

PRACE

MACIEJ HENNEBERG

PRÓBA ZNALEZIENIA METODY BADANIA I INTERPRETACJI ASYMETRII KOŚCI DŁUGICH KOŃCZYN

Z Zakładu Antropologii UAM w Poznaniu
Kierownik: doc. dr habil. Andrzej Malinowski

WSTĘP

Dla powstawania asymetrii szkieletu decydujące znaczenie mają: 1) czynniki ogólnoustrojowe (m. in. genetycznie uwarunkowana „plastyczność” szkieletu) i 2) czynniki działające lokalnie, spośród których główną, jak można przypuszczać, rolę odgrywają zróżnicowane obciążenia mechaniczne; pewne znaczenie mogą mieć także różnice w ukrwieniu i unerwieniu kończyn [31, 32]. Badania zatem asymetrii pozwalają na prześledzenie pewnych zależności pomiędzy strukturą i funkcją organizmu.

Z kości długich, szczególnie interesującą w odniesieniu do zagadnień asymetrii wydaje się być kość ramienna. Przenosi ona bowiem, jako pojedynczy element szkieletowy, wszelkie obciążenia mechaniczne kończyny. Poza tym spośród innych kości długich wyróżnia ją największa regularność w występowaniu asymetrii prawostronnej (ok. 80% w ciężarze i ok. 90% w długości) i największa niezależność masy i długości ($r=0,326$, przy $r > 0,600$ dla innych kości) [19].

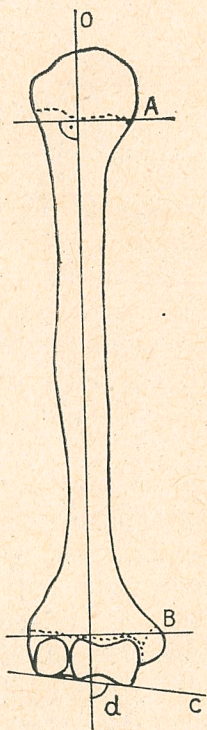
Autorzy zajmujący się badaniami asymetrii kości ramiennych w zasadzie ograniczali się do stwierdzania istnienia, wielkości i częstości występowania różnic pomiędzy pomiarami liniowymi lub ciężarem kości prawych i lewych [1, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 15, 18, 21, 29, 33].

Celem niniejszej pracy jest próba interpretacji zagadnienia asymetrii kości ramiennych w oparciu o porównania wielkości asymetrii rozmaitych cech, ich zmienności, zbadanie związków pomiędzy asymetrią całej kości i jej poszczególnych części oraz wyjaśnienie powiązań między asymetrią a zmiennością międzyosobniczą cech i ogólnymi charakterystykami morfologicznymi kości.

Drugim zadaniem jest wykazanie użyteczności metody określania pól powierzchni rzutów kości dla badania asymetrii na materiale wykopaliskowym. Metoda ta, w przeciwieństwie do pomiaru ciężaru lub objętości kości, pozwala na wykonywanie niezależnych pomiarów części kości i nadaje się do badania materiałów posiadających drobne, pośmiertne uszkodzenia.

MATERIAŁ I METODY

Do niniejszego opracowania użyto 209 (109♂ i 100♀) par kości ramiennych osobników dorosłych pochodzących z serii wczesnośredniowiecznych szkieletów z Ostrowa Lednickiego [9].



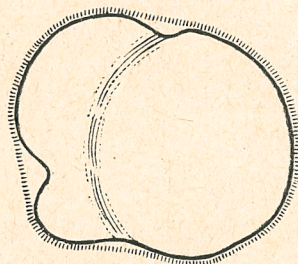
Ryc. 1. Sposób rozgraniczenia powierzchni rzutu trzonu i nasad na narysie dioptrograficznym kości ramiennej i sposób pomiaru kąta kłykciowo-trzonowego

O — oś trzonu, A — najbardziej „dalszy” w płaszczyźnie rzutowania położony punkt głowy, B — bliższa granica przyczepu zginaczy na nadkłykciu przyśrodkowym, c — prosta styczna do dwuskośnie leżących punktów nasady dalszej, d — kąt kłykciowo-trzonowy, — — — — przebieg linii nasadowych

Rzuty poziome kości ramiennych na płaszczyznę czołową (równoległą do osi bloczka) otrzymywano, wykonując dioptrografem narysy w skali 1 : 1. Dla rozgraniczenia powierzchni rzutu trzonu i nasad na narysie zaznaczano najdalszy punkt głowy (A — ryc. 1) oraz bliższą granicę pola przyczepu mięśni zginaczy na nadkłykciu przyśrodkowym (B). Wykreślano oś trzonu i prostopadłe do niej, przechodzące przez punkty A i B, których przebieg, w ogólnych zarysach, pokrywa się z przebiegiem linii nasadowych. Odcięta w ten sposób powierzchnia rzutów nasad będzie w

Ryc. 2. Nasada bliższa kości ramiennej. Widok od góry

linia przerywana oznacza sposób prowadzenia taśmy przy pomiarze obwodu nasady bliższej



pewnym stopniu zależna od wielkości kątów: torsji, głowy i kłykciowo-trzonowego. Pola powierzchni rzutów mierzono, nakładając na narys siatkę o odstępach linii = 5 mm i zliczając punkty ich przecięcia przypadające na mierzoną powierzchnię.

Na wszystkich kościach wykonano też techniką martinowską [21] osiem pomiarów liniowych wymienionych w tabeli 1.

Pomiarów kąta kłykciowo-trzonowego dokonywano na narysach, mierząc kąt pomiędzy osią trzonu a prostą przechodzącą przez dwa najdalej położone punkty rzutu nasady dalszej (c — ryc. 1). Największy obwód nasady bliższej mierzono przez obwiedzenie guzków i głowy kości ramiennej, w płaszczyźnie prostopadłej do osi trzonu, taśmą z podziałką milimetrową (ryc. 2). W oparciu o wymienione pomiary obliczano cztery wskaźniki:

1. wskaźnik masywności ogólnej

$$\frac{\text{pole powierzchni całkowitej rzutu (cm}^2\text{)}}{\text{długość największa (cm)}}$$

2. wskaźnik nasadowo-trzonowy

$$\frac{\text{pole powierzchni rzutu nasady bliższej i dalszej} \cdot 100}{\text{pole powierzchni rzutu trzonu}}$$

3. wskaźnik nasady bliższej

$$\frac{\text{pole powierzchni rzutu nasady bliższej} \cdot 100}{\text{pole powierzchni całkowitej rzutu}}$$

4. wskaźnik nasady dalszej

$$\frac{\text{pole powierzchni rzutu nasady dalszej} \cdot 100}{\text{pole powierzchni całkowitej rzutu}}$$

Urzeźbienie powierzchni przyczepów mięśniowych określano w trzech zasadniczych kategoriach: silne, mierne i słabe. Jeżeli urzeźbienie obydwu kości danej pary zaliczono do tej samej kategorii, a mimo to dawało się zauważyć nieznaczne różnice rzeźby pól przyczepowych, oznaczano je odpowiednio „+” zależnie od przewagi (np. prawa: silne +, lewa: silne).

Dla każdej cechy metrycznej wyznaczano asymetrię względną [29] według wzoru:

$$(1.) \quad A_w = \frac{(\bar{p} - \bar{l}) 100}{\bar{l}},$$

gdzie: A_w — asym. względna, $\bar{p}$ i $\bar{l}$ — wartości średnie odpowiednio dla kości prawych i lewych.

Wprowadzono również współczynnik zakresu różnic indywidualnych, porównywalnych ze współczynnikiem zmienności danej cechy i z asymetrią względną, obliczany ze wzoru:

$$(2.) \quad V_{p-l} = \frac{s_{p-l} \cdot 100}{\bar{l}},$$

gdzie: V_{p-l} — współczynnik zakresu różnic ind., s_{p-l} — odchylenie standardowe różnic prawej i lewej kości $\bar{l}$ — średnia cechy lewej kości.

W celu porównania cech kości prawych i lewych żeńskich z odpowiednimi cechami kości męskich, określano jaki odsetek danej cechy kości męskich stanowi wartość tej cechy kości żeńskich.

Dla określenia przewagi częstości występowania asymetrii prawo- lub lewostronnej pomiarów indywidualnych stosowano w pierwszej fazie test znaku przy hipotezie zerowej $H_0 : [p > l] = [p = l] + [p < l]$, jeżeli częstość asymetrii prawostronnej była większa niż lewostronnej, lub $H_0 : [p < l] = [p = l] + [p > l]$ w sytuacji odwrotnej ($[p > l]$ — częstość występowania asymetrii prawostronnej, $[p < l]$ — lewostronnej, $[p = l]$ — częstość braku różnic). Przy odrzuceniu hipotezy zerowej uznawano, że asymetria danej cechy jest regułą w badanej grupie. Jeśli I faza testu nie pozwoliła na odrzucenie hipotezy zerowej stosowano w drugiej fazie test znaku przy $H_0 : [p > l] = [p < l]$.

W przypadku cech oznaczonych w niniejszej pracy, błędów przypadkowych należało się spodziewać przy pomiarach wykonywanych na narysach diopetrograficznych. Błędy te, przy niewielkich różnicach pomiędzy kośćmi prawymi i lewymi, mogą mieć znaczny wpływ na wielkość miar rozproszenia [28]. Odchylenia standardowe błędów przypadkowych pomiarów oszacowane po dziesięciokrotnym powtórzeniu oznaczeń na tej samej, wybranej losowo kości męskiej i żeńskiej, wahały się w granicach 2 - 5% wartości cech. Wpływ błędów przypadkowych pomiarów usuwano stosując wzór:

$$(3.) \quad s_x = \sqrt{s_x^2 - b^2},$$

gdzie: s_x — odchylenie stand. pomiarów obciążonych błędami, s_x — odchylenie standardowe wartości rzeczywistych, b — odchylenie stand. błędów przypadkowych pojedynczego pomiaru (przy założeniu, dla wszy-

stkich indywidualnych pomiarów tej samej cechy wariancje błędów przypadkowych są sobie równe). W podobny sposób usuwano wpływ błędów przypadkowych na odchylenia standardowe różnic indywidualnych.

WYNIKI

Wartości średnie cech kości żeńskich wyrażone w odsetkach odpowiednich wartości cech kości męskich (tab. 1) wskazują, że brak jest w zasadzie różnic płciowych pomiędzy proporcjami, a największym dymorfiz-

Tab. 1. Wartości cech kości żeńskich przedstawione w odsetkach wartości cech kości męskich, ocena istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi cech kości męskich i żeńskich testem *t* Studenta

Cecha	Prawe		Lewe	
	%	α	%	α
1. Pole powierzchni całkowitej rzutu	81,1	0,01	81,3	0,01
2. Pole powierzchni rzutu trzonu	82,5	0,01	81,5	0,01
3. Pole powierzchni rzutu nasady bliższej	78,4	0,01	81,0	0,01
4. Pole powierzchni rzutu nasady dalszej	77,6	0,01	78,0	0,01
5. Wskaźnik masywności ogólnej	86,9	0,01	87,9	0,01
6. Wskaźnik nasadowo-trzonowy	96,2	0,02	97,6	—
7. Wskaźnik nasady bliższej	96,8	—	100,7	—
8. Wskaźnik nasady dalszej	96,0	0,05	96,5	0,05
9. Kąt kłykciowo-trzonowy	101,0	—	99,9	—
10. Długość największa	93,4	0,01	92,5	0,01
11. Długość całkowita	93,4	0,01	92,3	0,01
12. Najmniejszy obwód trzonu	88,3	0,01	89,0	0,01
13. Obwód nasady bliższej	90,5	0,01	90,1	0,01
14. Największa szerokość strzałkowa głowy	89,7	0,01	89,3	0,01
15. Największa szerokość poprzeczna głowy	88,9	0,01	89,0	0,01
16. Szerokość nasady dalszej	89,9	0,01	89,4	0,01
17. Szerokość bloczka	88,2	0,01	88,2	0,01
18. Szerokość główki	90,5	0,01	90,5	0,01

mem charakteryzują się cechy, które w pewnej mierze „zbiorczo” ujmują kilka kierunków różnicowania się kości lub ich części.

Różnice między wartościami odsetkowymi dla żeńskich kości lewych i prawych są niewielkie i trudno się dopatrzeć w ich występowaniu uogólnionej regularności [13], która miałaby polegać na większym „podobieństwie” lewych kości żeńskich do odpowiednich kości męskich, niż kości prawych żeńskich do prawych męskich.

Zmienność cech ze względu na stronę ciała i płeć nie wykazuje znaczących różnic (tab. 2). Większa jest zmienność pomiarów pól powierzchni rzutów i wskaźników (5,1 - 15,9%) niż pozostałych cech (3,7 - 8,9%). Wysoka zmienność dla szerokości bloczka i główki może być spowodowana błędami przypadkowymi pomiarów.

Większość badanych cech posiada wyższe wartości średnie dla kości prawych (tab. 2). U obydwu płci istotnie statystycznie okazały się prawie wszystkie różnice pól powierzchni rzutów i obwodów oraz wskaźnika na-

Tab. 2. Wartości średnie pomiarów prawych i lewych kości ramiennych, ich różnice, ocena istotności różnic testem *t* Studenta, asymetria względna, odchylenia standardowe cech i różnic indywidualnych, współczynniki zmienności i współczynniki zakresu różnic indywidualnych. Dla cech 1 - 9 podano wartości odchyłeń standardowych i współczynników po zastosowaniu poprawek na błędy przypadkowe pomiarów, kolejność cech jak w tab. 1. Liczby mianowane dla cech 1 - 4 w cm², dla 10 - 18 w mm

Cecha	$\bar{p}$	$\bar{l}$	$\bar{p}-\bar{l}$	A_w	ist. $\frac{\bar{p}-\bar{l}}{\alpha}$	s_p	s_l	s_{p-l}	V_p	V_l	V_{p-l}
Mężczyźni											
1	95,3	91,0	+4,3	4,7	0,01	8,9	9,3	3,4	9,4	10,2	3,7
2	66,1	63,9	+2,2	3,4	0,02	6,3	6,6	3,3	9,5	10,3	5,2
3	14,8	14,2	+0,6	4,2	0,02	1,9	1,4	0,8	12,8	9,9	5,6
4	14,3	13,2	+1,1	8,3	0,01	1,9	2,1	0,8	13,3	15,9	6,1
5	2,89	2,80	+0,09	3,2	0,02	0,25	0,25	0,14	8,7	8,9	5,0
6	44,0	43,2	+0,8	1,9	—	4,6	4,2	3,4	10,5	9,7	7,9
7	15,6	15,6	—	—	—	0,8	0,9	0,1	5,1	5,8	0,6
8	15,0	14,4	+0,6	4,2	0,01	1,4	1,5	1,4	9,7	10,4	9,7
9	81°20'	82°00'	-0°40'	0,8	—	4°00'	3°30'	1°30'	4,9	4,3	1,9
10	328,8	325,0	+3,8	1,2	0,10	15,8	15,4	3,8	4,8	4,7	1,2
11	324,4	322,0	+2,4	0,7	—	15,7	15,8	3,8	4,8	4,9	1,2
12	67,6	65,6	+2,0	3,0	0,01	4,2	4,5	2,1	6,2	6,9	3,2
13	157,9	154,9	+3,0	1,9	0,01	8,2	7,8	2,7	5,2	5,0	1,7
14	43,6	42,8	+0,8	1,9	0,02	2,5	2,3	1,2	5,7	5,4	2,8
15	46,8	46,2	+0,6	1,3	—	3,0	2,9	1,4	6,4	6,3	3,0
16	63,8	63,5	+0,3	0,5	—	4,1	4,2	1,4	6,4	6,6	2,2
17	27,3	27,1	+0,2	0,7	—	2,0	1,8	1,2	7,3	6,7	4,4
18	18,9	19,0	-0,1	0,5	—	1,5	1,7	1,4	7,9	8,9	7,4
Kobiety											
1	77,3	73,9	+3,4	4,6	0,01	7,3	7,7	2,0	9,4	10,4	2,7
2	54,5	52,1	+2,4	4,6	0,01	5,3	5,6	2,5	9,7	10,8	4,8
3	11,6	11,5	+0,1	0,9	—	1,7	1,5	0,8	14,7	13,0	7,0
4	11,1	10,3	+0,8	7,8	0,01	1,6	1,5	0,5	14,4	14,6	5,0
5	2,51	2,46	+0,05	2,0	0,10	0,19	0,17	0,00*	7,6	6,9	0,0*
6	42,3	42,2	+0,1	0,2	—	4,3	4,3	3,3	10,2	10,9	7,8
7	15,1	15,7	-0,6	3,8	0,01	1,1	1,1	1,1	7,3	7,0	7,0
8	14,4	13,9	+0,5	3,6	0,05	1,6	1,5	1,1	11,1	10,8	7,9
9	82°00'	81°50'	+0°10'	0,2	—	3°40'	3°00'	2°20'	4,5	3,7	2,9
10	306,5	300,4	+6,1	2,0	0,01	15,8	15,8	2,6	5,2	5,3	0,9
11	302,7	296,9	+5,8	2,0	0,01	15,9	15,0	3,2	5,3	5,1	1,1
12	59,7	58,4	+1,3	2,2	0,02	3,2	3,7	1,7	5,4	6,3	2,9
13	142,9	139,6	+3,3	2,4	0,05	10,0	9,3	2,3	7,0	6,7	1,6
14	39,1	38,2	+0,9	2,4	0,02	2,6	2,4	1,0	6,7	6,3	2,6
15	41,6	41,1	+0,5	1,2	—	3,2	2,7	1,1	7,7	6,6	2,7
16	57,3	56,7	+0,6	1,1	—	3,3	3,5	1,4	5,8	6,2	2,5
17	24,1	23,9	+0,2	0,8	—	1,6	1,8	1,1	6,6	7,5	4,6
18	17,1	17,2	-0,1	0,6	—	1,2	1,4	1,4	7,0	8,1	8,1

* objaśnienie w tekście.

sady dalszej i szerokości strzałkowej głowy. Interesujące wydaje się, że w odniesieniu do długości całkowitej i największej kości ramiennej, występujące u kobiet różnice wartości średnich są istotne, przy braku istotności w grupie męskiej.

Największą asymetrią względną (tab. 2) cechują się pola powierzchni rzutów (0,9 - 8,3), wskaźniki charakteryzuje mniejsza asymetria względna

(0 - 4,2), zaś najniższe wartości A_w obserwujemy w pomiarach liniowych i kąta kłykciowo-trzonowego (0,2 - 3,0).

Asymetria wyrażona w powyższy sposób najwyraźniej występuje więc w cechach, nazwanych uprzednio „zbiorczymi”. Rozkłady różnic indywidualnych są normalne, wartości modalne leżą w pobliżu wartości średnich.

Dla pomiarów powierzchni rzutów zmienność różnic indywidualnych (tab. 2) jest wysoka (2,7 - 7,0). Wskaźniki również posiadają dużą zmienność różnic (5,0 - 9,7), z wyjątkiem wskaźnika nasady bliższej kości męskich i wskaźnika masywności ogólnej w grupie żeńskiej. Co do ostatniego, po wprowadzeniu poprawki na błędy przypadkowe pomiarów, okazało się, że zmienność różnic indywidualnych wynika jedynie z wariancji błędów ($b \approx s_{p-l}$). Należy jednak pamiętać, że poprawka na błąd przypadkowy pomiaru ma charakter szacunkowy. Można więc stwierdzić, że zmienność różnic indywidualnych omawianej cechy istnieje, jakkolwiek jest ona niewielka. Zmienność różnic w pomiarach liniowych i kąta kłykciowo-trzonowego jest mniejsza niż dla poprzednio omówionych cech (0,9 - 4,6) z wyjątkiem szerokości główki, gdzie na dużą wartość współczynnika mógł wpłynąć błąd przypadkowy pomiaru.

Na podkreślenie zasługuje, że zmienność różnic indywidualnych dla żadnej z badanych cech kości ramiennej nie przekracza zmienności międzyosobniczej (tab. 2).

Z tabeli 3 wynika, że do cech, w których zarówno u mężczyzn jak

Tab. 3. Częstość występowania asymetrii prawo- ($p > l$) lub lewostronnej ($p < l$) w poszczególnych cechach i ocena istotności przewagi najczęściej występującego typu asymetrii testem znaku w dwu fazach (objaśnienie w tekście). Kolejność cech (1 - 18) jak w tabeli 1 i 2. 19 oznacza urzeźbienie powierzchni przyczepów mięśniowych

Cecha	Mężczyźni					Kobiety				
	$p > l$	$p = l$	$p < l$	test znaku		$p > l$	$p = l$	$p < l$	test znaku	
	%	%	%	I faza α	II α	%	%	%	I faza α	II α
1	83,5	0,9	15,6	0,01	0,01	87,0	5,0	8,0	0,01	0,01
2	78,9	2,8	18,3	0,01	0,01	83,0	1,0	16,0	0,01	0,01
3	58,7	5,5	35,8	—	0,02	49,0	13,0	38,0	—	—
4	78,9	6,4	14,7	0,01	0,01	79,0	5,0	16,0	0,01	0,01
5	77,9	3,7	18,4	0,01	0,01	74,0	7,0	19,0	0,01	0,01
6	55,1	1,8	43,2	—	—	53,0	1,0	46,0	—	—
7	44,0	3,7	52,3	—	—	32,0	3,0	65,0	0,01	0,01
8	60,5	2,8	36,6	0,05	0,02	57,0	4,0	39,0	—	0,05
9	32,0	11,9	56,0	—	0,02	51,0	14,0	35,0	—	0,05
10	83,6	5,5	10,9	0,01	0,01	96,0	1,0	3,0	0,01	0,01
11	79,8	8,3	12,0	0,01	0,01	97,0	1,0	2,0	0,01	0,01
12	73,4	20,2	6,4	0,01	0,01	78,0	11,0	11,0	0,01	0,01
13	86,5	10,4	3,0	0,01	0,01	79,9	8,2	11,9	0,01	0,01
14	61,4	26,8	11,9	0,02	0,01	57,0	33,7	9,3	—	0,01
15	55,6	31,4	12,9	—	0,01	44,9	38,8	16,3	—	0,01
16	46,8	30,3	23,0	—	0,01	50,6	27,4	22,1	—	0,01
17	35,8	40,4	23,9	—	—	36,0	44,0	20,0	—	0,05
18	28,4	33,0	38,6	—	—	37,0	33,0	30,0	—	—
19	40,4	54,1	5,5	—	0,01	29,0	69,0	2,0	—	0,01

Tab. 4. Urzeźbienie powierzchni przyczepów mięśniowych i różnice indywidualne nie przekraczające granic jednej kategorii

Urzeźbienie par	$p > l$		$p = l$		$p < l$		Ogółem	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Mężczyźni								
Słabe	3	2,8	9	8,3	1	0,9	13	11,9
Mierne	12	11,0	23	21,1	1	0,9	36	33,0
Silne	26	23,8	27	24,8	4	3,7	57	52,3
Rozbieżne*	3	2,8	—	—	—	—	3	2,8
Razem	44	40,4	59	54,2	6	5,5	109	100,0
Kobiety								
Słabe	16		35		—		51	
Mierne	9		25		1		35	
Silne	3		9		1		13	
Rozbieżne*	1		—		—		1	
Razem	29		69		2		100	

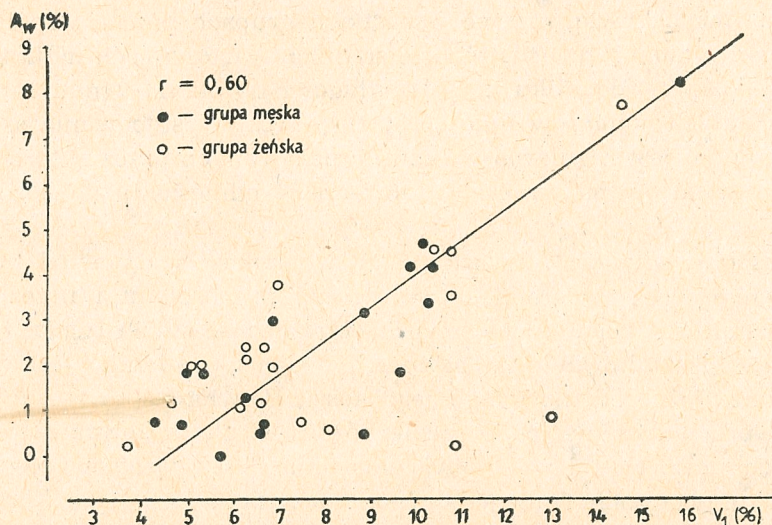
* objaśnienia w tekście.

i u kobiet asymetria prawostronna występuje z dużą regularnością — można zaliczyć: pola powierzchni rzutów z wyjątkiem rzutu nasady bliższej, wskaźnik masywności ogólnej, długość największą i całkowitą, obwody trzonu i nasady bliższej. Regularnie asymetria prawostronna pojawia się ponadto w pomiarach szerokości strzałkowej głowy i wskaźniku nasady dalszej kości męskich, a lewostronna tylko we wskaźniku nasady bliższej kości żeńskich.

Kości tej samej pary posiadają bardzo podobną rzeźbę powierzchni przyczepów mięśniowych, najczęściej brak jest drobnych nawet różnic, jeżeli zaś one występują, to istotnie lepiej urzeźbione są kości prawe (tab. 3 i 4). W grupie męskiej w dwóch przypadkach stwierdzono silne urzeźbienie kości prawych — przy miernym lewych, a w jednym przypadku kość lewa była słabo urzeźbiona przy silnym urzeźbieniu kości prawej mimo braku dostrzegalnych zmian patologicznych. U kobiet w jednym przypadku stwierdzono silne urzeźbienie kości prawej, przy miernym lewej.

Zależność asymetrii względnej cech od ich zmienności międzyosobniczej zbadano w tablicy czteropolowej, przyjmując, że zmienność cechy jest duża, jeżeli przekracza 8,5%, a asymetria względna jest mała, jeżeli nie przekracza 2,5%. (Wartość średnia dla ogółu cech badanych). Asymetria jest dodatnio skorelowana ze zmiennością międzyosobniczą $r = 0,60$, a związek ten jest bardzo istotny — $\chi^2 = 12,9$, $P < 0,001$ (ryc. 3).

W celu prześledzenia związków zachodzących pomiędzy asymetrią całej kości a asymetrią jej części — zbadano korelację wielkości różnic indywidualnych powierzchni całkowitej rzutów z takimiż różnicami dla pól powierzchni trzonu, nasady bliższej i dalszej (tab. 5). Wysoka korelacja istnieje tylko pomiędzy całkowitą powierzchnią rzutu i powierzchnią rzutu trzonu.



Ryc. 3. Zależność pomiędzy wielkością asymetrii a zmiennością międzysobniczą cech

Tab. 5. Współczynniki korelacji wybranych cech kości ramiennej. Istotność współczynnika oceniano testem t lub χ^2 przy $\alpha=0,05$

Cechy	Mężczyźni r	Kobiety r
I. Różnice indywidualne pola pow. całkowitej z:		
– różnicami indywidualnymi pola pow. rzutu trzonu	0,87	0,83
– różnicami indywidualnymi pola pow. rzutu nasady bliższej	0,28	0,28
– różnicami indywidualnymi pola pow. rzutu nasady dalszej	0,32	0,24
– różnicami indywidualnymi długości największej	0,30	0,32
– wielkością pola pow. całkowitej rzutu	nieist.	nieist.
– wielkością wskaźnika masywności ogólnej	0,21	0,22
– wielkością wskaźnika nasadowo-trzonowego	nieist.	–0,28
– urzeźbieniem pow. przyczepów mięśniowych	nieist.	nieist.
– różnicami w urzeźbieniu	nieist.	nieist.
II. Różnice indywidualne długości największej z:		
– długością największą	0,21	0,25
III. Różnice indywidualne wskaźnika masywności ogólnej z:		
– wielkością pola pow. całkowitej rzutu	0,26	0,31

Aby stwierdzić zależności między asymetrią kości ramiennej a jej morfologią wybrano cechy ogólne, dotyczące całej kości (tab. 5). Związki asymetrii z wielkością wybranych cech okazały się bądź bardzo słabe, bądź też wcale nie wystąpiły.

DYSKUSJA

Badane cechy kości ramiennych mogliśmy porównać, co do ich asymetrii, tylko w stosunku do niektórych pomiarów liniowych i kąta kłykcioowo-trzonowego [4, 6, 13, 18, 29, 33].

Różnice pomiędzy ukształtowaniem kości prawych i lewych, po doko-

naniu porównań, wykazują we wszystkich grupach pewne wspólne prawidłowości, a mianowicie: 1) różnice średnich wartości cech mają ten sam rząd wielkości — od kilku mm dla długości do ok. 1 - 2 mm lub mniej dla pozostałych pomiarów liniowych, 2) częstość występowania asymetrii prawostronnej jest regularna w cechach nazywanych przez autora „zbiorczymi” i zmniejsza się, tracąc regularność w odniesieniu do pozostałych cech.

Zaobserwowany brak związku między wielkością asymetrii kości ramiennych a ich rozmiarami, masywnością, proporcjami i urzeźbieniem powierzchni przyczepów mięśniowych, prowadzi do stwierdzenia, że takie, a nie inne ukształtowanie się asymetrii u danego osobnika jest w dużej mierze niezależne od morfologii jego kości. Potwierdza to wysunięte we wstępie przypuszczenie, że istnienie różnic w ukształtowaniu kości ramiennych prawych i lewych uwarunkowane jest zróżnicowaniem indywidualnym obciążenia funkcjonalnego kończyn.

W świetle otrzymanych wyników trudno dopatrzeć się bezpośredniego, dziedzicznego zdeterminowania asymetrii kości ramiennych. Jeżeli natomiast zważymy, że asymetria częściej i silniej występuje w cechach o dużej zmienności międzyosobniczej, na co w odniesieniu do innych kości zwracano już uwagę [3, 14], zupełnie jasne stanie się, że powstawanie różnic między kośćmi prawymi i lewymi tego samego osobnika możliwe jest w zakresie genetycznie zdeterminowanej „plastyczności” szkieletu. Drugim faktem przemawiającym na korzyść powyższej tezy jest to, że w zbadanym materiale zmienność różnic indywidualnych wszystkich rozpatrywanych cech nie przekracza ich zmienności międzyosobniczej, a zwykle jest wyraźnie odeń mniejsza.

Tak więc, rozpatrywać będziemy asymetrię kości ramiennych jako wynik zróżnicowanych obciążeń mechanicznych i możliwości dostosowania się morfologii kości do wspomnianych obciążeń.

Spośród nie badanych dotychczas cech dotyczących całej kości największa regularność została stwierdzona dla powierzchni całkowitej rzutu. Cechę tę można porównać z ciężarem kości. Częstości występowania różnic w pomiarach pól powierzchni rzutu kości są zbliżone do odpowiednich częstości dla ciężaru [5, 14, 18] i przejawiają te same prawidłowości, które można opisać: $[p > l] > [p < l] > [p = l]$. Wynika stąd, że zróżnicowaniu masy kości należących do tej samej pary towarzyszą zmiany ich wymiarów zewnętrznych. Z rozpatrzenia wartości wskaźnika masywności ogólnej oraz asymetrii względnej odpowiednich cech wynika, że kości ramienne pod wpływem czynników wywołujących ich ogólną asymetrię, ulegają większemu różnicowaniu w wymiarach szerokościowych. Scott [27] podkreśla, że szerokość kości nie jest zależna od długości i wyraża się większą ilością istoty zbitej, szczególnie w obrębie trzonu. Ilość i rozmieszczenie istoty zbitej są zaś uzależnione od wielkości i charakteru obciążeń mechanicznych [2, 22, 23, 26].

Brak ukierunkowanej asymetrii w proporcjach kości najprawdopodobniej wyjaśnić można zmiennym indywidualnie sposobem reagowania poszczególnych ich części na czynniki powodujące asymetrię. Uwidacznia się to chociażby w ścisłym związku wielkości asymetrii całej kości z wielkością asymetrii trzonu, przy słabszym jej uzależnieniu od asymetrii nasad (tab. 5). Trzon kości ramiennej wykazuje wyraźną asymetrię prawostronną — odzwierciedla się to zarówno w pomiarach pola powierzchni rzutu jak i najmniejszego obwodu.

Podobieństwo asymetrii trzonu i całej kości pozwala twierdzić, że asymetrię całej kości w dużej mierze warunkuje ukształtowanie jej trzonu. Jest to zgodne z obserwacjami dokonanymi dla pomiarów liniowych kości udowej [14, 16]. Prawidłowość taką stosunkowo łatwo można wyjaśnić, ponieważ większość różnic w wielokierunkowych obciążeniach statycznych i dynamicznych kości będzie się w trzonie „sumować” wzdłuż jego osi, gdyż kość dąży do zamiany kierunku wszystkich działających na nią sił na osiowy [17]. Co do nasad, brak jest porównywalności wyników w stosunku do asymetrii różnych cech. Najprawdopodobniej wynika to z bardziej skomplikowanego, wielokierunkowego oddziaływania czynników mechanicznych na nasady.

Dane dotyczące asymetrii nasady bliższej kości ramiennej prowadzą do następującego opisu: w wymiarach poziomych i pionowych w płaszczyźnie czołowej (pole pow. rzutu, szerokość poprzeczna głowy) istnieje duża dowolność kształtowania się asymetrii; w płaszczyźnie poziomej (obwód nasady, szerokość strzałkowa głowy) wyraźne jest wystąpienie asymetrii prawostronnej. Podobnie regularną asymetrią charakteryzuje się, według innych autorów [6, 21, 29], największa szerokość omawianej części kości. Z danych dla obydwu szerokości głowy wynika, że bardziej zaokrąglona jest ona na kościach prawych. Jest to zgodne z zaobserwowanym przez S. Goździewskiego [10] faktem, że bardziej zaokrąglonymi głowami cechują się kości masywniejsze. Poszerzenie głowy w kierunku strzałkowym wskazuje na powiększenie zakresu ruchów w stawie nasadowym prawej kończyny górnej, a zatem na zwiększoną jej ruchomość [24].

W odniesieniu do nasady dalszej stwierdzamy, że w pomiarach liniowych i kącie kłykciowo-trzonowym brak jest wyraźnej asymetrii. Natomiast pole powierzchni rzutu tej nasady wykazuje bardzo wyraźną i regularną asymetrię prawostronną. Wydaje się, że o takim stanie rzeczy decyduje głównie przyrost wysokości nadkłykci. Należy jednak zauważyć, że asymetria w pomiarach długości całkowitej jest nieco mniejsza niż w pomiarach długości największej, co może wskazywać na silniejszy rozwój asymetrii bloczka w kierunku pionowym.

Ostatecznie otrzymujemy następujący obraz reakcji poszczególnych części kości ramiennej na zwiększone obciążenia funkcjonalne: nasada bliższa ulega głównie poszerzeniu, trzon poszerza się i wydłuża, nasada dalsza rozbudowuje się w kierunku równoległym do osi trzonu. Te zmiany

morfologiczne zdają się iść w kierunku zwiększenia momentów sił przykładanych przez mięśnie — przyczepy mięśni na nasadzie bliższej odsuwają się od osi kości i od powierzchni stawu barkowego, przyczepy na trzonie oddalają się od osi głównej kości, wydłużenie się nasady dalszej i podwyższenie nadkłykci odsuwa przyczepy zginaczy i prostowników od osi stawu łokciowego.

Prawostronna asymetria w zakresie umięśnienia i dynamiki kończyny górnej zdaje się nie ulegać wątpliwości [11, 20, 32], podobnie jak remodelowanie się kości w miejscach przyczepu mięśni [12], natomiast wyciągnięty stąd wniosek o decydującej roli asymetrii umięśnienia dla asymetrii morfologicznej kości [27] może budzić pewne zastrzeżenia. Obserwowany przez nas brak wyraźnej asymetrii w urzębieniu przyczepów mięśniowych, jak też w wielkości i rozmieszczeniu pól przyczepowych [30] wskazują, że modelowanie kości w miejscach przyczepów mięśni nie decyduje w sposób wyraźny o powstawaniu różnic morfologicznych kości prawych i lewych. Można więc przypuścić, że kości ramienne wykształcając swoją asymetrię pod wpływem wielorakich oddziaływań (nie tylko wynikających z funkcjonowania mięśni) przyczyniają się do wytworzenia asymetrii dynamicznej kończyny górnej.

Za najważniejszą różnicę pomiędzy asymetrią kości męskich i żeńskich można uznać wyraźniejszą u kobiet przewagę pomiarów trzonu i długości kości prawych przy słabszej niż u mężczyzn asymetrii masywności i nasad. Różnice te tłumaczą się większą u mężczyzn rolą dużych obciążeń mechanicznych obu kończyn w kształtowaniu asymetrii co dawało podobne „sumy” mechaniczne w trzonach, a przy zróżnicowaniu charakteru funkcji kończyn górnych w różny sposób kształtowało nasady. U kobiet większą rolę odgrywało zapewne zróżnicowanie częstości i wielkości obciążeń kończyn prawych i lewych, z czego wynikać mogły znaczniejsze niż u mężczyzn różnice oddziaływań na trzony.

Powyższe rozważania sugerują, że na asymetrię trzonu większy wpływ mogą wywierać różnice w częstości funkcji, a na asymetryczne formowanie się nasad różnice w charakterze czynności kończyny górnej prawej i lewej. Zróżnicowanie siły oddziaływań wpływa tylko na wielkość tych efektów.

WNIOSKI

1. Za główne przyczyny asymetrycznego kształtowania się kości ramiennych należy uznać: genetycznie zdeterminowaną „plastyczność kości”, pozwalającą na modyfikacje jego morfologii, a także zróżnicowanie funkcji kończyn prawych i lewych pod względem częstości, kierunku i wielkości obciążeń mechanicznych.

2. Pomimo braku wyraźnego wpływu mięśni przyczepiających się do kości ramiennych na ich asymetrię istnieje jednocześnie wpływ warun-

kowanej wielorakimi oddziaływaniami statycznymi i dynamicznymi asymetrii tych kości na zróżnicowanie momentów sił poruszających kończynę górną i na zakres ruchów kończyny.

3. Metoda mierzenia pól powierzchni rzutów kości na płaszczyznę, w przedstawionej formie daje rezultaty porównywalne z wynikami otrzymanymi przy pomocy innych metod, lub też wyniki te uzupełnia w zakresie pomiarów części kości, ich masywności i proporcji.

PIŚMIENICTWO

1. Arnold F., *Handbuch der Anatomie des Menschen*, Freiburg, 1844. * 2. Amtmann E., Schmitt H. P., *Zeitschr. f. Anat. u. Entwicklungsgeschichte*, 1968, 127, 25. * 3. Baer M., Durkatz J., *Am. J. Phys. Anthrop.*, 1957, 15, 181. * 4. Bergmann P., Goździewski S., Welon Z., *Mat. i Prace Antrop.*, 1962, 59, 87. * 5. Dogra S. K., Singh I., *Anat. Anz.*, 1970, 127, 210. * 6. Fudali M., Gralla G., *Przegl. Antrop.*, 1972, 38, 27. * 7. Fuliński B., *Wszechświat*, 1907, 26, 791. * 8. Gaupp E., *Die normalen Asymmetrien des menschlichen Körpers*, Jena, 1909. * 9. Godycki M., *Mat. i Prace Antrop.*, 1956, 11. * 10. Goździewski S., *Przegl. Antrop.*, 1962, 28, 3. * 11. Grinčuk O. F., *Sovetskaja Antrop.*, 1959, 2, 115. * 12. Hoyte D. A. N., Enlow D. H., *Am. J. Phys. Anthrop.*, 1966, 24, 205. * 13. Hrdlička A., *Am. J. Phys. Anthrop.*, 1932, 16, 431. * 14. Ingalls N. W., *Am. J. Phys. Anthrop.*, 1924, 7, 207. * 15. Tenże, *Am. J. Anat.*, 1931, 48, 45. * 16. Ingalls N. W., Grossberg M. H., *Am. J. Phys. Anthrop.*, 1932, 16, 4. * 17. Kummer B., *Arch. Anat. Gistol. i Embriol.*, 1965, 49, 21. * 18. Lowrance E. W., Latimer H. B., *Am. J. Anat.*, 1957, 101, 445. * 19. Tenże, *Am. J. Anat.*, 1958, 102, 455. * 20. Marchwicki I., *Przegl. Antrop.*, 1927, 2, 61. * 21. Martin R., Saller K., *Lehrbuch der Anthropologie*, wyd. 3, Stuttgart, 1957. * 22. Pauwels F., *Zeitschr. f. Anat. u. Entwicklungsgeschichte*, 1963, 123, 643. * 23. Tenże, *Zeitschr. f. Anat. u. Entwicklungsgeschichte*, 1968, 127, 121. * 24. Poplewski R., *Wych. Fizyczne*, 1927, 8, 137. * 25. Tenże, *Spraw. Tow. Nauk. Warszawskiego*, 1938, 1-4, 25. * 26. Schmitt H. P., *Zeitschr. f. Anat. u. Entwicklungsgeschichte*, 1968, 127, 1. * 27. Scott J. H., *Am. J. Phys. Anthrop.*, 1957, 15, 197. * 28. Szczotka H., *Przegl. Antrop.*, 1959, 25, 399. * 29. Telkkä A., *Acta Inst. Anat. Univ. Helsinkiensis*, 1949, 15. * 30. Temlak E., *Streszcz. na II Zjazd Anat. i Antrop.*, Warszawa, 1951, s. 73. * 31. Torgensen J., *Acta Radiol.*, 1951, 36, 521. * 32. Wolański N., *Przegl. Antrop.*, 1962, 28, 27. * 33. Ziółkiewicz T., *Przegl. Antrop.*, 1938, 12, 331.

ESSAI D'UNE MÉTHODE DE RECHERCHES ET D'INTERPRÉTATION D'ASYMÉTRIE D'HUMERUS

PAR MACIEJ HENNEBERG

L'auteur a fait les recherches sur les 109 paires masculines et 100 paires féminines d'humerus. Entre 19 caractères observés sur l'humerus l'auteur a analysé spécialement les projections des plans de surface frontal total et pris partiellement. Il a tiré 4 indices, 3 duquels concerne des plans projetés. Analyse des mesures et

de plans calculé en cm^2 a permis à l'auteur de se prononcer sur l'asymétrie d'humerus. Auteur propose que la méthode employé par lui est plus précise que l'observation visuelle ou la comparaison de mesure lineal.

AN ATTEMPT TO THE METHOD OF INVESTIGATIONS AND INTERPRETATIONS OF ASYMMETRY IN LONG BONES

BY MACIEJ HENNEBERG

The author has investigated asymmetry of 109 ♂ and 100 ♀ pairs of upper arm bones. Four from 19 taken into account characters, were areas of perpendicular projections of humerus and its parts into frontal plane. Areas of projections of shaft, upper and lower epiphyses and sum of them were measured according to the author's method. Next four characters were indices calculated from above areas: epiphyseo-diaphyseal, upper epiphysis, lower epiphysis and total massiveness index. Other characters were linear measurements, condylo-diaphyseal angle and relief on the muscle attachment surfaces. Comparison of our results with the data of other authors (concerning only with some linear measurements and weight) has shown a similar pattern of asymmetry in each compared character.

Right-sided asymmetry is distinctly pronounced (significant differences between mean values for right, and left side, higher relative asymmetry A_w — see tab. 3; high frequency of right-sided asymmetry see tab. 4.) in: horizontal dimensions of upper epiphysis, breadth and length of shaft and vertical plane of lower epiphysis. This is also true for characters expressing general size of bone: total area of projection, massiveness, maximum and total length. Asymmetry of the shaft is the main factor of whole bone asymmetry, they are strongly correlated ($r \approx 0.85$).

Males have more asymmetric epiphyses, and less asymmetric shaft of humerus, than females. Relative asymmetry is positively correlated with individual variability of characters (greatest asymmetry — greatest variability, $r = 0.60$).

Variability of individual differences, in each case, do not precede individual variability of examined character. There is no strong correlation between degree of asymmetry and morphology of bone (its size, proportions, massiveness, relief of muscle attachment surfaces).

After discussing above results the author has come to following conclusions: The main factors of skeletal asymmetry are — 1. hereditary determined "plasticity" of bones and 2. differences between frequencies, directions and quantities of functional stresses. Second group of factors induces changes in morphology of bones which are magnifying moments of muscle tension. However action of muscles attaching to the bone in question is not the main function responsible for these changes, because there is no distinct asymmetry in relief of muscle attachment surfaces (see tab. 5). Morphology of bone and function of muscle are in part independent, but they act complementary forming full dynamical asymmetry of extremities.