

PIOTR K. T. LEWICKI

ANALIZA ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY KOŚCMI RĘKI

WPROWADZENIE

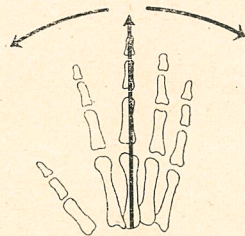
W poprzednim opracowaniu [Lewicki, Kowalski 1978] analizowano problem wpływu obciążeń mechanicznych na wielkość i zmienność poszczególnych kości ręki. Nie stwierdzono wówczas istotnego wpływu zróżnicowanego oddziaływania obciążenia funkcjonalnego na średnią wielkość kości, wykazano natomiast istotne różnice w zmiennościach tych kości, przede wszystkim w wymiarze długościowym. Zjawisko to tłumaczone było różnym co do natężenia oddziaływaniem czynnika funkcjonalnego, u poszczególnych badanych wchodzących w skład grupy „eksperymentalnej”, przypadającym na okres aktywności wzrostowej płytki przynasadowej tych kości. W wyniku oddziaływania zespołu bodźców towarzyszących zwiększonej aktywności funkcjonalnej kończyny górnej, zależnie od siły tych bodźców dochodziło u części badanych osób do zahamowania procesów proliferacyjnych płytki przynasadowej i zatrzymania wzrostu kości na różnym etapie rozwoju długościowego. U innych badanych bodźce te, o prawdopodobnie mniejszej sile, stanowiły czynnik stymulujący, aktywizując wzrost długości kości. Nie stwierdzono wówczas podobnych zmian w przypadku wymiarów szerokości kości, być może w związku z ich odmiennym charakterem wzrostu w tym wymiarze. Statystycznie istotne różnice w wariancjach otrzymano jedynie dla szerokości końców bliższych pierwszej kości śródreza i środkowego członka palca piątego, przy czym w pierwszym przypadku zmienność ta była wyższa w grupie osobników podlegających zmniejszonym obciążeniom funkcjonalnym, w drugim natomiast w grupie pracowników fizycznych. Dla wymiarów szerokości końców dalszych otrzymano także w dwóch przypadkach niezgodne wariancje, mianowicie dla pierwszej kości śródreza i środkowego członka palca trzeciego, gdzie omawiane zmienności były wyższe w grupie osób podlegających zwiększonemu obciążeniu funkcjonalnemu. Brak jednoznacznych wyników dla szerokości kości tłumaczony był także z jednej strony większą możliwością wielokierunkowych zmian w tym wymiarze, a z drugiej strony ogólnie mniejszą zmiennością okolic przynasadowych i nasadowych badanych kości.

Zaobserwowana poprzednio różna zmienność poszczególnych kości ręki, tak w obrębie grup wyróżnionych ze względu na stopień obciążenia funkcjonalnego kończyny górnej, mierzona współczynnikiem zmienności względnej, jak i pomiędzy tymi grupami, wydaje się wskazywać na różne w zależności od kości źródła tej zmienności, niezależne od wielkości bezwzględnej każdej z nich i od czynnika różnicującego te grupy. Generalizując, wyraźnie mniej zmiennymi elementami w ręce pod względem długości wydają się być kości śródrecza i bliższych członków poszczególnych palców, przy jednocześnie nieznacznie niższej zmienności elementów składowych palców położonych centralnie. Stwierdzenia te oczywiście nie stanowią uniwersalnej reguły dla każdej z wymienionych kości. Podobnych zależności nie można zaobserwować w obu badanych szerokościach. Dlatego też wydaje się, że znacznie więcej dodatkowych informacji, istotnych dla rozważanego problemu, możemy oczekiwać analizując, oprócz zmienności względnej poszczególnych kości, także współzmienności analogicznych wymiarów pomiędzy różnymi kośćmi ręki. U podłoża tej współzmienności leży z jednej strony zgodność ich ewolucyjnych zmian, z drugiej zaś strony zgodność rozwojowa tych kości. Proporcjonalnie taki sam rozwój każdego z elementów układu szkieletowego ręki z pozostałymi, u wszystkich osobników w badanej grupie, prowadzi w konsekwencji do stałych proporcji u osobników dorosłych. Powinno znaleźć to odzwierciedlenie w wysokich współczynnikach korelacji. Niezależne natomiast powiększanie się każdej z tych kości, o różnym stopniu niezgodności u poszczególnych badanych, spowoduje, że w efekcie końcowym będziemy rejestrować dużą zmienność międzyosobniczą w proporcjach pomiędzy badanymi kośćmi, a co za tym idzie będziemy otrzymywać niższe współczynniki korelacji.

W dotychczasowych opracowaniach poświęconych problemowi związków metrycznych pomiędzy zespołem elementów kostnych śródrecza i palców zwracano szczególną uwagę na wyjaśnienie podstawowych czynników regulujących te związki. W badaniach tych ustalono dwa rodzaje czynników odpowiedzialnych za zgodny rozwój kości ręki. Pierwszy z nich związany jest z kośćmi analogicznymi pod względem anatomicznym i lokalizacji (np. śródrecze czy członki dalsze poszczególnych palców) i nazywany w tych opracowaniach czynnikiem związanym z rzędem. Drugi natomiast czynnik, związany z promieniem, czyli nieanalogicznymi kośćmi należącymi do kolejnych palców, odpowiedzialny jest za zgodny rozwój elementów składowych każdego palca. W ramach tak wyróżnionych rzędów obserwowano różne wielkości współczynników korelacji; podobnie pomiędzy poszczególnymi promieniami stwierdzono niezgodność kowariancyjnych miar statystycznych. Wskazywać to może na dwa różne systemy regulacyjne wzrostu tych kości: jeden, wspólny dla wszystkich kości, związany z ogólnym powiększaniem się długościowym, drugi, specyficzny, właściwy dla kości o podobnej lokalizacji w ręce —

proksymalnej lub bardziej dystalnej. Nakładanie się na siebie obu tych systemów regulacyjnych utrzymuje na określonym poziomie „spójność” wszystkich elementów kostnych ręki, powodując jednocześnie istnienie różnic pomiędzy kolejnymi rzędami kości.

Pierwsze obserwacje na ten temat poczynione zostały przez *Lewenz i Whiteley* [1902]. Autorzy ci opierając się na porównaniu wielkości współczynników korelacji w macierzy uzyskanej z kombinowania poszczególnych wymiarów długości bezpośrednio zmierzonego szkieletu ręki, dochodzą do wniosku, że wielkość tych współczynników pomiędzy kośćmi ręki jest różna, przy czym zaznaczona jest pewna regularność tych związków. Najwyższe zależności stwierdzono pomiędzy sąsiednimi kośćmi w danym rzędzie, to znaczy, że wyższe korelacje otrzymujemy w przypadku odpowiadającej kości w sąsiednim palcu niż dla sąsiedniej kości w tym samym palcu. Drugą regułą, którą ustalono na podstawie analizy współczynników korelacji, jest zmniejszanie się wielkości tych współczynników wraz z coraz dalszym położeniem kości w rękę. W wyniku tego otrzymujemy niższe korelacje dla dystalnych i środkowych członków palców w porównaniu z członkami bliższymi i kośćmi śródreżca. Spadek wielkości współczynników korelacji zaobserwowano także w kościach palców marginalnych w porównaniu z palcami centralnie położonymi w rękę. Zbliżone do tych rezultatów wyniki uzyskał *Kimura* [1973] również



Rys. 1. Ogólnie przyjmowany gradient spadku współczynników korelacji w obrębie ręki

dla długości kości śródreżca i palców ręki na podstawie pomiarów tych kości na zdjęciach rentgenowskich, potwierdzając w ten sposób wyniki *Lewenz i Whiteley* [1902]. Autor ten stwierdził, że w obrębie ręki obserwuje się stosunkowo wyższe korelacje pomiędzy kośćmi sąsiadującymi, niezależnie od tego czy kość ta należy do tego samego rzędu czy do promienia, ale zawsze są one wyższe między sąsiadami z tego samego rzędu. Rozważany był również przez tego autora problem osobliwej budowy kciuka. Wyjątkowość ta polega nie tylko na zmniejszonej liczbie członków palca pierwszego, lecz także na przeciwnej lokalizacji wtórnego punktu kostnienia dla kości śródreżca tego palca w porównaniu z innymi kośćmi tego rzędu, co wskazuje raczej na duże podobieństwo tej kości do członków wszystkich palców. Z wysokości współczynników korelacji uzyskanych przez *Kimurę* należy sądzić jednak, że zarówno pierwsza kość

śródręcza jak i pozostałe składowe tego palca wykazują silniejszy związek ze swoimi odpowiednikami z pozostałych palców niż z innymi kośćmi. Nie udało się więc przy pomocy proponowanego postępowania statystycznego wykazać większego powinowactwa pierwszej kości śródręcza do kości palców, ani któregoś z członków tego palca do środkowego rzędu paliczków. Nie wyjaśniono więc, która z istniejących obecnie czterech hipotez zajmujących się tłumaczeniem tej osobliwej budowy kciuka jest słuszna.

Przypuszczenia Lewenz i Whiteley oraz wyniki Kimury co do silniejszych związków między kośćmi danego rzędu znalazły potwierdzenie w rezultatach badań T a k a i [1978]. Opierając się na wynikach pomiarów kości na zdjęciach rentgenowskich ręki, za pomocą analizy czynnikowej przeprowadzonej na macierzy korelacji długości wszystkich 19 kości, wyodrębniono 4 czynniki odpowiadające czterem kolejnym rzędom kości. Podobne wnioski wyciągnięto z analizy wielkości współczynników korelacji wielokrotnej, gdzie odnotowano najniższe współczynniki w dalszych palczkach ręki, natomiast wysokie dla kości śródręcza. Potwierdzenie czynnika związanego z rzędem, regulującego wzrost poszczególnych kości, znaleziono także w analizie współczynników korelacji częściowej uzyskanych pomiędzy parami kości przy wyłączeniu związku z pozostałymi zmiennymi układu kostnego ręki. Za pomocą przeprowadzonych postępowań statystycznych uzyskano nieco odmienne wyniki od dotychczasowych odnośnie do bliższego paliczka kciuka. Proksymalny członek palca pierwszego został zaliczony do kategorii środkowych paliczków pozostałych palców.

Istnienie związków pomiędzy sąsiednimi palcami zostało potwierdzone także w badaniach rozwojowych [T a k a i, T e r a d a 1973]. Autorzy ci badali zgodność rozwoju palców w poszczególnych parach kombinacji za pomocą regresji liniowej, poddając interpretacji współczynnik nachylenia tej linii oddający tempo rozwoju jednej cechy w relacji do drugiej oraz poddając interpretacji zależność odwrotną. Badając w ten sposób allometryczność wzrostu stwierdzono pełną izometrię, a więc obustronnie zgodne tempo rozwoju dla trzech środkowych palców — wskazującego, środkowego i czwartego, a także zgodność pomiędzy kciukiem i palcem piątym. Potwierdziło to panujące przypuszczenie o odmiennym charakterze rozwojowym palców osiowych od marginalnych. Wykazano także, że palce boczne wzrastają w szybszym tempie w wieku od 4 do 18 lat aniżeli palce osiowe. Opracowanie to zostało oparte na pomiarach całkowitych długości palców, stąd nie można ustalić, czy któryś z elementów wchodzących w skład tych palców odpowiada w decydujący sposób za te odmienne wzorce rozwojowe, czy jest to wynik związany z innym rozwojem wszystkich paliczków i śródręcza tych promieni.

Odmienne postępowanie statystycznego wykorzystali R o c h e i H e r m a n n [1970a i b] dla wyjaśnienia związków pomiędzy tempem

wydłużania się kości ręki, oraz tempem zmian szerokości i wskaźnika szerokościowo-długościowego tych kości. Oprócz długości całkowitej każdej kości analizowano osobno także wzrost długości nasady i trzonu. Dla każdego elementu kości oraz dla każdej kości, u poszczególnych osobników obliczono współczynnik nachylenia linii regresji na wiek, odzwierciedlający tempo wydłużania się tych kości w okresie od 3 do 13 lat. Obliczone indywidualne współczynniki b skorelowano następnie dla każdego wymiaru oddzielnie i z tak otrzymanych korelacji obliczono wskaźniki wspólnościowe (*communality*) przez zsumowanie i obliczenie średniej z transformowanych wartości korelacji i powtórne przekształcenie średniej wartości transformowanej z na średnie r dla różnych kombinacji. Wskaźniki wspólnościowe odzwierciedlające stopień skorelowania tempa wydłużania się każdego badanego wymiaru kości z pozostałymi kośćmi ręki okazały się istotnie niższe dla płci męskiej w długości całkowitej i długości trzonu kości. W odniesieniu do szerokości trzonu stwierdzono wyższe wskaźniki wspólnościowe w grupie męskiej, natomiast dla stosunku szerokościowo-długościowego otrzymano wyższe wskaźniki w grupie żeńskiej. Ogólnie panuje tendencja do wyższych wskaźników wspólnościowych dla rzędów kości niż dla ogółu kości ręki. Odpowiednia analiza obliczonych wskaźników wykazała, że w obrębie promieni istnieją niższe zależności aniżeli w rzędach. Wskaźniki wspólnościowe są najwyższe w czwartym promieniu w grupie męskiej, u dziewcząt natomiast najwyższe wskaźniki stwierdzono w promieniu trzecim. Najniższe wskaźniki otrzymano u chłopców w pierwszym promieniu, u dziewcząt zaś albo w pierwszym albo w piątym promieniu. Przez porównanie tempa wydłużania się kości udowodniono także występowanie w rozwoju tzw. efektu sąsiedztwa, czyli wyższą zgodność tempa rozwoju kości sąsiadujących ze sobą, niezależnie od tego czy analizę przeprowadzamy dla rzędów czy dla promieni. W badaniach tych stwierdzono także, że tempo wydłużania się nasady i trzonu pierwszego paliczka kciuka w obu płciach wykazuje silniejszy związek z tempem wydłużania się analogicznego paliczka drugiego palca, niż z paliczkiem środkowym tego palca.

Opisane powyżej niektóre wyniki badań rozwoju układu kostnego ręki, podobnie jak wielkości współczynników korelacji między tymi kośćmi u osobników dorosłych, wykazują, że rozwój każdej kości i jej związek metryczny z pozostałymi kośćmi jest ściśle związany z umiejscowieniem każdej z nich w ręce. Najwyraźniejsze różnice występują między kośćmi położonymi blisko osi długiej ręki a kośćmi położonymi marginalnie, oraz między kośćmi położonymi dogłowowo i kośćmi zlokalizowanymi dystalnie. Zgodność tempa rozwoju kości należących do jednego rzędu, a także wyższe zależności pomiędzy tymi kośćmi niż z innymi należącymi do pozostałych rzędów wynikają prawdopodobnie z bardziej zgodnego przebiegu procesu powstawania tych kości (chondryfikacji i ossyfikacji), na co zwracają uwagę wymienieni poprzednio autorzy i co wy-

nika także z innych opracowań uwzględniających jednocześnie ilościowe i jakościowe zmiany w układzie kostnym ręki. Trudniejsza do interpretacji wydaje się odmienność rozwoju i niższe współzależności od pozostałych kości, kości palców położonych bocznie w stosunku do palców położonych przyśrodkowo w ręce. Wydaje się, że tempo rozwoju wszystkich kości, niezależnie od ich lokalizacji, podlega wpływom różnych czynników modyfikacyjnych, w tym przypadku bodźców towarzyszących czynnościom funkcjonalnym kończyny górnej. Inne położenie palców pierwszego i piątego w ręce być może powoduje, że kości tych palców odbierają innego typu bodźce, wynikające z ogólnej czynności kończyny, tak co do ich rodzaju jak i pod względem siły. Być może powoduje to nie tylko zmianę tempa rozwoju kości położonych bocznie w ręce, ale także wpływa na duże różnice indywidualne pod względem tego tempa, pochodzące z różnic w umięśnieniu i różnic w obciążeniach indywidualnych. Dlatego też obserwujemy jednocześnie znacznie niższe współczynniki korelacji tych kości z pozostałymi kośćmi należącymi do innych promieni.

CEL I ZAŁOŻENIA

Celem niniejszego opracowania jest bliższe sprecyzowanie przypuszczenia wysuniętego w poprzednim doniesieniu, mówiącego że zmiana wariacji cech metrycznych kości ręki jest wynikiem wpływu zmiennej oddziaływania na poszczególnych badanych, czynników związanych z funkcjonowaniem kończyny górnej w okresie rozwoju układu kostnego [Lewicki, Kowalski 1978]. W badaniach poprzednich sugerowano, że czynniki te stymulowały do szybszego wzrastania lub też hamowały wzrost badanych kości w grupie osób intensywnie pracujących fizycznie, natomiast w grupie porównawczej (kontrolnej) oddziaływania te były znacznie słabsze i nie miały tak istotnego wpływu na zmianę indywidualnych wielkości cech. Jeżeli wnioski wysunięte w poprzedniej pracy były słuszne, to możemy oczekiwać, że obie badane grupy różnić się będą nie tylko pod względem zmienności poszczególnych cech, lecz także pod względem współzmienności, o czym wspomniano poprzednio. Teoretycznie jednak w grupie tzw. eksperymentalnej możemy otrzymać zarówno współczynniki korelacji równe tym współczynnikom w grupie kontrolnej, jak i wyższe czy niższe. Zależać to będzie od dwóch „rodzajów” oddziaływań rozpatrywanego czynnika funkcjonalnego. Po pierwsze czynnik ten może mieć istotny wpływ tylko na część cech z badanego zespołu, będąc dla cech pozostałych czynnikiem obojętnym (może wynikać to np. z różnej lokalizacji poszczególnych cech w organizmie). Po drugie ten sam czynnik nie musi działać w ten sam sposób na wszystkich badanych należących do wyróżnionej grupy. Możemy więc mówić o dwóch rodzajach wspólnego lub specyficznego oddziaływania badanego czynnika, wspól-

nego i specyficznego względem badanych cech oraz wspólnego i specyficznego dla osobników z badanej grupy. W zależności od odpowiedniego skombinowania tych dwóch rodzajów oddziaływań otrzymamy współczynniki korelacji wyższe, niższe lub takie same jak w porównywanej grupie. Podwyższenie współczynnika korelacji możemy uzyskać wtedy, gdy czynnik funkcjonalny będzie z jednej strony wspólny dla wszystkich badanych cech (tzn. gdy zmiany zachodzące w każdej z cech będą proporcjonalnie takie same i adekwatne do działającego bodźca), z drugiej zaś będzie oddziaływał z różną siłą na poszczególnych osobników. Oczywiście wzrost współzależności możemy otrzymać także i wtedy, gdy badany czynnik będzie działał wybiórczo na badanych i jednocześnie będzie czynnikiem specyficznym dla niektórych tylko cech, bo nawet i w tym przypadku może spowodować on większe uporządkowanie punktów w danym układzie współrzędnych. Wydaje się jednak, że prawdopodobieństwo wystąpienia zmiany korelacji przy wykorzystaniu tej właśnie ewentualności jest stosunkowo niewielkie, ponieważ w tym badaniu celowo dobierano osobników podlegających silnym obciążeniom funkcjonalnym. Ze zmniejszeniem współzależności między cechami będziemy mieli do czynienia zwłaszcza wtedy, gdy na poszczególnych badanych czynnik ten będzie działał w bardzo zmienny sposób i jednocześnie będzie wykazywał dużą specyficzność odnośnie do rozpatrywanego zespołu cech. Utrzymanie współczynników korelacji na niezmiennym poziomie pomimo wpływu danego czynnika może mieć miejsce wówczas, gdy oddziaływania będą wspólne dla wszystkich cech przy równoczesnym braku różnicowania tego oddziaływania wśród badanych.

Niektóre z szeregu istniejących możliwości można z góry wykluczyć, ponieważ pociągają za sobą zmniejszenie wariacji cech lub zwiększenie wartości średniej, a zmian takich nie stwierdzono w poprzednim badaniu. Wydaje się, że obecnie nieistotne jest ustalenie, która z wymienionych powyżej sytuacji wystąpiła w grupie eksperymentalnej. Głównym celem jest odpowiedź na pytanie, czy zwiększone obciążenie funkcjonalne w grupie eksperymentalnej, wydzielonej w opisany poprzednio sposób, może prowadzić do zmiany współzależności cech, oraz czy zmiany współczynników korelacji towarzyszą jednocześnie zmianie opisanych poprzednio ogólnych zależności panujących w układzie kostnym ręki.

Opracowanie niniejsze opiera się na omawianych w poprzednim artykule danych metrycznych kośćca ręki uzyskanych z wystandaryzowanych rentgenogramów 39 rąk pracowników fizycznych i 30 rąk pracowników umysłowych. W obu tych grupach dla cech długości kości, szerokości końców bliższych i szerokości końców dalszych utworzono kompletne macierze korelacji (tab. 1 - 6), a następnie zamieniono każdy ze współczynników korelacji z tych macierzy na logarytmicznie transformowaną wartość z Fishera [Block 1975]. Dla każdej kolumny macierzy obliczo-

Tab. 1. Macierz korelacji cech długościowych kości śródreżca i palców ręki prawej w grupie eksperymentalnej

	M ₁	pp ₁	dp ₁	M ₂	pp ₂	mp ₂	dp ₂	M ₃	pp ₃	mp ₃	dp ₃	M ₄	pp ₄	mp ₄	dp ₄	M ₅	pp ₅	mp ₅	dp ₅
M ₁		,8301	,5728	,8455	,7433	,6958	,5677	,7761	,7358	,5704	,4118	,7541	,7723	,5653	,4440	,7606	,7961	,5915	,4593
pp ₁			,6230	,7988	,8295	,7693	,5170	,7004	,7941	,7089	,4274	,6930	,8204	,7311	,5497	,7121	,8401	,7196	,5008
dp ₁				,6293	,6052	,5617	,7009	,6025	,5603	,4870	,7176	,6293	,6155	,5277	,7839	,5869	,6174	,4850	,6496
M ₂					,8896	,6798	,4953	,9337	,8165	,6379	,4045	,8910	,8231	,6440	,4617	,8663	,8186	,6186	,4137
pp ₂						,6955	,5095	,7321	,9328	,6548	,3696	,7291	,9166	,6599	,4411	,6478	,9287	,7411	,3838
mp ₂							,7903	,6172	,6497	,8843	,6066	,6365	,7402	,7763	,6027	,6235	,7177	,7044	,4982
dp ₂								,4492	,4437	,6979	,8321	,5042	,5359	,5780	,7898	,4019	,4918	,4823	,5990
M ₃									,7406	,5690	,4417	,9598	,7645	,5977	,4254	,9044	,7563	,6252	,4094
pp ₃										,5896	,2886	,7064	,9541	,6255	,3789	,7068	,9219	,7022	,3244
mp ₃											,5710	,5778	,7033	,8951	,5871	,5430	,6542	,7791	,4944
dp ₃												,4671	,4004	,5478	,8808	,3750	,3886	,4882	,8071
M ₄													,8012	,5951	,4532	,9051	,7636	,6438	,3783
pp ₄														,7107	,4458	,7431	,9530	,7574	,3450
mp ₄															,6002	,5883	,7049	,8745	,5592
dp ₄																,3170	,4259	,5183	,8522
M ₅																	,7821	,5908	,3084
pp ₅																		,8034	,3607
mp ₅																			,4953
dp ₅																			

M – kości śródreżca, pp – bliższe członki palców, mp – środkowe członki palców, dp – dalsze członki palców, 1 - 5 – kolejność promieni,

Tab. 3. Macierz korelacji szerokości końców bliższych kości śródreżca i palców ręki prawej w grupie eksperymentalnej

	M ₁	pp ₁	dp ₁	M ₂	pp ₂	mp ₂	dp ₂	M ₃	pp ₃	mp ₃	dp ₃	M ₄	pp ₄	mp ₄	dp ₄	M ₅	pp ₅	mp ₅	dp ₅
M ₁		,5458	,3108	,5196	,4883	,5612	,4248	,3285	,4972	,5250	,3773	,4585	,4874	,4972	,3579	,3932	,4444	,5560	,3069
pp ₁			,7081	,3746	,5116	,5758	,3141	,4206	,5667	,5701	,4407	,5624	,5978	,6603	,4826	,5126	,5291	,5871	,3892
dp ₁				,0656	,2143	,3542	,2606	,2887	,2895	,3032	,3301	,4436	,3359	,4218	,3601	,2766	,2872	,4508	,2925
M ₂					,7985	,7660	,5081	,3737	,7382	,7297	,5898	,3114	,5977	,6243	,5850	,4508	,6115	,6092	,5412
pp ₂						,8216	,5020	,5531	,8346	,7768	,6086	,4861	,7134	,7314	,6079	,5646	,6847	,6126	,5030
mp ₂							,5694	,3652	,7610	,8642	,7209	,4960	,7886	,8537	,7111	,5368	,6974	,7359	,6347
dp ₂								,0496	,4116	,5799	,7907	,2887	,3309	,4848	,6410	,3699	,3473	,4960	,6591
M ₃									,5632	,3526	,0821	,6816	,5200	,3312	,0209	,4165	,4895	,2126	-,1186
pp ₃										,7750	,5365	,5063	,8488	,6906	,5131	,5820	,6848	,5394	,3680
mp ₃											,7045	,4430	,7935	,8668	,6992	,6126	,7919	,7012	,5566
dp ₃												,2756	,4979	,7186	,8210	,3820	,5359	,6967	,8578
M ₄													,6565	,4768	,2325	,5143	,6179	,4428	,1686
pp ₄														,7618	,4771	,7000	,7726	,5758	,3137
mp ₄															,7482	,6201	,7834	,8410	,6754
dp ₄																,3157	,6080	,7880	,8771
M ₅																	,6840	,6032	,2451
pp ₅																		,7777	,5175
mp ₅																			,7938
dp ₅																			

Tab. 4. Macierz korelacji szerokości końców bliższych kości śródreża i palców ręki prawej w grupie kontrolnej

	M ₁	pp ₁	dp ₁	M ₂	pp ₂	mp ₂	dp ₂	M ₃	pp ₃	mp ₃	dp ₃	M ₄	pp ₄	mp ₄	dp ₄	M ₅	pp ₅	mp ₅	dp ₅
M ₁																			
pp ₁		,5040																	
dp ₁			,3480 ,5295																
M ₂				,7016															
pp ₂					,6490														
mp ₂						,4749													
dp ₂							,3469												
M ₃								,7038											
pp ₃									,7687										
mp ₃										,5778									
dp ₃											,4714								
M ₄												,7705							
pp ₄													,7828						
mp ₄														,5819					
dp ₄															,5188				
M ₅																,6558			
pp ₅																	,7770		
mp ₅																		,6717	
dp ₅																			,5101

Tab. 5. Macierz korelacji szerokości końców dalszych kości śródreczą i palców ręki prawej w grupie eksperymentalnej

	M ₁	pp ₁	dp ₁	M ₂	pp ₂	mp ₂	dp ₂	M ₃	pp ₃	mp ₃	dp ₃	M ₄	pp ₄	mp ₄	dp ₄	M ₅	pp ₅	mp ₅	dp ₅
M ₁		,6483	,1956	,4674	,5394	,4250	,2405	,4077	,5706	,4964	,0709	,4426	,5354	,4892	,2466	,4759	,5351	,4810	,3801
pp ₁			,5157	,3943	,4536	,4673	,2711	,4008	,4147	,3919	,1415	,4796	,5610	,4469	,2477	,4262	,5710	,3360	,3360
dp ₁				-,0393	-,0890	-,0877	,1795	-,1472	-,1668	-,1738	,1814	-,1195	,0540	-,0333	,2885	,1233	,1264	-,1627	,3095
M ₂					,5643	,4150	,0879	,7583	,5222	,4878	-,0782	,7326	,4363	,5846	-,0250	,5478	,4961	,2701	,1871
pp ₂						,7761	,3337	,6504	,8557	,8859	,2597	,6436	,7162	,7199	,3270	,5622	,6110	,6718	,3619
mp ₂							,4380	,5786	,7087	,8253	,3160	,4848	,6135	,6164	,2897	,4238	,4917	,6909	,3141
dp ₂								,1625	,1727	,4025	,8182	,1212	,0894	,2186	,7221	,1040	,1562	,3248	,7603
M ₃									,6588	,6783	,0344	,8420	,5265	,6717	,0783	,6883	,5391	,3940	,1056
pp ₃										,8641	,1497	,6391	,8242	,7513	,2704	,6528	,7525	,7592	,2837
mp ₃											,3411	,6176	,7162	,7485	,3982	,5720	,6552	,7947	,3899
dp ₃												,0166	,1005	,1043	,7544	,0887	,0659	,2484	,7310
M ₄													,6024	,6545	,1450	,7676	,6199	,3912	,1249
pp ₄														,6061	,2648	,5765	,8023	,5752	,2543
mp ₄															,2737	,5174	,6694	,6020	,2934
dp ₄																,2309	,3005	,2830	,8181
M ₅																	,7117	,5328	,2407
pp ₅																		,6310	,3691
mp ₅																			,3650
dp ₅																			

Tab. 6. Macierz korelacji szerokości końców dalszych kości śródrečia i palców ręki prawej w grupie kontrolnej

	M ₁	pp ₁	dp ₁	M ₂	pp ₂	mp ₂	dp ₂	M ₃	pp ₃	mp ₃	dp ₃	M ₄	pp ₄	mp ₄	dp ₄	M ₅	pp ₅	mp ₅	dp ₅
M ₁		,5345	,3067	,3224	,3777	,1581	,2145	,4555	,3957	,2804	,1922	,4463	,4411	,2364	,2204	,4744	,1711	,3162	,0479
pp ₁			,4992	,4495	,5570	,4231	,5181	,2809	,5007	,3201	,4389	,3368	,4586	,2097	,2343	,3614	,1429	,4349	,2637
dp ₁				,2838		,1378	,5394	,0680	,1470	,1038	,4529	,1486	,1773	-,0327	,3609	,1756	,1527	,0958	,4876
M ₂					,6116	,6273	,4905	,8432	,6628	,7490	,5556	,8306	,6696	,6082	,4065	,6745	,6045	,7455	,4122
pp ₂						,7486	,5299	,5944	,8412	,7286	,4936	,5881	,7745	,7062	,4012	,6681	,5291	,6685	,3612
mp ₂							,5053	,6001	,6329	,8042	,5081	,4515	,5679	,7381	,3417	,5654	,4300	,7229	,3934
dp ₂								,3007	,4181	,4632	,8146	,2200	,3529	,2153	,7240	,3161	,2460	,4596	,7335
M ₃									,7097	,8055	,4895	,8190	,7608	,7347	,4506	,7163	,6739	,7192	,2259
pp ₃										,7461	,5079	,7583	,8973	,7180	,5003	,6596	,5732	,6671	,3066
mp ₃											,5314	,6708	,7226	,8243	,4485	,6160	,6027	,8269	,2987
dp ₃												,4181	,4395	,2641	,8008	,5735	,3569	,4595	,6164
M ₄													,7757	,6328	,3687	,7502	,5829	,6053	,2634
pp ₄														,7447	,4852	,6349	,7488	,6960	,3795
mp ₄															,2696	,5467	,5624	,7517	,2117
dp ₄																,4352	,4092	,3344	,7439
M ₅																	,4963	,4653	,2260
pp ₅																		,5076	,4121
mp ₅																			,3777
dp ₅																			

no średnią wartość z , którą powtórnie zamieniono na średni współczynnik korelacji każdej cechy z pozostałymi z danej macierzy. Testowano istotność różnicy między transformowanymi wielkościami z uzyskanymi w grupie kontrolnej i eksperymentalnej. Ponadto dla długości każdej kości oraz dla obu szerokości końców, tak w grupie kontrolnej jak i w grupie pracowników fizycznych, ustalano najwyższy współczynnik korelacji z inną kością każdego promienia. Postępowanie takie miało umożliwić ocenę ewentualnych zmian opisywanych poprzednio prawidłowych wzorów zależności między kośćmi ręki. Jeżeli w obu grupach prawdziwe będą stwierdzone przez innych autorów tendencje do wyższych zależności między kośćmi należącymi do tego samego rzędu oraz do kości sąsiadującej w danym promieniu, oznaczać to będzie zachowanie ogólnych prawidłowości współzależności niezależnie od istnienia badanego czynnika funkcjonalnego, czyli brak specyficznego oddziaływania tego czynnika na poszczególne kości ręki.

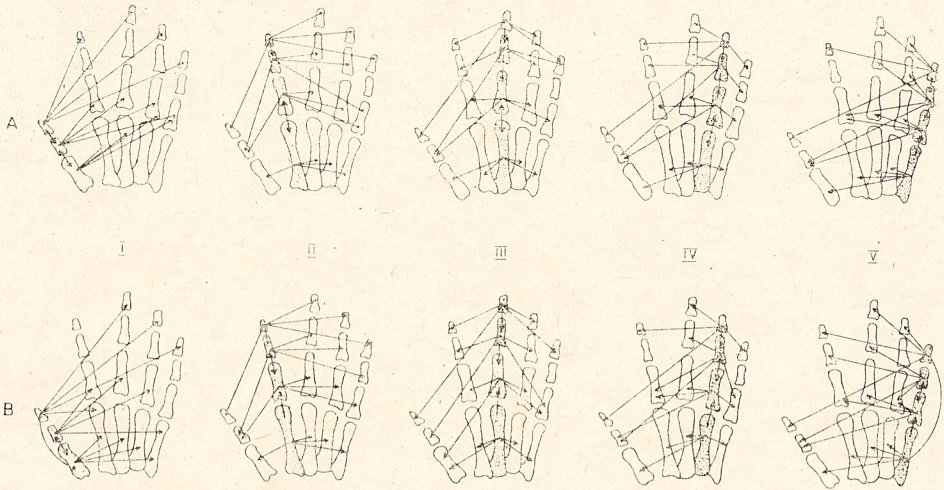
Przeprowadzony poprzednio podział czynników na wspólne i specyficzne może znaleźć także odzwierciedlenie w podziale wariancji na jej komponentę wspólną z pozostałymi cechami i specyficzną, właściwą tylko tej zmiennej. Wariancja wspólna mierzy stopień współzależności badanej cechy z pozostałymi, a u podłoża jej leżą czynniki wspólne dla tych zmiennych. Jest więc miarą zintegrowania danej cechy z pozostałymi. Natomiast wariancja specyficzna jest miarą niezwiązania danej cechy w układzie i wynika z właściwości dla niej tylko charakterystycznych, pochodzących zarówno ze specyficznych oddziaływań jak i specyficznych własności biologicznych. Zasób zmienności wspólnej (*communality*) można wyznaczyć przeprowadzając analizę czynnikową i sumując kwadraty ładunków czynnikowych, natomiast swoistość (*uniqueness*) odejmując zmienność wspólną od jedności. Można też przyjąć jako miarę porównywalną z zasobem zmienności wspólnej, kwadraty współczynników korelacji wielokrotnej, lub też wykorzystać inne metody stosowane w analizach czynnikowych. W obecnym opracowaniu przyjęto uproszczoną metodę oszacowania wspólnej frakcji z wariancji całkowitej, tzw. metodę małego centroidu [O k ó Ń 1964], konstruując dla każdej zmiennej na podstawie kompletnej macierzy korelacji macierz zredukowaną do 4×4 , obejmującą badaną cechę oraz trzy inne cechy najwyżej z nią korelujące. Teoretycznie otrzymane zasoby zmienności wspólnej mogą być równej wielkości w dwóch macierzach o różnych współczynnikach korelacji, pod warunkiem, że zachowane są stałe proporcje między wielkościami współczynników korelacji w tych macierzach. Zdając sobie sprawę z dużej niedokładności i znacznego uproszczenia zagadnienia przy takim postępowaniu, starano się jednak w inny sposób sprawdzić, czy otrzymana poprzednio większa wariancja w grupie eksperymentalnej jest wynikiem zgodnego powiększenia się badanego zestawu cech (i jednocześnie zahamowania), czy też jest wynikiem wzrostu specyficzności tych cech.

WZORCE ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY KOŚCMI RĘKI

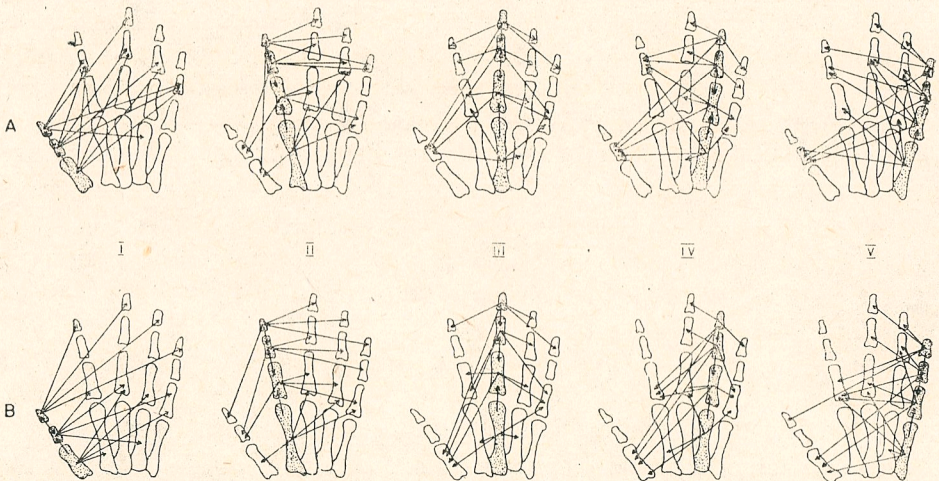
Rozpatrując lokalizację najwyższego współczynnika korelacji dla każdej cechy długości kości zauważamy ogólną tendencję do występowania najwyższych zależności między kośćmi zaliczanymi do jednego rzędu. I tak w grupie kontrolnej wszystkie kości śródreża korelują najwyżej z sobą nawzajem oraz zawsze wykazują ścisły związek z sąsiednią kością swojego promienia, to jest z paliczkiem bliższym. Podobnie przedstawiają się wielkości korelacji proksymalnych paliczków palców drugiego, czwartego i piątego, przy czym w obrębie własnego promienia paliczki te wykazują najwyższy współczynnik korelacji z paliczkiem środkowym. W przypadku członka bliższego palca pierwszego, odchyła się od tej prawidłowości zależność z palcem piątym, gdzie najwyższa korelacja występuje z kością śródreża, podobnie jak w przypadku tego samego członka palca trzeciego, gdzie najwyższą korelację stwierdzono z kością pierwszą śródreża. Pierwszy paliczek proksymalny w obrębie własnego promienia koreluje najsilniej z kością śródreża. Tendencja do najwyższych zależności w rzędach analogicznych kości jest dobrze widoczna w palczkach dystalnych od drugiego do piątego palca. Jedynie w pierwszym palcu w korelacji z drugim palcem odnotowano silniejszą zależność z kością śródreża, lecz w pozostałych promieniach współczynniki te obejmują również paliczki dystalne. W przypadku palczków dalszych palca pierwszego i piątego stwierdzono odstępstwo od „zasady sąsiedztwa” dla własnego promienia, a najwyższe współczynniki korelacji odnotowano z kośćmi śródreża. Trudniejsze do interpretacji wydają się zależności środkowego rzędu palczków. Tylko w przypadku palca drugiego korelacje układają się w przewidywany sposób. W pozostałych promieniach palczek ten wykazuje silny związek bądź to z medialnymi palczkami bądź też z proksymalnym rzędem kości (rys. 2B).

Porównując rozkład najwyższych korelacji w grupie eksperymentalnej zauważamy istnienie podobnych wzorców zależności między poszczególnymi kośćmi. Kości śródreża (z wyjątkiem śródreża pierwszego), palczków bliższych i dalszych wykazują silniejszy związek ze swoimi odpowiednikami z pozostałych palców niż z innymi kośćmi. Tylko kość śródreża pierwszego wykazuje wyższą zgodność metryczną z palczkami bliższymi palców czwartego i piątego, niż z odpowiednimi kośćmi rzędu bliższego palców. Podobnie jak w grupie kontrolnej, tak i w tej grupie paliczki środkowego rzędu wykazują wysokie współczynniki korelacji z analogicznymi palczkami innych promieni, oraz także z palczkami rzędu bliższego i w jednym przypadku z paliczkiem dalszym (rys. 2A). W obrębie własnego promienia każda kość wykazuje najwyższy związek z jedną z sąsiadujących z nią kości szeregu bliższego, środkowego lub dalszego, a w przypadku szeregu bliższego także z kością śródreża.

Znacznie trudniej jest ustalić podobne zależności w cechach szero-



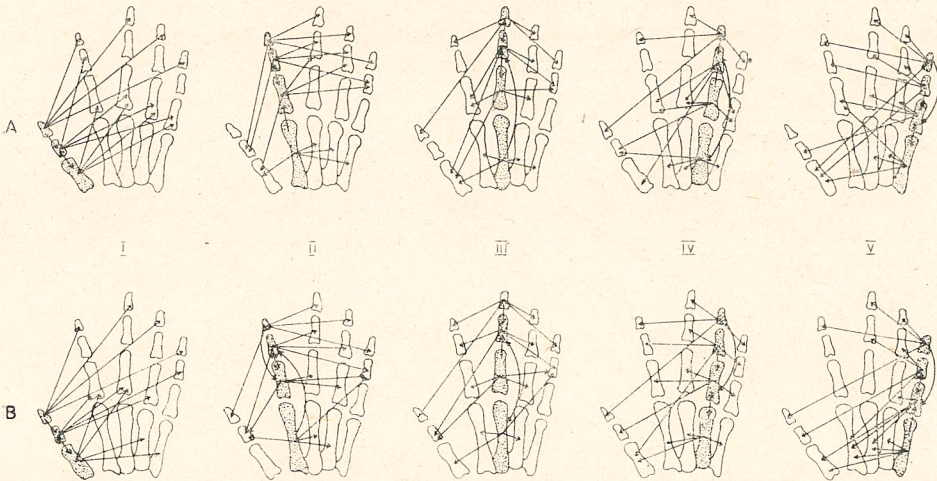
Rys. 2. Najwyższe korelacje długości kości ręki — strzałka wskazuje najwyższy współczynnik korelacji z jedną kością każdego promienia
 A — grupa eksperymentalna, B — grupa kontrolna, I - V — kolejny promień



Rys. 3. Najwyższe korelacje szerokości końców bliższych kości ręki — strzałka wskazuje najwyższy współczynnik korelacji z jedną kością każdego promienia
 A — grupa eksperymentalna, B — grupa kontrolna, I - V — kolejny promień

kości ręki. Odnosnie do tego wymiaru dla końców bliższych w grupie kontrolnej (rys. 3B), tendencję do najwyższych korelacji między kośćmi analogicznymi jednego rzędu można zauważyć w przypadku paliczka dalszego palca pierwszego i drugiego, paliczka bliższego palca drugiego oraz paliczka środkowego także drugiego palca. W pozostałych przypadkach przynajmniej jedna korelacja dotyczy kości z innego rzędu. Zachowana jest także tendencja do wyższego związku między kośćmi są-

siadującymi z sobą w promieniu. Można zauważyć, że kości śródrezcza wykazują najwyższe zależności albo ze swoimi odpowiednikami z innych promieni albo z następnym rzędem bliższych członków palców. Podobnie paliczki bliższe korelują najwyżej albo ze swoimi analogami albo z kośćmi śródrezcza. Ta prawidłowość nie występuje jednak w grupie eksperymentalnej (rys. 3A), gdzie np. kość śródrezcza pierwszego w swojej szerokości końca bliższego jest najsilniej związana ze środkowym rzędem paliczków. Również paliczek bliższy tego palca w omawianej cesze jest silniej skorelowany ze środkowym rzędem paliczków pozostałych palców. Prawidłowości, które były obserwowane w cechach długości kości, w tym przypadku zauważone mogą być w zasadzie dla paliczka bliższego trzeciego promienia, a tylko częściowo dla niektórych paliczków dystalnych, oraz dla paliczków środkowego rzędu (zwłaszcza czwartego i piątego promienia).



Rys. 4. Najwyższe korelacje szerokości końców dalszych kości ręki — strzałka wskazuje najwyższy współczynnik korelacji z jedną kością każdego promienia
A — grupa eksperymentalna, B — grupa kontrolna, I-V — kolejny promień

W przypadku szerokości końców dalszych (rys. 4), dążność do występowania wyższych zależności między kośćmi tego samego rzędu jest bardziej zaznaczona niż w szerokościach końców bliższych. Dotyczy to zarówno grupy kontrolnej jak i eksperymentalnej. Zaobserwować możemy to przede wszystkim w dystalnym rzędzie kości ręki, a jedynie dalszy paliczek palca piątego posiada najwyższy współczynnik korelacji w pierwszym promieniu z kością śródrezcza, oraz ten sam paliczek drugiego promienia wykazuje wyższy współczynnik korelacji niż ze swoim odpowiednikiem, z paliczką rzędu bliższego. Obie te sytuacje występują w grupie eksperymentalnej. W przypadku szerokości końców dalszych kości ręki

ki widoczny jest brak, tak w jednej jak i w drugiej grupie, zgodności w wielkości pod względem tych cech, kości sąsiadujących ze sobą. W grupie kontrolnej paliczki dalsze drugiego, czwartego i piątego promienia wykazują wyższą korelację z rzędem bliższym paliczek niż ze środkowym, a także kości śródreżca drugiego i trzeciego palca silniej są skorelowane ze środkowym rzędem paliczek niż z szeregiem bliższym. W tym ostatnim przypadku zależność ta jest także odwrotna. W grupie eksperymentalnej odstępstwo od „zasady sąsiedztwa” stwierdzono w trzecim, czwartym i piątym promieniu (rys. 4A).

Na podstawie rozkładu w obrębie ręki najwyższych współczynników korelacji dla każdej cechy w obu badanych grupach, można pokusić się o sformułowanie następujących uogólnień:

- we wszystkich trzech typach cech zaznaczona jest tendencja do wyższych zależności pomiędzy kośćmi należącymi do jednego rzędu,
- tendencja ta w mniejszym stopniu jest widoczna w szerokości końców bliższych,
- dla tej szerokości widoczne są też większe niezgodności między grupą eksperymentalną i kontrolną,
- na podstawie najwyższej wartości współczynnika korelacji, w grupie kontrolnej, uznanej za wzorcową, nie można udowodnić zdecydowanie silniejszego związku pierwszej kości śródreżca z jednym tylko rzędem kości (długość tej kości wykazuje silniejszy związek z rzędem kości śródreżca; szerokość końca bliższego z rzędem proksymalnym paliczek; szerokość końca dalszego wykazuje silny związek z dwoma kośćmi rzędu bliższego i dwoma kośćmi śródreżca).

ANALIZA WIELKOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW KORELACJI

Wyniki poprzednio cytowanych autorów, dotyczące ogólnych tendencji do zmniejszania się współczynników korelacji przy coraz dalszym i marginalnym położeniu kości, zostały w obecnych badaniach częściowo potwierdzone. Najwyższy średni współczynnik korelacji w grupie kontrolnej otrzymano dla długości palca czwartego ($\bar{r}=0,503$) i współczynnik ten zmniejszał się stopniowo w kierunku palca pierwszego ($\bar{r} = 0,434$), a najniższy był w palcu piątym ($\bar{r} = 0,418$). Te same zależności otrzymano w grupie kontrolnej dla szerokości końców bliższych, chociaż w tym przypadku średnie współczynniki korelacji dla poszczególnych promieni były wyższe od korelacji długości tych promieni. Dla cech szerokości końców dalszych kości, najwyższy średni współczynnik otrzymano dla palca trzeciego i, tak samo jak poprzednio, zmniejszał się on wraz z oddalaniem się promienia od osi długiej ręki (tab. 7). Dla obu szerokości najniższe wartości uzyskano dla palca pierwszego.

Tab. 7. Średnie współczynniki korelacji dla poszczególnych promieni

Promień	I	II	III	IV	V
	długości				
grupa eksperymentalna	0,673	0,698	0,669	0,683	0,660
grupa kontrolna	0,434	0,459	0,468	0,503	0,418
	szerokości końców bliższych				
grupa eksperymentalna	0,443	0,593	0,569	0,594	0,574
grupa kontrolna	0,523	0,656	0,685	0,703	0,673
	szerokości końców dalszych				
grupa eksperymentalna	0,314	0,464	0,500	0,483	0,476
grupa kontrolna	0,319	0,555	0,594	0,549	0,498

Tab. 8. Średnie współczynniki korelacji dla poszczególnych rzędów kości

	Śródreżce (M)	Paliczki		
		bliższe (pp)	środkowe (mp)	dalsze (dp)
	długości			
grupa eksperymentalna	0,708	0,738	0,668	0,574
grupa kontrolna	0,526	0,533	0,478	0,279
	szerokości końców bliższych			
grupa eksperymentalna	0,467	0,607	0,669	0,506
grupa kontrolna	0,616	0,702	0,707	0,607
	szerokości końców dalszych			
grupa eksperymentalna	0,465	0,538	0,524	0,291
grupa kontrolna	0,534	0,543	0,572	0,423

Porównując współczynniki korelacji, uzyskane dla poszczególnych promieni, pomiędzy grupą kontrolną i eksperymentalną zauważamy, że w długościach kości w grupie eksperymentalnej są zawsze wyższe współczynniki niż w grupie kontrolnej, natomiast w obu szerokościach — niższe. Dla cech długości zauważamy także w grupie eksperymentalnej zmianę ogólnych zależności między promieniami. Współczynniki korelacji w promieniach dla tych cech są prawie równej wielkości, a najwyższe średnie współczynniki otrzymano dla palców drugiego i czwartego. W cechach szerokości kości w grupie eksperymentalnej te ogólne zależności pomimo zmniejszenia współczynników zostały zachowane.

Zawarte w tabelach 9 - 11 średnie wartości współczynników korelacji dla poszczególnych kości w każdym palcu oraz przedstawione w tabeli 8 średnie współczynniki dla kolejnych rzędów kości, nie potwierdzają w pełni przypuszczeń co do zmniejszania się tych współczynników wraz z dalszym położeniem kości. Dla długości kości stwierdzono co prawda najniższe współczynniki dla dystalnych paliczek wszystkich

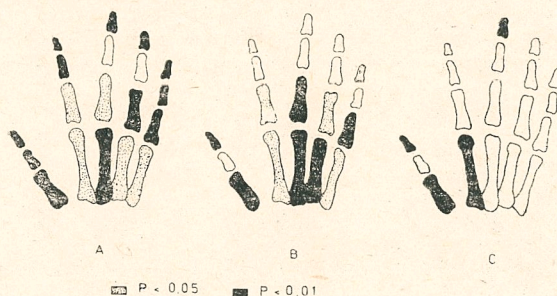
Tab. 9. Średnie wielkości współczynników korelacji (\bar{r}) długości każdej badanej kości śródreżca i palców z pozostałymi kośćmi w grupie eksperymentalnej i kontrolnej. Istotność różnic między wartościami transformowanymi (\bar{z}) oceniona testem t przy * - $P < 0,05$ i ** - $P < 0,01$

Kość	Numer ¹⁾ pomiaru	Grupa eksperymentalna		Grupa kontrolna		$\bar{z}_1 - \bar{z}_2$	t_0
		\bar{z}_1	\bar{r}	\bar{z}_2	\bar{r}		
M ₁	1	0,8329	0,682	0,5676	0,514	0,2653	2,877**
pp ₁	2	0,9006	0,717	0,5149	0,474	0,3857	4,451**
dp ₁	3	0,7163	0,614	0,3139	0,304	0,4024	7,497**
M ₂	4	0,9658	0,747	0,6458	0,569	0,3200	2,425*
pp ₂	5	0,9455	0,738	0,6671	0,583	0,2784	2,062*
mp ₂	6	0,8533	0,693	0,4840	0,449	0,3693	4,043**
dp ₂	7	0,6860	0,595	0,1873	0,185	0,4987	6,451**
M ₃	8	0,9025	0,718	0,5221	0,479	0,3804	2,727**
pp ₃	9	0,9024	0,718	0,6113	0,545	0,2911	2,087*
mp ₃	10	0,8034	0,666	0,6442	0,568	0,1592	1,583
dp ₃	11	0,6288	0,557	0,2552	0,250	0,3736	3,440**
M ₄	12	0,8984	0,716	0,6260	0,562	0,2724	1,945*
pp ₄	13	1,0003	0,761	0,6105	0,544	0,3898	2,702**
mp ₄	14	0,7745	0,650	0,6263	0,555	0,1482	1,593
dp ₄	15	0,6712	0,586	0,3542	0,340	0,3170	3,193**
M ₅	16	0,8163	0,673	0,5617	0,509	0,2546	1,934*
pp ₅	17	0,9886	0,757	0,5717	0,517	0,4169	3,065**
mp ₅	18	0,7992	0,664	0,3277	0,317	0,4715	4,857**
dp ₅	19	0,5682	0,514	0,3222	0,312	0,2460	2,707**

¹⁾ Numer pomiaru odpowiada oznaczeniom w pracy Lewickiego i Kowalskiego [1978], rys. 1.

palców, jednak najwyższe współczynniki dla kości śródreżca występowały tylko w przypadku palca pierwszego i czwartego. W palcu drugim i piątym, zależności wyższe od średnich korelacji dla kości śródreżca stwierdzono dla paliczek bliższych, natomiast w palcu trzecim dla paliczka rzędu środkowego. Dlatego też odnotowujemy najwyższe średnie współzależności dla proksymalnego rzędu paliczek i stopniowe zmniejszanie się w kierunku dalszych członków palców. Podobnie jak poprzednio dla długości promieni, tak i tu otrzymano wyższe średnie w grupie eksperymentalnej. Zbliżone uwagi do tych możemy poczynić analizując szerokości końców bliższych i dalszych, chociaż w tych cechach różnice między średnimi wartościami współczynników korelacji w rzędach są niewielkie — trudno więc poddawać je szczegółowym analizom (tab. 8).

Ciekawe wydają się wyniki porównania wielkości średnich współczynników korelacji otrzymanych dla tych samych cech w grupie eksperymentalnej z grupą kontrolną. Dla długości kości stwierdzono istotne statystycznie różnice dla wszystkich kości z wyjątkiem środkowych członków palców trzeciego i czwartego (tab. 9, rys. 5A). Mniej istotnych różnic uzyskano dla szerokości obu końców badanych kości (rys. 5B i 5C). W przypadku szerokości końców bliższych nieistotnie różne okazały się



Rys. 5. Istotność różnic między średnimi współczynnikami korelacji w grupie kontrolnej i eksperymentalnej
 A — długość kości, B — szerokość końców bliższych,
 C — szerokość końców dalszych

Tab. 10. Średnie wielkości współczynników korelacji (\bar{r}) szerokości końców bliższych każdej badanej kości śródrecza i palców z pozostałymi kośćmi w grupie eksperymentalnej i kontrolnej. Istotność różnic między wartościami transformowanymi (\bar{z}) oceniona testem t przy:
 * — $P < 0,05$ i ** — $P < 0,01$

Kość	Numer pomiaru	Grupa eksperymentalna		Grupa kontrolna		$\bar{z}_1 - \bar{z}_2$	t_0
		\bar{z}_1	\bar{r}	\bar{z}_2	\bar{r}		
M ₁	1a	0,4880	0,453	0,7235	0,619	-0,2355	-3,994**
pp ₁	2a	0,5853	0,526	0,5221	0,479	0,0632	1,535
dp ₁	3a	0,3554	0,341	0,4989	0,461	-0,1435	-3,218**
M ₂	4a	0,6428	0,567	0,8182	0,674	-0,1754	-2,379*
pp ₂	5a	0,7503	0,635	0,9402	0,735	-0,1899	-2,248*
mp ₂	6a	0,8337	0,683	0,7839	0,655	0,0498	0,549
dp ₂	7a	0,5025	0,464	0,5969	0,535	-0,0944	-1,252
M ₃	8a	0,3597	0,345	0,6186	0,550	-0,2589	-3,403**
pp ₃	9a	0,7257	0,621	0,9905	0,757	-0,2648	-2,625**
mp ₃	10a	0,8217	0,676	0,9391	0,735	-0,1174	-1,164
dp ₃	11a	0,6769	0,590	0,8087	0,669	-0,1318	-1,406
M ₄	12a	0,4963	0,459	0,7916	0,659	-0,2953	-4,494**
pp ₄	13a	0,7337	0,625	0,9372	0,734	-0,2035	-2,032*
mp ₄	14a	0,8323	0,682	0,9544	0,742	-0,1221	-1,221
dp ₄	15a	0,6724	0,586	0,8126	0,671	-0,1402	-1,455**
M ₅	16a	0,5488	0,500	0,6445	0,568	-0,0957	-1,742*
pp ₅	17a	0,7300	0,623	0,9697	0,749	-0,2397	-2,812**
mp ₅	18a	0,7492	0,635	0,8452	0,688	-0,0960	-1,270
dp ₅	19a	0,5829	0,525	0,8091	0,669	-0,2262	-2,216*

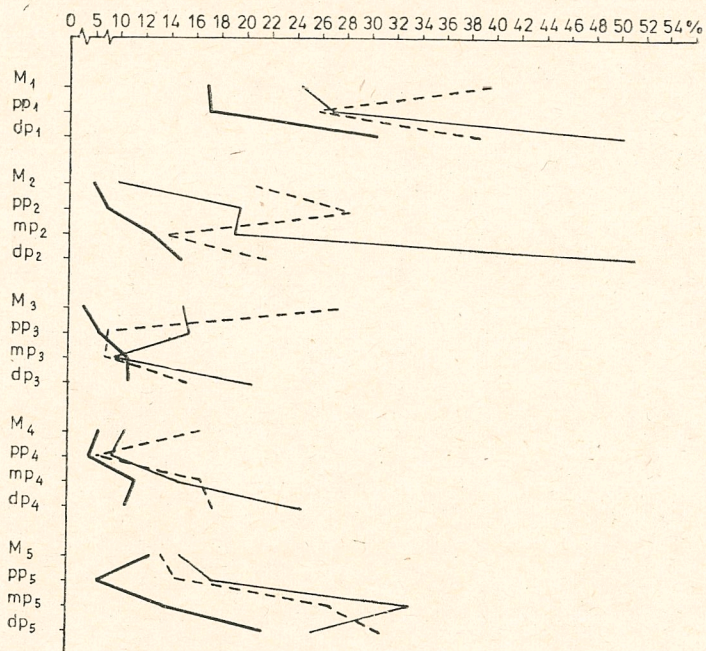
współczynniki korelacji dla rzędu środkowego kości palców i dla trzech członków dalszych drugiego, trzeciego i czwartego palca, a także dla paliczka bliższego kciuka. Stwierdzono mniejsze różnice między grupą kontrolną i eksperymentalną w wielkości średnich współczynników korelacji w przypadku szerokości końców dalszych kości ręki. Tutaj istotnie statystyczne różnice wystąpiły tylko w czterech kościach: śródrecza pier-

Tab. 11. Średnie wielkości współczynników korelacji (\bar{r}) szerokości końców dalszych każdej badanej kości śródreza i palców z pozostałymi kośćmi w grupie eksperymentalnej i kontrolnej. Istotność różnic między wartościami transformowanymi (\bar{z}) oceniona testem t przy: * — $P < 0,05$ i ** — $P < 0,01$

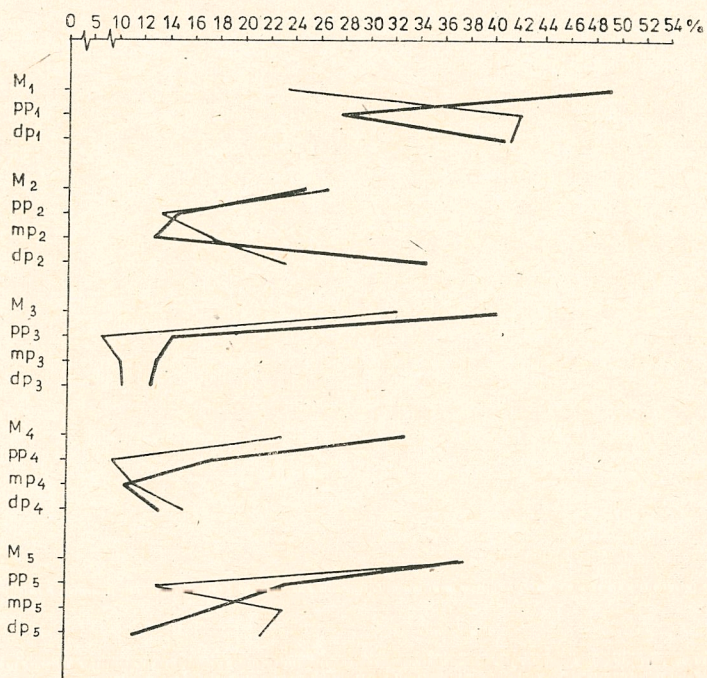
Kość	Numer pomiaru	Grupa eksperymentalna		Grupa kontrolna		$\bar{z}_1 - \bar{z}_2$	t_o
		\bar{z}_1	\bar{r}	\bar{z}_2	\bar{r}		
M_1	1b	0,4653	0,434	0,3196	0,309	0,1457	2,731**
pp ₁	2b	0,4522	0,424	0,4156	0,393	0,0366	0,743
dp ₁	3b	0,0572	0,057	0,2577	0,252	-0,2005	-3,051**
M_2	4b	0,4306	0,406	0,7101	0,611	-0,2795	-2,888**
pp ₂	5b	0,6777	0,590	0,6693	0,585	0,0084	0,082
mp ₂	6b	0,5390	0,492	0,6102	0,544	-0,0712	-0,814
dp ₂	7b	0,3593	0,345	0,5119	0,471	-0,1526	-1,544
M_3	8b	0,5502	0,501	0,6994	0,604	-0,1492	-1,223
pp ₃	9b	0,6841	0,594	0,7340	0,626	-0,0499	-0,401
mp ₃	10b	0,6757	0,589	0,7324	0,624	-0,0567	-0,476
dp ₃	11b	0,2859	0,278	0,5688	0,514	-0,2829	-2,795**
M_4	12b	0,5477	0,499	0,6521	0,573	-0,1044	-0,899
pp ₄	13b	0,6018	0,538	0,7130	0,613	-0,1112	-1,026
mp ₄	14b	0,5835	0,525	0,6045	0,540	-0,0210	-0,190
dp ₄	15b	0,3763	0,360	0,4995	0,462	-0,1232	-1,313
M_5	16b	0,5267	0,483	0,6005	0,537	-0,0738	-0,875
pp ₅	17b	0,5959	0,534	0,5146	0,474	0,0813	0,923
mp ₅	18b	0,5284	0,484	0,6558	0,576	-0,1274	-1,290
dp ₅	19b	0,4196	0,397	0,4167	0,394	0,0029	0,032

wszej i drugiej oraz paliczkach dystalnych — palca pierwszego i trzeciego.

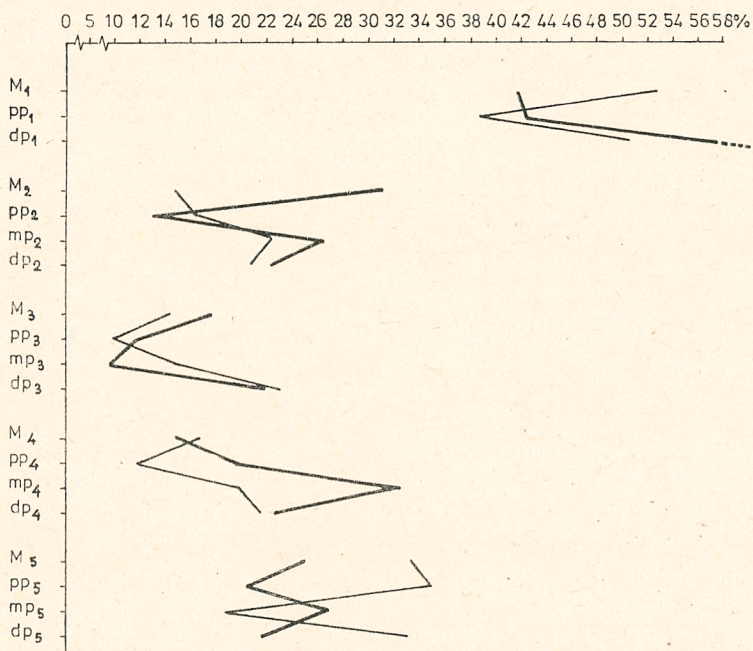
Podsumowując uzyskane wyniki dotyczące wielkości współczynników korelacji trzech badanych zespołów cech — długości, szerokości końców bliższych i końców dalszych kości ręki w obu porównywanych grupach, warto podkreślić fakt, że istotne statystycznie różnice w korelacjach długości kości są zawsze wynikiem wzrostu tych współczynników w grupie eksperymentalnej, natomiast w szerokości kości (z wyjątkiem szerokości końca dalszego pierwszego śródreza) — są wynikiem zmniejszenia w tej grupie wartości średnich korelacji. Podobne znaczenie mają wyniki otrzymane z analizy zasobu zmienności wspólnej, przeprowadzonej dla wszystkich zbadanych cech na podstawie kompletnej macierzy korelacji (rys. 6, 7, 8). Stwierdzono wyraźne zmniejszenie się specyficzności długości kości w grupie eksperymentalnej, natomiast w cechach szerokości otrzymano wyniki trudniejsze do interpretacji. W obu tych wymiarach można zauważyć wzrost specyficzności, chociaż część cech w grupie eksperymentalnej niczym nie różni się od tych cech grupy kontrolnej. Dla sprawdzenia, czy otrzymane dla długości kości wyniki nie są przypadkowe, obliczono na podstawie macierzy korelacji podanej przez Kimurę [1973] specyficzność długości kości dla populacji japońskiej. Wyniki wy-



Rys. 6. Specyficzność (%) cech długości kości ręki
 — grupa eksperymentalna, — grupa kontrolna,
 - - - populacja Japończyków [K i m u r a 1973]



Rys. 7. Specyficzność (%) cech szerokości końców bliższych kości ręki
 — grupa eksperymentalna, — grupa kontrolna



Rys. 8. Specyficzność (%) cech szerokości końców dalszych kości ręki

— grupa eksperymentalna, — grupa kontrolna

dają się wskazywać, że pod tym względem populacja ta jest bardziej podobna do naszej grupy kontrolnej (rys. 6). Wszystkie te wyniki wydają się także potwierdzać słuszność poprzednich przypuszczeń co do istotnej roli jaką odgrywają czynniki funkcjonalne w modelowaniu kości ręki. Bardziej oczywiste wyniki uzyskane dla wymiaru długości kości potwierdzają przypuszczenia mówiące o dużej podatności kości do zmiany swojej długości, stosownie do działającego bodźca. Otrzymanie wyższych korelacji dla tych cech jest prawdopodobnie rezultatem dużej zgodności w zmianach długościowych wszystkich kości ręki łącznie u poszczególnych badanych, adekwatnie do stopnia natężenia wpływu czynnika funkcjonalnego. Wyższa specyficzność w wymiarach szerokościowych oraz niższe średnie korelacje dla tych cech wskazują na dużą indywidualność, tak osobniczą jak i dla poszczególnych cech, w reagowaniu na wpływy czynników funkcjonalnych.

PIŚMIENNICTWO

- Blaalock H. M., 1975, *Statystyka dla socjologów*, Warszawa.
 Kimura K., 1973, *On the variability and correlation of the lengths of phalanges and metacarpals*, J. Anthropol. Soc. Nippon, 81, 174.
 Lewenz M. A., M. A., Whiteley, 1902, *Data for the problem of evolution in man. A second study of the variability and correlation of the hand*, Biometrika, 1, 345.

- Lewicki P. K. T., K. Kowalski, 1978, *Zależność pomiędzy funkcją a morfologią kości śródreczą i palców*, *Przeł. Antrop.*, 44, 241.
- Okoń J., 1964, *Analiza czynnikowa w psychologii*, Warszawa.
- Roche A. F., R. F. Hermann, 1970 a, *Associations between the rates of elongation of the short bones of the hand*, *Am. J. Phys. Anthrop.*, 32, 83.
- Roche A. F., R. F. Hermann, 1970 b, *Rates of change in width and length-width ratios of the diaphyses of the hand*, *Am. J. Phys. Anthrop.*, 32, 89.
- Takai S., H. Terada, 1973, *Radiogrammetric study on the allometry of human digits*, *J. Anthrop. Soc. Nippon*, 81, 145.
- Takai S., 1978, *Metacarpal and phalangeal lengths are influenced by row — related factor*, *Human Biology*, 50, 51.

Zakład Antropologii UAM
 Fredry 10, 61-701 Poznań

AN ANALYSIS OF RELATIONS BETWEEN TUBULAR BONES OF HAND

by PIOTR K. T. LEWICKI

Measurements of length and width of both ends of hand bones were obtained from standard radiograms of right hands belonging to 39 physical labourers and 30 professionals not engaged into regular physical work. Information on these metric data is given in a paper by Lewicki & Kowalski (1978). The present paper deals with interrelationships between measured dimensions of hand bones. To this end correlation coefficients were computed and analysed. It may be seen that higher correlation coefficients were obtained for bones belonging to the same anatomical row and also for neighbouring bones in rays (see figures 2, 3, 4). No important differences were found in this respect between physical labourers and professionals. For each measured dimension average values of correlation coefficients were computed in every row (table 7) and ray (table 8) in both groups. The group of professionals is considered to constitute a reference group. In this group the highest values of correlation coefficients were found for length of the fourth ray. Correlation coefficients are gradually diminishing from this ray outwards. Similar result was obtained for width of proximal ends of hand bones. With respect to widths of distal ends the highest correlations were obtained for the third ray. Moreover it has been found that correlation coefficients for length of bones are significantly higher in the group of physical labourers (table 9, fig. 5A). This situation is reversed with respect to both widths — correlations in the control group are higher than in the group of physical workers. Average values of correlation coefficients computed for anatomical rows turned out to be the highest for the row of proximal phalanges with respect to length, while widths were most strongly correlated in a medial row of phalanges (see table 8 and fig. 5 B&C).

Communality and uniqueness were estimated for length and both widths of separate bones (fig. 6, 7, 8). In a group of physical labourers, as compared to the control one, a lowered uniqueness in length of hand bones (fig. 6) and elevated uniqueness of some widths (fig. 7, 8) were found. These facts are explained in the present study by differences in influence of functional factors on bone morphology. These factors are considered as a set of influences resulting from hand use and their impact on bone morphology can be different depending on their intensity. It can concordantly impede growth of bone lengths in some subjects whereas in others it can result in augmentation of growth. Higher specificity observed for breadth measurements than for lengths and lower average correlations for breadths point towards high specificity of both individuals and separate characters with respect to responses to functional factors.