktowne, procesy dokonujące się w układzie receptory — układ nerwowy oraz zagadnienia bodźców. Stwierdza przykładowo, że: „Intensywność z jaką przebiega ruch instynktowny zależy od dwóch czynników: gotowości wewnętrznej zwierzęcia do działania i skuteczności wyzwalającego bodźca” (s. 119). Ponadto podjęto próbę precyzyjnego wyjaśnienia pojęcia „instynktu” oraz mechanizmów uzyskiwania informacji krótkotrwałej. Ostatnia część pracy dotyczy problemu uczenia się. Uważane jest ono za adaptacyjną modyfikację zachowania o charakterze teleonomicznym. Jako modyfikację określa się przy tym każdą trwałą zmianę w organizmie powstałą podczas jego indywidualnego życia przez zewnętrzne oddziaływania” (s. 207). Jednocześnie Lorenz podkreśla, że każdy typ uczenia oparty jest na ogromnej ilości nabytej filogenetycznie i genetycznie zakodowanej informacji.

Praca Lorenza zasługuje na uwagę nie tylko biologów, ale wszystkich czytelników zainteresowanych etologią. Stanowi ona bardzo wartościową lekturę zarówno pod względem merytorycznym, jak i metodologicznym. Zasługuje ona w pełni na przetłumaczenie jej na język polski jako cenna pomoc dla naukowców i studentów.