ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA
VOL. XLIX, 10 SECTIO D 1994

Katedra i Zakład Anatomii Prawidłowej Człowieka. Akademia Medyczna w Lublinie
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Stanisław Załuska

Zygmunt URBANOWICZ

Korzenie splotu ramiennego u człowieka

The Brachial Plexus Roots in Man

Splotem ramiennym interesowano się od dawna. Zajmowano się zarówno jego budową, jak i rozwojem u człowieka oraz innych naczelnych (1—11, 14, 15). Opisano typy splotu i ich liczne odmiany, opierając się na dużym materiale badawczym. W dostępnym piśmiennictwie brak jest jednak pozycji poświęconych wewnętrznej strukturze korzeni splotu ramiennego. Celem przedstawianej pracy było więc zbadanie niektórych cech wewnętrznej budowy wszystkich jego korzeni na materiale pochodzącym ze zwłok tych samych osób.

MATERIAŁ I METODY

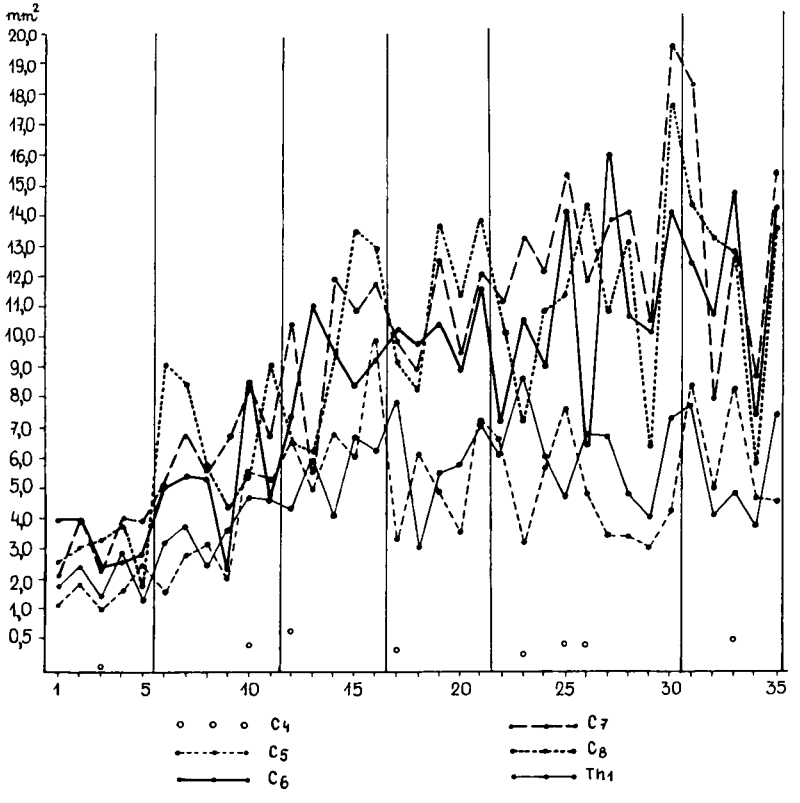
Korzenie splotu ramiennego badano obustronnie na zwłokach 35 osób płci męskiej (♂) i 34 płci żeńskiej (♀) zmarłych w wieku od 11 dnia do 86 lat, u których nie stwierdzono schorzeń układu nerwowego. Wyróżniono 6 grup wieku, podobnie jak w jednej z poprzednich prac (12). Grupa I obejmowała 5 ♂ i 5 ♀, grupa II — 6 ♂ i 5 ♀, grupa III — 5 ♂ i 8 ♀, grupa IV — 5 ♂ i 6 ♀, grupa V — 9 ♂ i 5 ♀, grupa VI — 5 ♂ i 5 ♀. Metodą preparowania uwidaczniano gałęzie przednie nerwów rdzeniowych C_3—Th_3. Po rozpoznaniu korzeni splotu ramiennego z ich początkowych części pobierano wycinki, które utrwalano w formalinie. Dalsze opracowanie wycinków oraz ustalanie grubości korzeni i ich pęczków, liczby pęczków i wielkości wskaźnika powierzchni pęczków opisano w poprzednich pracach (12, 13).

BADANIA WŁASNE

Splot ramienny powstawał z połączenia 5 lub 6 korzeni wywodzących się z gałęzi przednich nerwów rdzeniowych od C_4 do Th_2. Wyróżniono 3 typy splotu. W typie I, obejmującym 36 przypadków (26,1%) [po prawej stronie (p) 21 (30,4%), po lewej (l) 15 (21,7%), u osób płci męskiej 14 (20,0%), płci żeńskiej 22 (32,4%)], splot tworzyły korzenie C_4-Th_1. Typ II, zawierający 101 przypadków (73,2%) [p — 48 (69,6%), l — 53 (76,8%), ♂ — 55 (78,6%), ♀ — 46 (67,6%)], charakteryzowały sploty o korzeniach C_5-Th_1. Typ III reprezentował 1 splot (0,7%) [l — 1 (1,4%), ♂ — 1 (1,4%)], który budowały korzenie C_5-Th_2.

Grubość korzeni

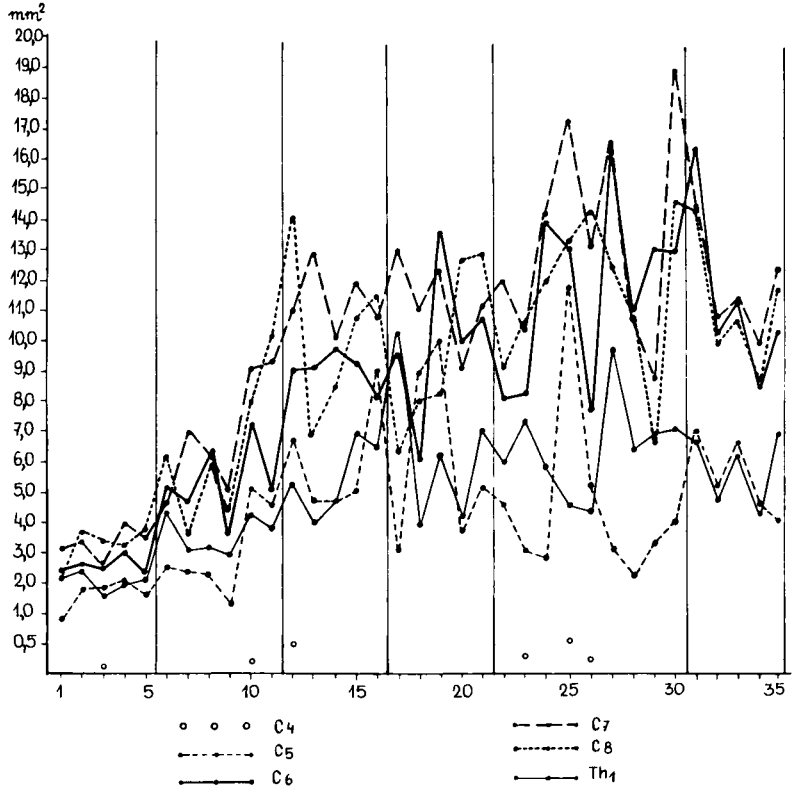
Wielkość powierzchni poprzecznego przekroju korzeni splotu u osób płci męskiej ilustrują ryc. 1 i 2, a u osób płci żeńskiej ryc. 3 i 4. Na osi odciętych uszeregowano przypadki według wieku, a grupy wieku oddzielono pionowymi liniami, na osi rzędnych przedstawiono liczby charakteryzujące grubość korzeni.



Ryc. 1. Grubość korzeni prawego splotu ramiennego u osób płci męskiej
Thickness of roots of the right brachial plexus in males

Z rycin wynika, że stosunek grubości korzeni był niejednakowy u różnych osób. Uwzględnienie grubości korzeni spowodowało wyodrębnienie 26 odmian budowy splotu. Wśród nich 22 zawierały od 1 do 10 przypadków, a tylko 4 skupiały od 13 do 16 przypadków, mianowicie: $(C_4) < Th_1 < C_5 < C_6 < C_8 < C_7$ — 16 (I — 3, II — 13), $(C_4) < Th_1 < C_5 < C_6 < C_7 < C_8$ — 15 (I — 7, II — 8), $C_5 < Th_1 < C_6 < C_8 < C_7$ — 14, $(C_4) < C_5 < Th_1 < C_6 < C_7 < C_8$ — 13 (I — 2, II — 11).

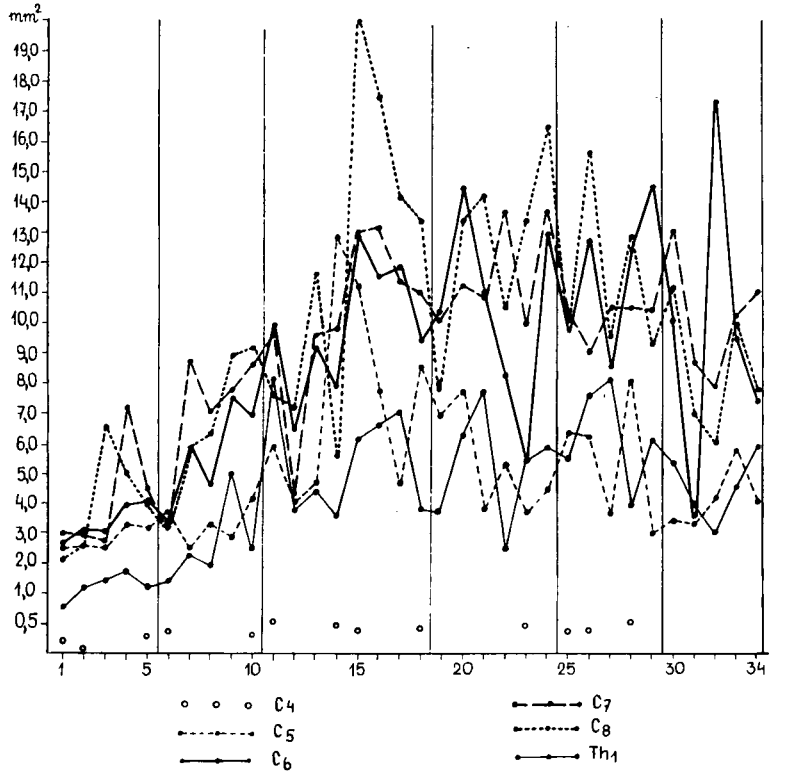
Niestałe korzenie splotu we wszystkich przypadkach miały najmniejszą powierzchnię poprzecznego przekroju: Th_2 1,744 mm², C_4 od 0,050 do



Ryc. 2. Grubość korzeni lewego splotu ramiennego u osób płci męskiej
Thickness of roots of the left brachial plexus in males

0,675 mm². Wśród 5 korzeni stale wchodzących w skład splotu ramiennego wyróżniono: najcieńszy, cienki, średniej grubości, gruby i najgrubszy. Korzeń najcieńszy wywodził się z: Th_1 w 52,2%, C_5 w 47,8%, korzeń cienki z: C_5 w 42,0%, Th_1 w 39,1%, C_8 w 10,2%, C_6 w 8,0%, C_7 w 0,7%, korzeń średniej grubości z: C_6 w 45,7%, C_8 w 23,2%, C_7 w 16,7%, Th_1 w 7,2%, C_5 w 7,2% przypadków. Korzeń gruby pochodził z: C_7 w 39,1%, C_8 w 29,7%, C_6 w 28,3%, C_5 w 1,4%, Th_1 w 1,4% przypadków. Korzeń najgrubszy odchodził od: C_7 w 43,5%, C_8 w 37,0%, C_6 w 18,1%, C_5 w 1,4% przypadków.

Przeciętna grubość korzeni stale wchodzących w skład splotu wynosiła (w mm²): C_5 4,670 (p — 4,805, l — 4,543, ♂ — 4,519, ♀ — 4,825), C_6 8,556 (p — 8,633, l — 8,479, ♂ — 8,624, ♀ — 8,485), C_7 9,496 (p — 9,473, l — 9,518, ♂ — 9,948, ♀ — 9,031), C_8 9,230 (p — 9,428, l — 9,033, ♂ — 9,105, ♀ — 9,359), Th_1 4,637 (p — 4,615, l — 4,659, ♂ — 5,005, ♀ — 4,259). Była ona najniższa w grupie I, najwyższa w grupach: III (C_5), IV (C_8), lub V (C_6, C_7, Th_1).



Ryc. 3. Grubość korzeni prawego splotu ramiennego u osób płci żeńskiej
Thickness of roots of the right brachial plexus in females

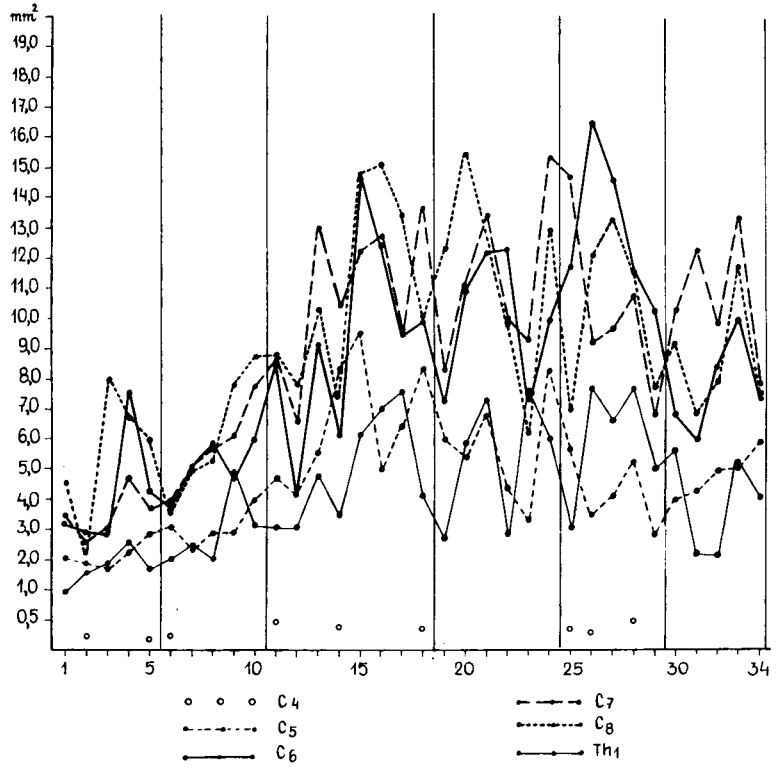
Liczba pęczków

Liczba pęczków korzeni splotu ramiennego wahała się od 1 do 22. Wynosiła ona w C_4 od 1 do 4, a w Th_2 3. W korzeniach stale wchodzących w skład splotu obserwowano od 1 do 5 pęczków w: C_5 w 84,8%, C_6 w 75,4%, C_7 w 25,4%, C_8 w 84,8%, Th_1 w 97,8%, od 6 do 10 pęczków odpowiednio w 14,5, 20,3, 47,8, 14,5 i 2,2%, a ponad 10 pęczków w 0,7, 4,3, 26,8 i 0,7% przypadków.

Przeciętna liczba pęczków wynosiła w: C_5 3,1 (p — 3,2, l — 3,1, ♂ — 3,0, ♀ — 3,2), C_6 4,1 (p — 3,9, l — 4,3, ♂ — 4,0, ♀ — 4,2), C_7 8,0 (p — 8,0, l — 8,1, ♂ — 7,6, ♀ — 8,5), C_8 3,1 (p — 2,7, l — 3,4, ♂ — 3,2, ♀ — 3,0), Th_1 1,8 (p — 1,7, l — 1,9, ♂ — 1,8, ♀ — 1,8).

Wielkość powierzchni poprzecznego przekroju pęczków

Grubość pęczków korzeni wahała się w granicach 0,001—15,871 mm². Wyróżniono 5 grup pęczków, które opisano w poprzedniej pracy (13). Wartości



Ryc. 4. Grubość korzeni lewego splotu ramiennego u osób płci żeńskiej
Thickness of roots of the left brachial plexus in females

dotyczące częstości ich występowania w korzeniach stale wchodzących w skład splotu ramiennego zestawiono w tab. 1.

Średnia wielkość powierzchni poprzecznego przekroju wszystkich pęczków wynosiła (w mm²) w: C_5 3,540 (p — 3,659, l — 3,420, ♂ — 3,414, ♀ — 3,669), C_6 6,220 (p — 6,281, l — 6,159, ♂ — 6,271, ♀ — 6,168), C_7 6,175 (p — 6,177, l — 6,173, ♂ — 6,470, ♀ — 5,872), C_8 7,073 (p — 7,258, l — 6,887, ♂ — 6,902, ♀ — 7,248), Th_1 3,662 (p — 3,695, l — 3,629, ♂ — 3,980, ♀ — 3,334). Była ona najmniejsza w grupie I, a największa w grupach: III (C_5), IV (C_8) lub V (C_6, C_7, Th_1).

Wskaźnik powierzchni pęczków

Wskaźnik powierzchni pęczków wynosił w C_4 51,9—86,5, w Th_2 59,2. Średnia jego wielkość osiągała w: C_5 75,8 (p — 76,1, l — 75,4, ♂ — 75,6, ♀ — 76,0), C_6 72,7 (p — 72,8, l — 72,6, ♂ — 72,7, ♀ — 72,7), C_7 65,0 (p — 65,2, l — 64,9, ♂ — 65,0, ♀ — 65,0), C_8 76,6 (p — 77,0, l — 76,3, ♂ — 75,8, ♀ — 77,4),

Tab. 1. Częstość występowania pęczków o różnej grubości w korzeniach splotu ramiennego
The frequency of occurrence of differently thick fascicles in roots of the brachial plexus

Korzenie splotu	Wielkość powierzchni poprzecznego przekroju pęczków (w mm²)				
	do 0,100	od 0,101 do 0,300	od 0,301 do 0,500	od 0,501 do 1,000	ponad 1,000
C_5	10,2	20,1	13,9	19,0	36,8
C_6	4,1	17,0	18,2	16,5	44,2
C_7	7,3	26,2	20,1	23,3	23,1
C_8	2,8	14,5	11,5	18,5	52,7
Th_1	8,8	17,3	8,8	7,7	57,4

Th_1 79,0 (p — 80,0, l — 77,9, ♂ — 79,5, ♀ — 78,3). Była ona największa w grupie I (C_6, C_7, C_8) bądź w grupie II (C_5, Th_1).

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Splot ramienny człowieka, zdaniem większości autorów (4—9, 11, 15), tworzą stale gałęzie przednie nerwów rdzeniowych C_5-Th_1, a niestale C_4, Th_2 i C_3. Korzeń z C_4, opisywany przez Jachimowicza (5) w 97,2%, Kerra (6) w 62,9%, Hirasawę (4) w 30,0%, obserwowano w przedstawionym materiale w 26,1% przypadków. Korzeń z Th_2, który opisuje Jachimowicz w 59,6%, Hirasawa w 16,5%, a Kerr w ogóle o nim nie wspomina, obserwowano w przedstawionym materiale w 0,7% przypadków. Korzeń z C_3 bardzo rzadko wchodzi w skład splotu ramiennego i tylko Jachimowicz znajdował go w $^1/_3$ przypadków. Udział korzeni z C_4 i C_3 w budowie splotu ramiennego jest uważany za cechę progresywną, charakterystyczną dla wyższych naczelnych, szczególnie człowieka.

Grubością korzeni splotu zajmowano się dotychczas marginesowo. Kerr wykonał pomiary w 27 splotach spośród 175 badanych. Stwierdził dużą zmienność dotyczącą grubości korzeni, toteż wyodrębnił aż 21 odmian. W przedstawionej pracy wyróżniono 26 odmian obejmujących 138 splotów. W materiale Kerra najcieńszy korzeń występujący stale wywodził się częściej z C_5, rzadziej z Th_1, a w przedstawionej pracy — częściej z Th_1, rzadziej z C_5. Najgrubszy korzeń w materiale Kerra pochodził najczęściej z C_7, nieco rzadziej z C_8 i najrzadziej z C_6. Podobne wyniki uzyskano w przeprowadzonych obecnie badaniach.

Wewnętrzną strukturę korzeni splotu cechuje duża osobnicza zmienność i asymetria dotycząca zarówno grubości, jak i liczby i wielkości powierzchni poprzecznego przekroju pęczków (pppp) oraz wskaźnika powierzchni pęczków (pp). Zbliżonych wartości wszystkich rozpatrywanych cech korzeni nie obserwowano nie tylko u ludzi należących do tej samej grupy wieku oraz mających

podobny wzrost i masę ciała, lecz także u tych samych osób po obu stronach ciała. Obustronnie podobne wartości pojedynczych cech stwierdzano stosunkowo rzadko, mianowicie grubość korzeni C_6, C_8 i Th_1 w 4,3%, wielkość pppp C_5 i C_6 w 1,4%, Th_1 w 11,6%, liczbę pęczków C_5 w 30,4%, C_6 i C_8 w 31,9%, C_7 w 7,2%, Th_1 w 47,8%, wskaźnik pp C_5 i C_7 w 5,8%, C_6 w 2,9%, C_8 w 10,1%, Th_1 w 24,6% przypadków. Z badanych cech były większe po prawej niż po lewej stronie: grubość korzenia C_5 w 68,1%, C_6 w 46,4%, C_7 w 52,2%, C_8 w 55,1%, Th_1 w 42,0%, wielkość pppp odpowiednio w 65,2, 56,5, 49,3, 62,3 i 42,0%, liczba pęczków w 36,2, 30,4, 46,4, 23,2 i 23,2%, wskaźnik pp w 56,5, 50,7, 43,5, 47,8 i 29,0% przypadków. Omawiane cechy miały większe wartości po lewej stronie: grubość korzenia C_5 w 31,9%, C_6 w 49,3%, C_7 w 47,8%, C_8 w 40,6% i Th_1 w 53,6%, wielkość pppp odpowiednio w 65,2, 56,5, 49,3, 37,7 i 49,3%, liczba pęczków w 33,3, 37,7, 46,4, 44,9 i 29,0%, wskaźnik pp w 37,7, 46,4, 50,7, 37,7 i 29,0% przypadków.

Średnie wielkości badanych cech były większe po prawej niż po lewej stronie: grubość C_5 o 6,0%, C_6 o 1,8%, C_8 o 4,4%, wielkość pppp C_5 o 7,0%, C_6 o 2,0%, C_8 o 5,4%, Th_1 o 1,8%, liczba pęczków C_5 o 3,2%, wskaźnik pp C_5 i C_8 o 0,9%, Th_1 o 2,7%, natomiast po lewej stronie były większe niż po prawej: liczba pęczków C_6 o 10,3%, C_7 o 1,2%, C_8 o 25,9%, Th_1 o 11,8%. Obustronnie podobne wartości miały: grubość korzenia C_7 i Th_1, wielkość pppp C_7 oraz wskaźnik pp C_6 i C_7.

Najwyższą przeciętną grubość osiągał korzeń C_7; była ona większa od przeciętnej grubości korzenia C_8 o 2,9%, C_6 o 11,0%, C_5 o 103,3% i Th_1 o 104,8%. Najwyższa przeciętna wielkość pppp, dotycząca korzenia C_8, była większa od odpowiedniej wartości korzenia C_6 o 13,7%, C_7 o 14,5%, Th_1 o 93,1% i C_5 o 99,8%. Najwyższa przeciętna liczba pęczków, obserwowana w korzeniu C_7, była większa od omawianej wielkości korzenia C_6 o 95,1%, C_5 i C_8 o 158,1%, Th_1 o 344,4%. Najwyższa przeciętna wielkość wskaźnika pp, zanotowana w korzeniu Th_1, była większa od odpowiedniej wartości korzenia C_8 o 3,1%, C_5 o 4,2%, C_6 o 8,7% i C_7 o 21,5%. Przeciętne wartości rozpatrywanych cech odróżniały od siebie korzenie stale wchodzące w skład splotu. Korzeń C_5 miał małą grubość, małą wielkość pppp i liczbę pęczków oraz średni wskaźnik pp, C_6 — średnią grubość i liczbę pęczków, dużą wielkość pppp i niski wskaźnik pp, C_7 — największą grubość i liczbę pęczków, średnią wielkość pppp i najniższy wskaźnik pp, C_8 — dużą grubość, najwyższą wielkość pppp, małą liczbę pęczków i wysoki wskaźnik pp, Th_1 — najmniejszą grubość, małą wielkość pppp, najmniejszą liczbę pęczków i najwyższy wskaźnik powierzchni pęczków.

Udział pęczków o różnej grubości był niejednakowy w budowie poszczególnych korzeni. Pęczki bardzo cienkie i cienkie występowały najczęściej w C_7 i C_5, rzadziej w Th_1 i C_6, najrzadziej w C_8, pęczki średniej grubości — najczęściej w C_7 i C_6, rzadziej w C_5 i C_8, najrzadziej w Th_1, pęczki grube i bardzo grube — najczęściej w Th_1 i C_8, rzadziej w C_6 i C_5, najrzadziej w C_7. Najbardziej

wyróżniają się budową pęczkową korzenie C_7 i Th_1. C_7 zawiera największy odsetek pęczków o powierzchni poprzecznego przekroju do 0,3 mm², a najmniejszy — ponad 0,3 mm². Pęczki bardzo grube występują w nim podobnie często jak grube, natomiast w pozostałych korzeniach — znacznie częściej. Th_1 ma najmniejszy procent pęczków średniej grubości i grubych, a największy — bardzo grubych.

W życiu pozapłodowym badane cechy ulegały pewnym zmianom, szczególnie do 22 roku. Najbardziej powiększały się: grubość korzeni (C_8 2,9, C_5 3,3, C_7 3,4, C_6 i Th_1 3,5 razy) i wielkość pppp (C_8 2,8, C_7 2,9, C_6 3,2, C_5 3,3, Th_1 3,6 razy). Wskaźnik pp w C_6, C_7 i C_8 zmniejszał się o kilkanaście procent, a w C_5 i Th_1 zwiększał się o kilka procent do 14 roku życia, a następnie ulegał niewielkiemu zmniejszeniu. Liczba pęczków w Th_1 nie wykazywała związków z wiekiem. W C_5 była taka sama w grupach II i III, a większa niż w grupie I, w następnych grupach wartości jej były mniejsze. W C_6 i C_8 osiągała najwyższe wartości w grupie III, w następnych mniejsze. W C_7 liczba pęczków zwiększała się do grupy IV, następnie ulegała zmniejszeniu. W życiu pozapłodowym zmieniał się udział pęczków o różnej grubości w budowie korzeni. U dzieci do 1 roku pęczki o powierzchni poprzecznego przekroju do 0,5 mm² stanowiły znaczny odsetek wszystkich pęczków (w C_5 67,2%, C_6 43,3%, C_7 77,2%, C_8 50,1%, Th_1 54,8%). U dzieci starszych oraz u dorosłych udział ich w tworzeniu korzeni malał, a udział pęczków o powierzchni poprzecznego przekroju powyżej 0,5 mm² zwiększał się do 55,7% w C_7, 67,6% w C_5, 72,0% w C_6, 75,0% w Th_1 i 83,9% w C_8.

PIŚMIENNICTWO

1. Bolk L.: Der Plexus cervico-brachialis der Primaten. Petrus Camper. Nederlandsche bijdragen tot de anatomie **1**, 371, 1901.
2. Chejnman R. I.: Ob istocznikach formirowanija pleczewogo spletienija czełowieka. Wopr. Morf. Pierif. Nierw. Sist., wyp. **3**, 132, 1956.
3. Fenart R.: La morphogenèse du plexus brachial, ses rapports avec la formation du cou et du membre supérieur. Acta Anat. **32**, 322, 1958.
4. Hirasawa K.: *Plexus brachialis* und die Nerven der oberen Extremität. Arbeiten aus 3. Abt. Anat. Instit. Kaiserl. Univ. Kyoto, Serie A, H. 2, Kyoto 1931.
5. Jachimowicz J.: Badania nad zmiennością splotu barkowego. UW, Rozprawy **2**, 7, 1925.
6. Kerr A. T.: The brachial plexus of nerves in man, the variations in its formation and branches. Am. J. Anat. **23**, 285, 1918.
7. Loth E.: Antropologie des parties molles. Fondation Mianowski, Varsovie—Paris 1931.
8. Miller R. A.: Comparative studies upon the morphology and distribution of the brachial plexus. Am. J. Anat. **54**, 143, 1934.
9. Miller R. A., Detwiler S. R.: Comparative studies upon the origin and development of the brachial plexus. Anat. Rec. **65**, 273, 1936.
10. Raven H. C.: The Anatomy of the Gorilla. Columbia Univ. Press, New York 1960.
11. Sunderland S.: The distribution of sympathetic fibres in the brachial plexus in man. Brain **71**, 88, 1948.

12. Urbanowicz Z.: Femoral nerve fascicles in the human postfetal life. Folia Morphol. (Warszawa) **39**, 283, 1980.
13. Urbanowicz Z.: Some features of the internal structure of the root of the brachial plexus from C_5 in postfetal life in man. Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska, Lublin, Sectio D **47**, 55, 1992.
14. Urbanowicz Z., Załuska S.: Origin of the brachial plexus in *Macacus rhesus*. Folia Morphol. (Warszawa) **24**, 24, 1965.
15. Walsh J. F.: The anatomy of the brachial plexus. Am. J. Med. Sc. **74**, 387, 1877.

Otrzymano 1994.04.09.

SUMMARY

The roots of the brachial plexus have been examined bilaterally on the bodies of 69 men. Three types of plexus were distingnished. In type I, covering 26.1% of the cases, the plexus was formed by the roots C_4-Th_1. Type II included 73.2% of plexus examined and it was composed by the roots C_5-Th_1. In type III, represented by 0.7% of the cases, the plexus was made by roots C_5-Th_2. In between the roots regularly taking part in the formation of the brachial plexus the thinnest was Th_1 — in 52.2%, C_5 — in 47.8%, and the thickest was C_7 — in 43.5%, C_8 — in 37.0%, C_6 — in 18.1%, C_5 — in 1.4% of the cases.

The internal structure of the brachial plexus roots was characterized by a great individual variability and asymmetry. The roots differed between one another in thickness, number of fascicles, size of their cross-section area and index of the fascicle's area. The studied features underwent big changes during postnatal life, especially up to the 22nd year of life.