

**COLLEGIUM MEDICUM
UNIwersYTETU JAGIELLOŃSKIEGO
WYDZIAŁ LEKARSKI**

Dorota Drożdż

**ZASTOSOWANIE BIOIMPEDANCJI
ELEKTRYCZNEJ
DO OCENY PRZESTRZENI
PŁYNOWYCH DZIECI
Z CHOROBIAMI NEREK**

Praca doktorska *

**Z Kliniki Nefrologii Dziecięcej i Zakładu Dializ
Katedry Pediatrii Polsko-Amerykańskiego Instytutu Pediatrii
Collegium Medicum UJ
w Krakowie**

Promotor:

Dr hab. med. Krystyna Sancewicz-Pach, Prof. UJ

KRAKÓW 2002

* Praca zrealizowana w ramach grantu promotorskiego KBN nr 4 P05E 013 14

Bibl. Medyczna CM UJ



1816020107

*Serdecznie dziękuję
Pani prof. dr hab. med. Krystynie Sancewicz-Pach
za pomoc, opiekę i cenne rady
podczas realizacji niniejszej pracy*

Spis treści

WYKAZ SKRÓTÓW UŻYWANYCH W PRACY	4
WYKAZ TABEL I RYCIN UMIESZCZONYCH W PRACY	5
1. WSTĘP	12
2. CEL PRACY.....	25
3. MATERIAŁ I METODYKA	27
3.1. GRUPY BADANE	27
3.2. METODY BADAŃ	33
3.3. ANALIZOWANE PARAMETRY	34
3.4. ANALIZA STATYSTYCZNA	38
4. WYNIKI	39
4.1. OCENA STANU NAWODNIENIA I PRZESTRZENI PŁYNOWYCH DZIECI DIALIZOWANYCH RÓŻNYMI METODAMI I PORÓWNANIE Z GRUPĄ KONTROLNĄ.....	39
4.2. PORÓWNANIE OBJĘTOŚCI DYSTRYBUCJI MOCNIKA, WYZNACZONEJ PRZY UŻYCIU RÓŻNYCH METOD U DZIECI HEMODIALIZOWANYCH.....	43
4.3. PRZESTRZEŃ DYSTRYBUCJI MOCNIKA I WYNIKI PARAMETRÓW MODELOWANIA KINETYCZNEGO MOCNIKA U CHORYCH DIALIZOWANYCH CADO.....	44
4.4. ANALIZA ZMIAN MASY CIAŁA, MASY BEZTŁUSZCZOWEJ I TKANKI TŁUSZCZOWEJ U CHORYCH DIALIZOWANYCH CADO.....	45
4.5. WPŁYW PRZEWODNIENIA DZIECI DIALIZOWANYCH NA WYSTĘPOWANIE NADCIŚNIENIA.	49
4.6. STĘŻENIE ALBUMIN I WYNIKI BIOIMPEDANCJI U DZIECI LECZONYCH METODĄ CADO.....	71
4.7. STAN NAWODNIENIA I BADANE PARAMETRY BIOIMPEDANCJI U DZIECI Z ZESPOŁEM NERCZYCOWYM.....	75
4.8. SIATKI PERCENTYLOWE BIOIMPEDANCJI DLA DZIECI ZDROWYCH W ODNIESIENIU DO PŁCI I WIEKU.....	82
4.9. SIATKI PERCENTYLOWE BIOIMPEDANCJI DLA DZIECI ZDROWYCH W ODNIESIENIU DO PŁCI I WZROSTU.....	103
4.10. CIŚNIENIE TĘTNICZE KRWI U DZIECI ZDROWYCH I WYBRANE PARAMETRY BIOIMPEDANCJI....	121
5. OMÓWIENIE WYNIKÓW.....	122
5.1. ZASTOSOWANIE BIOIMPEDANCJI DO OCENY PRZESTRZENI WODNYCH U DZIECI DIALIZOWANYCH.....	122
5.2. PARAMETRY BIOIMPEDANCJI A NADCIŚNIENIE TĘTNICZE U DZIECI DIALIZOWANYCH I ZDROWYCH.....	129
5.3. PRZYDATNOŚĆ BIOIMPEDANCJI DO OCENY STANU ODŻYWIENIA.....	134
5.4. ANALIZA WYNIKÓW BIOIMPEDANCJI U DZIECI Z ZESPOŁEM NERCZYCOWYM.....	139
6. WNIOSKI.....	143
7. PIŚMIENNICTWO	144
8. STRESZCZENIE.....	164

Wykaz skrótów używanych w pracy

BIA	Bioimpedance analysis	
Z	Impedance	
R	Resistance	Opór elektryczny
Xc	Reactance	Opór pojemnościowy
Φ	Phase angle	Kąt fazowy
TBW	Total Body Water	Całkowita woda ustroju
ECW	Extra Cellular Water	Woda pozakomórkowa
ICW	Intra Cellular Water	Woda śródkomórkowa
BCM	Body Cell Mass	Masa komórkowa
ECM	Extra Cellular Mass	Masa ciała pozakomórkowa
FFM	Fat Free Mass	Masa ciała beztłuszczowa
FM	Fat Mass	Tkanka tłuszczowa
SNN	Schyłkowa niewydolność nerek	
HD	Hemodializa	
CADO	Ciągła Ambulatoryjna Dializa Otrzewnowa	
ADO	Automatyczna Dializa Otrzewnowa	
DO	Dializa Otrzewnowa	
ZN	Zespół nerczycowy	
MKM	Modelowanie kinetyczne mocznika	
V	Przestrzeń dystrybucji mocznika	
Kt/V	Fracjonowany klirens objętości dystrybucji	
TKK	Tygodniowy klirens kreatyniny w l/tydz/1,73m ²	
RR	Ciśnienie tętnicze, RRs skurczowe, RR _R rozkurczowe	
DEXA	Dual Energy X-ray Absorptiometry	
TBK	Total Body Potassium	
LVH	Left ventricular hypertrophy	

Wykaz tabel i rycin umieszczonych w pracy

Tabele;	Str.
1. Charakterystyka chorych dializowanych otrzewnowo.	28
2. Ogólna charakterystyka pacjentów hemodializowanych.	30
3. Wiek, płeć, rozpoznanie kliniczne i morfologiczne oraz stan obecny u dzieci z zespołem nerczycowym (Grupa III A).	31
4. Dane dzieci z rzutem zespołu nerczycowego i obrzękami (Grupa III B), oraz po ustąpieniu obrzęków (Grupa III C).	32
5. Parametry bioimpedancji dzieci dializowanych różnymi metodami i grupy kontrolnej.	39
6. Wartość p dla testu t-Studenta porównującego TBW w badanych grupach.	40
7. Wartość p dla testu t-Studenta porównującego wskaźnik ECW/ICW w badanych grupach.	40
8. Wartość p dla testu t-Studenta porównującego wskaźnik CM/BCM w badanych grupach.	41
9. Wartość całkowitej wody ustroju (TBW) przed hemodializą jako procentu masy ciała (% masy ciała) mierzona różnymi metodami.	43
10. Wartość wskaźnika Kt/V w zależności od metody wyliczenia objętości dystrybucji mocznika.	43
11. Ocena zmiany masy ciała oraz wyliczonej metodą BIA różnicy TBW i ECW w trakcie zabiegu hemodializy.	44
12. Przestrzeń dystrybucji mocznika i wyniki parametrów MKM u chorych dializowanych otrzewnowo.	44
13. Wartości badanych parametrów BIA w grupach dzieci wyróżnionych na podstawie wartości skurczowego RR przed hemodializą.	50
14. Wartości badanych parametrów BIA w grupach dzieci wyróżnionych na podstawie wartości rozkurczowego RR przed hemodializą.	50
15. Wartości badanych parametrów BIA w grupach dzieci wyróżnionych na podstawie wartości skurczowego RR po hemodializie.	51
16. Wartości badanych parametrów BIA w grupach dzieci wyróżnionych na podstawie wartości rozkurczowego RR po hemodializie.	51
17. Porównanie wartości badanych parametrów BIA pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.	64
18. Porównanie wartości badanych parametrów BIA pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.	64
19. Korelacja pomiędzy stężeniem albuminy a wynikami bioimpedancji u dzieci leczonych CADO.	71
20. Porównanie wybranych parametrów w badanych grupach dzieci	

z zespołem nerczycowym.	77
21. Wartość R (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	109
22. Wartość Xc (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	109
23. Wartość kąta fazowego (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	109
24. TBW w % masy ciała u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	109
25. ECW w litrach u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	110
26. ICW w litrach u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	110
27. ECM w kg u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	110
28. BCM w kg u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	110
29. FFM w kg u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	111
30. FM w kg u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	111
31. Wartość R (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	111
32. Wartość Xc (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	111
33. Wartość kąta fazowego (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	112
34. TBW w % masy ciała u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	112
35. ECW w litrach u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	112
36. ICW w litrach u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	113
37. ECM w kg u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	113
38. BCM w kg u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	113
39. FFM w kg u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	113
40. FM w kg u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.	113
41. Porównanie wartości badanych parametrów BIA pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.	114
42. Porównanie wartości badanych parametrów BIA pomiędzy	

podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.

115

Ryciny;

1. Elektryczny obwód zastępczy (model) tkanki biologicznej.	14
2. Schemat graficzny impedancji.	15
3. Ułożenie pacjenta w trakcie pomiaru BIA.	33
4. Umieszczenie elektrod na kończynie górnej.	34
5. Umieszczenie elektrod na kończynie dolnej.	34
6. Całkowita woda ustroju jako procent masy ciała w grupach chorych hemodializowanych i dializowanych otrzewnowo.	41
7. Współczynniki ECW/ICW oraz ECM/BCM u chorych hemodializowanych i dializowanych otrzewnowo.	42
8. Wykres zmiany masy ciała i mierzonego oporu elektrycznego w trakcie obserwacji u chłopca G.K.	45
9. Wykres zmiany masy ciała i mierzonego oporu elektrycznego w trakcie obserwacji u dziewczynki N.M.	46
10. Wykres zmiany masy ciała, beztłuszczowej masy ciała i zawartości tkanki tłuszczowej w trakcie obserwacji u chłopca P.P.	47
11. Wykres zmiany masy ciała, beztłuszczowej masy ciała i zawartości tkanki tłuszczowej w trakcie obserwacji u chłopca M.M.	48
12. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci przed HD.	52
13. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci po HD.	53
14. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci przed HD.	54
15. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci po HD.	55
16. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci przed HD.	56
17. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci po HD.	57
18. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci	58

przed HD.	
19. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci po HD.	59
20. Porównanie wartości wskaźnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci przed HD.	60
21. Porównanie wartości wskaźnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci po HD.	61
22. Porównanie wartości wskaźnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci przed HD.	62
23. Porównanie wartości wskaźnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci po HD.	63
24. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.	65
25. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.	66
26. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.	67
27. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.	68
28. Porównanie wartości współczynnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.	69
29. Porównanie wartości współczynnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.	70
30. Korelacja pomiędzy stężeniem albuminy a całkowitą wodą ustroju (wyrażoną w % masy ciała).	71
31. Korelacja pomiędzy stężeniem albuminy a kątem fazowym.	72
32. Korelacja pomiędzy stężeniem albuminy a współczynnikiem ECW/ICW.	73
33. Korelacja pomiędzy stężeniem albuminy a współczynnikiem ECM/BCM.	74
34. Stężenie białka całkowitego, albuminy i białkomocz w badanych grupach z zespołem nerczycowym.	75
35. Średnie wartości całkowitej wody ustroju wyrażonej jako procent masy ciała.	76
36. Średnie wartości współczynników ECM/BCM i ECW/ICW w badanych grupach.	76
37. Korelacja pomiędzy zawartością TBW w % masy ciała a stężeniem albuminy u dzieci z ZN i obrzękami.	78
38. Korelacja pomiędzy wskaźnikiem ECW/ICW a stężeniem albuminy u dzieci z ZN i obrzękami.	79

39. Korelacja pomiędzy wskaźnikiem ECM/BCM a stężeniem albuminy u dzieci z ZN i obrzękami.	80
40. Wybrane parametry (masa ciała-M.C., rezystancja 50Hz- R50 i reaktancja 50Hz- Xc50) u pacjentki M.M. podczas leczenia rzutu zespołu nerczycowego.	80
41. Wybrane parametry (masa ciała-M.C., kąt fazowy) u pacjentki M.M. podczas leczenia rzutu zespołu nerczycowego.	81
42. Siatki percentylowe kąta fazowego u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	83
43. Siatki percentylowe kąta fazowego u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.	83
44. Siatki percentylowe BCM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	84
45. Siatki percentylowe BCM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.	84
46. Siatki percentylowe ECM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	85
47. Siatki percentylowe ECM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.	85
48. Siatki percentylowe ECW u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	86
49. Siatki percentylowe ECW u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.	86
50. Siatki percentylowe FFM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	87
51. Siatki percentylowe FFM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.	87
52. Siatki percentylowe ICW u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	88
53. Siatki percentylowe ICW u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.	88
54. Siatki percentylowe zawartości tkanki tłuszczowej u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	89
55. Siatki percentylowe zawartości tkanki tłuszczowej u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.	89
56. Siatki percentylowe reaktancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	90
57. Siatki percentylowe reaktancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.	90
58. Siatki percentylowe TBW (% m.c.) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	91
59. Siatki percentylowe TBW (% m.c.) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.	91
60. Siatki percentylowe TBW (w litrach) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	92

61. Siatki percentylowe TBW (w litrach) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.	92
62. Siatki percentylowe masy tkanki tłuszczowej (kg) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	93
63. Siatki percentylowe masy tkanki tłuszczowej (kg) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.	93
64. Siatki percentylowe rezystancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	94
65. Siatki percentylowe rezystancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	94
66. Siatki percentylowe zawartości komórek zdrowych u dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	95
67. Siatki percentylowe zawartości komórek zdrowych u dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.	95
68. Siatki percentylowe kąta fazowego u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	97
69. Siatki percentylowe kąta fazowego u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	97
70. Siatki percentylowe BCM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	98
71. Siatki percentylowe BCM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	98
72. Siatki percentylowe ECM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	99
73. Siatki percentylowe ECM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	99
74. Siatki percentylowe ECW u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	100
75. Siatki percentylowe ECW u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	100
76. Siatki percentylowe FFM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	101
77. Siatki percentylowe FFM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	101
78. Siatki percentylowe ICW u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	102
79. Siatki percentylowe ICW u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	102
80. Siatki percentylowe masy tkanki tłuszczowej (kg) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	103
81. Siatki percentylowe masy tkanki tłuszczowej (kg) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	103
82. Siatki percentylowe reaktancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	104
83. Siatki percentylowe reaktancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych	

dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	104
84. Siatki percentylowe TBW (% m.c.) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	105
85. Siatki percentylowe TBW (% m.c.) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	105
86. Siatki percentylowe TBW (w litrach) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	106
87. Siatki percentylowe TBW (w litrach) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	106
88. Siatki percentylowe rezystancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	107
89. Siatki percentylowe rezystancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	107
90. Siatki percentylowe zawartości komórek u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.	108
91. Siatki percentylowe zawartości komórek u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.	108
92. Porównanie zawartości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.	116
93. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.	117
94. Porównanie zawartości tkanki tłuszczowej w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.	118
95. Porównanie zawartości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.	119
96. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.	120
97. Porównanie zawartości tkanki tłuszczowej w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.	121

1. Wstęp

Ocena przestrzeni płynowych ciała stanowi jeden z ważnych kryteriów w monitorowaniu leczenia dzieci z chorobami nerek. Na podstawie zmian składu ciała można ocenić skuteczność leczenia dietetycznego, jakość terapii nerkozastępczej jak również zawartość wody w ustroju, która jest podstawą do wyznaczenia tzw. „suchej masy ciała”, zmieniającej się w trakcie leczenia dializą.

U dzieci dializowanych ocena masy mięśniowej, tkanki tłuszczowej i zawartości wody jest utrudniona przez czasami bardzo znaczne wahania stanu nawodnienia, zależne od podaży płynów, intensywności dializy i współistniejącego klirensu resztkowego. Do oceny składu ciała używane są modele dzielące organizm na różne przedziały.

Model 1-przedziałowy = masa ciała, 2-przedziałowy = tkanka tłuszczowa / masa ciała beztłuszczowa, 3-przedziałowy = tkanka tłuszczowa / woda / składniki stałe (białko, minerały), 4-przedziałowy = tkanka tłuszczowa / woda wewnątrzkomórkowa / woda zewnątrzkomórkowa / składniki stałe. Do oceny poszczególnych przedziałów można użyć różnych metod. W modelu 1-przedziałowym ocena stanu odżywienia na podstawie zmiany masy ciała może powodować duże błędy. Jeżeli różnica masy ciała w ciągu doby przekracza 0,5 kg może to świadczyć o utracie lub nagromadzeniu płynu (65, 108). W najprostszym przypadku skład ciała nie jest zróżnicowany ale wyraża się jedynie stosunkiem masy ciała do wysokości, co opisuje wzór wskaźnika BMI (Body Mass Index).

$$\text{BMI} = \text{masa ciała (kg)} / \text{wysokość}^2 (\text{m}^2).$$

Zaletą BMI są proste obliczenia, z łatwo dostępnych danych. Parametr ten nie informuje jednak o składzie ciała. Pacjent z wysokim BMI może mieć dużo tkanki tłuszczowej lub mięśniowej. W przypadku dzieci dializowanych może być bardzo przewodniony. Wskaźnik BMI jest również zależny od wieku i płci. Dla oceny

tego parametru konieczne byłoby porównanie wartości BMI z siatkami centylowymi dla danego wieku i płci (165). Przy użyciu dwóch łatwo mierzalnych parametrów masy ciała i wzrostu, można wyliczyć całkowitą wodę ustroju (Total Body Water, TBW) stosując wzory matematyczne Cheeka (19) (np. dla chłopców poniżej 137,2 cm wzrostu $TBW = 0,397 \times \text{masa ciała} + 0,067 \times \text{wzrost} - 2,778$). Równania te zostały wyliczone na podstawie badań populacyjnych określonej grupy zdrowych dzieci i nie mogą być stosowane u niskorosłych pacjentów z niewydolnością nerek i u dzieci z zespołem nerczycowym. Na podstawie pomiarów grubości fałdów skórnych możliwe jest oszacowanie zawartości tkanki tłuszczowej i mięśniowej. Odpowiednie wzory do obliczeń i normy zostały ustalone dla zdrowych dzieci, przy założeniu stałego stanu nawodnienia (142, 159). Duże wahania TBW u dzieci dializowanych mogą powodować duże odchylenia od norm ustalonych dla zdrowych dzieci, przy braku różnicy w zawartości tkanki tłuszczowej i mięśniowej. Istotne znaczenie ma również fakt, że skład ciała zależy od wielu czynników, takich jak wiek, płeć, czy rasa (59, 61, 205).

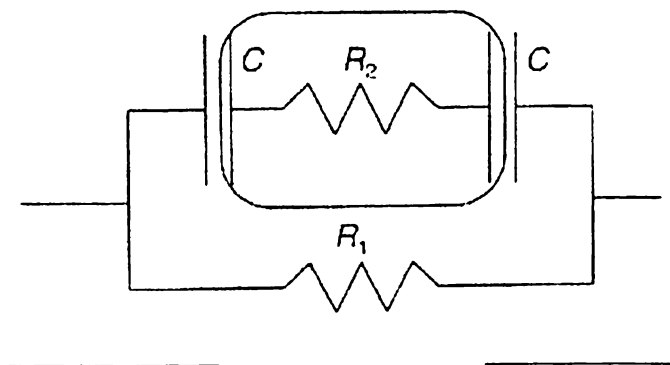
W ostatnim czasie zyskuje na znaczeniu metoda analizy bioimpedancji (bioimpedance analysis - BIA), zarówno do oceny całkowitej wody ustroju (30, 31, 88), jak i zawartości tkanki tłuszczowej i mięśniowej (121). BIA opiera się na pomiarze impedancji, czyli oporu biologicznego przewodnika wobec prądu zmiennego. Badania nad oporem tkanek dla prądu, początkowo stałego, a następnie zmiennego były prowadzone od początku wieku. Dopiero jednak odkrycie różnic w oporności tkanek w zależności od częstotliwości prądu zmiennego pozwoliło na opracowanie wzorów umożliwiających wyznaczenie przestrzeni wodnych ustroju. Metoda oparta na fundamentalnym dla elektryczności prawie Ohma umożliwia pomiar oporu elektrycznego (R) i oporu pojemnościowego (Xc) badanych tkanek. Opór elektryczny zależy w większym stopniu od stężenia elektrolitów (a więc i zawartości wody), natomiast opór pojemnościowy od tworzących się na błonach komórkowych różnic potencjałów. Opory te zmieniają się w zależności od częstotliwości zastosowanego prądu. Przy

odpowiednim doborze tych częstotliwości możliwe jest wyliczenie objętości przestrzeni wodnej śród (ICW) i pozakomórkowej (ECW) (41).

Już w 1786 roku włoski fizyk Galvani badał wpływ prądu elektrycznego na żywe tkanki. Prawdziwy rozwój bioimpedancji rozpoczął się jednak 175 lat później, kiedy to francuski lekarz Thomasset (189) wykazał związek między oporem ciała wobec prądu zmiennego, a zawartością płynów. W kolejnych latach wyniki BIA porównywano z różnymi metodami oceny składu ciała jak antropometria (11, 39, 72, 75, 163), densytometria (4, 5, 39, 40, 42, 68, 71, 72, 101, 130, 172), absorpcjometria 2-fotonowa całego ciała (10, 62, 68, 75, 85, 106, 118), metody rozcieńczeniowe (11, 23, 31, 36, 41, 71, 77, 78, 106, 112, 123, 125, 131, 171, 193, 203), czy ocena całkowitej zawartości potasu (32, 106, 131, 163). Skuteczność BIA do oceny składu ciała i stanu odżywienia została potwierdzona przez wszystkich autorów. Większość metod referencyjnych jest czasochłonna i kosztowna, wymaga odpowiedniego wyposażenia (59, 129, 211) i współpracy ze strony pacjenta oraz standaryzacji jeżeli stosuje się ją u pacjentów pediatrycznych (152). Metoda rozcieńczeniowa wiąże się z podaniem radioizotopu, co wyklucza powtarzanie badań u danego pacjenta.

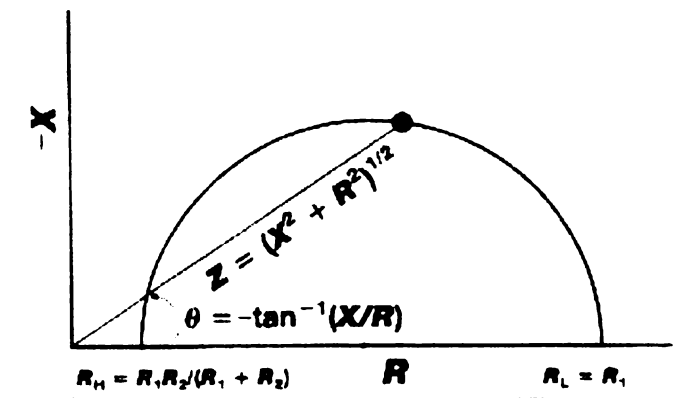
Jak już wspomniano, podstawą pomiaru bioimpedancji jest elementarne prawo Ohma: napięcie (V) przyłożone do dwóch punktów daje przepływ prądu (I) zależny od oporu (R) :

$$R = V/I \text{ (ohm)}.$$



Ryc.1. Elektryczny obwód zastępczy (model) tkanki biologicznej (wg. 69).

Tkanki można traktować jako strukturę złożoną z warstw różnych elektrolitów przedzielonych błonami komórkowymi (69). Modelem określającym właściwości elektryczne tkanki jest równoległe połączenie opornika o oporze R i kondensatora o pojemności C . Po przyłożeniu prądu stałego mierzony opór zależy od oporników, przy przyłożeniu prądu zmiennego całkowity opór będzie zależny od częstotliwości. Przy bardzo niskiej częstotliwości prądu kondensator jest bardzo efektywny i opór całkowity będzie zależny od opornika R_1 (przestrzeń pozakomórkowa). Natomiast przy bardzo dużych częstotliwościach prądu kondensator jest nieefektywny i opór całkowity będzie zależał od R_1 i R_2 (przestrzeń wewnątrzkomórkowa). Opór ten mierzony przy różnych częstotliwościach przyłożonego napięcia jest definiowany jako impedancja.



Ryc.2. Schemat graficzny impedancji (wg. 69).

$$Z^2 = R^2 + X_c^2$$

Impedancja jest składową dwóch wektorów – rezystancji (R) czyli oporu elektrycznego tkanek i reaktancji czyli oporu pojemnościowego błon komórkowych, powięzi i tkanek niejonowych (25).

Przy bardzo niskich częstotliwościach reaktancja wynosi 0, a mierzona impedancja odpowiada oporowi elektrycznemu R . Przy wzrastającej częstotliwości X_c rośnie do maximum specyficznego dla danego przewodnika biologicznego. Poza tą krytyczną częstotliwością (f_c) reaktancja maleje z dalszym wzrostem częstotliwości. Przy bardzo dużych częstotliwościach mierzona

impedancja jest znów czystym oporem (128). R mierzona dla $f_c = 50$ kHz odpowiada oporowi tkanki mięśniowej (7).

W metodzie BIA do dwóch elektrod przyklejonych na kończynie górnej i dolnej przyłożony jest słaby prąd zmienny a 2 następne elektrody mierzą spadek napięcia. Opór ciała dla prądu zmiennego zależy jest od długości przewodnika odpowiadającej wysokości ciała i zawartości przewodzących (zawierających elektrolity) płynów. Zarówno tkanka mięśniowa jak i płyn zewnątrzkomórkowy zawierają elektrolity przewodzące prąd, natomiast tkanka tłuszczowa jest izolatorem. Obecność kondensatora w obwodzie prądu powoduje przesunięcie fazowe między maximum natężenia a maximum napięcia prądu i to przesunięcie, wyrażone w stopniach, określane jest jako kąt fazowy (Φ). Roztwór wodny elektrolitów ma $\Phi = 0$, a błony komórkowe 90 stopni. Kąt fazowy jako parametr mierzony bezpośrednio pozwala określić stan komórek organizmu i integralność błon komórkowych. Nowoczesne aparaty do pomiaru BIA umożliwiają pomiar kąta fazowego (140).

$$\Phi = \text{tg}^{-1}(X_c/R)$$

Aby zwiększyć dokładność i powtarzalność pomiarów BIA należy wziąć pod uwagę wiele czynników. Na uzyskany wynik ma bowiem wpływ dokładność pomiaru masy ciała i wzrostu, położenie ciała i pozycja elektrod, stężenie elektrolitów w organizmie, czas od ostatniego posiłku, stan nawodnienia, wysiłek fizyczny oraz temperatura skóry i pomieszczenia, w którym wykonywane jest badanie (110). TBW i FFM (Fat Free Mass) są wyliczane z równania: $V = aH^2/R + bW + c$, gdzie V oznacza objętość wody, H wysokość ciała, R rezystancję, a W masę ciała. Błąd w pomiarze wysokości rzędu 2,5 cm powoduje błąd w wyliczeniu TBW o około 1,0 litr. Podobnie różnica 1 kg w zmierzonej masie ciała prowadzi do błędnego wyznaczenia TBW o ok. 0,2 l i co bardziej znaczące o 0,7 kg w wyliczonej zawartości tkanki tłuszczowej. Dlatego, aby zwiększyć precyzję wyliczeń, pomiar wzrostu musi być wykonany z dokładnością do 0,5 cm, a pomiar masy ciała do 0,1 kg. Zmiany pozycji ciała poprzez przesunięcia płynów między przestrzenią wewnątrz i zewnątrzkomórkową również wpływają na wyniki

pomiarów BIA (166). Kiedy pacjent znajduje się w pozycji siedzącej lub stojącej siły grawitacji powodują gromadzenie wody pozakomórkowej w naczyniach pojemnościowych i tkance śródmiąższowej. Po zmianie pozycji na leżącą płyn zostaje absorbowany do naczyń i przesunięty do puli centralnej. Kushner i wsp. (110) wykazali, iż dochodzi wtedy do bardzo szybkiego wzrostu impedancji o ok. 3%, a w ciągu kolejnych 10 minut o następne 2%. Większość dostępnych z literatury wzorów do wyliczania przestrzeni wodnych została wyznaczona u osób pozostających w pozycji leżącej przez 5 minut. Zastosowanie tych wzorów u pacjentów hospitalizowanych, w ciężkim stanie może prowadzić do błędu około 1,0-1,5 l w wyznaczaniu TBW i jeszcze większego w przypadku ECW (Extra Cellular Water), gdyż ten przedział wodny jest bardziej zależny od działania sił grawitacyjnych. Aby całkowicie uniknąć wpływu posiłku na pomiar BIA należy go wykonać na czczo lub po 8 godzinach od ostatniego posiłku. W przypadku dzieci, wykonywanie badań na czczo nie wydaje się warunkiem koniecznym, ponieważ zmiany Z (Impedance) w ciągu 2-4 godzin po posiłku są mniejsze niż 3%. Wysiłek fizyczny może wpływać na BIA poprzez kilka mechanizmów np. zwiększoną perfuzję tkanki mięśniowej i skóry, podwyższoną temperaturę skóry, powodującą spadek oporu elektrycznego (R). Utrata płynów z potem może powodować wzrost R. Aby zmniejszyć błąd pomiaru, BIA nie powinna być wykonywana w okresie kilku godzin po ciężkim lub średnim wysiłku fizycznym. W badaniach Kushnera i wsp. (110) podwyższenie temperatury skóry z 29,3 °C do 36,8 °C powodowało spadek Z o 8%, a obniżenie temp. do 26,9 °C było związane ze wzrostem Z o 4%, przy $f = 5$ kHz. Ze względu na pole przekroju (wartość Z jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu pola przekroju przewodnika) kończyny górne i dolne odpowiadają za 90% mierzonej impedancji, natomiast tułów jedynie za pozostałe 10% (7, 46). W technice segmentalnej BIA możliwa jest ocena poszczególnych przedziałów ciała osobno dla kończyn i tułowia przez odpowiednie umiejscowienie elektrod (24, 212). Obecność przetoki tętniczo-żylną wpływa na wyniki pomiarów BIA u pacjentów hemodializowanych (46).

Wyznaczenie przestrzeni płynowych (masa beztłuszczowa, przestrzeń śród i pozakomórkowa) ma również niebagatelne znaczenie w określaniu stanu odżywienia chorych hemodializowanych i dializowanych otrzewnowo. Niedożywienie chorych dializowanych stanowi bardzo duży problem diagnostyczno-leczniczy oraz jest istotnym, niezależnym czynnikiem ryzyka zgonu w tej grupie chorych (56). Etiologia i patogeniza niedożywienia jest wieloczynnikowa i obejmuje zarówno następstwa diety redukcyjnej w okresie przeddializacyjnym, wpływ toksemii mocznicowej na apetyt i metabolizm, konieczność redukcji potasu i fosforanów w diecie, zaburzony metabolizm białek i aminokwasów. U dializowanych pacjentów wpływ metod leczenia nerkozastępczego jest niekwestionowany (180). W obydwóch metodach leczenia dializacyjnego jednym z głównych czynników nasilającym niedożywienie jest nieadekwatna dializa. W przypadku hemodializ istotne znaczenie odgrywa również przewlekły stres metaboliczny i będący jego następstwem hiperkatabolizm, którego przyczyną jest stosowanie nie w pełni biozgodnych błon dializacyjnych. W dializie otrzewnowej istotną rolę odgrywa utrata białka i aminokwasów do płynu dializacyjnego, wypełnienie jamy otrzewnej płynem dializacyjnym (uczucie pełności) oraz absorpcja glukozy z płynu dializacyjnego, co może hamować łaknienie prowadząc do niedożywienia białkowego, przy jednoczesnej prawidłowej lub wysokiej podaży kalorii (15, 180).

BIA jest metodą prostą i nieinwazyjną. Nie wymaga współpracy ze strony pacjenta, urządzenie pomiarowe jest przenośne (32). Może więc być stosowana we wszystkich grupach wiekowych (123), w warunkach klinicznych, ambulatoryjnie oraz w bardzo dużych badaniach populacyjnych (60, 83, 91, 107, 161). W ostatniej dekadzie ukazało się szereg prac oceniających zastosowanie BIA do oceny składu ciała u osób zdrowych i w grupach pacjentów z różnymi schorzeniami (43, 57, 84, 87, 103, 104, 118, 146, 170, 182, 210).

Kushner i wsp. (113) wykonywali pomiary impedancji w 3 różnych grupach wiekowych: u noworodków z niską masą ciała, u dzieci w wieku przedszkolnym i w grupie dzieci przed okresem dojrzewania. Nowak i wsp. (137)

przeprowadzili badania u 16-ga dzieci po zabiegach kardiochirurgicznych, które wykazały, że pomiary BIA w badaniach długoczasowych są miarodajne w śledzeniu zmian zawartości przestrzeni płynowych. Boot i wsp. (10) wykazali bardzo dobrą korelację wyników uzyskanych przy pomocy BIA i absorpcjometrii w ocenie składu ciała w grupie 403 dzieci zdrowych. Wabitsch i wsp. (193) badali grupę 146 dzieci otyłych w wieku od 5 do 17 lat przed i po utracie wagi o ok. 7 kg i wykazali dobrą korelację w ocenie TBW metodą BIA oraz metodą rozcieńczeniową z użyciem tlenu deuteru (D_2O). W grupie dzieci dializowanych Wuehl i wsp. (203) wyznaczyli wzór do wyliczania TBW z pomiaru BIA stosując metodę rozcieńczeniową D_2O jako metodę referencyjną do oceny zawartości wody w organizmie. Podobne badanie przeprowadzili Bradbury i wsp. (11) u dzieci z przewlekłą niewydolnością nerek, które potwierdziło przydatność bioimpedancji do oceny zmian masy ciała i nadciśnienia. Należy podkreślić, iż zawartość całkowitej wody ustroju w tej grupie mierzona metodą dylucyjną wynosiła od 53 do 80% masy ciała przy braku klinicznych objawów przewodnienia. Wartości TBW wyliczone z pomiarów antropometrycznych były zaniżone.

Chumlea i wsp. (26) oraz Di Iorio i wsp. (47) wykonali pomiary BIA w dużych grupach zdrowych dorosłych ($N=566$, $N=2696$) i stwierdzili, że zawartość TBW nie zmienia się do 60 r.ż. i jest znamienne wyższa u mężczyzn w porównaniu z kobietami (40-44 vs 30-33 l). U osób starszych TBW stopniowo spada, co związane jest z ubytkiem masy mięśniowej. Di Iorio i wsp. (47) opublikowali siatki centylowe R, X_c , TBW i BCM dla zdrowych dorosłych populacji europejskiej. Segal i wsp. (172) oceniali zastosowanie BIA do wyznaczania FFM u zdrowych dorosłych używając densytometrii jako metody referencyjnej. Aby zwiększyć dokładność wyliczonej FFM proponowali zastosowanie oddzielnych wzorów dla osób z nadmiarem tkanki tłuszczowej ($FM > 20\%$ u mężczyzn i $FM > 30\%$ u kobiet). Badania przeprowadzano w 4 ośrodkach, co nie wpłynęło na powtarzalność wyników bioimpedancji. Deurenberg (37) opisał czynniki, które mogą wpływać na ocenę składu ciała przy

użyciu BIA u osób bardzo otyłych i podkreślił, że wzory wyznaczone dla osób z prawidłową masą ciała będą zaniżać wyliczoną zawartość tkanki tłuszczowej (58). Bardzo dynamiczny rozwój BIA w ostatnich latach pozwolił na wyznaczenie nowych metod oceny składu ciała niezależnie od zawartości tkanki tłuszczowej. Kyle i wsp. (115) podali nowe wzory z zastosowaniem mierzonej reaktancji, a Piccoli i wsp (150) opracowali metodę graficzną, która umożliwiła interpretację zmian masy ciała u bardzo otyłej pacjentki hemodializowanej (73). Przy pomocy wieloczęstotliwościowej BIA było możliwe wczesne wykrycie obrzęku limfatycznego kończyny górnej u kobiet operowanych z powodu raka piersi nawet do 10 m-cy przed pojawieniem się objawów klinicznych (33). Donadio i wsp. (49) zaproponowali nową metodę oceny funkcji nerek, która opiera się na wyliczeniu klirensu kreatyniny z masy komórek (BCM) wyznaczonej metodą BIA, bez konieczności wykonywania zbiórki moczu.

Początkowo zalecano BIA do oceny składu ciała jedynie u zdrowych osób, bez wahań stanu nawodnienia (29, 35, 90). W ostatnich latach BIA została zastosowana przez wielu badaczy do oceny składu ciała u pacjentów dializowanych (8, 12, 20, 22, 23, 45, 48, 50, 51, 52, 73, 89, 95, 109, 111, 114, 127, 138, 148, 168, 176, 178, 181, 184, 187, 203, 208, 209). Ze względu na liczebność populacji dializowanych osób dorosłych możliwe było przebadanie dużych, kilkutysięcznych grup pacjentów i ustalenie norm parametrów BIA. Chertow i wsp. (21) opublikowali siatki centylowe parametrów mierzonych, oraz wyliczanych przy pomocy BIA jednoczęstotliwościowej u chorych hemodializowanych dla populacji amerykańskiej, natomiast Piccoli i wsp. (148) dla populacji włoskiej.

U 30 stabilnych pacjentów dializowanych otrzewnowo Stall i wsp. (181) zastosowali 5 metod oceny składu ciała (BIA, DEXA, TBK, 2 metody antropometryczne). W tej grupie zawartość FM oceniana przy użyciu BIA korelowała znamienne z wartościami uzyskanymi metodą DEXA. FM i FFM mogą być mierzone przy użyciu jednej z tych metod, ale wyniki nie są porównywalne pomiędzy metodami. Do monitorowania zmian w czasie u danego

pacjenta należy stosować jedną metodę. Seryjne pomiary BIA u ciężarnej kobiety wymagającej leczenia dializą pozwoliły na dokładne i wczesne wykrycie retencji wody pomimo braku zmiany masy ciała (186). Yamaguchi i wsp. (204) zaproponowali użycie wskaźnika ECW/ICW do oceny zaburzonego metabolizmu wody u pacjentów po zabiegach kardiochirurgicznych. U pacjentów przewlekle przewodnionych (np. z wodobrzuszem) niezwykle ważna jest ocena suchej masy ciała, aby obliczyć prawidłowo zapotrzebowanie kaloryczno-białkowe oraz dawkę leków. Wg Pirlicha i wsp. (153), pomimo pewnych ograniczeń, BIA jest wiarygodną metodą przyłózkową do oceny BCM u pacjentów z marskością wątroby bez/ lub z wodobrzuszem.

Dużym problemem dla prowadzących leczenie w oddziałach dializ jest adekwatność terapii nerkozastępczej. W przeciwieństwie do nerki, układ pacjent - dializator - maszyna dializacyjna nie posiada zdolności autoregulacyjnych, natomiast układ pacjent - otrzewna - płyn dializacyjny w ograniczonym zakresie. W związku z tym na lekarzu prowadzącym leczenie nerkozastępcze spoczywa obowiązek dobrania dawki dializy zgodnej z metabolicznymi potrzebami dializowanego chorego.

W ubiegłych dekadach podejmowane były różne próby ustalenia obiektywnych wskaźników adekwatności leczenia nerkozastępczego, umożliwiających przepisanie potrzebnej dawki hemodializy. Jednak zarówno "nephroid clearance" Ginna i Teshana jak i "dialysis index" Babba i Scribnera nie znalazły praktycznego zastosowania. Dopiero modelowanie kinetyczne mocznika (MKM) opracowane przez Sargenta i Gotcha (76, 162) potwierdziło swą kliniczną przydatność. Modelowanie kinetyczne dializy wykorzystuje mocznik jako toksynę modelową. Jest to uzasadnione faktem, że cząsteczki mocznika przejmują 95% azotu pochodzącego z katabolizowanego białka. Stężenia mocznika w surowicy krwi zmieniają się istotnie podczas hemodializy i korelują z nasileniem objawów mocznicy i stężeniami innych substancji gromadzących się w organizmie chorego z niewydolnością nerek jak fosforany, potas i jon wodorowy. Oznaczenie stężenia mocznika jest łatwe technicznie i tanie, a ze względu na łatwość przechodzenia

przez błony komórkowe umożliwia przyjęcie uproszczonego założenia, że całkowita woda ustroju jest przestrzenią jego dystrybucji. Kinetyka zmian stężeń mocznika i założenie, że TBW jest objętością dystrybucji są podstawą modelu jednoprzedziałowego.

Modelowanie kinetyczne mocznika pozostaje w modelu 1-przedziałowym, przy wszystkich swych zaletach, metodą przybliżoną. Konieczność rozwiązywania układów równań nieliniowych powoduje, że każda niedokładność w oznaczeniu stężeń mocznika, czasu dializy bądź klirensu dializatora może spowodować błędy w wynikach. W związku z tym metoda ulega ciągłemu rozwojowi, polegającemu między innymi na poprawieniu dokładności wyliczeń np. poprzez ilościową ocenę eliminacji mocznika (Direct Dialysis Quantification, DDQ), bądź tworzeniu modeli wieloprzedziałowych, co ma szczególne znaczenie w przypadku dializ z wysoką ultrafiltracją (high-flux). Podobna sytuacja występuje u chorych leczonych dializami otrzewnowymi (w tym CADO). W przypadku dializy otrzewnowej modelowanie kinetyczne ma jednak większe znaczenie w kontroli poprawności leczenia niż w ustalaniu reżimu dializy.

Najbardziej istotnym parametrem wyjściowym obliczeń w modelowaniu kinetycznym mocznika jest objętość dystrybucji, która w modelu jednoprzedziałowym równa jest całkowitej wodzie ustroju (V). V można wyliczyć metodami matematycznymi (rozwiązując układy równań MKM), zastosować wzory antropometryczne (np. wzory Watson'a, Hume'a), przyjąć wartość średnią dla populacji bądź też wykorzystać bezpośrednie lub pośrednie metody oznaczania zawartości wody w tkankach (213). Metody bezpośrednie, które są najdokładniejsze i oparte na rozcieńczaniu podanej dożylnie substancji testowej (ciężka woda, promieniotwórcze izotopy potasu) są drogie i wymagają skomplikowanego i kosztownego sprzętu (gamma kamera). W związku z tym ich przydatność w oddziale dializ, gdzie badania kinetyczne wykonuje się w odstępach miesięcznych jest znikoma.

Wśród metod pośrednich największe zastosowanie znalazło oznaczanie gęstości tkanek dla promieniowania Roentgena (densytometria metodą DEXA) i bioimpedancja elektryczna (BIA).

U pacjentów dializowanych, do czynników ryzyka związanych ze zwiększoną zawartością wody w ustroju zalicza się między innymi nadciśnienie tętnicze. Nadciśnienie tętnicze występuje u dzieci znacznie rzadziej niż u dorosłych. Jego częstość ocenia się na ok. 1-2% populacji w wieku 0 - 18 lat. Wartości ciśnienia tętniczego są znacznie niższe u dzieci niż u dorosłych i wzrastają stopniowo z wiekiem dziecka. Przyrost ciśnienia skurczowego wynosi około 1-2 mm Hg rocznie i odbywa się w sposób liniowy, natomiast wartości ciśnienia rozkurczowego wzrastają wolniej. Ciśnienie tętnicze u dzieci i młodzieży koreluje lepiej ze wzrostem niż z masą ciała. Na podstawie badań epidemiologicznych opracowano siatki centylowe do interpretacji skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego w zależności od płci, wieku i wzrostu. Za prawidłowe uznaje się wartości ciśnienia skurczowego i rozkurczowego poniżej 90 percentyla. Nadciśnienie tętnicze u dzieci rozpoznaje się gdy wartości te przekraczają 95 percentyl dla wzrostu w zależności od płci i powtarzają się w przynajmniej trzech niezależnych pomiarach. Ciężkie nadciśnienie tętnicze rozpoznaje się gdy pomiary przekraczają o ponad 30 mmHg wartości dla 95 percentyla. Nadciśnienie tętnicze u dzieci ma najczęściej charakter wtórny. W 60 do 80% przypadków przyczynę tego schorzenia stanowią choroby miększu nerek (196). Jest ono częstym objawem w przebiegu niewydolności nerek (9, 134) i w okresie dializoterapii, gdzie główną przyczyną jest najczęściej przewodnienie (51, 214). BIA może stanowić jedną z metod kontroli wolemii i dokładnego monitorowania suchej masy ciała u dzieci dializowanych.

Zespół nerczycowy u dzieci charakteryzuje się hipoproteinemią, hipalbuminemią i znacznymi obrzękami. Skład procentowy całkowitej wody ciała może u tych chorych podlegać znacznym wahaniom, w zależności od okresu choroby i stosowanych leków. Sterydoterapia może wpływać na zmianę zawartości tkanki tłuszczowej u przewlekle leczonych dzieci.

BIA można zastosować do oceny składu ciała pacjentów z zespołem nerczycowym, zarówno w okresie rzutu jak i remisji choroby. Analiza mierzonych parametrów może być pomocna w przewidywaniu remisji i monitorowaniu terapii diuretycznej.

Metoda BIA jest prosta i nieinwazyjna, oraz co ma niebagatelne znaczenie, tania. Zastosowanie BIA wydaje się szczególnie celowe u dzieci, u których wzory antropometryczne ze względu na zmieniające się proporcje ciała nie mają zastosowania, oraz u chorych dializowanych otrzewnowo, u których objętość dystrybucji może być wyłącznie szacowana w przybliżeniu (nieznany klirens otrzewnowy i brak zmian stężenia mocznika w czasie).

2. Cel pracy

Na podstawie przeglądu piśmiennictwa można stwierdzić, że prawidłowe określenie suchej masy ciała w praktyce klinicznej pozostaje dużym problemem. Brak jest prostych metod oceniających stan nawodnienia pacjenta. U chorych dializowanych arbitralne założenie zbyt wysokiej suchej masy ciała prowadzi do przeciążenia płynowego (nie zawsze możliwego do wykrycia w badaniu fizykalnym), mogącego być przyczyną nadciśnienia i rozstrzeni serca. Założona zbyt niska masa ciała powoduje stan niedowodnienia i zwiększa ryzyko hipotensji. Bioimpedancja jako jedna z metod oceny składu ciała uległa szybkiemu rozwojowi w ostatnich latach, co umożliwiło jej zastosowanie nie tylko do badań epidemiologicznych zdrowych populacji, ale również w różnych grupach chorych. Dzięki bioimpedancji możliwe jest precyzyjne określenie całkowitej wody ustroju przy użyciu 1 częstotliwości (50 kHz), natomiast zastosowanie różnych częstotliwości pomiaru (1, 5, 50, 100 kHz) umożliwia wyliczenie objętości przestrzeni wewnątrz i zewnątrzkomórkowej. Metoda ta jest szczególnie przydatna u dzieci, ponieważ badanie jest szybkie, nieinwazyjne, bezbolesne i wymaga tylko niewielkiej współpracy badanego.

Biorąc to pod uwagę celem niniejszej pracy była:

- ocena stanu nawodnienia i przestrzeni płynowych dzieci dializowanych różnymi metodami i porównanie z grupą kontrolną,
- wyznaczenie objętości dystrybucji mocznika przy pomocy BIA u chorych hemodializowanych i porównanie uzyskanych wyników z parametrami

wyliczonymi przy użyciu modelowania kinetycznego mocznika, ze wzorów antropometrycznych oraz tzw. "zasady 59% ciężaru ciała",

- wyznaczenie objętości dystrybucji mocznika u chorych dializowanych metodą CADO i wyliczenie parametrów wyjściowych modelowania kinetycznego mocznika,
- monitorowanie stanu odżywienia chorych dializowanych CADO poprzez analizę zmian masy ciała, masy beztłuszczowej, przestrzeni wewnątrz i zewnątrzkomórkowej,
- ocena wpływu przewodnienia dzieci dializowanych różnymi metodami na występowanie nadciśnienia w tej grupie pacjentów,
- próba zastosowania bioimpedancji do różnicowania przyczyn hipoalbuminemii u chorych leczonych CADO,
- próba zastosowania BIA do oceny stanu nawodnienia u dzieci z zespołem nerczycowym w różnych etapach choroby.

3. Materiał i metodyka

3.1. Grupy badane

Badaniami objęto 64 dzieci z chorobami nerek. Grupę I stanowiło 18 dzieci ze schyłkową niewydolnością nerek (SNN) dializowanych otrzewnowo, grupę II 20 dzieci hemodializowanych a grupę III 24 dzieci z zespołem nerczycowym (ZN). Wszystkie dzieci były objęte stałą opieką ambulatoryjną oraz okresowo hospitalizowane w Klinice Nefrologii Dziecięcej i Zakładzie Dializ Katedry Pediatrii Polsko – Amerykańskiego Instytutu Pediatrii Collegium Medicum UJ. Grupę kontrolną stanowiło 193 dzieci zdrowych.

1. Dzieci dializowane otrzewnowo

W grupie dializowanych otrzewnowo było 18 pacjentów ze schyłkową niewydolnością nerek (7 dziewczynek i 11 chłopców) w wieku średnio $10,32 \pm 4,57$ lat, z masą ciała średnio $27,8 \pm 11,6$ kg i wzrostem średnio $125,0 \pm 22$ cm, dializowanych w okresie od września 1998 do grudnia 2000 w programie CADO lub ADO. Wszystkie dzieci były leczone przy pomocy zestawów produkcji firmy Baxter.

Pomiary bioimpedancji wykonywano w trakcie rutynowych wizyt kontrolnych co 4 do 6 tygodni. U wszystkich badanych oznaczano stężenie mocznika, kreatyniny, białka całkowitego, albuminy, sodu, potasu, wapnia, fosforu w surowicy. Wykonywano pomiar masy ciała (odejmując od wartości zmierzonej ilość wpuszczonego płynu dializacyjnego), wzrostu, RR oraz BIA. Oznaczano stężenie mocznika, kreatyniny oraz białka w dobowej zbiorce dializatu i moczu do wyliczeń parametrów wyjściowych modelowania kinetycznego co 3 miesiące. Wszystkie badania biochemiczne zostały wykonane według obowiązujących

standardów w Zakładzie Biochemii Klinicznej Polsko-Amerykańskiego Instytutu Pediatrii Collegium Medicum UJ w Krakowie (Kierownik Zakładu: dr hab. Krystyna Sztefko).

Płeć, wiek, rozpoznanie i okres obserwacji chorych dializowanych otrzewnowo przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka chorych dializowanych otrzewnowo.

L.p.	Inicjały	Wiek (w latach)	Płeć	Rozpoznanie	Czasokres Obserwacji (m-ce)	Stan obecny
1.	B.Sz.	6,4	m	PKDI, Laesio hepatitis Retardatio mentalis Atrophia n.II	4	ADO
2.	Ch.D.	4	m	PKDI, Laesio hepatitis	13	ADO
3.	F.P.	5,3	m	PKDI, Laesio hepatitis Retardatio mentalis Pruritus gen.	19	ADO
4.	G.K.	6	m	GN chronica, HBs+	25	po Tx
5.	J.L.	14,1	m	Casus ign., HBs+	11	po Tx
6.	J.T.	9,8	m	Valvula urethrae post.	17	ADO
7.	L.M.	7,3	m	Dysplasio renis, Atrophia n.II	19	po Tx
8.	L.R.	7,5	k	FSGS, HBs+	15	ADO
9.	L.P.	13,8	k	FSGS	10	ADO
10.	M.M.	17,5	m	Nephrolithiasis ambil.	11	ADO
11.	M.L.	11,2	m	PKDI	8	po Tx
12.	N.M.	13,2	k	GN rapide progressiva	22	ADO
13.	P.P.	13,7	m	Valvula urethrae post.	12	ADO
14.	S.M.	18,1	k	Casus ign.	15	HD
15.	S.M.	16,7	k	Casus ign.	7	ADO
16.	S.B.	10,8	m	Lupus erythematodes	2	zgon
17.	Sz.E.	5	k	Nephrocalcinosis	7	po Tx
18.	W.M.	6,8	k	PKDI, Laesio hepatitis Retardatio psychomot., Dysplasio coxae ambil.	13	ADO

PKDI – polycystic kidney disease « infantile »

GN - glomerulonephritis

FSGS – focal segmental glomerulosclerosis

Tx – przeszczep

ADO – automatyczna dializa otrzewnowa

HD – hemodializa

2. Dzieci leczone powtarzanymi hemodializami

W grupie leczonych hemodializami było 20 pacjentów (7 dziewczynek i 13 chłopców) w wieku średnio $15,67 \pm 4,49$ lat, z masą ciała średnio $38,71 \pm 11,77$ kg oraz wzrostem średnio $142,0 \pm 15,5$ cm. W sumie wykonano 284 pomiary BIA przed i tyle samo (nie przekleając elektrod) po hemodializie.

BIA wykonywano u wszystkich pacjentów w odstępach miesięcznych, przed i 20 minut po hemodializie, w dniu, w którym pobierane były badania do modelowania kinetycznego mocznika. Elektrody umieszczano po stronie przeciwnej do miejsca założenia przetoki tętniczo-żylniej. U wszystkich badanych chorych zabiegi dializy wykonywano 3 razy w tygodniu, a dawkę dostosowywano indywidualnie w zależności od masy ciała, wielkości funkcji reszkowej nerek oraz potrzeb metabolicznych pacjenta. Wszystkie badania przeprowadzano w dniu środkowej dializy w tygodniu. Z równoczesnych pomiarów masy ciała oraz BIA przed i po hemodializie wyliczano wielkość ultrafiltracji oraz faktyczną utratę wody w trakcie zabiegu.

Wiek, płeć, rozpoznanie, okres obserwacji oraz stan obecny pacjentów hemodializowanych przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Ogólna charakterystyka pacjentów hemodializowanych.

L.p.	Inicjały	Wiek (w latach)	Płeć	Rozpoznanie	Czasokres obserwacji	Stan obecny
1.	B.M.	15,7	k	FSGS, HCV+	6	Po Tx
2.	B.S.	23	m	GN chronica	17	HD
3.	C.K.	14,3	m	Hypoplasia renis dex	13	Po Tx
4.	G.L.	14,3	m	Extrophia ves.urin. Cardiomiopath congest	23	HD
5.	K.Sz.	10,8	m	Casus ignota Retardatio mentalis	21	ADO
6.	K.M.	17,6	m	Pyelonephritis chronica.	17	HD
7.	L.T.	13,8	m	Prune-belly syndrom Dysplasia coxae cong. Scoliosis maj. gradus	19	HD
8.	M.M.	17,2	m	Nephrolithiasis ambil.	4	ADO
9.	M.M.	10,1	m	Cirrhosis renis ambil. RVU II ad dex.	3	Po Tx
10.	N.G.	17,1	m	Casus ignota	6	Po Tx
11.	P.E.	24,4	k	FSGS	22	HD
12.	P.P.	14,4	m	Cystinosis	8	Po Tx
13.	R.G.	12,1	m	Casus ignota	22	HD
14.	S.R.	25,8	m	Extrophia vesicae urin.	23	HD
15.	S.M.	16,3	k	FSGS. Hypoacusis. Trombocytopenia chr.	8	HD
16.	S.M.	15,4	k	Casus ignota	4	ADO
17.	S.B.	16,7	k	Myelomeningocele RVU V amb. Encopresis Hypoacusis	22	HD
18.	S.G.	10,8	k	FSGS	8	zgon
19.	Sz.P.	9,1	m	Casus ign, dysmorphia Retardatio mentalis	14	HD
20.	W.S.	16,2	k	RVU II ad dex. Retardatio mentalis	21	HD

FSGS - focal segmental glomerulosclerosis

GN - glomerulonephritis

RVU - reflux vesico-ureteralis

Tx przeszczep nerki

3. Dzieci z zespołem nerczycowym (ZN)

W tej grupie badaniami objęto 24 dzieci (7 dziewczynek i 17 chłopców) w wieku od 2 do 20,5 lat (średnio 10,2) w różnych okresach zespołu nerczycowego, hospitalizowanych w Klinice Nefrologii Dziecięcej CMUJ lub pozostających w kontroli ambulatoryjnej. Materiał podzielono na trzy grupy. U wszystkich badanych oznaczano stężenie białka całkowitego i albuminy w surowicy oraz wydalanie białka w moczu. Grupę III A stanowiło 9 dzieci bez obrzęków w remisji klinicznej ZN, ale pozostających jeszcze w leczeniu, (średni wiek $14 \pm 4,39$ lat, średni wzrost 155 ± 20 cm), u których pomiar bioimpedancji wykonywano jednorazowo. U 15 pacjentów z rzutem zespołu nerczycowego i obrzękami (grupa III B: średni wiek $9,7 \pm 4,0$ lat, średni wzrost 135 ± 21 cm), pomiary wykonywano codziennie rano (po zważeniu pacjenta, przed spożyciem pierwszego posiłku) do momentu ustąpienia obrzęków (grupa III C).

Charakterystykę grupy III A przedstawiono w tabeli 3 a grupy III B, C w tabeli 4.

Tabela 3. Wiek, płeć, rozpoznanie kliniczne i morfologiczne oraz stan obecny u dzieci z zespołem nerczycowym (Grupa III A).

L.p.	Inicjały	Wiek (w latach)	Płeć	Rozpoznanie kliniczne / morfologiczne	Stosowane leczenie	Stan obecny
1.	F.D.	13,5	m	SN GN mesangialis	E, CsA, Mtp	E, CsA
2.	Z.P.	20,5	m	SN MCD → FSGS	E, Cy, Chl, CsA	CsA
3.	W.L.	15,6	m	SN	E	remisja
4.	K.A.	17,2	m	SN FSGS	E, Chl, CsA	CsA
5.	Z.A.	14,8	m	SN GN membr-prolif.	E, CsA	CsA
6.	W.A.	6,9	m	SN MCD	E, CsA	ADO
7.	P.L.	9,3	m	SN FSGS	E, CsA	CsA
8.	K.A.	10,6	k	SN FSGS	E, Chl	CsA
9.	M.A.	17,5	k	FSGS	E, CsA	CsA

Tabela 4. Dane dzieci z rzutem zespołu nerczycowego i obrzękami (Grupa III B) oraz po ustąpieniu obrzęków Grupa III C.

L.p.	Inicjały	Wiek (w latach)	Płeć	Rozpoznanie kliniczne / morfologiczne	Stosowane leczenie	Stan obecny
1.	G.M.	8,4	k	SN	E	remisja
2.	N.M.	11,2	k	SN	E	remisja
3.	S.A.	3,6	k	SN	E, Mtp	remisja
4.	K.K.	7,7	m	SN MCD	E, Mtp, Chl	CsA
5.	Ch.M.	6,7	m	SN MCD→FSGS	E, Mtp, CsA	CsA
6.	M.M.	15,6	k	SN	E	remisja
7.	D.A.	12	m	SN	E	remisja
8.	K.K.	7,7	m	SN	E	remisja
9.	M.A.	3,2	m	SN GN mesangialis	E, Mtp	E
10.	Ł.A.	13,7	m	SN	E	remisja
11.	S.R.	14,9	m	SN MCD→FSGS	E, Cy, Mtp, CsA	E, CsA
12.	Z.M.	20,5	k	SN MCD	E, CsA	CsA
13.	M.K.	12,6	m	SN FSGS	E, Mtp, Chl	CsA
14.	S.J.	11,8	m	SN GN mesangialis	E, Chl	CsA
15.	P.Ł.	12,3	m	SN FSGS	E, Mtp, Chl	CsA

SN - syndroma nephroticum, MCD – minimal change disease, FSGS – focal segmental glomerulosclerosis, E - enkorton, Chl - chlorambucil, Cy - cyklofosamid, Mtp – pulsus metylprednizolonu, CsA - cyklosporyna A

4. Dzieci zdrowe

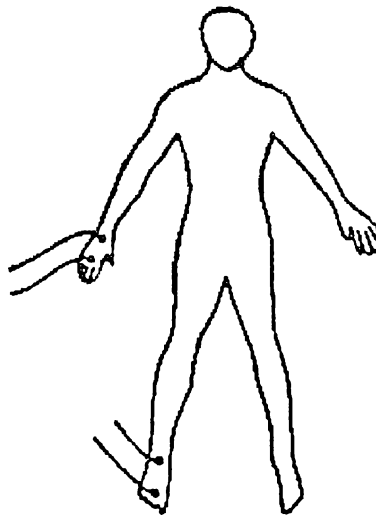
Pomiary bioimpedancji wykonano w grupie 193 dzieci (88 dziewczynek i 105 chłopców)- uczniów dwóch szkół podstawowych w Krakowie po uzyskaniu zgody Komisji Etycznej UJ (Opinia nr: KE/98/06/B/176 z dnia 3.07.1998 r.) i pisemnej zgody rodziców. W badanej populacji średni wiek wynosił $11,8 \pm 2,2$ lat, średnia masa ciała $42,6 \pm 12,8$ kg, średni wzrost $151,1 \pm 13,5$ cm.

U wszystkich dzieci wykonano jednorazowo pomiary masy ciała i wzrostu na wadze lekarskiej, ciśnienia tętniczego krwi (RR) oraz bioimpedancji (BIA) w godzinach między 8.00 a 12.00. BIA mierzono w pozycji leżącej, po 5 minutowym odpoczynku, elektrody umieszczano po stronie lewej ciała.

Dla dzieci zdrowych w badanej populacji dzieci szkół krakowskich wyznaczono siatki percentylowe rezystancji, reaktancji, całkowitej wody ustroju, przestrzeni wodnej poza i śródkomórkowej, masy ciała pozakomórkowej i komórkowej, beztłuszczowej masy ciała i zawartości tkanki tłuszczowej, w odniesieniu do płci, wieku i wzrostu.

3.2. Metody badań

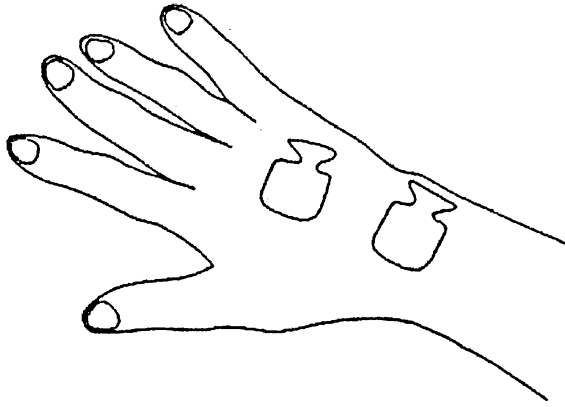
Do badań użyto aparatu BIA 2000M z opcją wieloczęstotliwościową (1; 5; 50; 100 kHz) oraz specjalnych elektrod do pomiaru bioimpedancji BIANOSTIC. Do wyliczeń TBW, ECM/BCM, ECW/ICW zastosowano program Nutri 4.



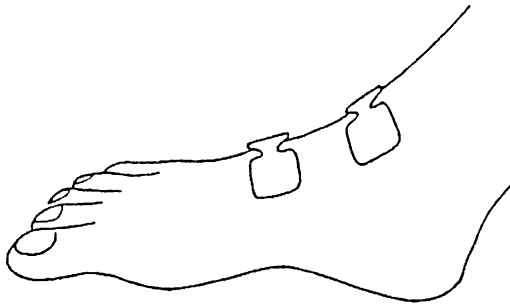
Ryc. 3. Ułożenie pacjenta w trakcie pomiaru BIA.

Badane dzieci znajdowały się w pozycji leżącej na plecach, z odwiedzionymi kończynami górnymi i dolnymi o ok. 40°.

Aby zwiększyć powtarzalność wyników pomiarów dokonywano po stronie lewej a u pacjentów hemodializowanych po stronie przeciwnej do przetoki tętniczo-żylnej. Elektrode proksymalną przyklejano na powierzchni grzbietowej bezpośrednio nad szczeliną stawu nadgarstkowego, a na kończynie dolnej stawu skokowego, natomiast dystalną 3 cm poniżej.



Ryc. 4. Umieszczenie elektrod na kończynie górnej.



Ryc. 5. Umieszczenie elektrod na kończynie dolnej.

Do elektrod dystalnych przyłożony był prąd zmienny o natężeniu 800 mA, natomiast elektrody umieszczone proksymalnie mierzą spadek napięcia.

3.3. Analizowane parametry

Parametry mierzone bezpośrednio metodą BIA:

R - rezystancja (opór elektryczny)

Xc - reaktancja (opór pojemnościowy)

Φ - kąt fazowy

Parametry wyliczane przy użyciu programu Nutri 4

TBW - total body water (całkowita woda ustroju).

Całkowita woda ustroju została obliczona wg wzoru Kushnera i Schoellera (112):

$TBW = 4,96 + 0,42 \times (\text{wzrost}^2/R) + 0,13 \times \text{masa ciała} + 3,34 \times \text{płeć}$ (dla mężczyzn=1, dla kobiet=0).

FFM - fat free mass (beztłuszczowa masa ciała).

Beztłuszczowa masa ciała jest wyliczana z całkowitej wody ustroju. U zdrowych normowolemicznych osób woda stanowi 73,2% beztłuszczowej masy ciała. Stąd $FFM = TBW / 0,732$.

BCM - body cell mass (suma aktywnych metabolicznie komórek ciała: mięśni gładkich, szkieletowych, serca, komórek narządów wewnętrznych, przewodu pokarmowego, krwi, gruczołów i komórek nerwowych).

Masa komórkowa ciała jest wyliczana z beztłuszczowej masy ciała ze wzoru:

$BCM = FFM \times \text{kąt fazowy} \times \text{stała}$

ECM - extracellular mass (masa ciała pozakomórkowa)

Pozakomórkowa masa ciała stanowi różnicę pomiędzy beztłuszczową masą ciała i masą komórek:

$ECM = FFM - BCM$

FM - fat mass (tkanka tłuszczowa)

$FM = \text{masa ciała} - FFM$

ECW - extracellular water (woda pozakomórkowa)

Woda pozakomórkowa jest wyliczana z pomiaru R przy częstotliwości 1 i 5 kHz ze wzoru Deurenberga i Schoutena (41).

ICW - intracellular water (woda śródkomórkowa)

Przestrzeń wodna śródkomórkowa stanowi różnicę pomiędzy wyliczoną TBW i ECW:

$ICW = TBW - ECW$

Wzory antropometryczne do obliczeń TBW

Wzory Cheeka i wsp. (19) dla dzieci

Dla chłopców:

$$\text{TBW} = 0,397 \times \text{masa ciała (kg)} + 0,067 \times \text{wzrost (cm)} - 2,778 \text{ dla wzrostu } \leq 137,22 \text{ cm}$$

$$\text{TBW} = 0,381 \times \text{masa ciała (kg)} + 0,257 \times \text{wzrost (cm)} - 29,985 \text{ dla wzrostu } \geq 137,22 \text{ cm}$$

Dla dziewczynek:

$$\text{TBW} = 0,024 \times \text{masa ciała (kg)} + 0,136 \times \text{wzrost (cm)} - 4,476 \text{ dla wzrostu } \leq 113,02 \text{ cm}$$

$$\text{TBW} = 0,320 \times \text{masa ciała (kg)} + 0,135 \times \text{wzrost (cm)} - 9,577 \text{ dla wzrostu } \geq 113,02 \text{ cm}$$

Wzory Watsona i wsp. (195)

Dla mężczyzn:

$$\text{TBW} = 2,447 - 0,09516 \times \text{wiek (w latach)} + 0,1704 \times \text{wzrost (cm)} + 0,3362 \times \text{masa ciała (kg)}$$

Dla kobiet:

$$\text{TBW} = -2,097 + 0,1069 \times \text{wzrost (cm)} + 0,02466 \times \text{masa ciała (kg)}$$

Badane parametry MKM

1. V - objętość dystrybucji mocznika
2. Kt/V – wskaźnik skuteczności dializy

Dane wejściowe do obliczeń parametrów MKM

- T_D - czas dializy
- C_1 - stężenie mocznika przed dializą
- C_t - stężenie mocznika po dializie
- C_2 - stężenie mocznika przed kolejną dializą

- BW_1 - ciężar ciała przed dializą
- BW_t - ciężar ciała po dializie
- BW_2 - ciężar ciała przed kolejną dializą

Wzory do obliczeń parametrów MKM u chorych dializowanych

1. Objętość dystrybucji:

$$V = \frac{Q_F \cdot T_D}{\frac{Q_F}{1 - \left[\frac{C_t - Z}{C_1 - Z} \right]^{K_R + K_D + Q_F}}}$$

$$Z = \frac{G}{K_R + K_D - Q_F}$$

$$Q_F = BW_1 - BW_t$$

Q_F - ultrafiltracja (zmiana ciężaru ciała podczas hemodializy)

K_R - klirens resztkowy

K_D - klirens dializatora

G - generacja mocznika

Parametry modelowania kinetycznego mocznika u pacjentów hemodializowanych obliczono przy użyciu autorskiego programu Dial., wersja 5.2 (151).

Obliczenia wskaźników adekwatności dializy otrzewnowej wykonano korzystając z testowej wersji autorskiego programu Nephron 95 (55).

3.4. Analiza statystyczna

Zmienne ilościowe opisano za pomocą średniej, mediany (Me), odchylenia standardowego (SD) oraz wartości 10, 25, 75, 90 percentyla.

Do porównania badanych grup stosowano w przypadku zmiennych o rozkładzie normalnym test t-Studenta dla zmiennych zależnych lub w przypadku zmiennych o rozkładzie różnym od rozkładu normalnego analizę wariancji Kruskalla-Wallisa (Kruskall-Wallis ANOVA).

Porównania zmiennych jakościowych (np. płeć) dokonano przy użyciu testu „chi kwadrat,” w razie konieczności z poprawką Yatesa.

Analizę korelacji przeprowadzono stosując test Spearmana.

Oceny statystycznej dokonano przy użyciu licencjonowanego komputerowego programu statystycznego Statistica 5.5 PL (StatSoft, Inc. (1997). STATISTICA for Windows).

Różnice i zależności uznano za istotne statystycznie, jeżeli prawdopodobieństwo odrzucenia prawdziwej hipotezy zerowej wynosiło mniej niż 5% ($p < 0,05$).

4. Wyniki

4.1. Ocena stanu nawodnienia i przestrzeni płynowych dzieci dializowanych różnymi metodami i porównanie z grupą kontrolną

Tabela 5. Parametry bioimpedancji u dzieci dializowanych różnymi metodami i grupy kontrolnej.

Grupa badana	Całkowita woda ustroju (% m.c.)	ECW/ICW	ECM/BCM
Kontrola	62,1 ± 5,5	0,85 ± 0,1	1,05 ± 0,11
DO	62,8 ± 4,6	1,13 ± 0,28	1,15 ± 0,27
przed HD	63 ± 4,2	0,9 ± 0,12	1,14 ± 0,27
po HD	59 ± 3,9	0,86 ± 0,14	0,86 ± 0,18

Całkowita woda ustroju wyliczona metoda BIA wynosiła u dzieci zdrowych średnio 62,1% masy ciała. Nieco wyższe wartości uzyskano u dzieci dializowanych otrzewnowo (62,8%) i u dzieci przed zabiegiem hemodializy (63%). Po zabiegu hemodializy procentowa zawartość wody była najniższa i wynosiła 59%. Wskaźnik ECW/ICW w grupie dzieci zdrowych i hemodializowanych miał wartość poniżej 1 co odpowiada normie, natomiast u dzieci dializowanych otrzewnowo wynosił 1,13 co wskazuje na przewodnienie pozakomórkowe. Najwyższą wartość wskaźnika ECM/BCM stwierdzono w grupie dzieci dializowanych otrzewnowo (1,15), natomiast najniższą u dzieci hemodializowanych (0,86).

Tabela 6. Wartość p dla testu t-Studenta porównującego TBW w badanych grupach.

	Kontrola	DO	przed HD	po HD
Kontrola	X	0,15	0,043	0,001
DO		X	0,6	0,001
przed HD			X	0,001
po HD				X

Zawartość TBW u dzieci dializowanych otrzewnowo nie różniła się statystycznie od TBW u dzieci zdrowych i hemodializowanych przed zabiegiem HD. Była natomiast znamienne wyższa niż u dzieci po hemodializie. Stwierdzono znamienne niższą zawartość TBW u pacjentów po hemodializie w porównaniu z grupą kontrolną.

Tabela 7. Wartość p dla testu t-Studenta porównującego wskaźnik ECW/ICW w badanych grupach.

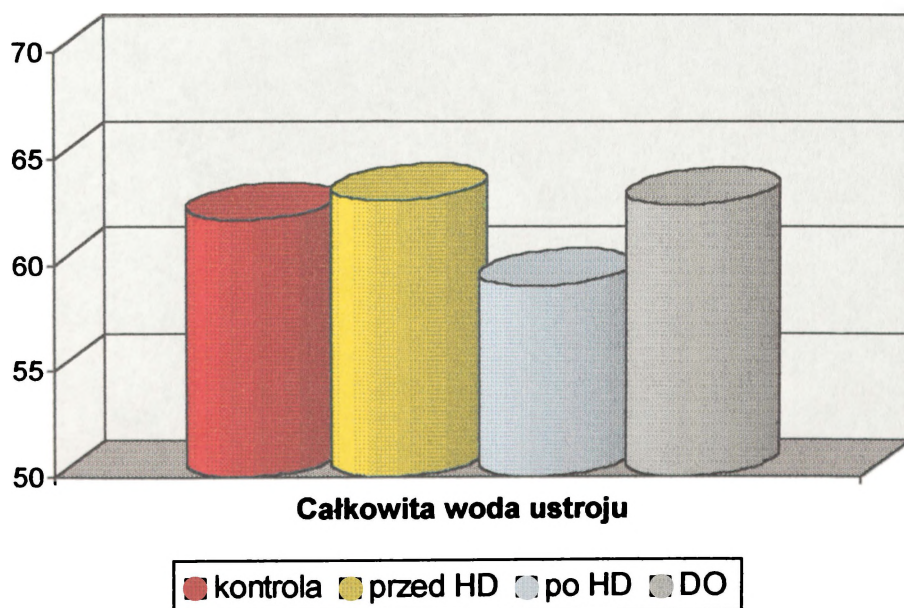
	Kontrola	DO	przed HD	po HD
Kontrola	X	0,000	0,000	0,393
DO		X	0,000	0,000
przed HD			X	0,000
po HD				X

Wskaźnik ECW/ICW był istotnie statystycznie wyższy u dzieci DO i przed HD w porównaniu z grupą kontrolną. Jedynie u dzieci po zabiegu HD nie różnił się istotnie od wartości w grupie dzieci zdrowych.

Tabela 8. Wartość p dla testu t-Studenta porównującego wskaźnik ECM/BCM w badanych grupach.

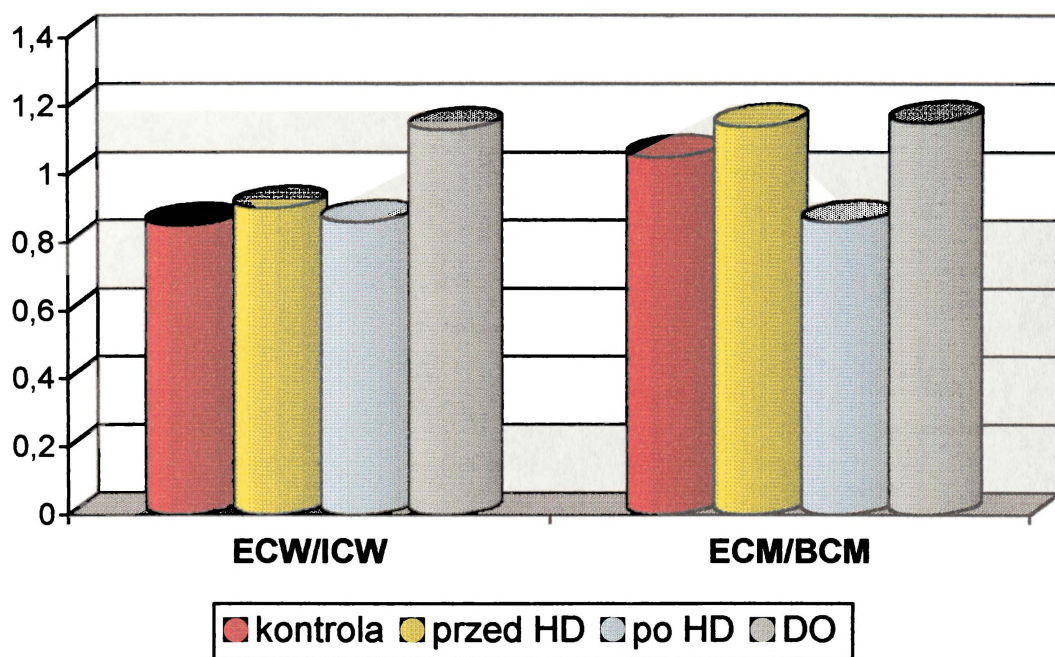
	Kontrola	DO	przed HD	po HD
Kontrola	X	0,000	0,000	0,000
DO		X	0,676	0,000
przed HD			X	0,000
po HD				X

Stwierdzono istotne statystycznie różnice w wartości wskaźnika ECM/BCM pomiędzy grupami badanymi i kontrolą. U dzieci DO i przed HD wartości te były wyższe, natomiast po HD niższe niż u dzieci zdrowych.



Ryc.6. Całkowita woda ustroju jako procent masy ciała w grupach chorych hemodializowanych i dializowanych otrzewnowo.

Najniższą zawartość TBW w % masy ciała stwierdzono u dzieci po zabiegu hemodializy ($59 \pm 3,9$). Między pozostałymi grupami nie obserwowano różnic statystycznych (dane liczbowe w tabeli 5).



Ryc. 7. Współczynniki ECW/ICW oraz ECM/BCM u chorych .hemodializowanych i dializowanych otrzewnowo.

Najwyższe wartości wskaźnika ECW/ICW i ECM/BCM obserwowano w grupie dzieci dializowanych otrzewnowo (1,13 i 1,15), natomiast najniższe u dzieci po zabiegu hemodializy (0,86 i 0,86). Wartości przed hemodializą nie różniły się od wartości w grupie dzieci zdrowych (dane liczbowe w tabeli 5).

4.2. Porównanie objętości dystrybucji mocznika, wyznaczonej przy użyciu różnych metod u dzieci hemodializowanych

Tabela 9. Wartość całkowitej wody ustroju (TBW) przed hemodializą jako procentu masy ciała (% masy ciała) mierzona różnymi metodami.

Metoda	średnia	SD
BIA	63	4,2
59%	59	-
modelowanie kinetyczne mocznika	51,1	8,3
Watson	77,6	10,3
Cheek	58,4	3,3

Stwierdzono, że wyniki bioimpedancji u dzieci hemodializowanych dają wartości wyższe niż reguła 59% i wzory Cheeka. Najwyższe wartości uzyskano stosując wzory Watsona, natomiast najniższe wyliczając V z modelowania kinetycznego mocznika. Rozrzut zmiennych (mierzony wartością SD) był znacząco większy przy zastosowaniu metody MKM i wzorów Watsona niż przy użyciu BIA i wzorów Cheeka.

Tabela 10. Wartość wskaźnika Kt/V w zależności od metody wyliczenia objętości dystrybucji mocznika.

Badany parametr	średnia	SD
Kt/V (MKM)	1,61	0,32
Kt/V (BIA przed HD)	1,29	0,27
Kt/V (BIA po 2 HD)	1,39	0,3

Wskaźnik adekwatności dializy Kt/V wyliczony metodą MKM był znamienne statystycznie wyższy ($p < 0,05$) od wartości uzyskanych przez wyliczenie V metodą BIA.

Tab. 11. Ocena zmiany masy ciała oraz wyliczonej metodą BIA różnicy TBW i ECW w trakcie zabiegu hemodializy.

Badany parametr	Różnica między wartością przed i po HD	SD
masa ciała	1,71 kg	1,09
TBW	2,71 l	1,64
ECW	1,65 l	1,08

Wyliczony metodą BIA ubytek TBW w trakcie hemodializy istotnie zawyża faktyczny ubytek masy ciała. Natomiast różnica w zawartości wody pozakomórkowej odzwierciedla uzyskane odwodnienie w trakcie dializy.

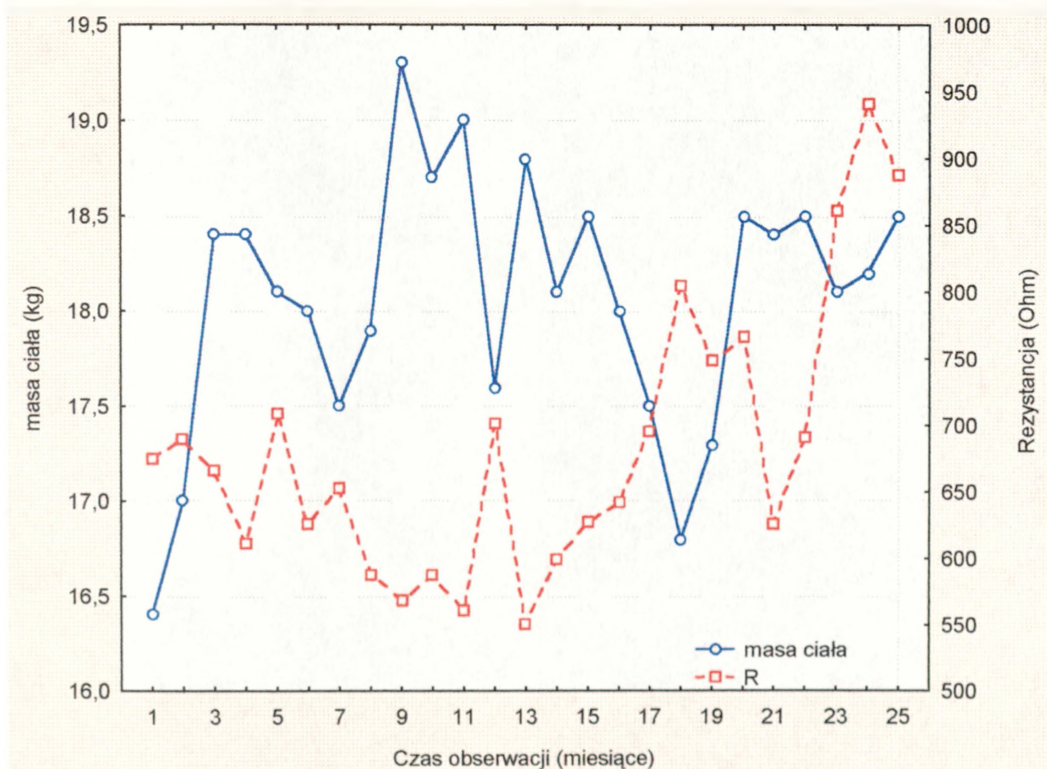
4.3. Przestrzeń dystrybucji mocznika i wyniki parametrów modelowania kinetycznego mocznika u chorych dializowanych CADO

Tabela 12. Przestrzeń dystrybucji mocznika i wyniki parametrów MKM u chorych dializowanych otrzewnowo.

Parametr	średnia	SD
V (MKM)	59,25	4,3
V (BIA)	62,8	4,6
Kt/V (MKM)	2,48	0,8
Kt/V (BIA)	2,33	0,72
TKK	66,41	30,6

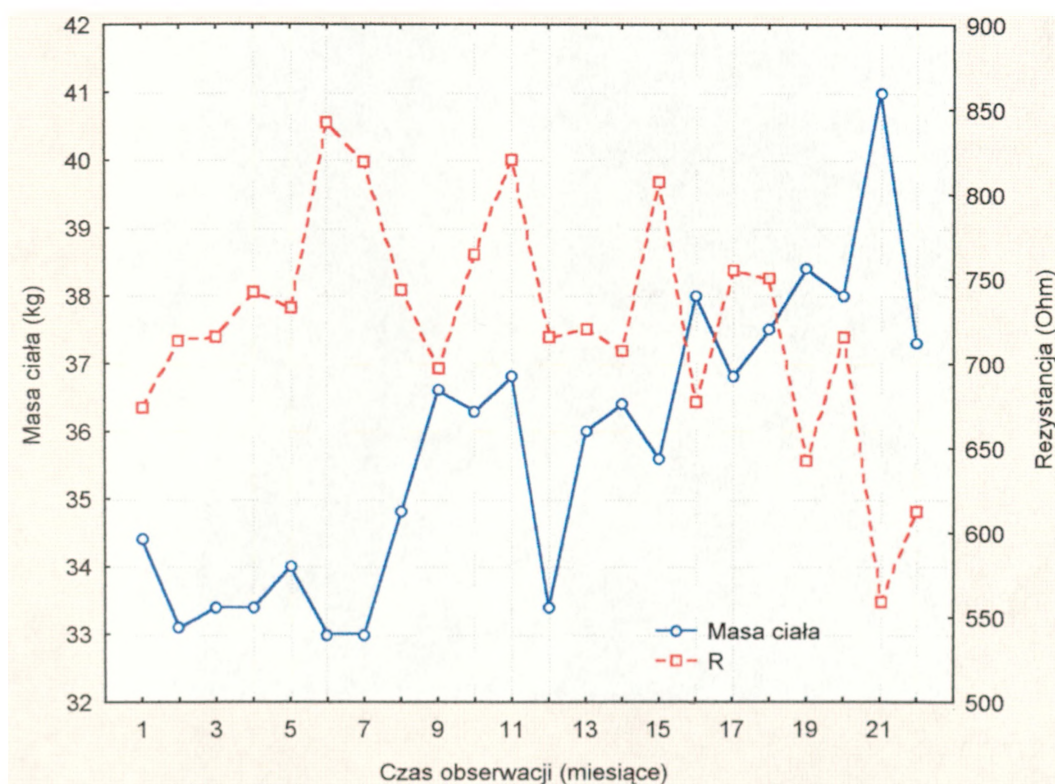
Objętość dystrybucji mocznika u dzieci dializowanych otrzewnowo wyliczona metodą MKM była niższa od wyznaczonej metodą BIA, natomiast wskaźnik Kt/V osiągnął wyższą wartość. Wartość TKK świadczy o adekwatnej dializie.

4.4. Analiza zmian masy ciała, masy beztłuszczowej i tkanki tłuszczowej u chorych dializowanych CADO



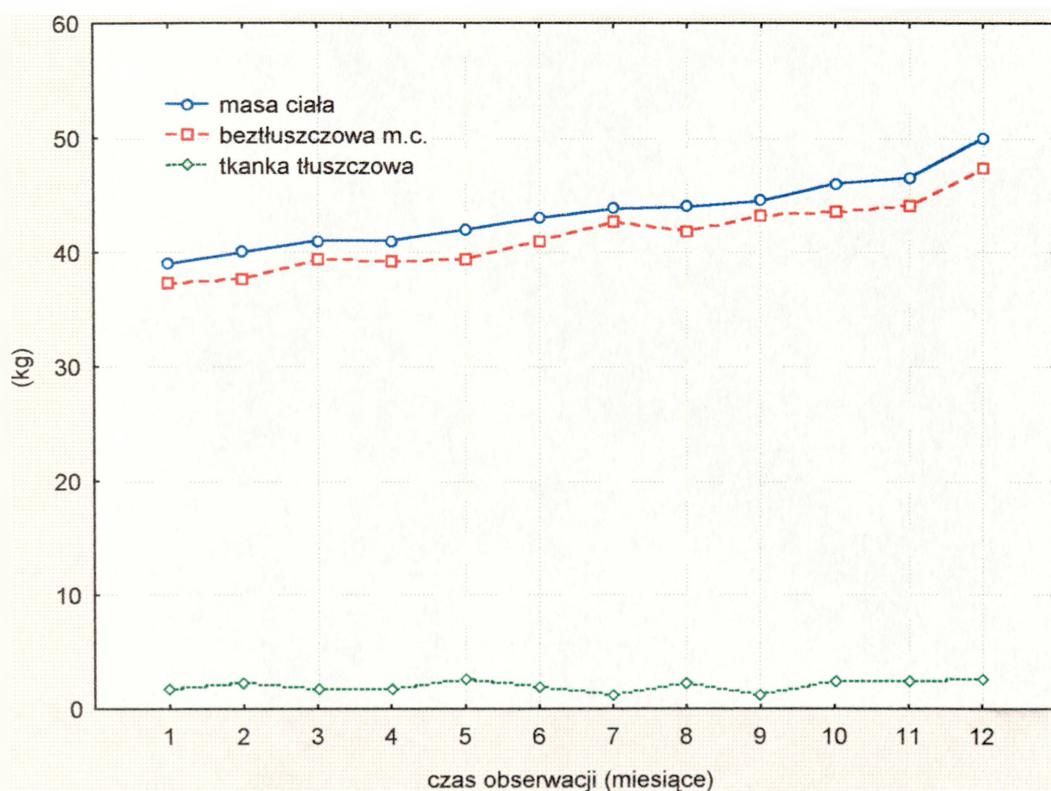
Ryc. 8. Wykres zmiany masy ciała i mierzonego oporu elektrycznego w trakcie obserwacji u chłopca G.K.

Stwierdzono duże wahania masy ciała w czasie obserwacji oraz zależność pomiędzy zmianami masy ciała i zmianami mierzonego oporu elektrycznego (rezystancji).



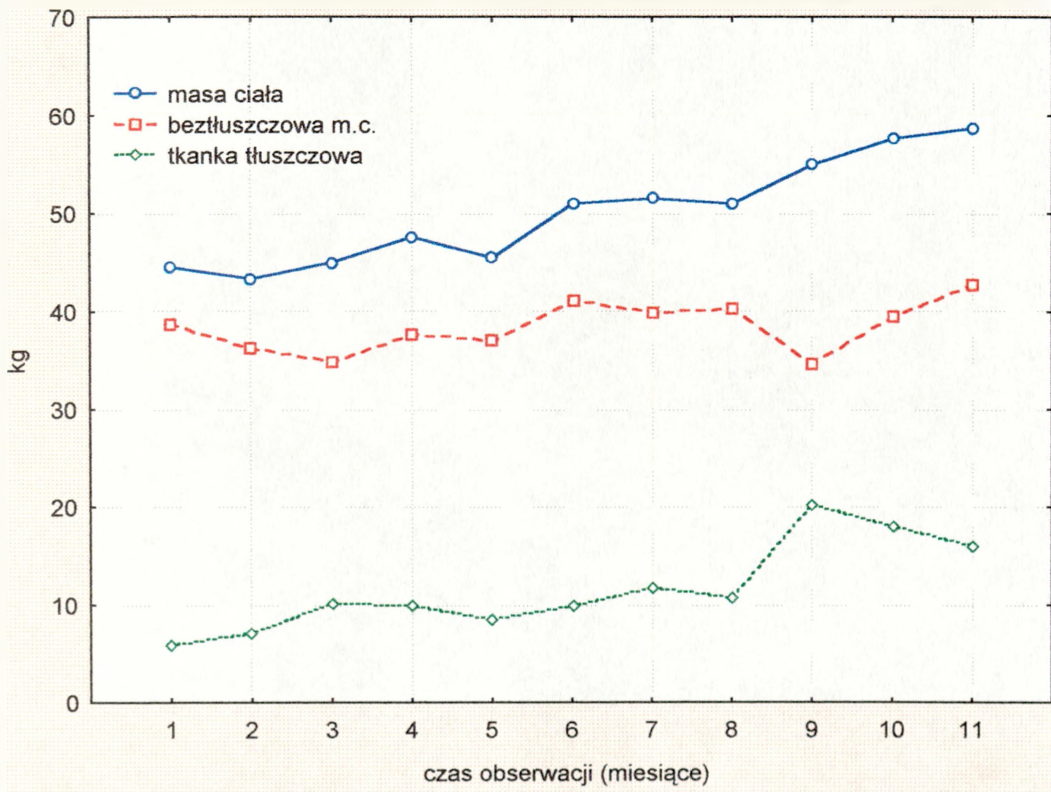
Ryc. 9. Wykres zmiany masy ciała i mierzonego oporu elektrycznego w trakcie obserwacji u dziewczynki N.M.

Stwierdzono duże wahania masy ciała w czasie obserwacji oraz zależność pomiędzy zmianami masy ciała i zmianami mierzonego oporu elektrycznego (rezystancji).



Ryc. 10. Wykres zmiany masy ciała, beztłuszczowej masy ciała i zawartości tkanki tłuszczowej w trakcie obserwacji u chłopca P.P.

U chłopca P.P., lat 13,7 z zachowaną resztkową funkcją nerek i diurezą dobową około 2500 ml nie obserwowano wahań stanu nawodnienia. W okresie 12-miesięcznej obserwacji stwierdzono przybór masy ciała o 9 kg, który odpowiadał przyrostowi beztłuszczowej masy ciała, natomiast zawartość tkanki tłuszczowej nie uległa zmianie.



Ryc. 11. Wykres zmiany masy ciała, beztłuszczowej masy ciała i zawartości tkanki tłuszczowej w trakcie obserwacji u chłopca M.M.

U chłopca M.M., lat 17,5 bez zachowanej resztkowej funkcji nerek, obserwowano stały przybór masy ciała przy prawidłowych wartościach ciśnienia tętniczego krwi. Analiza pomiarów impedancji wykazała przyrost tkanki tłuszczowej o 10 kg w ciągu 11 miesięcy z nieznacznym przyrostem beztłuszczowej masy ciała.

4.5. Wpływ przewodnienia dzieci dializowanych na występowanie nadciśnienia.

Nadciśnienie tętnicze stwierdzono u 12 (66,7%) pacjentów dializowanych otrzewnowo i 14 (70%) pacjentów leczonych hemodializą. Po wprowadzeniu BIA nadciśnienie tętnicze u pacjentów hemodializowanych wynosiło 55%, a u dializowanych otrzewnowo 44,4%. W tej grupie leczenia hipotensyjnego wymagało 72,2% dzieci.

Ze względu na różnice ciśnienia tętniczego krwi u dzieci w zależności od wzrostu i płci, wyniki pomiarów przedstawiono w sposób zakodowany. Każdą wartość ciśnienia skurczowego i rozkurczowego oceniano według siatek centylowych dla płci i wzrostu, przyporządkowując do jednej z 4 grup. Kod 1 oznacza wartość ciśnienia tętniczego < 50 percentyla, 2 pomiędzy 50 a 95 percentylem, 3 wartości powyżej 95 percentyla a kod 4 nadciśnienie ciężkie (wartości RR przekraczające 95 percentyl o ponad 30 mmHg).

Dokładne dane liczbowe badanych parametrów w zależności od wartości ciśnienia tętniczego krwi przedstawiono w tabelach i rycinach.

Tabela 13. Wartości badanych parametrów BIA w grupach dzieci wyróżnionych na podstawie wartości skurczowego RR przed hemodializą.

Parametr	Grupa dzieci przed zabiegiem HD			
	Z ciśnieniem skurczowym <50 percentyla (n=37)	Z ciśnieniem skurczowym w zakresie 50-95 percentyla (n=122)	Z ciśnieniem skurczowym > 95 percentyla (n=68)	Z ciśnieniem skurczowym o 30 mmHg większym niż wartość 95 percentyla (n=53)
TBW (%) – średnia [95%CI]	62,77 [61,41-64,13]	63,27 [62,60-63,95]	62,82 [61,70-63,95]	63,44 [62,18-64,71]
ECW / ICW - średnia [95%CI]	0,84 [0,81-0,88]	0,89 [0,86-0,91]	0,96 [0,94-0,99]	0,93 [0,89-0,96]
ECM / BCM - średnia [95%CI]	1,01 [0,95-1,07]	1,08 [1,04-1,12]	1,24 [1,16-1,32]	1,22 [1,12-1,31]

95%CI – 95% przedział ufności dla średniej

Tabela 14. Wartości badanych parametrów BIA w grupach dzieci wyróżnionych na podstawie wartości rozkurczowego RR przed hemodializą.

Parametr	Grupa dzieci przed zabiegiem HD			
	Z ciśnieniem rozkurczowym <50 percentyla (n=4)	Z ciśnieniem rozkurczowym w zakresie 50-95 percentyl (n=49)	Z ciśnieniem rozkurczowym > 95 percentyla (n=69)	Z ciśnieniem rozkurczowym o 30 mmHg większym niż wartość 95 pc (n=158)
TBW (%) – średnia [95%CI]	58,89 [54,01-63,76]	63,40 [62,26-64,54]	62,96 [62,00-63,93]	63,23 [62,55-63,91]
ECW / ICW - średnia [95%CI]	0,77 [0,72-0,82]	0,88 [0,84-0,92]	0,90 [0,87-0,92]	0,92 [0,91-0,94]
ECM / BCM - średnia [95%CI]	0,87 [0,63-1,11]	1,03 [0,99-1,07]	1,09 [1,04-1,14]	1,19 [1,14-1,24]

95%CI – 95% przedział ufności dla średniej

Tabela 15. Wartości badanych parametrów BIA w grupach dzieci wyróżnionych na podstawie wartości skurczowego RR po hemodializie.

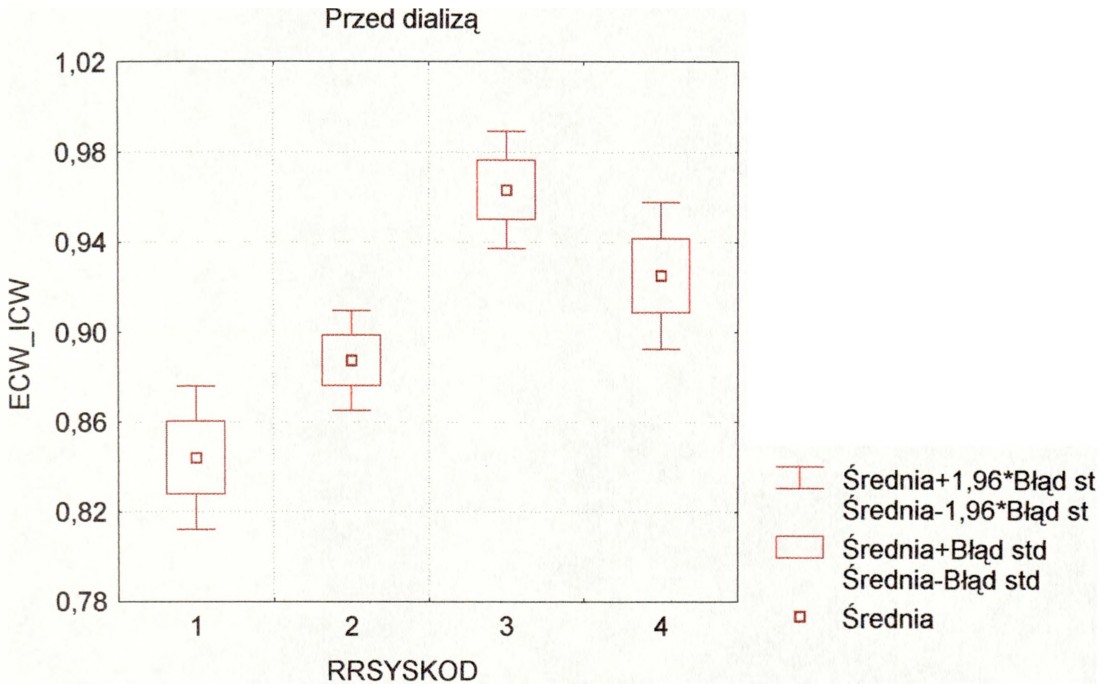
Parametr	Grupa dzieci po zabiegu HD			
	Z ciśnieniem skurczowym <50 percentyla (n=87)	Z ciśnieniem skurczowym w zakresie 50-95 percentyl (n=137)	Z ciśnieniem skurczowym > 95 percentyla (n=35)	Z ciśnieniem skurczowym o 30 mmHg większym niż wartość 95 pc (n=21)
TBW (%) – średnia [95%CI]	58,38 [57,52-59,23]	59,11 [58,45-59,78]	58,95 [57,72-60,18]	60,10 [58,39-61,80]
ECW / ICW - średnia [95%CI]	0,81 [0,79-0,84]	0,87 [0,85-0,89]	0,91 [0,85-0,97]	0,86 [0,79-0,93]
ECM / BCM - średnia [95%CI]	0,84 [0,82-0,86]	0,91 [0,87-0,94]	0,96 [0,89-1,04]	0,91 [0,82-1,01]

95%CI – 95% przedział ufności dla średniej

Tabela 16. Wartości badanych parametrów BIA w grupach dzieci wyróżnionych na podstawie wartości rozkurczowego RR po hemodializie.

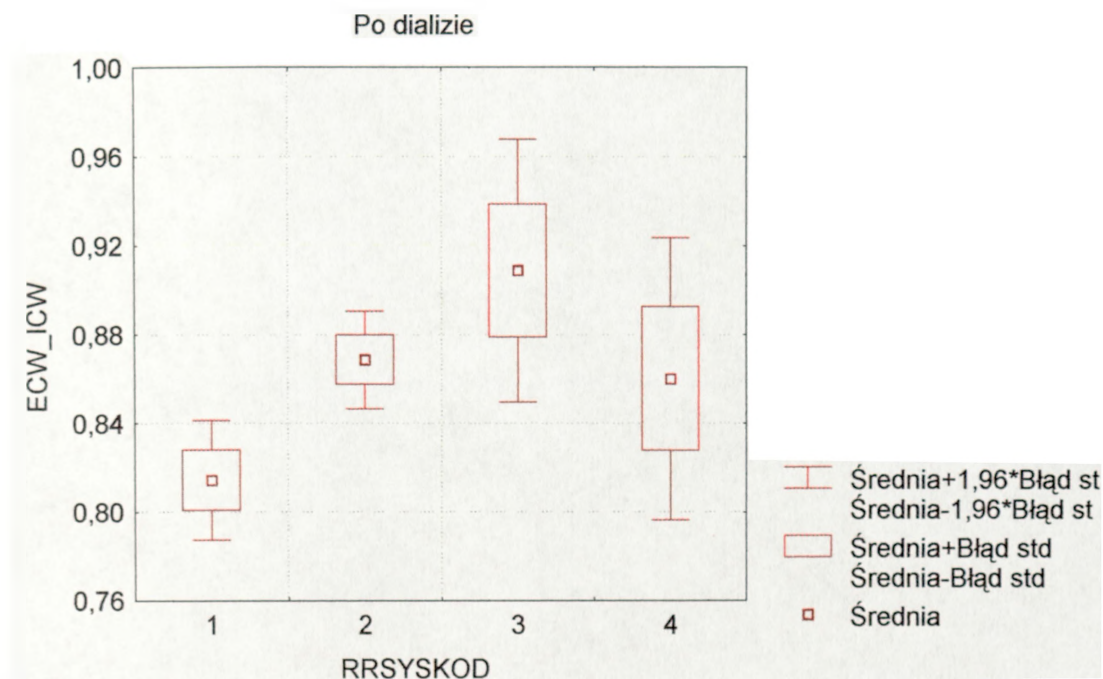
Parametr	Grupa dzieci po zabiegu HD			
	Z ciśnieniem rozkurczowym <50 percentyla (n=8)	Z ciśnieniem rozkurczowym w zakresie 50-95 percentyl (n=74)	Z ciśnieniem rozkurczowym > 95 percentyla (n=90)	Z ciśnieniem rozkurczowym o 30 mmHg większym niż wartość 95 pc (n=108)
TBW (%) – średnia [95%CI]	60,07 [56,86-63,28]	58,20 [57,24-59,16]	59,61 [58,93-60,28]	58,80 [58,00-59,60]
ECW / ICW - średnia [95%CI]	0,73 [0,68-0,77]	0,85 [0,81-0,88]	0,83 [0,81-0,86]	0,89 [0,86-0,92]
ECM / BCM - średnia [95%CI]	0,79 [0,74-0,84]	0,85 [0,82-0,87]	0,87 [0,84-0,90]	0,95 [0,90-1,00]

95%CI – 95% przedział ufności dla średniej



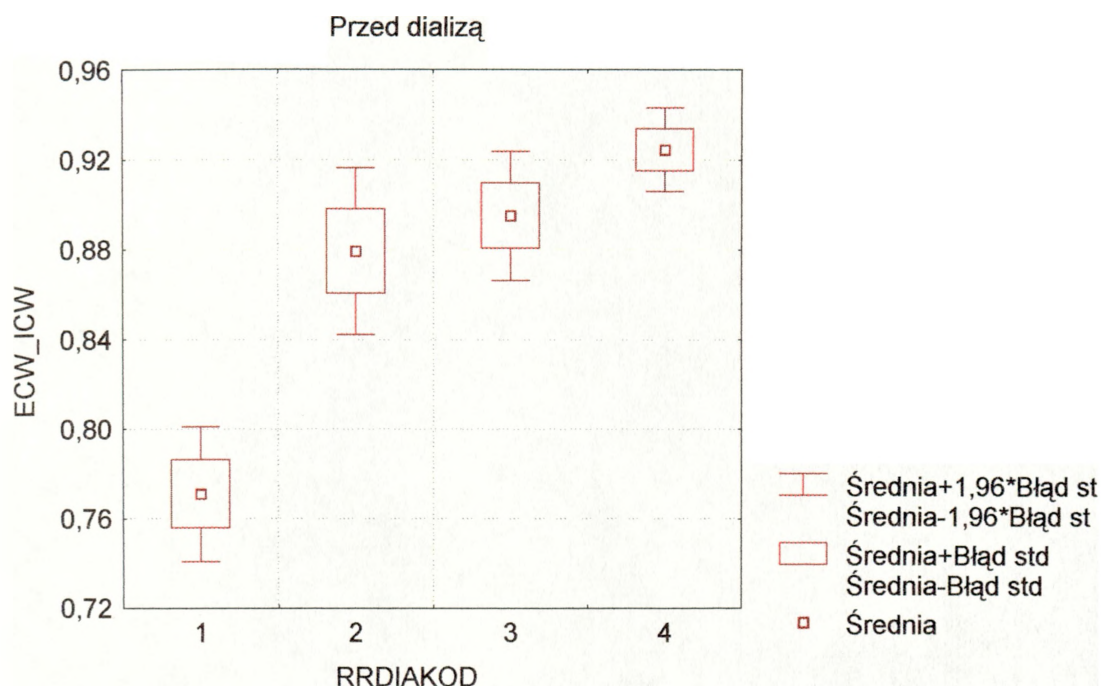
Ryc. 12. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci przed HD.

Wykazano, że wartość wskaźnika rola wraz ze wzrostem RRs. Uzyskano znamienne statystycznie różnice między grupą dzieci z RRs < 50 pc dla płci i wzrostu oraz grupą z RRs > 95 pc i z ciężkim nadciśnieniem ($p < 0,05$).



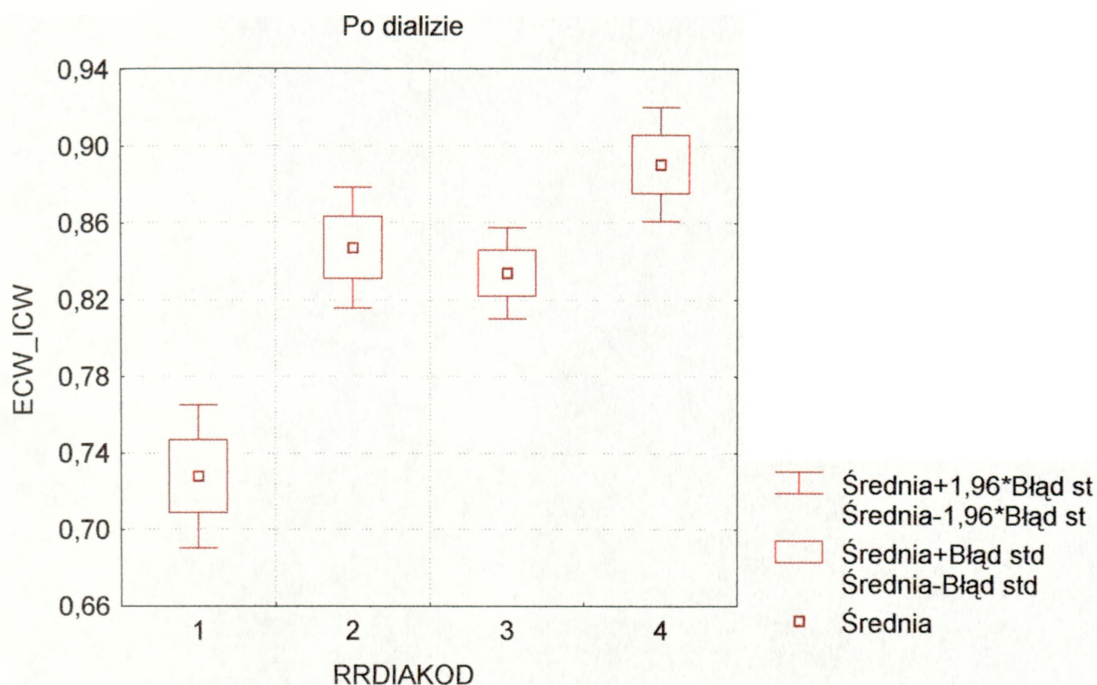
Ryc. 13. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci po HD.

Wykazano, że wartość wskaźnika ECW/ICW rosła wraz ze wzrostem RRs. Uzyskano znamienne statystycznie różnice między grupą dzieci z RRs < 50 pc dla płci i wzrostu oraz grupą z RRs pomiędzy 50 i 95 pc i grupą z RRs > 95 pc ($p < 0,05$).



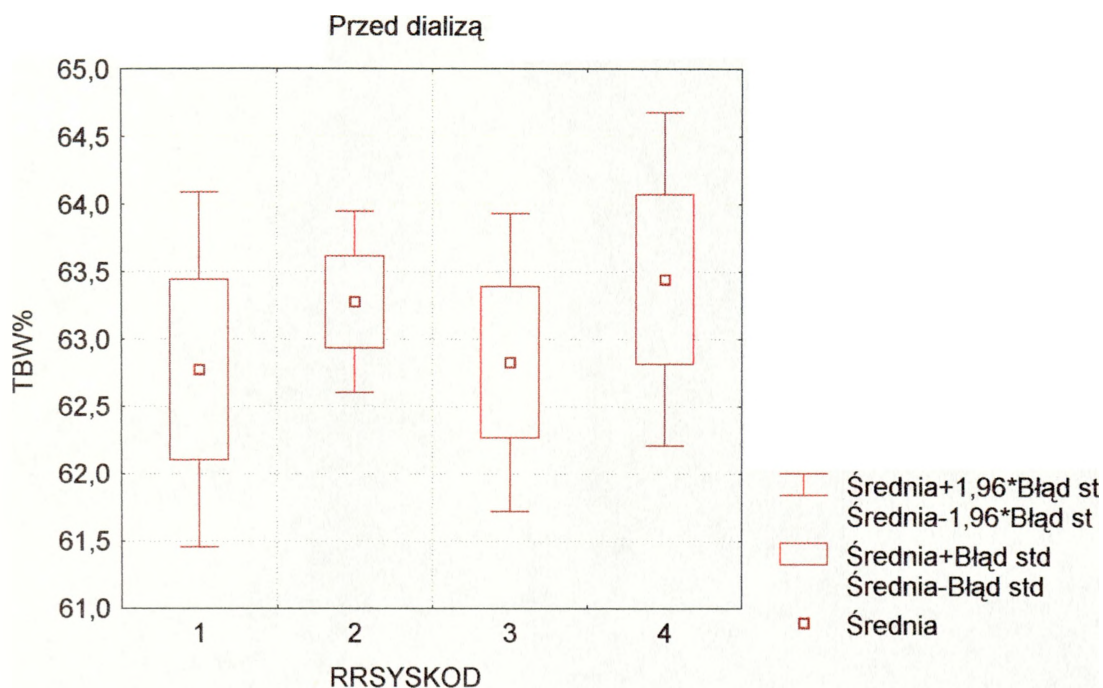
Ryc. 14. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci przed HD.

Wykazano, że wartość wskaźnika ECW/ICW rosła wraz ze wzrostem RR_R . Uzyskano znamienne statystycznie różnice między grupą dzieci z $RR_R < 50$ pc dla płci i wzrostu i pozostałymi grupami ($p < 0,05$).



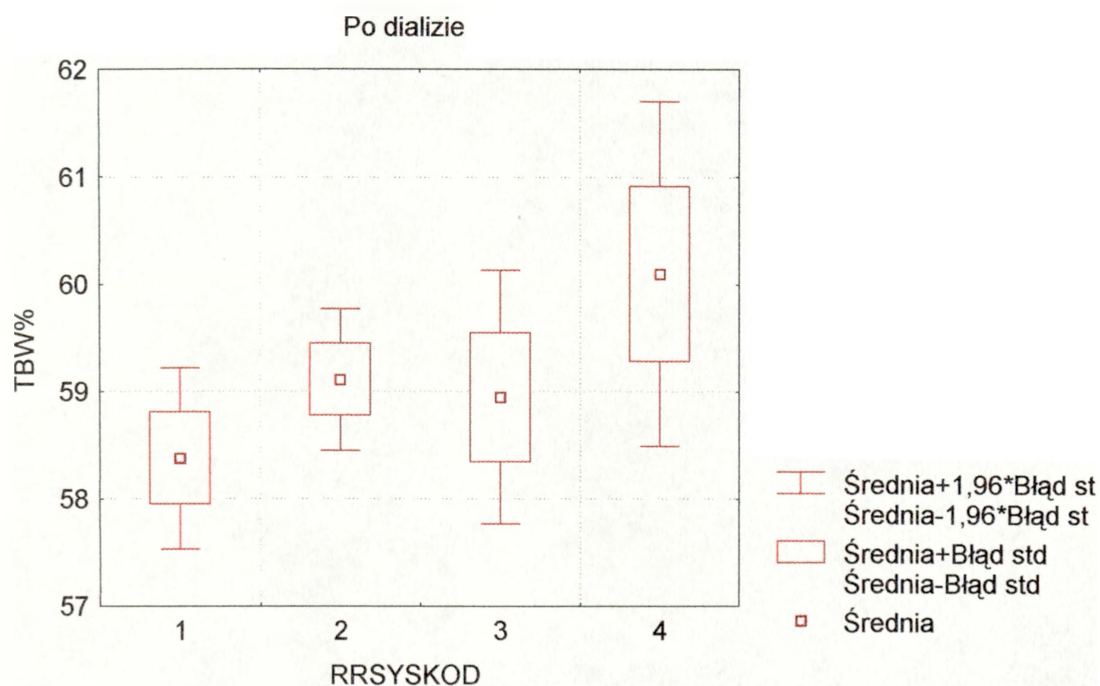
Ryc. 15. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci po HD.

Wykazano, że wartość wskaźnika ECW/ICW rosła wraz ze wzrostem RR_R . Uzyskano znamienne statystycznie różnice między grupą dzieci z $RR_R < 50$ pc dla płci i wzrostu i pozostałymi grupami ($p < 0,05$).



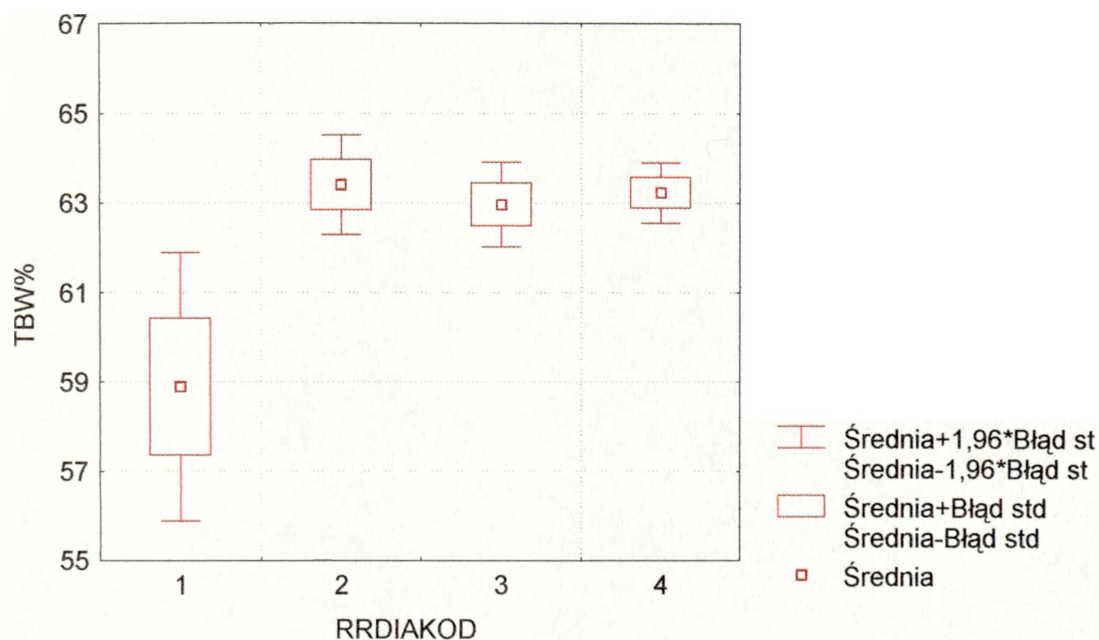
Ryc. 16. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci przed HD.

Nie stwierdzono zależności pomiędzy zawartością całkowitej wody ustroju w % masy ciała a wartością skurczowego ciśnienia tętniczego krwi u dzieci przed zabiegiem hemodializy.



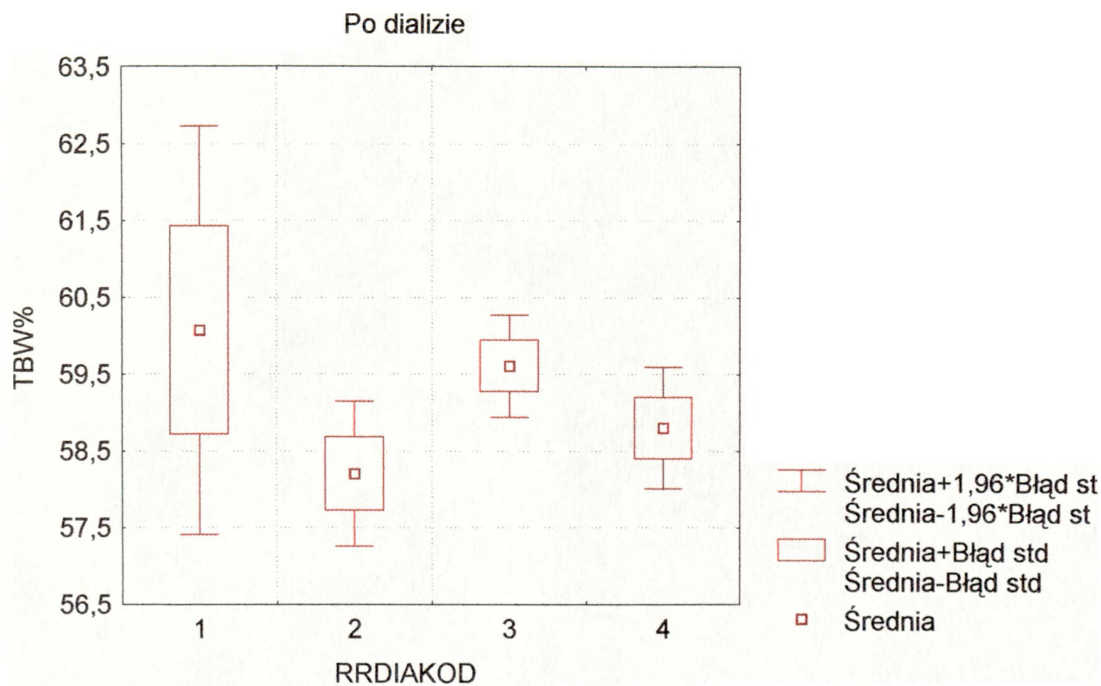
Ryc. 17. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci po HD.

Wykazano tendencję wzrostową skurczowego RR u dzieci po HD wraz ze zwiększającą się procentową zawartością TBW. Różnice pomiędzy grupami nie osiągnęły znaczenia statystycznego.



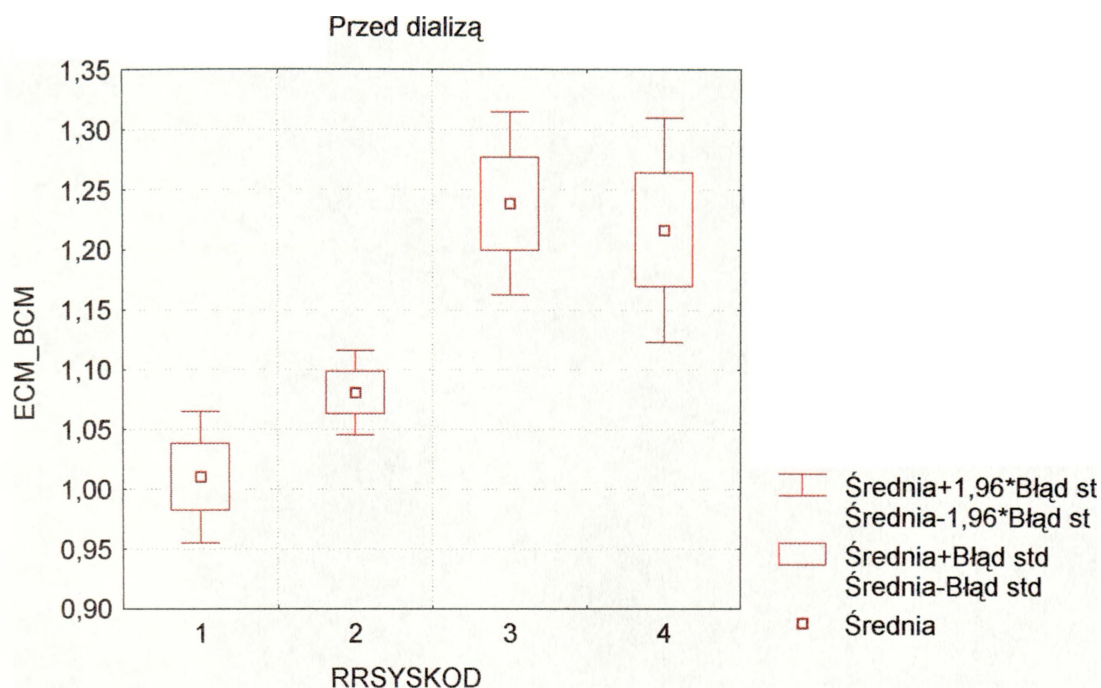
Ryc. 18. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci przed HD.

Stwierdzono znamienne niższą zawartość TBW u dzieci z RR rozkurczowym przed dializą poniżej 50 pc dla płci i wzrostu w porównaniu z pozostałymi grupami ($p < 0,05$).



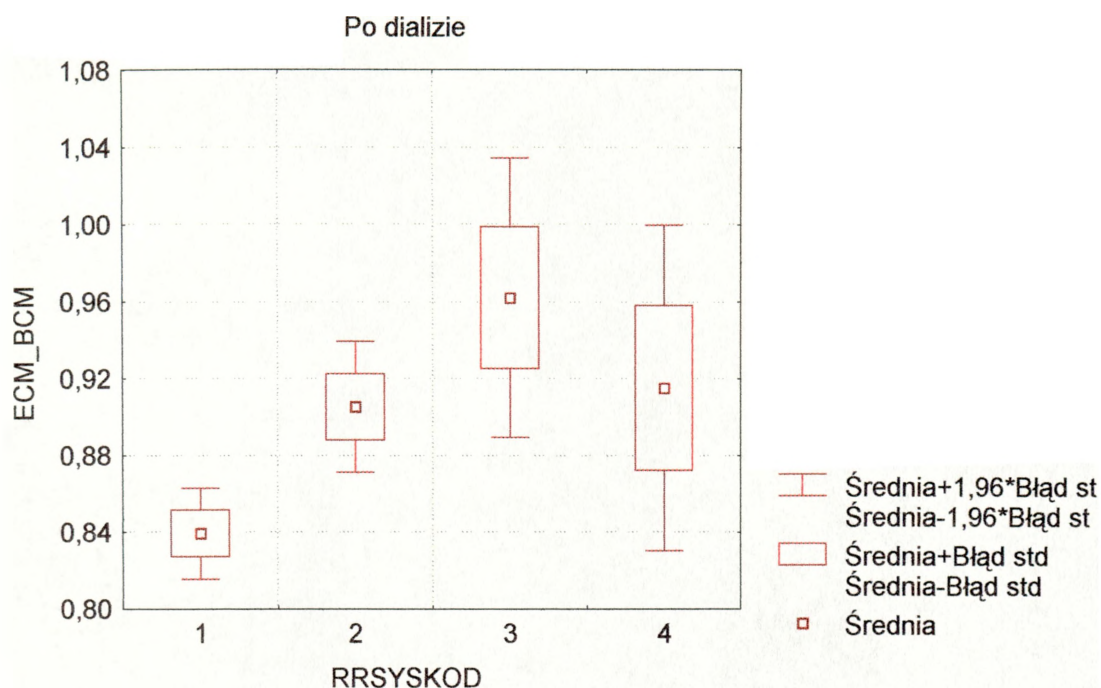
Ryc. 19. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci po HD.

Nie stwierdzono znamienych statystycznie różnic pomiędzy badanymi grupami.



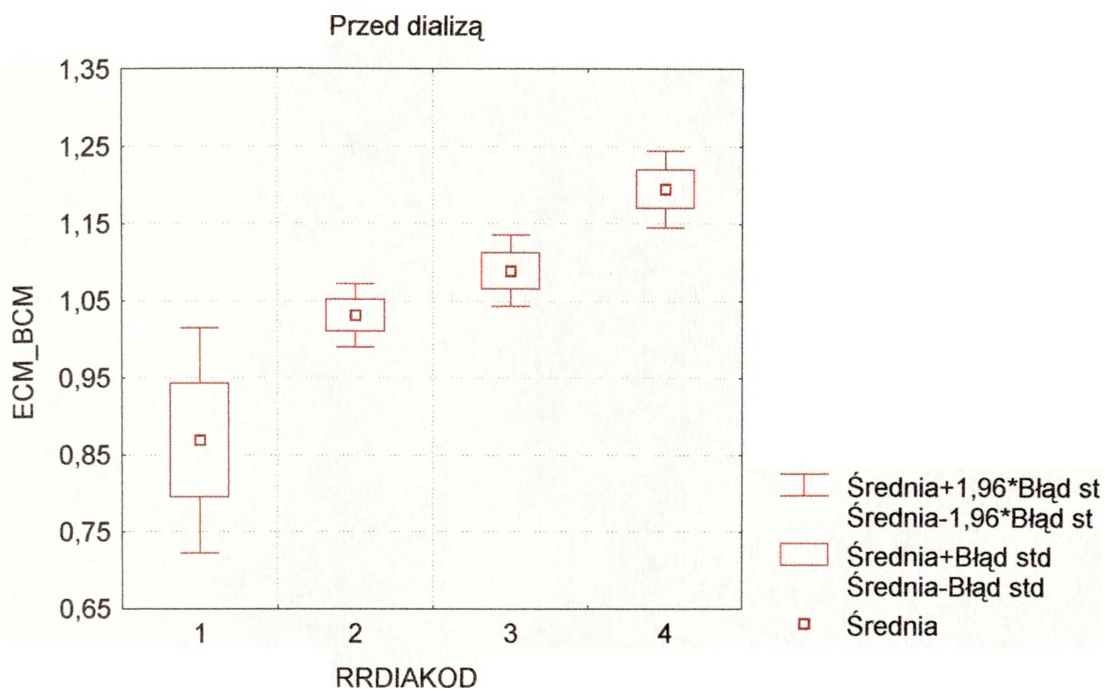
Ryc. 20. Porównanie wartości wskaźnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci przed HD.

Wykazano istotnie wyższe wartości wskaźnika ECM/BCM u dzieci z ciśnieniem skurczowym przed dializą > 95 pc dla płci i wzrostu oraz z ciężkim nadciśnieniem w porównaniu z grupą 1 i 2 ($p < 0,05$).



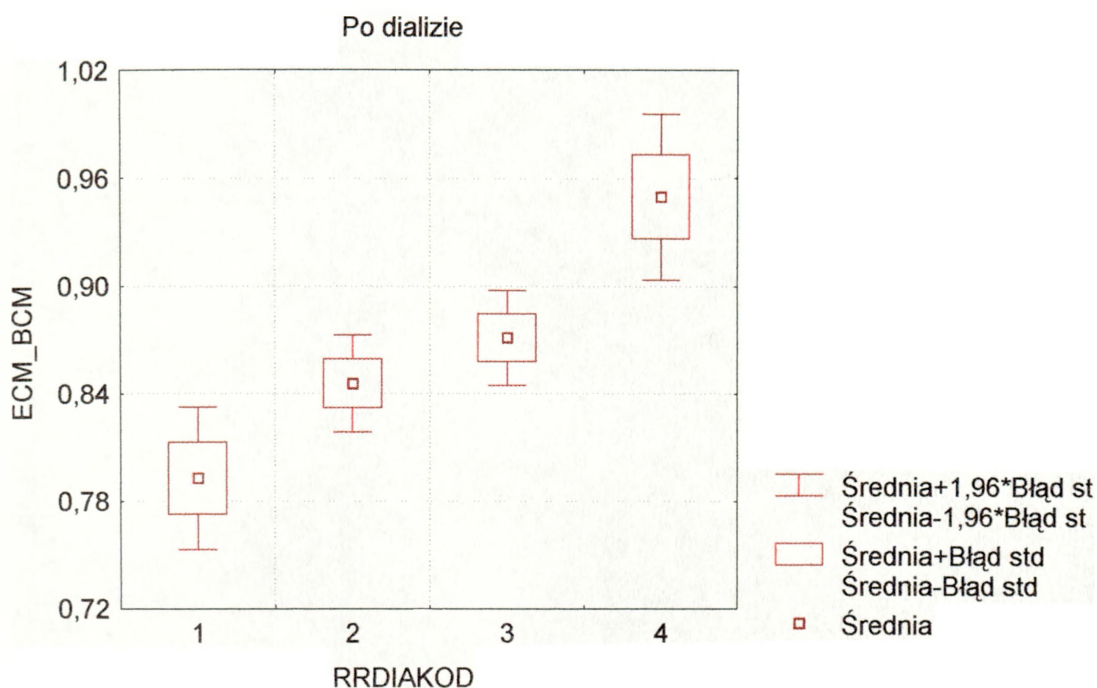
Ryc. 21. Porównanie wartości wskaźnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR u dzieci po HD.

Wykazano tendencję wzrostową skurczowego RR u dzieci po HD wraz ze wzrostem wskaźnika ECM/BCM. Stwierdzono znamiennej statystycznie różnicę między grupą dzieci z RRs < 50 pc i grupą z RRs > 50 pc i > 95 pc ($p < 0,05$).



Ryc. 22. Porównanie wartości wskaźnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci przed HD.

Wykazano tendencję wzrostową rozkurczowego RR u dzieci przed HD wraz ze wzrostem wskaźnika ECM/BCM. Stwierdzono znamiennej statystycznie różnicę między grupą dzieci z $RR_R < 50$ pc i grupą z $RR_R > 95$ pc i grupą dzieci z ciężkim nadciśnieniem ($p < 0,05$).



Ryc. 23. Porównanie wartości wskaźnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci HD wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR u dzieci po HD.

Wykazano tendencję wzrostową rozkurczowego RR u dzieci po HD wraz ze wzrostem wskaźnika ECM/BCM. Stwierdzono znamiennej statystycznie różnicę między grupą dzieci z $RR_R < 50$ pc i grupą z $RR_R > 95$ pc i grupą dzieci z ciężkim nadciśnieniem oraz między grupą 2 i 4 ($p < 0,05$).

Tabela 17. Porównanie wartości badanych parametrów BIA pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.

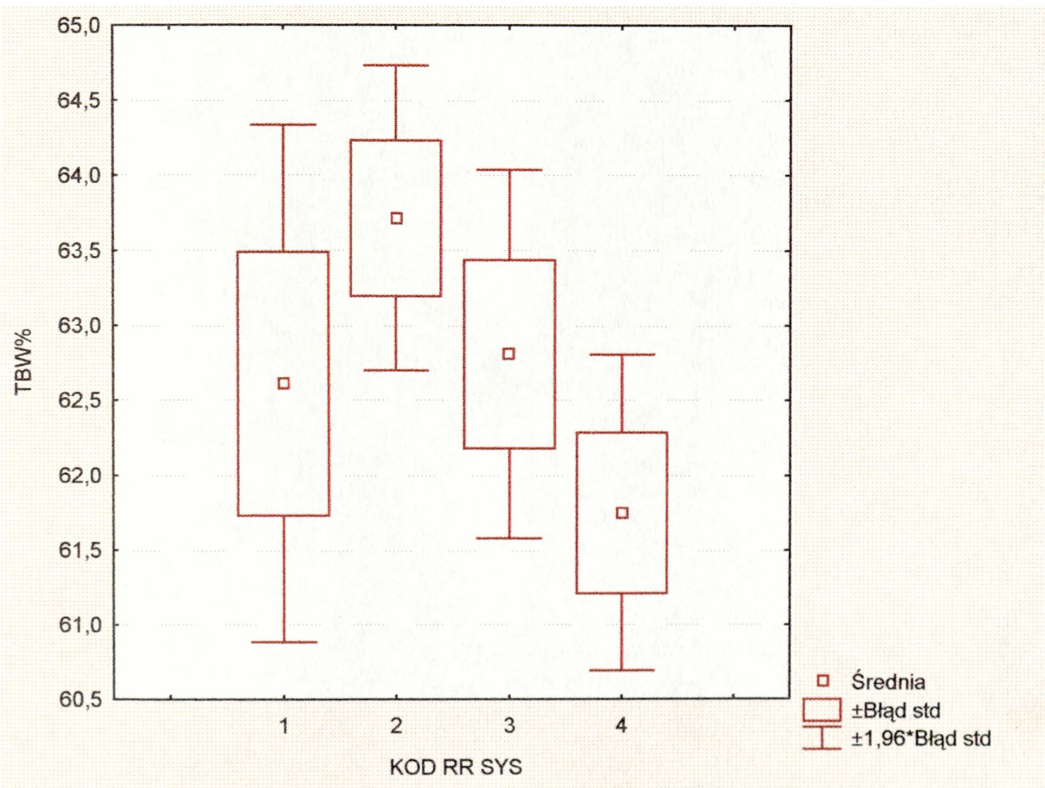
Parametr	Grupa dzieci DO			
	Z ciśnieniem skurczowym <50 percentyla (n=48)	Z ciśnieniem skurczowym w zakresie 50-95 percentyl (n=67)	Z ciśnieniem skurczowym > 95 percentyla (n=33)	Z ciśnieniem skurczowym o 30 mmHg większym niż wartość 95 percentyla (n=57)
TBW (%) – średnia [95%CI]	62,61 [60,84-64,38]	63,71 [62,68-64,75]	62,81 [61,53-64,09]	61,75 [60,67-62,83]
ECW / ICW - średnia [95%CI]	0,94 [0,88-0,99]	1,08 [1,02-1,13]	1,17 [1,08-1,26]	1,33 [1,25-1,40]
ECM / BCM - średnia [95%CI]	1,12 [1,03-1,21]	1,10 [1,03-1,17]	1,18 [1,08-1,27]	1,27 [1,20-1,33]

95%CI – 95% przedział ufności dla średniej

Tabela 18. Porównanie wartości badanych parametrów BIA pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.

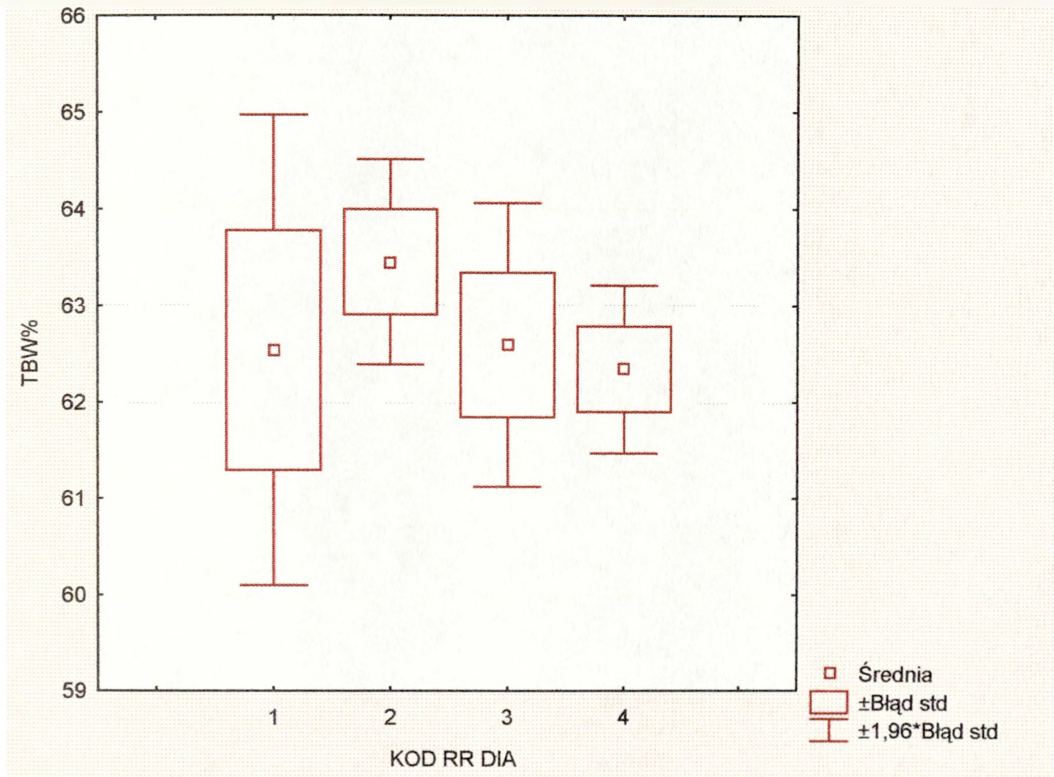
Parametr	Grupa dzieci DO			
	Z ciśnieniem rozkurczowym <50 percentyla (n=28)	Z ciśnieniem rozkurczowym w zakresie 50-95 percentyl (n=63)	Z ciśnieniem rozkurczowym > 95 percentyla (n=45)	Z ciśnieniem rozkurczowym o 30 mmHg większym niż wartość 95 percentyla (n=69)
TBW (%) – średnia [95%CI]	62,53 [59,98-65,08]	63,45 [62,36-64,53]	62,59 [61,08-64,10]	62,34 [61,46-63,22]
ECW / ICW - średnia [95%CI]	0,92 [0,86-1,00]	1,13 [1,07-1,20]	1,14 [1,04-1,23]	1,21 [1,14-1,27]
ECM / BCM - średnia [95%CI]	1,08 [0,99-1,18]	1,14 [1,06-1,22]	1,11 [1,04-1,17]	1,25 [1,19-1,31]

95%CI – 95% przedział ufności dla średniej



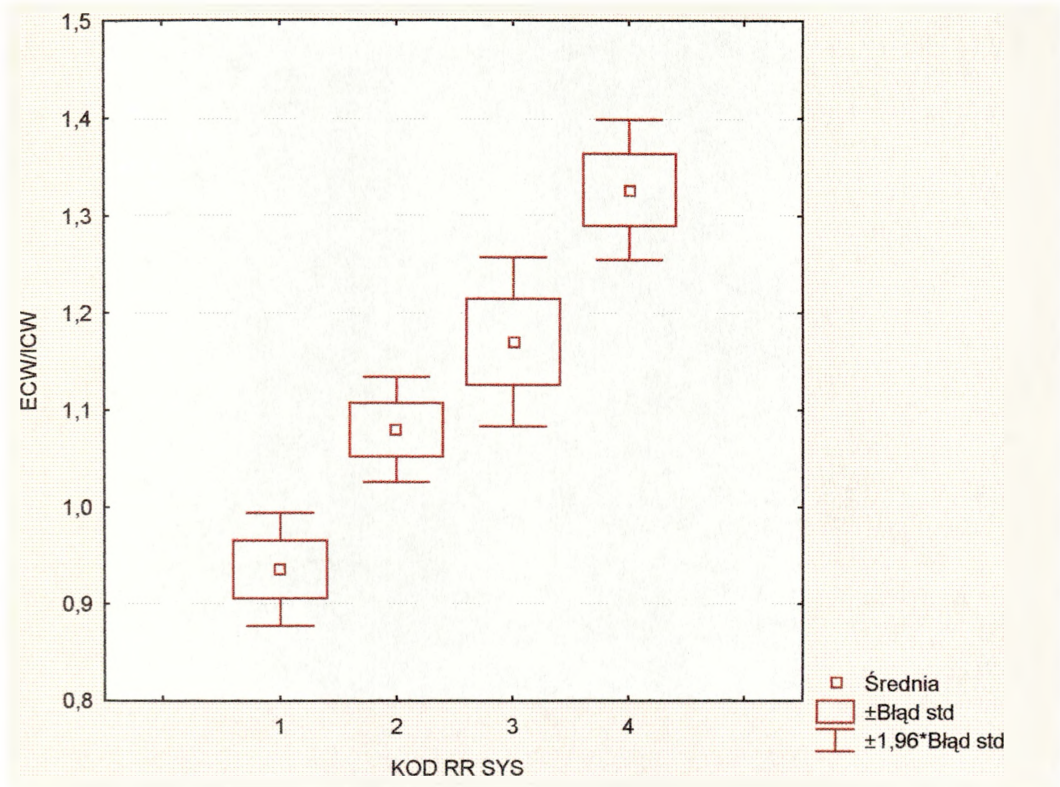
Ryc. 24. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR

Nie stwierdzono znamienych statystycznie różnic pomiędzy badanymi grupami.



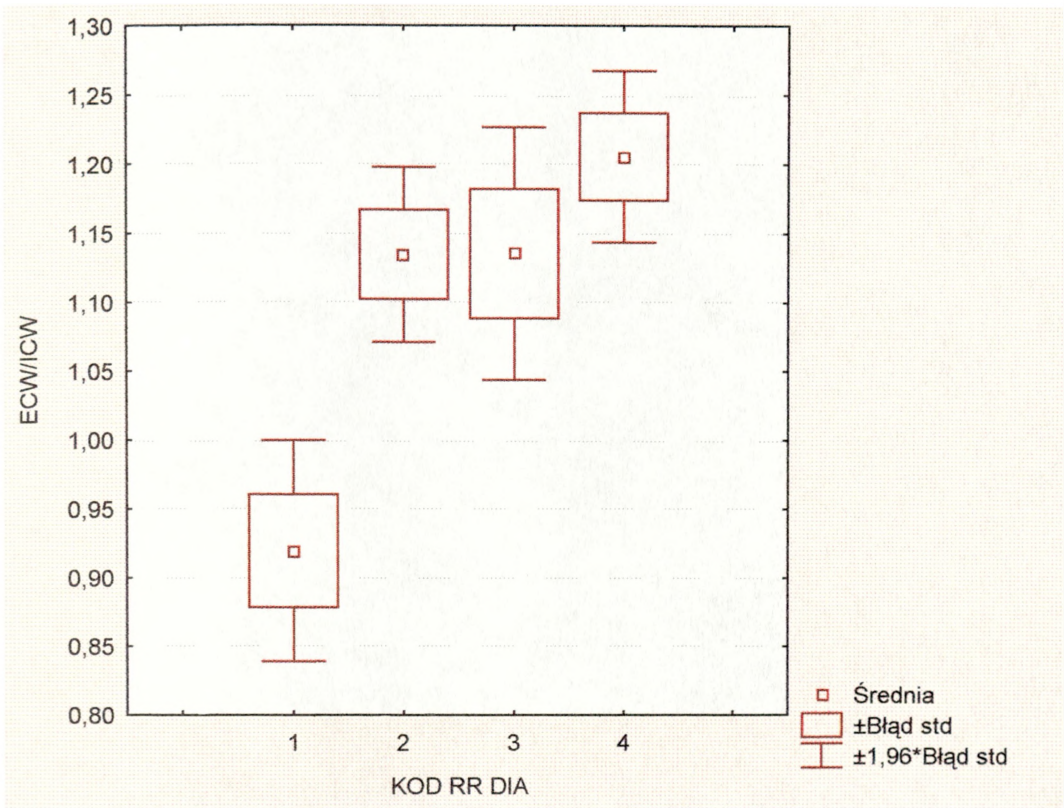
Ryc. 25. Porównanie ilości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.

Nie stwierdzono znamienych statystycznie różnic pomiędzy ocenianymi grupami.



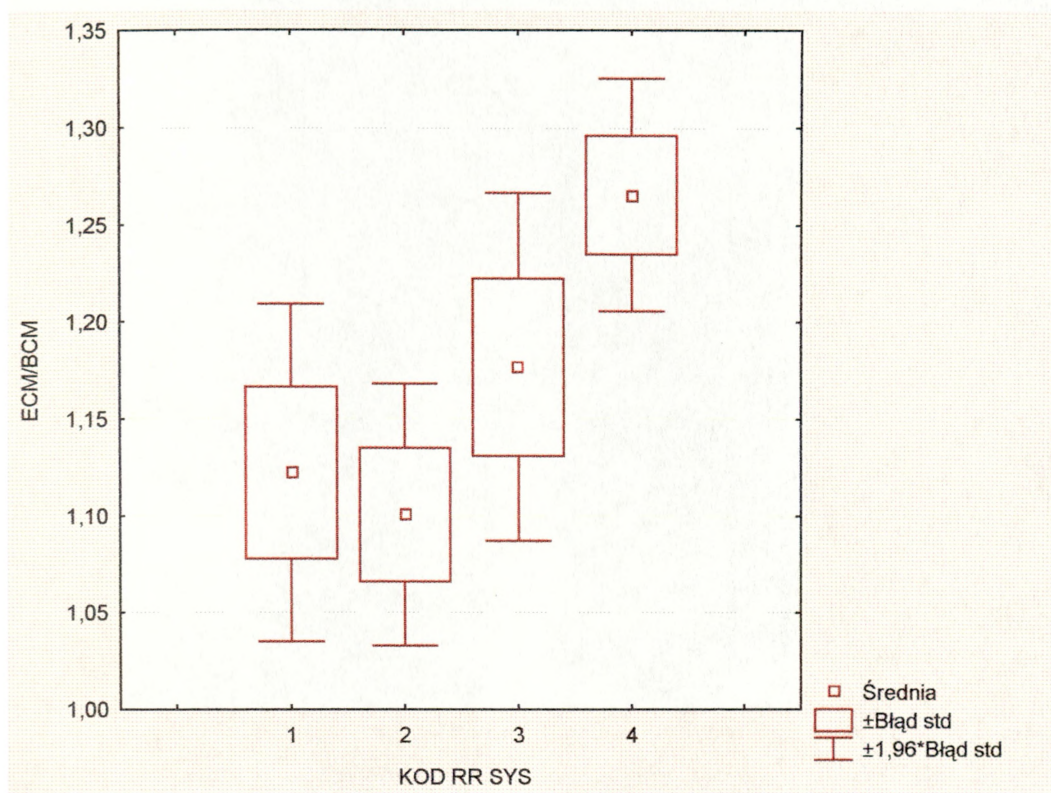
Ryc. 26. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.

Wykazano tendencję wzrostową skurczowego RR u dzieci DO wraz ze wzrostem wskaźnika ECW/ICW. Stwierdzono znamiennej statystycznie różnicę między grupą dzieci z RRs < 50 pc i pozostałymi grupami ($p < 0,05$) oraz między dziećmi z prawidłowym ciśnieniem skurczowym i grupą z ciężkim nadciśnieniem ($p < 0,05$).



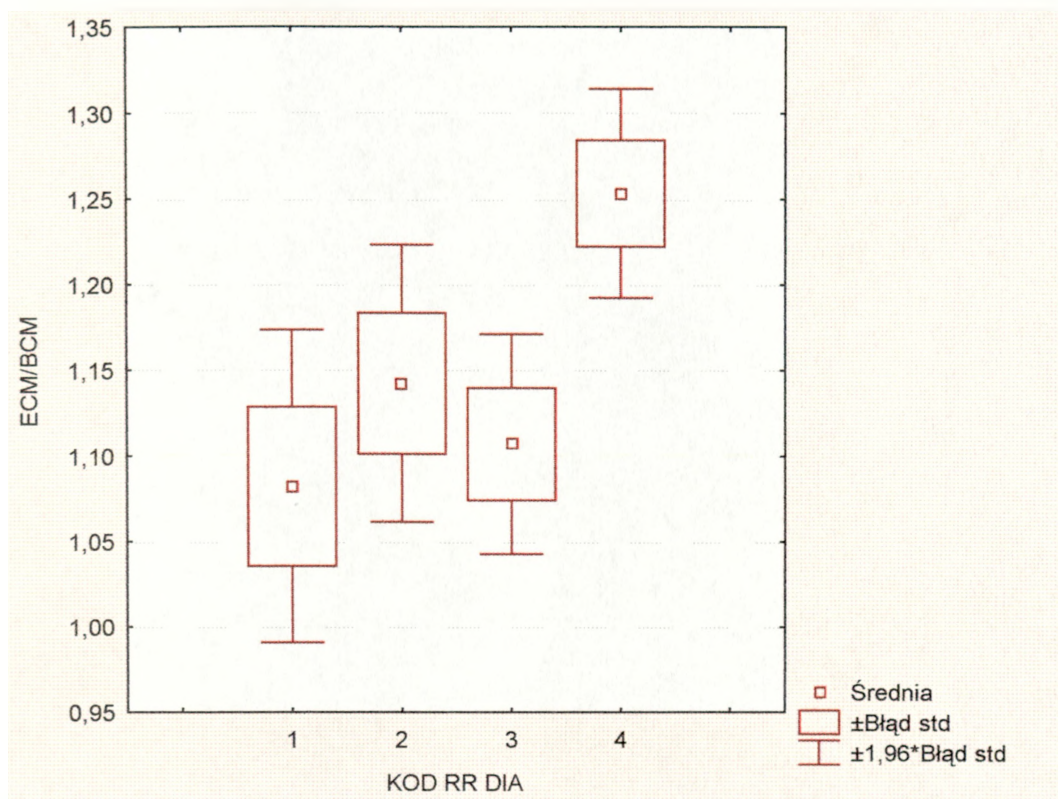
Ryc. 27. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.

Wykazano tendencję wzrostową rozkurczowego RR u dzieci DO wraz ze wzrostem wskaźnika ECW/ICW. Stwierdzono znamiennej statystycznie różnicę między grupą dzieci z $RR_R < 50$ pc i pozostałymi grupami ($p < 0,05$).



Ryc. 28. Porównanie wartości współczynnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.

Wykazano tendencję wzrostową skurczowego RR u dzieci DO wraz ze wzrostem wskaźnika ECM/BCM. Stwierdzono znamiennej statystycznie różnicę między grupą dzieci z RRs między 50 a 95 pc i grupą z ciężkim nadciśnieniem ($p < 0,05$).



Ryc. 29. Porównanie wartości współczynnika ECM/BCM pomiędzy podgrupami dzieci DO wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.

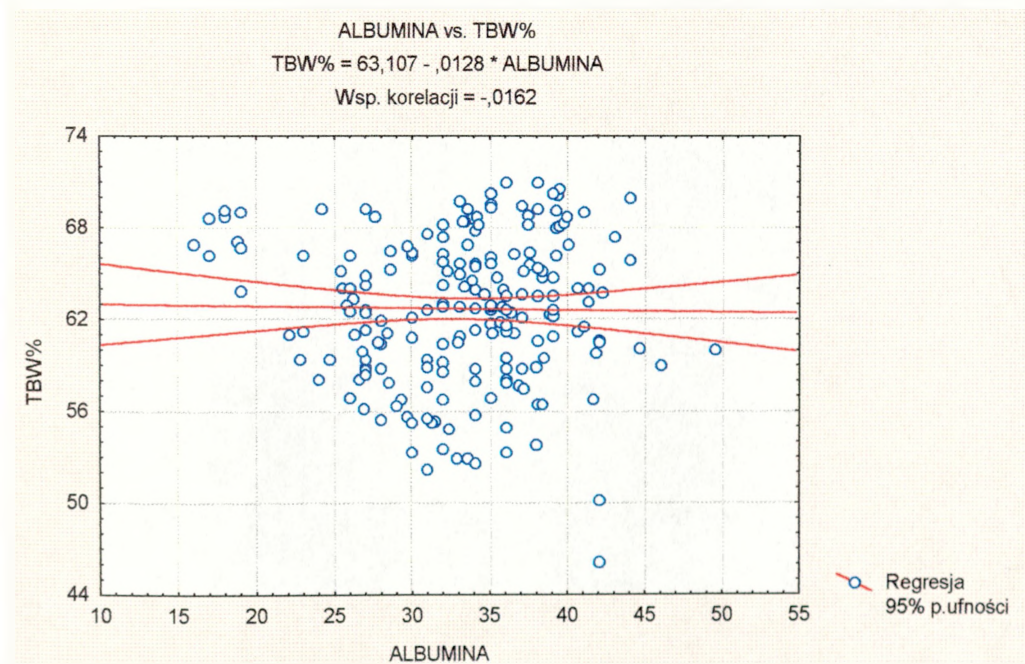
Nie stwierdzono różnic znamiennych statystycznie w zakresie ECM/BCM pomiędzy dziećmi z prawidłowym ciśnieniem i nadciśnieniem. Dzieci z ciężkim nadciśnieniem miały istotnie wyższe wartości wskaźnika ECM/BCM niż dzieci z $RR_R > 95$ pc ($p < 0,05$).

4.6. Stężenie albuminy i wyniki bioimpedancji u dzieci leczonych metodą CADO

Stężenie albuminy w surowicy w badanej grupie wynosiło **33,21± 6,06 g/l**.

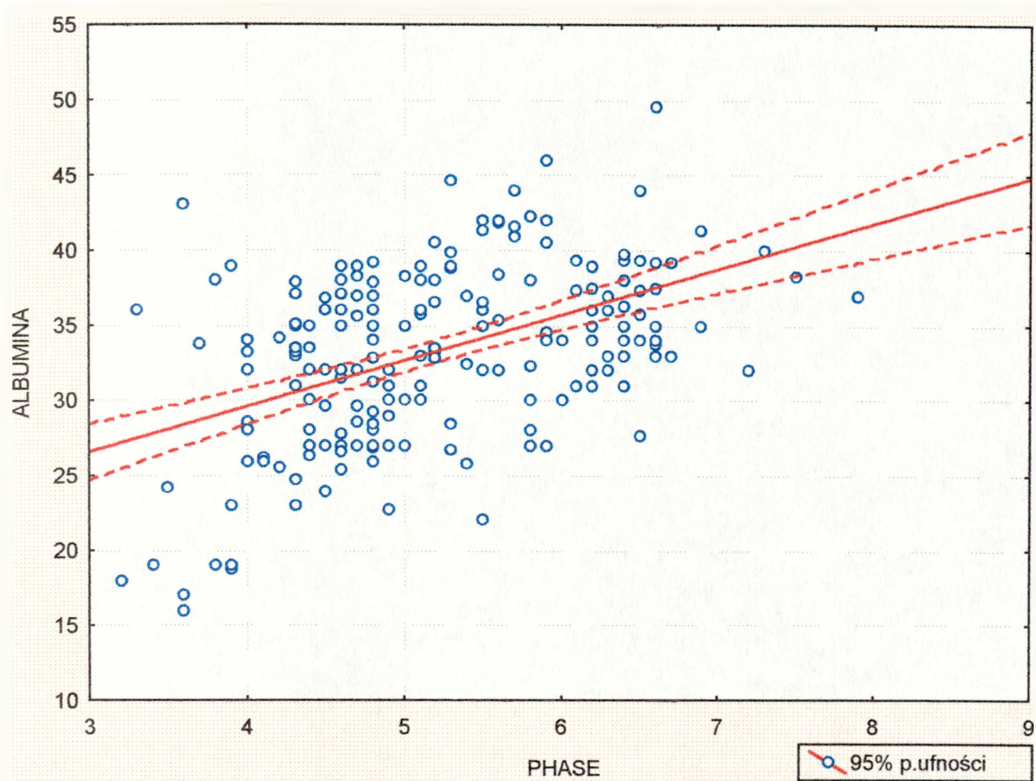
Tabela 19. Korelacja pomiędzy stężeniem albuminy a wynikami bioimpedancji u dzieci leczonych CADO.

Parametr	r	p
TBW(%BW)	-0.02	NS
Kąt fazowy	0.476	0.001
ECW/ICW	-0.37	0.001
ECM/BCM	-0.57	0.001



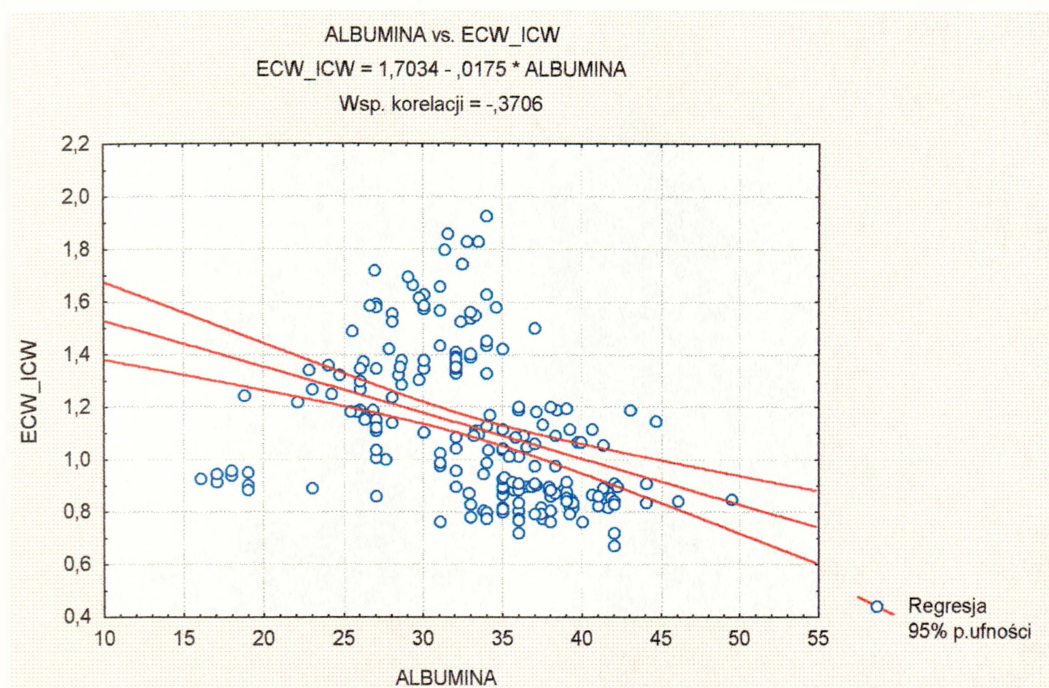
Ryc. 30. Korelacja pomiędzy stężeniem albuminy a całkowitą wodą ustroju (wyrażoną w % masy ciała).

Nie stwierdzono zależności między stężeniem albuminy i zawartością TBW u dzieci dializowanych otrzewnowo.



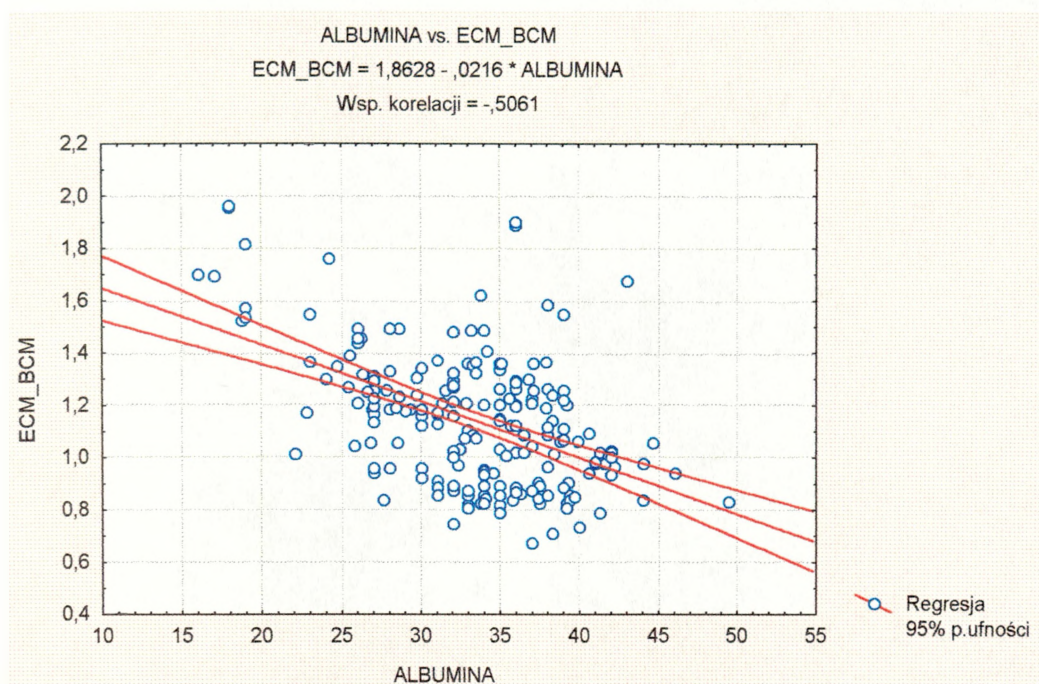
Ryc. 31. Korelacja pomiędzy stężeniem albuminy a kątem fazowym.

Znaleziono znamiennej statystycznie korelację pomiędzy stanem odżywienia wyrażonym stężeniem albuminy a kątem fazowym mierzonym przy pomocy BIA ($r=0,476$, $p=0,001$).



Ryc. 32. Korelacja pomiędzy stężeniem albuminy a współczynnikiem ECW/ICW.

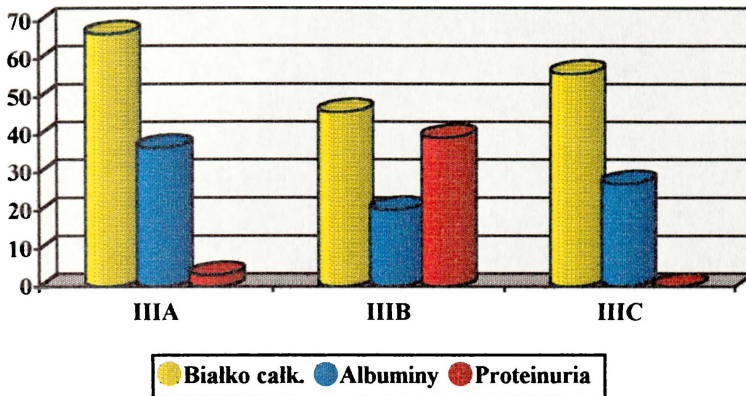
Stwierdzono znamiennej statystycznie ujemną korelację pomiędzy przewodnieniem pozakomórkowym wyrażonym wskaźnikiem ECW/ICW a stężeniem albuminy u dzieci dializowanych otrzewnowo ($r = -0,3706$, $p = 0,001$).



Ryc. 33. Korelacja pomiędzy stężeniem albuminy a współczynnikiem ECM/BCM.

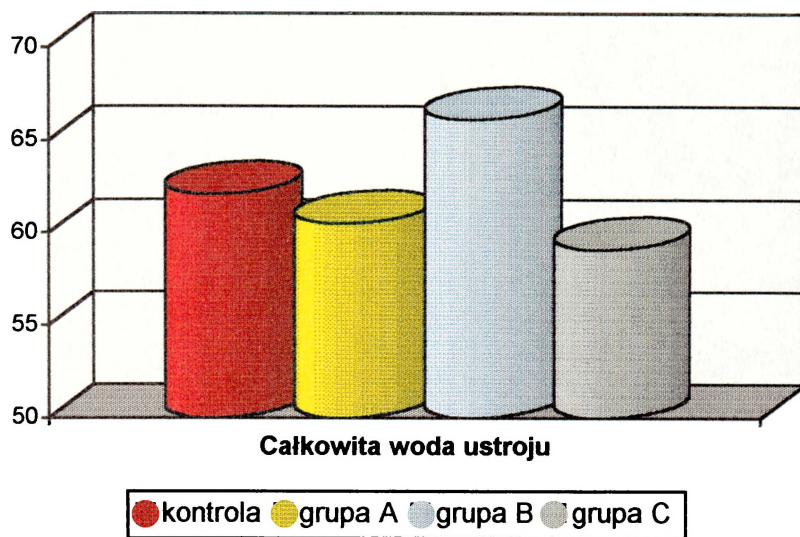
Stwierdzono ujemną, zmienną statystycznie korelację pomiędzy stężeniem albumin a dystrybucją płynów ustrojowych potwierdzającą skłonność do przewodnienia pozakomórkowego u dzieci z niskim stężeniem albuminy (Tab. 19, Ryc. 32, 33) przy jednoczesnym braku korelacji pomiędzy całkowitą wodą ustroju a stężeniem albuminy (Ryc. 30). Wykazano dodatnią korelację pomiędzy stężeniem albuminy i kątem fazowym (Ryc. 31).

4.7. Stan nawodnienia i badane parametry bioimpedancji u dzieci z zespołem nerczycowym



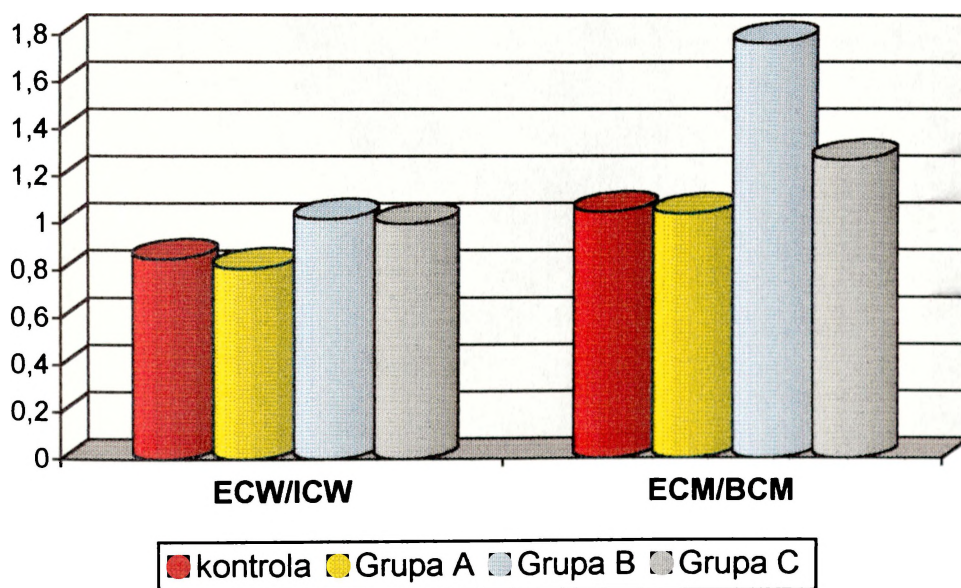
Ryc. 34. Stężenie białka całkowitego, albumin i białkomocz w badanych grupach dzieci z zespołem nerczycowym.

W grupie III A u dzieci w remisji klinicznej zespołu nerczycowego stężenie białka całkowitego w surowicy wynosiło średnio 66,7 g/l, albumin 36,6 g/l, a białkomocz 3,1 g/l. U pacjentów z rzutem zespołu nerczycowego i obrzękami (Grupa III B) znacznemu spadkowi stężenia białka całkowitego (46,0 g/l) i albumin (20,3 g/l) w surowicy towarzyszył masywny białkomocz (39,3 g/l). Wraz z ustąpieniem obrzęków u dzieci (Grupa III C) stężenie białka całkowitego (56,2 g/l) i albumin (27,1 g/l) nieznacznie wzrosło nie osiągając jednak wartości prawidłowych.



Ryc. 35. Średnie wartości całkowitej wody ustroju wyrażonej jako procent masy ciała.

Całkowita woda ustroju była najwyższa w grupie dzieci z obrzękami (IIIB) (Ryc. 35).



Ryc. 36. Średnie wartości współczynników ECM/BCM i ECW/ICW w badanych grupach.

Wartości wskaźników ECW/ICW i ECM/BCM u dzieci z ZN w okresie remisji (Grupa III A) nie różniły się od wartości w grupie dzieci zdrowych.

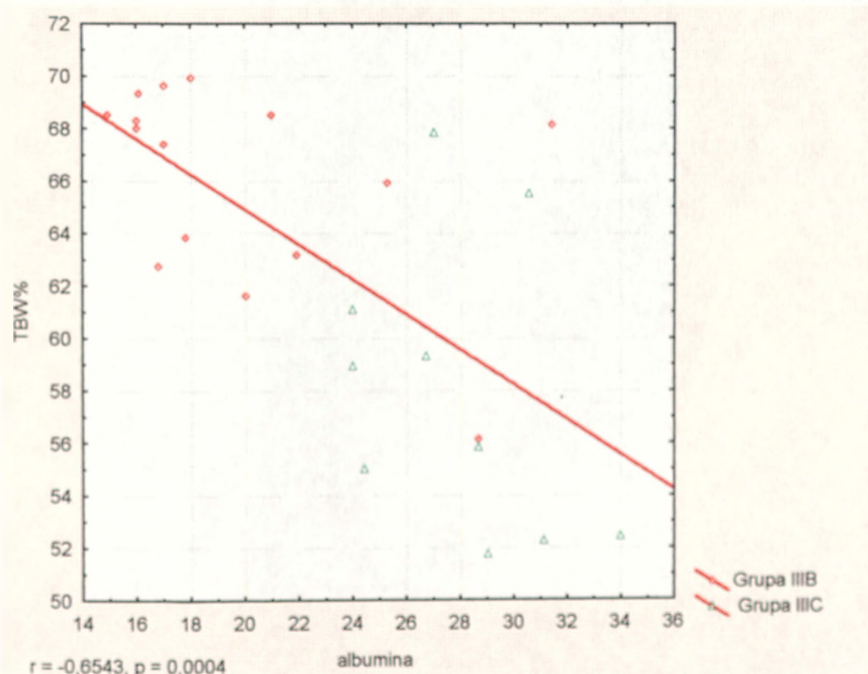
Najwyższą wartość wskaźnika ECM/BCM stwierdzono u dzieci z obrzękami (Grupa III B). Odpowiednie dane liczbowe przedstawiono w tabeli 20.

Tabela 20. Porównanie wybranych parametrów w badanych grupach dzieci z zespołem nerczycowym.

Parametr	Grupa A		Grupa B		Grupa C		p		
	x	SD	x	SD	x	SD	A vs B	A vs C	B vs C
Wiek	14,01	4,39	9,77	4,00	9,84	4,02	0,02		
Wzrost	1,55	0,20	1,35	0,21	1,35	0,21	0,03		
R50	625	82,72	510	91,09	661,47	85,21	0,01	0,81	0,00
Xc50	60,11	8,34	33,33	10,81	55,00	11,43	0,00	0,47	0,00
Φ	5,57	0,91	3,71	0,83	4,71	0,72	0,00	0,73	0,00
TBW l	29,00	8,30	24,57	9,88	20,29	7,50	0,27	0,63	0,19
TBW%	60,51	5,85	66,08	3,84	59,14	5,18	0,01	0,16	0,00
ECW	12,72	3,12	11,97	4,09	9,61	2,73	0,64	0,45	0,07
ICW	16,28	5,26	12,59	5,83	10,68	4,83	0,13	0,79	0,34
ECW/ICW	0,81	0,11	1,02	0,20	1,00	0,27	0,01	0,08	0,81
BCM	19,86	6,68	12,67	5,60	12,51	5,01	0,01	0,54	0,94
ECM	19,78	5,27	20,88	8,70	15,21	5,47	0,74	0,16	0,04
ECM/BCM	1,04	0,20	1,77	0,55	1,27	0,29	0,00	0,01	0,00

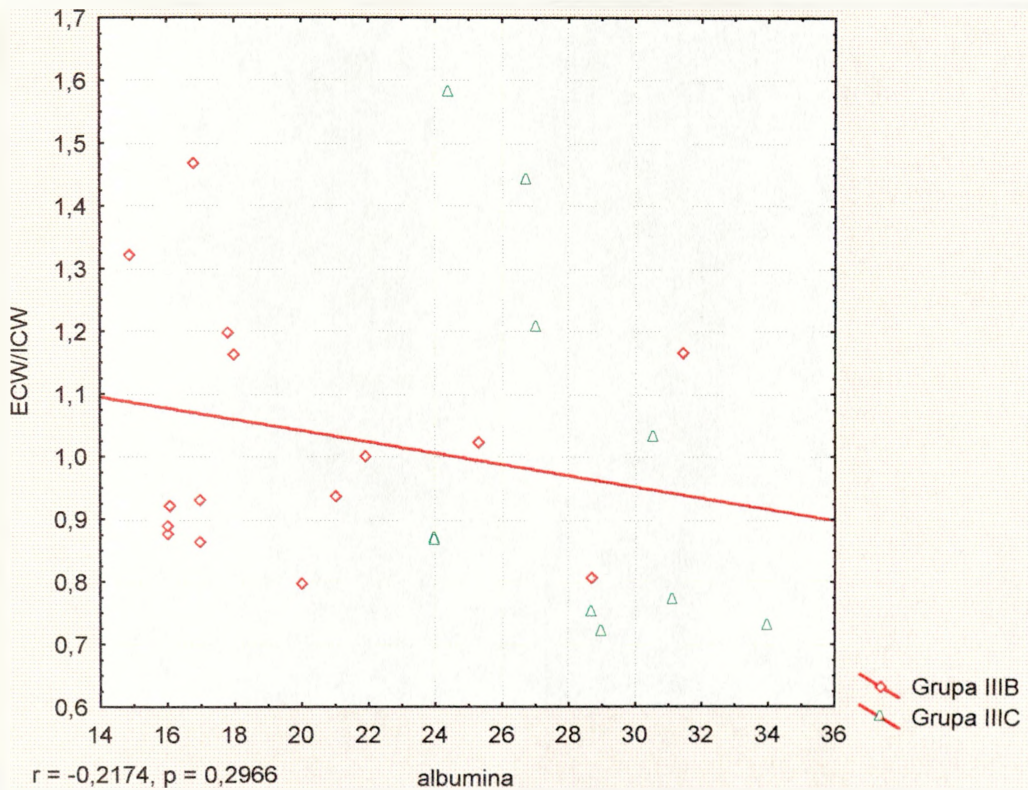
W grupie III A opór elektryczny (R) przy częstotliwości 50 Hz wynosił średnio 625 Ω , a Xc (opór pojemnościowy) 60,1 Ω . W grupie III B wartości te przy przyjęciu były znacznie niższe (R = 510, Xc = 33,3) i wraz z ustępowaniem obrzęków obserwowano wzrost obydwu parametrów. Jedną z wartości wyjściowych, mierzonych bezpośrednio w trakcie pomiaru jest kąt przesunięcia fazowego Φ . Kąt ten jest proporcjonalny do masy komórek w organizmie i zależny od integralności błon komórkowych. W grupie III A Φ był w normie (średnio 5,57), natomiast u dzieci z obrzękami (Grupa III B) wartość ta była znacznie statystycznie niższa (śr. 3,71). Po ustąpieniu obrzęków kąt przesunięcia fazowego w grupie III C wynosił średnio 4,71, nie osiągając jednak wartości prawidłowych. Całkowita woda ustroju (TBW) wyliczona z pomiaru impedancji stanowiła w

grupie III A – 60,51% masy ciała, u dzieci z obrzękami (Grupa III B) – 66,08%, przy pomiarach końcowych (Grupa III C) 59,14%. Wyrażona w wartościach bezwzględnych całkowita woda ustroju, przestrzeń wodna pozakomórkowa i śródkomórkowa różniła się pomiędzy grupami, nie osiągając jednak znamienności statystycznej. Ważnym parametrem w ocenie stanu nawodnienia jest stosunek masy ciała pozakomórkowej do masy komórek (ECM/BCM). Najwyższą wartość ECM/BCM stwierdzono u dzieci z obrzękami równą 1,77 (Grupa III B). W trakcie obserwacji wraz z ustępowaniem obrzęków stosunek ten zmniejszał się stopniowo do wartości 1,27 u pacjentów, u których nie stwierdzano już obrzęków (Grupa III C). Był jednak nadal znamienne wyższy od wartości uzyskanych u dzieci z grupy III A (1,04). Podobnie stosunek wody pozakomórkowej do śródkomórkowej był znamienne wyższy u dzieci z obrzękami i obniżał się w trakcie ustępowania obrzęków.



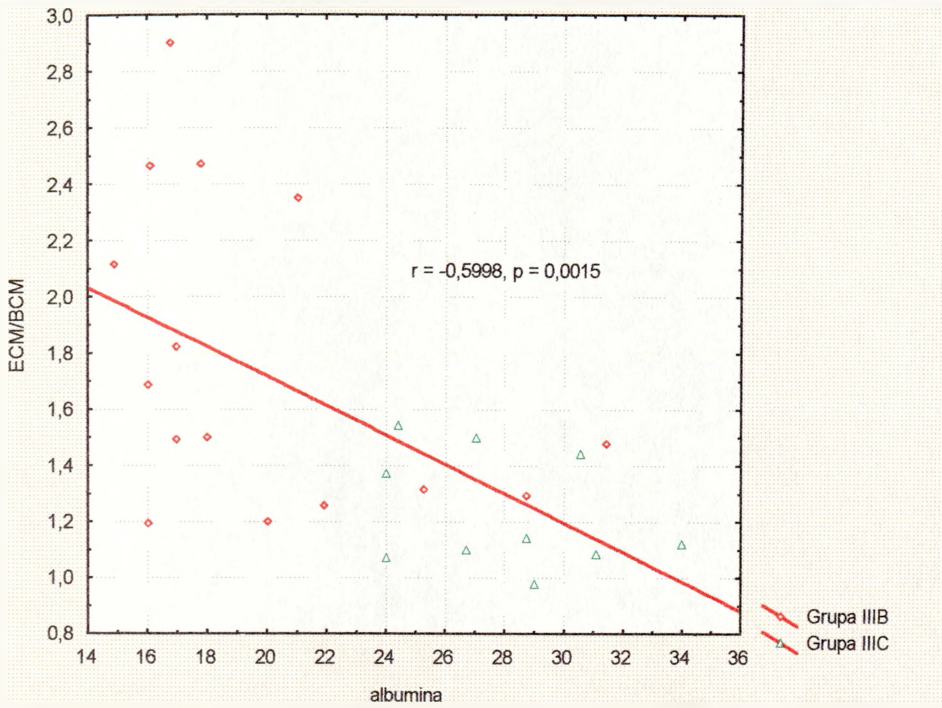
Ryc. 37. Korelacja pomiędzy zawartością TBW w % masy ciała a stężeniem albuminy u dzieci z ZN i obrzękami.

Wykazano znamiennej statystycznie ujemną korelację pomiędzy zawartością całkowitej wody ustroju i stężeniem albuminy w surowicy u dzieci z rzutem zespołu nerczycowego ($r = -0,654$, $p = 0,0004$).



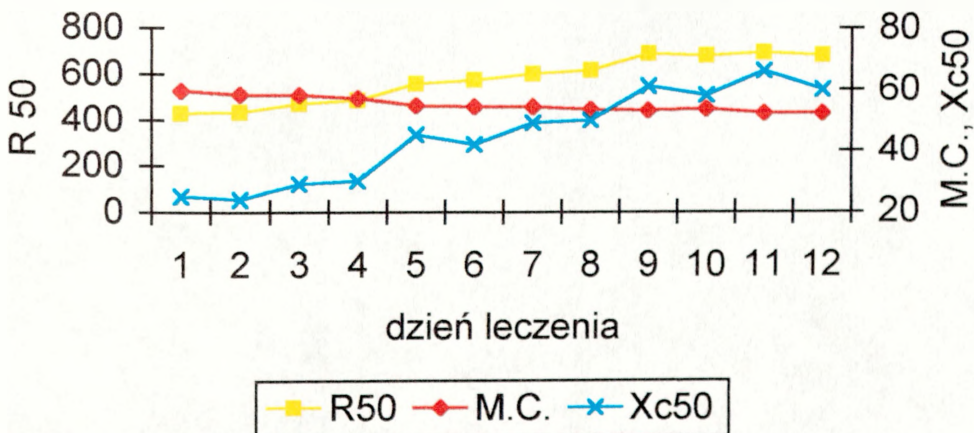
Ryc. 38. Korelacja pomiędzy wskaźnikiem ECW/ICW a stężeniem albuminy u dzieci z ZN i obrzękami.

Wykazano ujemną korelację pomiędzy wskaźnikiem ECW/ICW i stężeniem albuminy w surowicy u dzieci z rzutem zespołu nerczycowego ($r = -0,217$, $p = 0,296$).



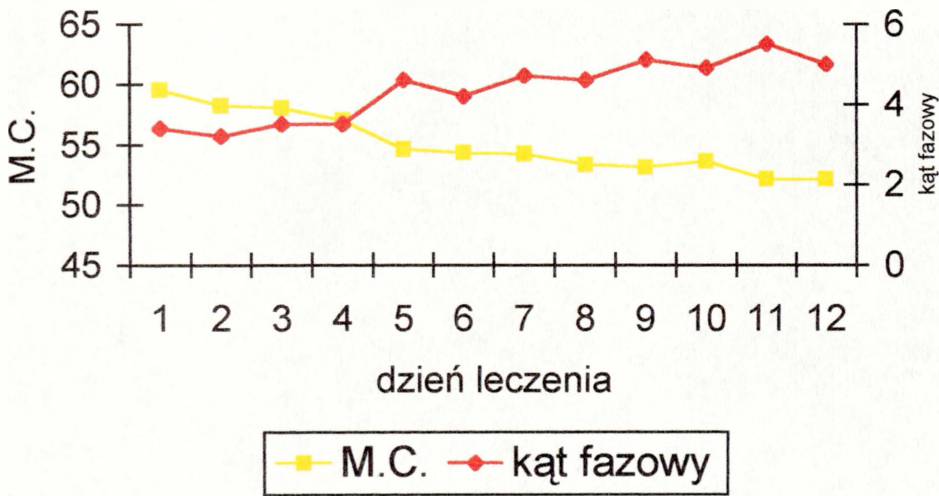
Ryc. 39. Korelacja pomiędzy wskaźnikiem ECM/BCM a stężeniem albuminy u dzieci z ZN i obrzękami.

Wykazano znamioną statystycznie ujemną korelację pomiędzy wskaźnikiem ECM/BCM i stężeniem albuminy w surowicy u dzieci z rzutem zespołu nerczycowego ($r = -0,599$, $p = 0,0015$).



Ryc.40. Wybrane parametry (masa ciała-M.C., rezystancja 50Hz- R50 i reaktancja 50Hz- Xc50) u pacjentki M.M. podczas leczenia rzutu zespołu nerczycowego.

W trakcie obserwacji stwierdzono stopniowy ubytek masy ciała związany z ustępowaniem obręzków oraz zależność pomiędzy obniżającą się masą ciała i wzrostem mierzonego oporu elektrycznego (R) i oporu pojemnościowego (X_c).

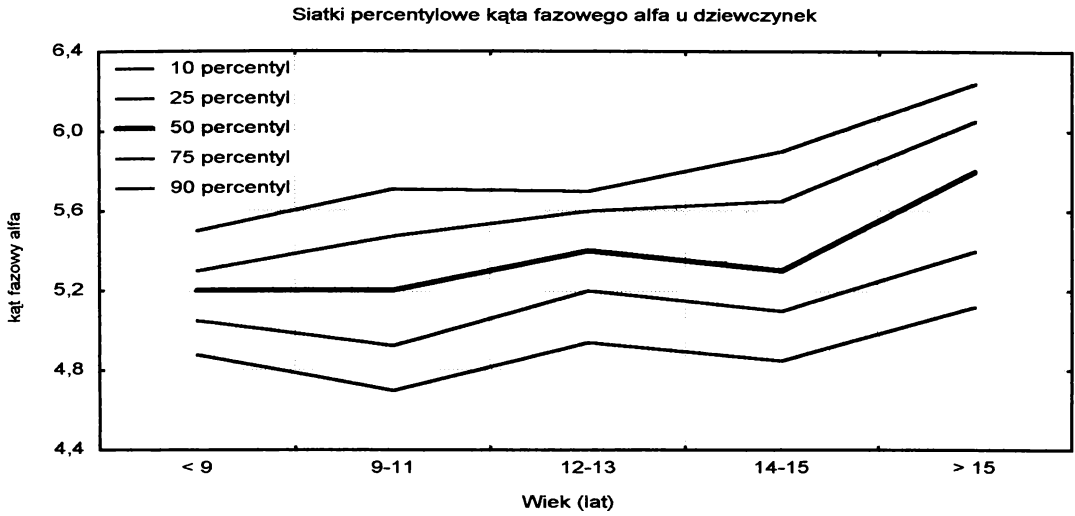


Ryc. 41. Wybrane parametry (masa ciała-M.C., kąt fazowy) u pacjentki M.M. podczas leczenia rzutu zespołu nerczycowego.

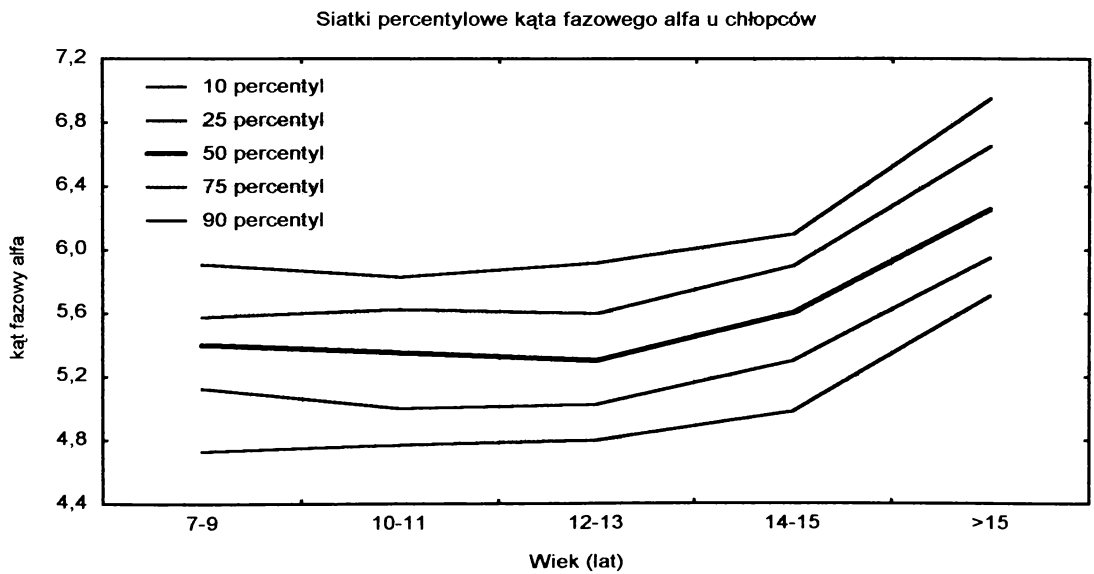
Wykazano zależność pomiędzy ubytkiem masy ciała i wzrostem wartości kąta fazowego w trakcie leczenia rzutu ZN.

4.8. Siatki percentylowe bioimpedancji dla dzieci zdrowych w odniesieniu do płci i wieku

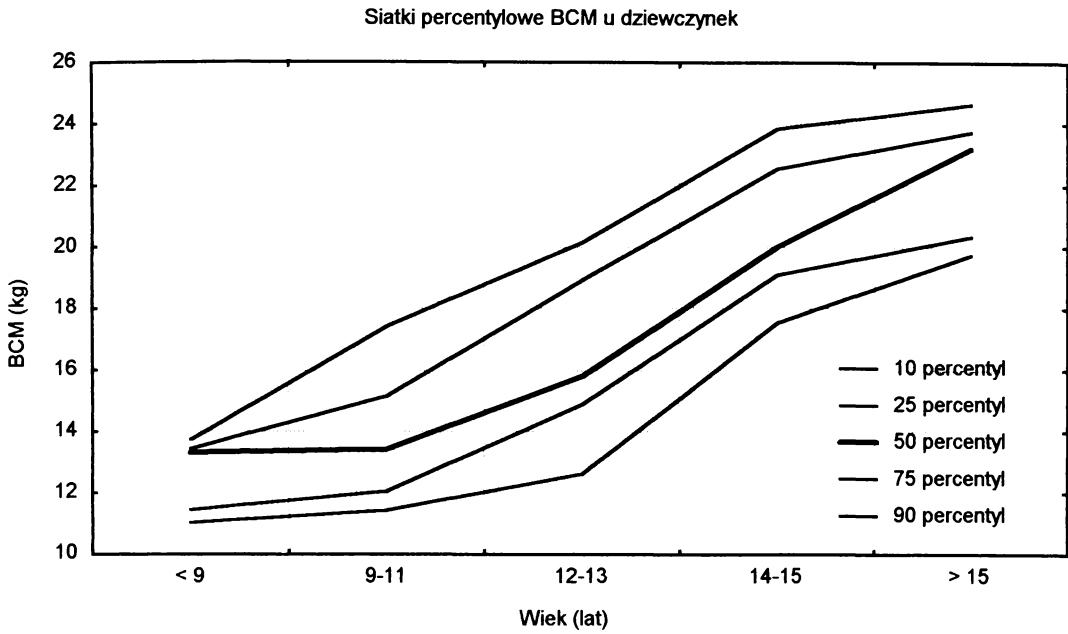
Na podstawie wyników pomiarów bioimpedancji w grupie dzieci zdrowych (uczniów 2 szkół krakowskich) wyznaczono siatki percentylowe w odniesieniu do płci i wieku.



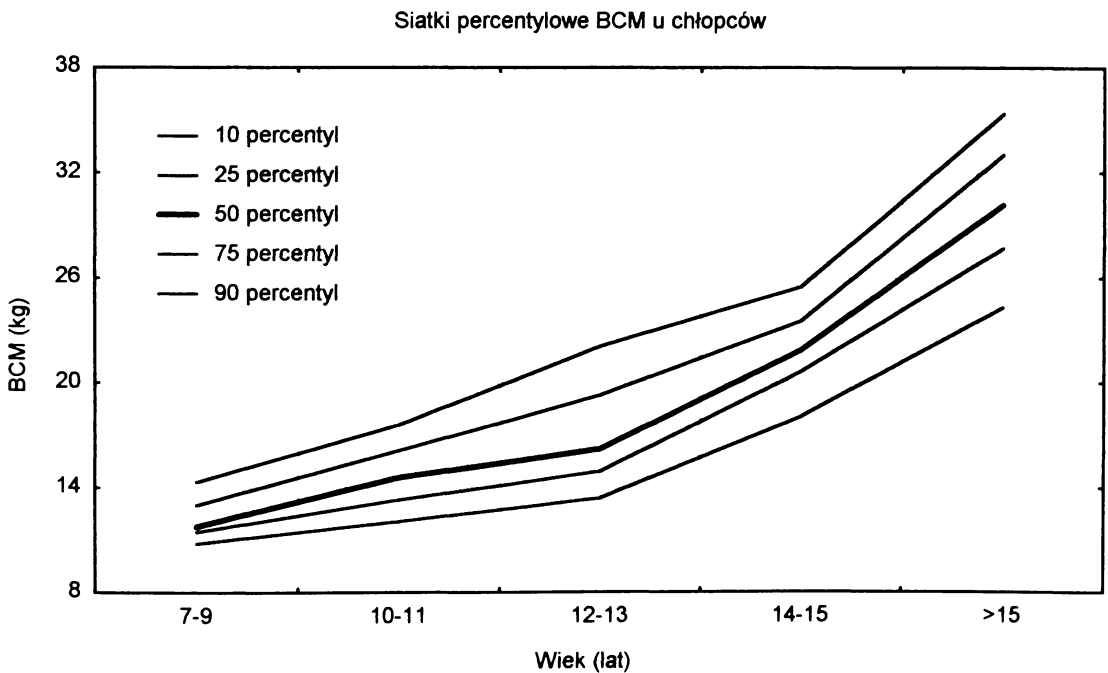
Ryc. 42. Siatki percentylowe kąta fazowego u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



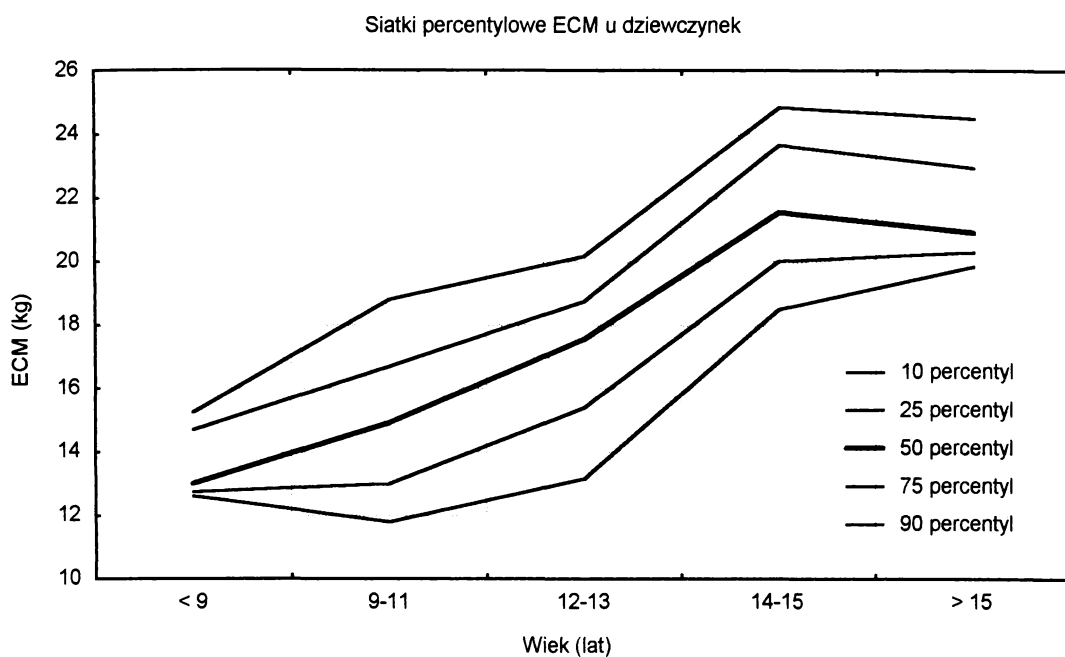
Ryc. 43. Siatki percentylowe kąta fazowego u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.



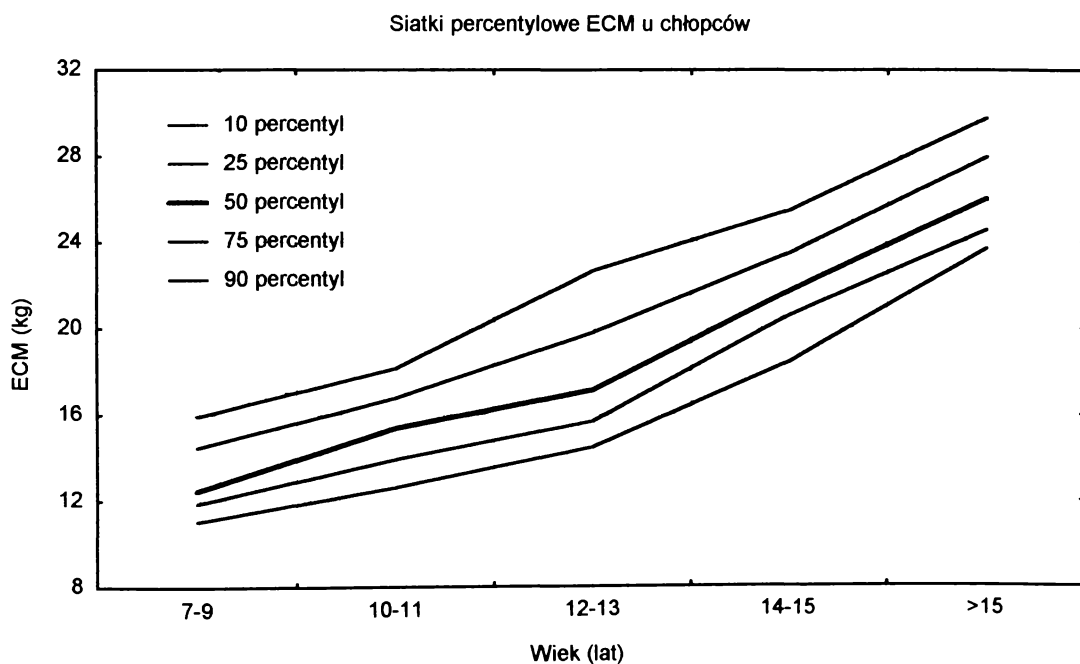
Ryc. 44. Siatki percentylowe BCM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



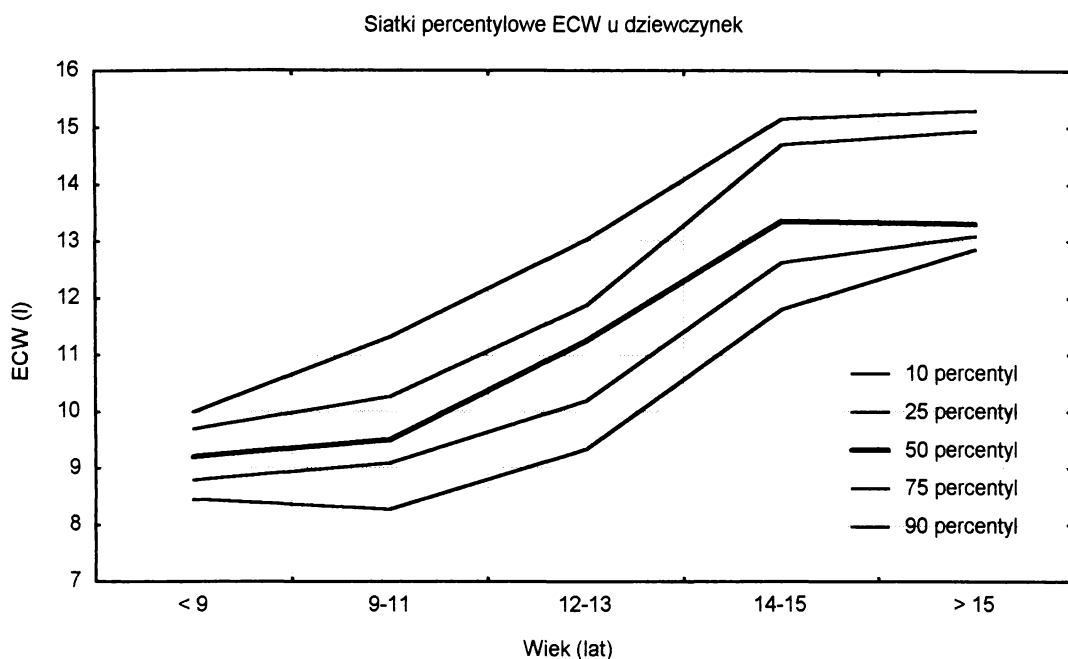
Ryc. 45. Siatki percentylowe BCM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.



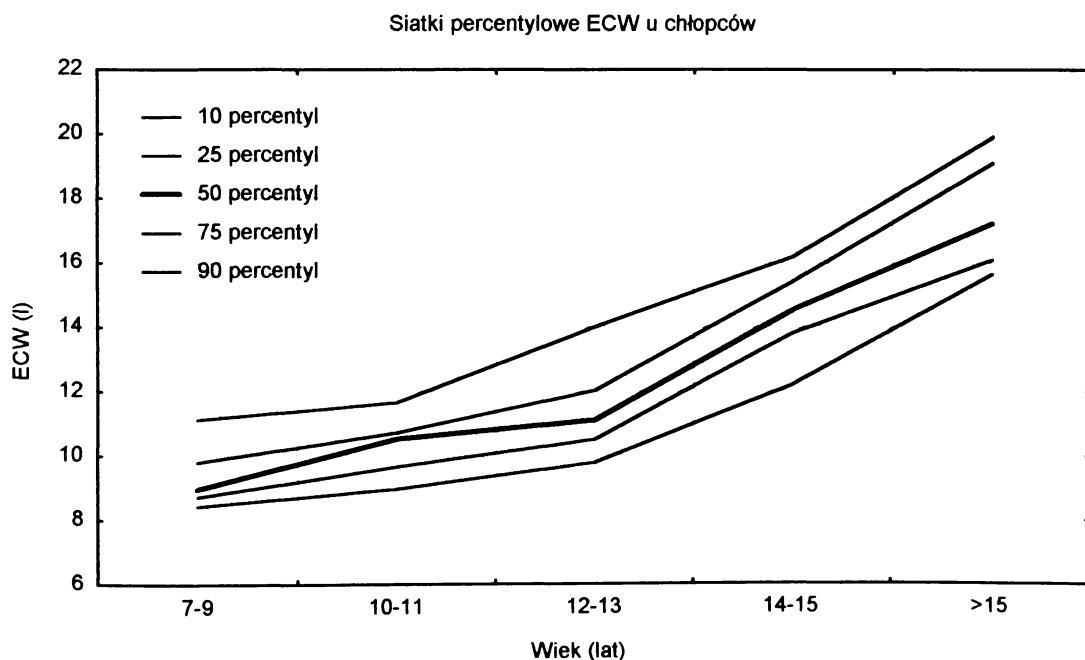
Ryc. 46. Siatki percentylowe ECM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



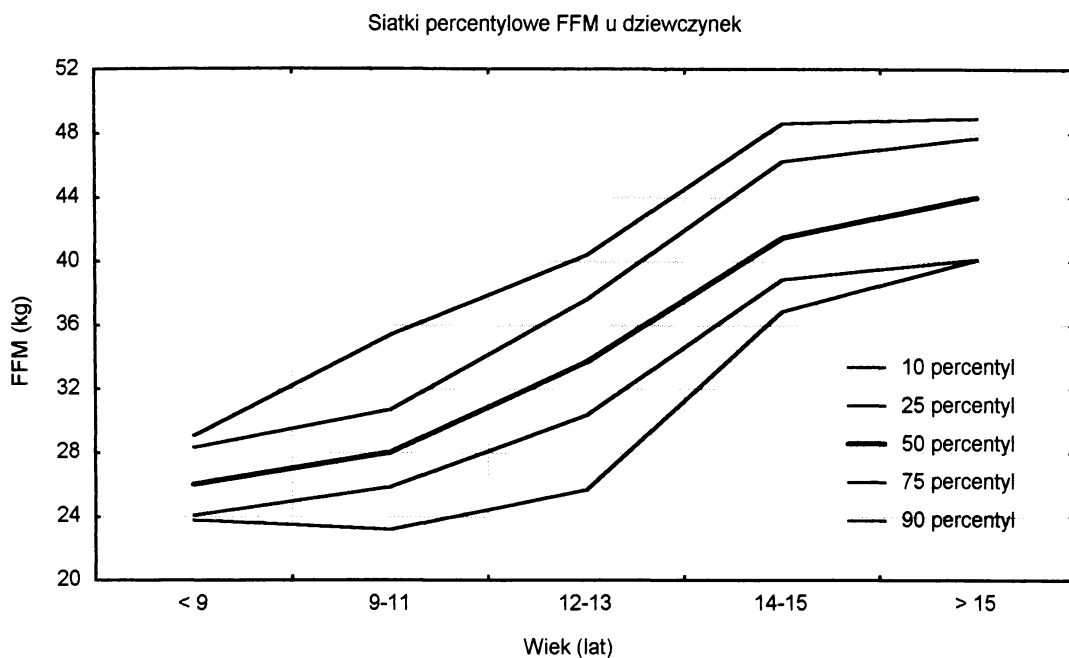
Ryc. 47. Siatki percentylowe ECM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.



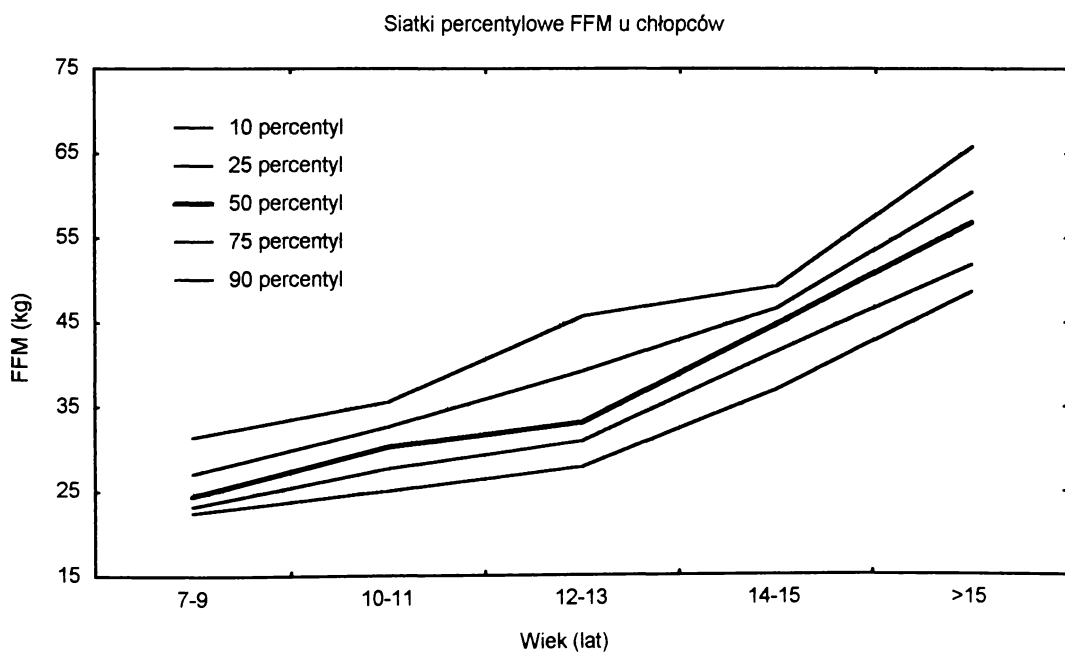
Ryc. 48. Siatki percentylowe ECW u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



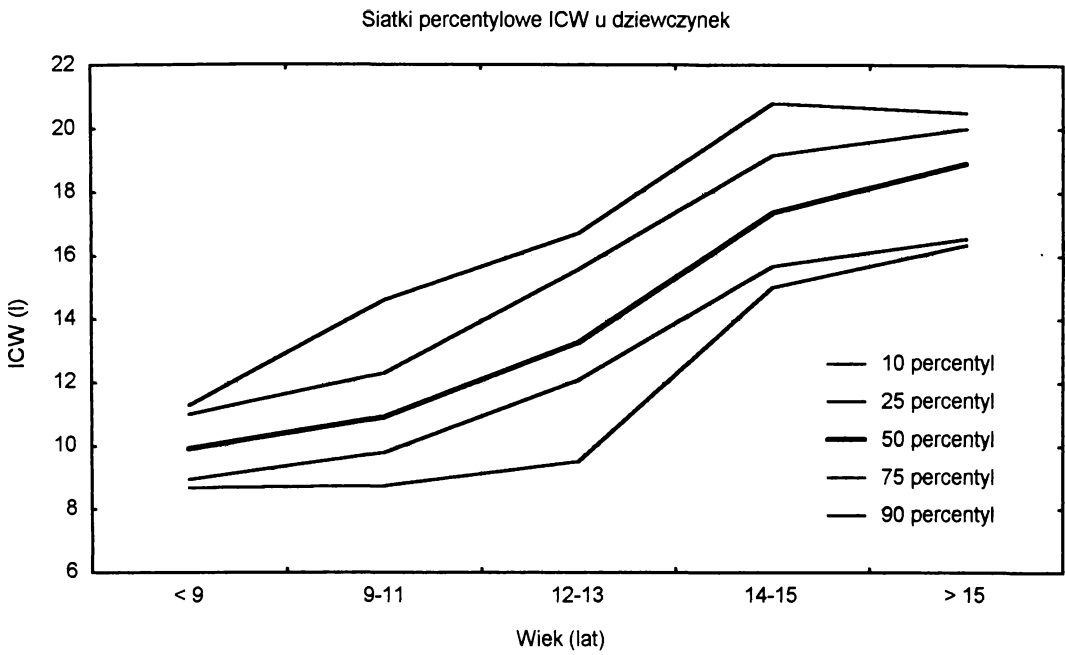
Ryc. 49. Siatki percentylowe ECW u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.



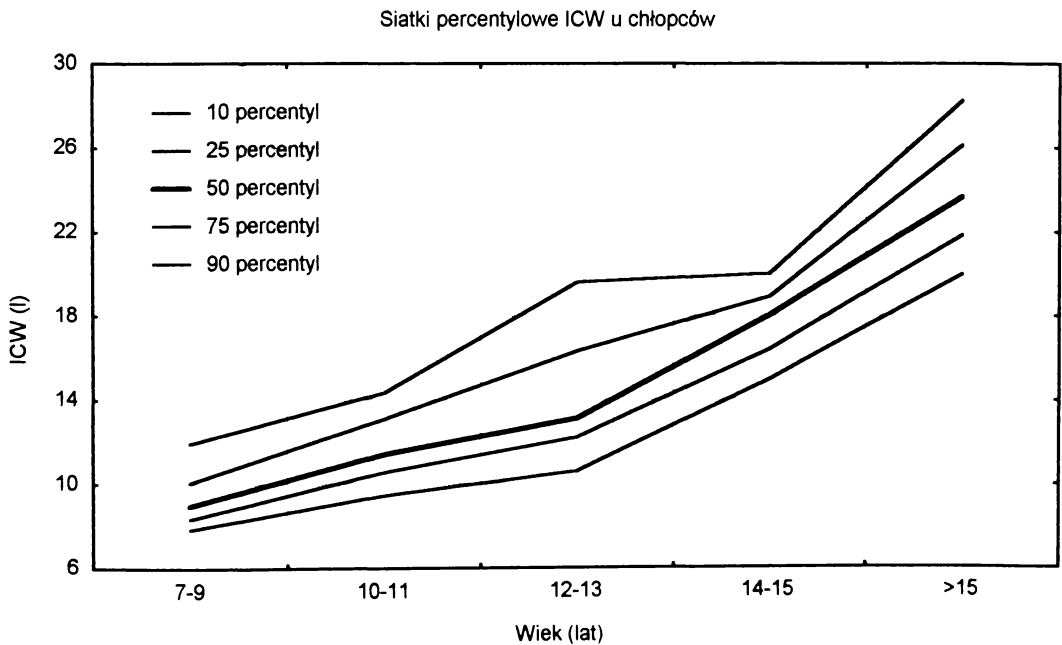
Ryc. 50. Siatki percentylowe FFM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



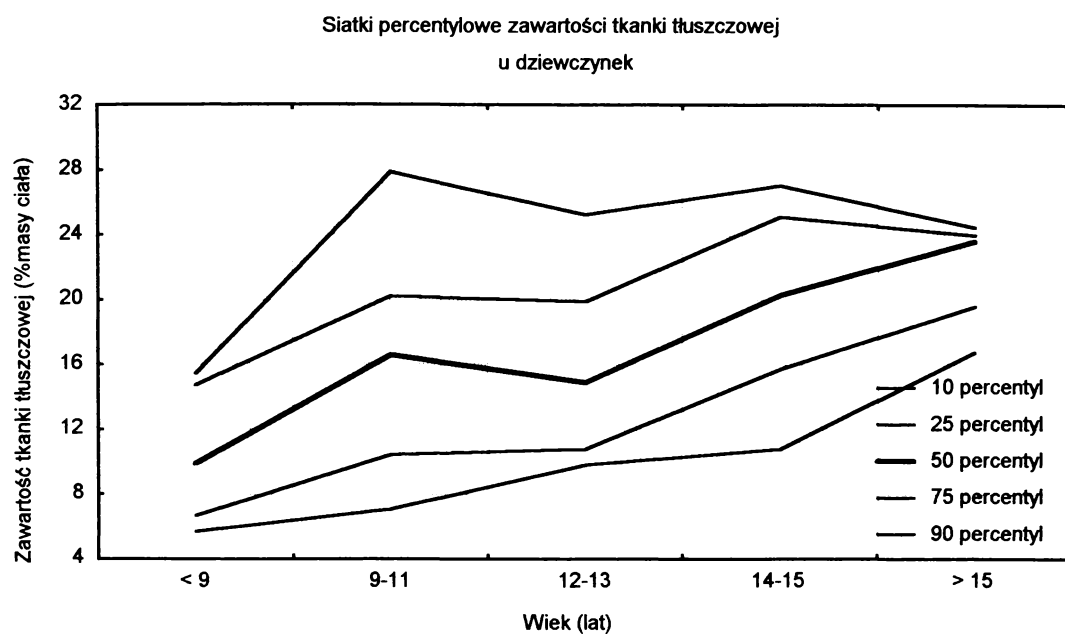
Ryc. 51. Siatki percentylowe FFM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.



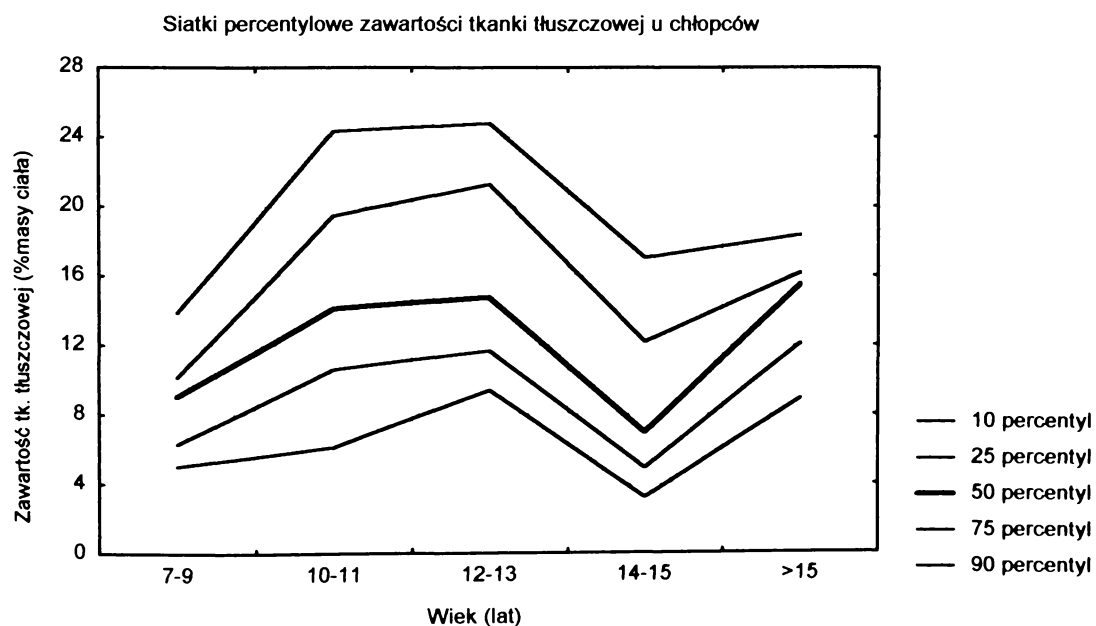
Ryc. 52. Siatki percentylowe ICW u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



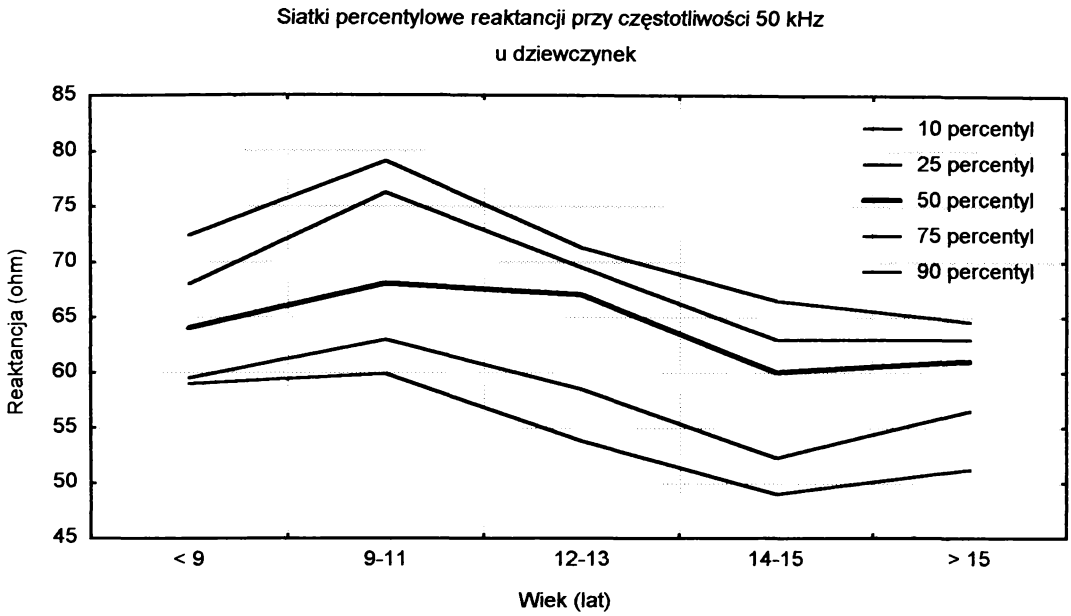
Ryc. 53. Siatki percentylowe ICW u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.



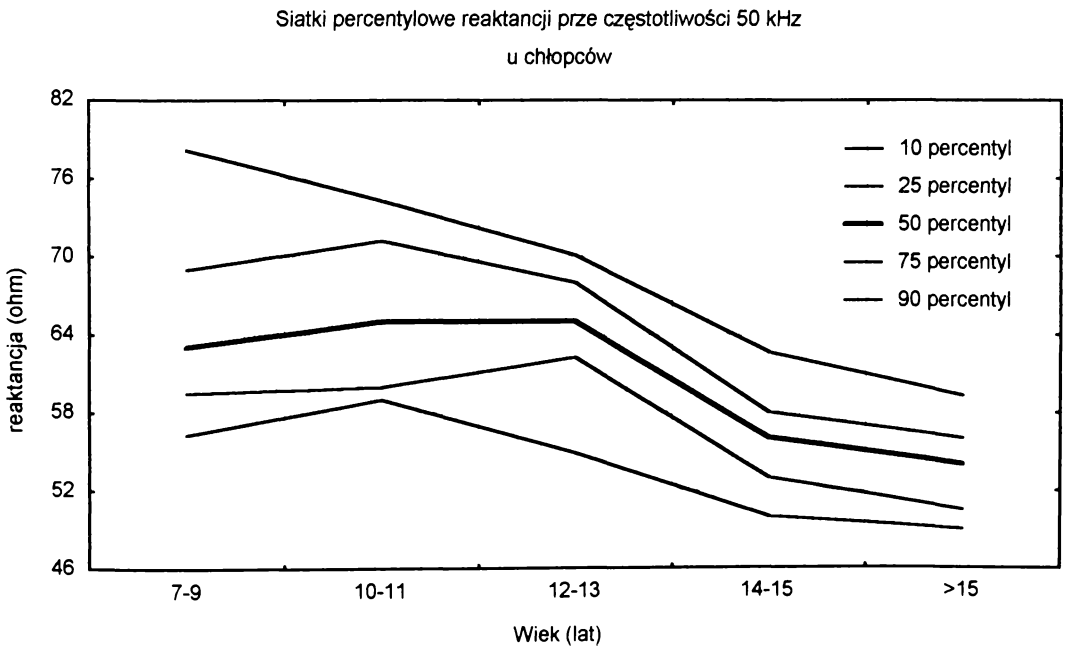
Ryc. 54. Siatki percentylowe zawartości tkanki tłuszczowej u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



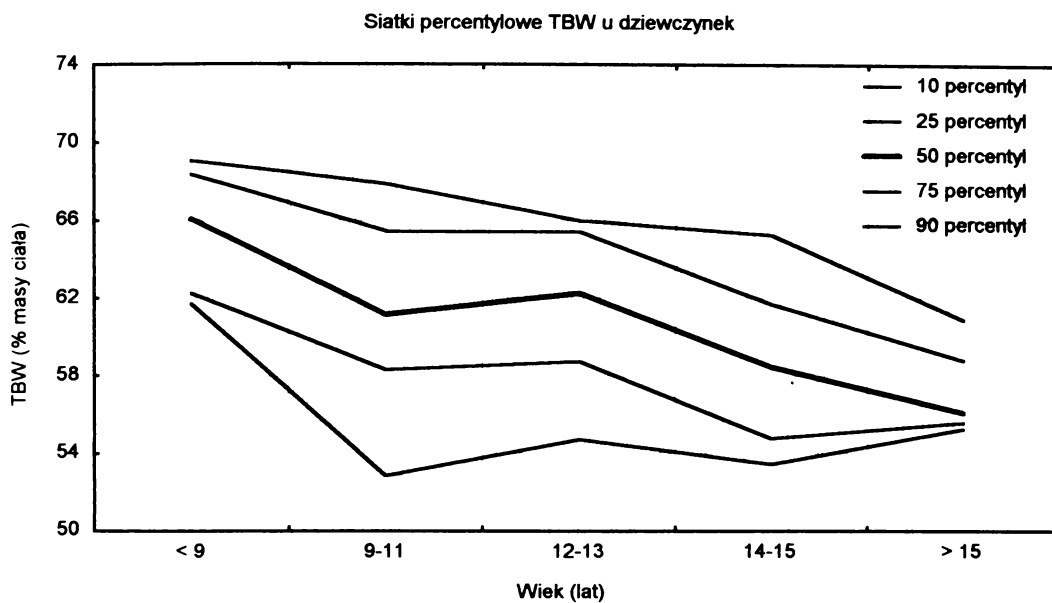
Ryc. 55. Siatki percentylowe zawartości tkanki tłuszczowej u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.



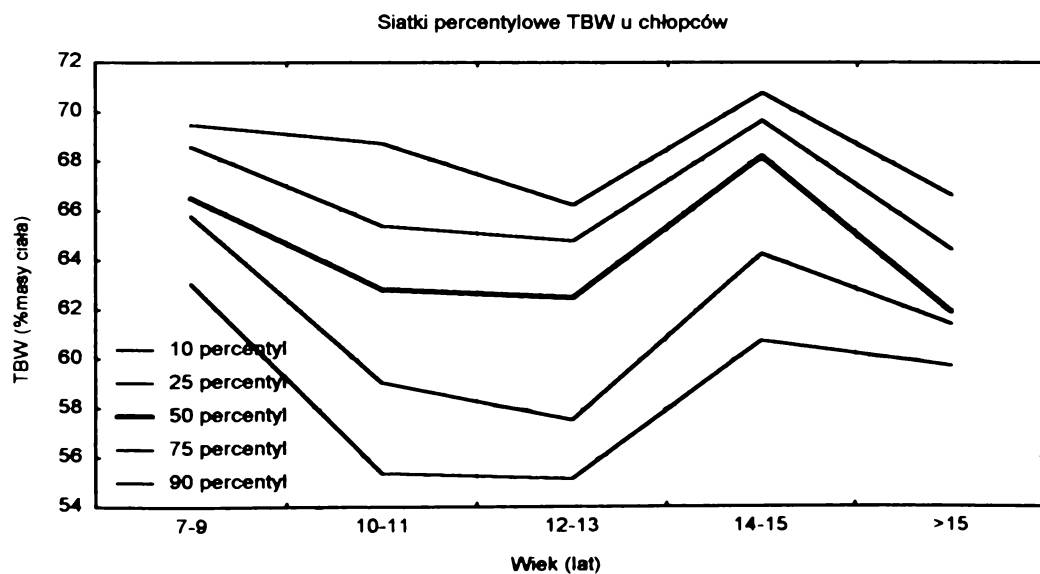
Ryc. 56. Siatki percentylowe reaktancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



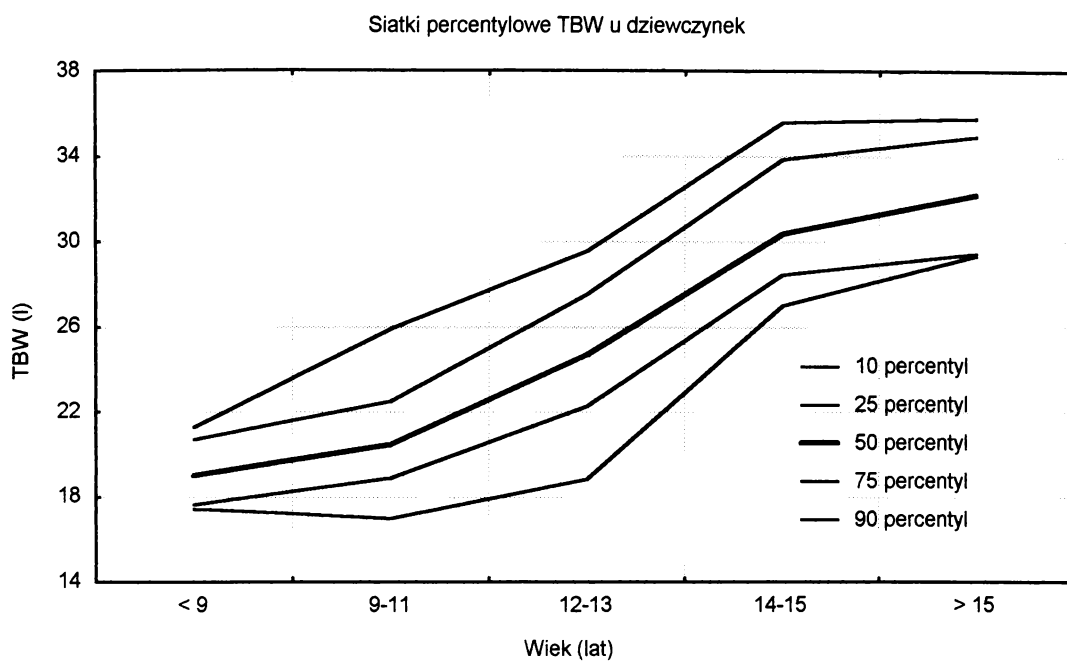
Ryc. 57. Siatki percentylowe reaktancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.



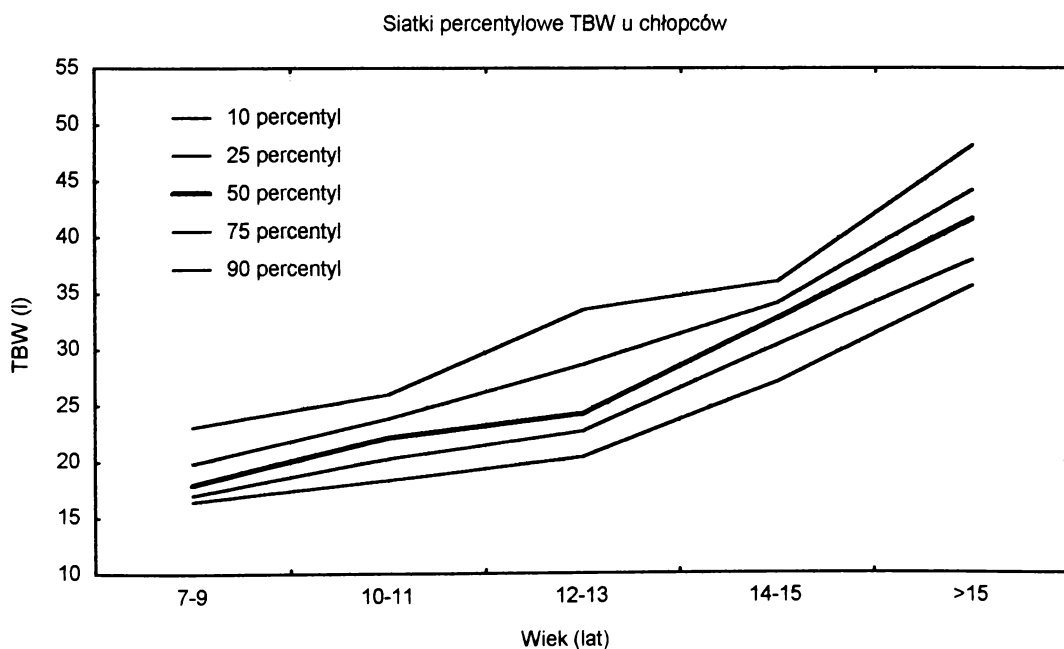
Ryc. 58. Siatki percentylowe TBW (% m.c.) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



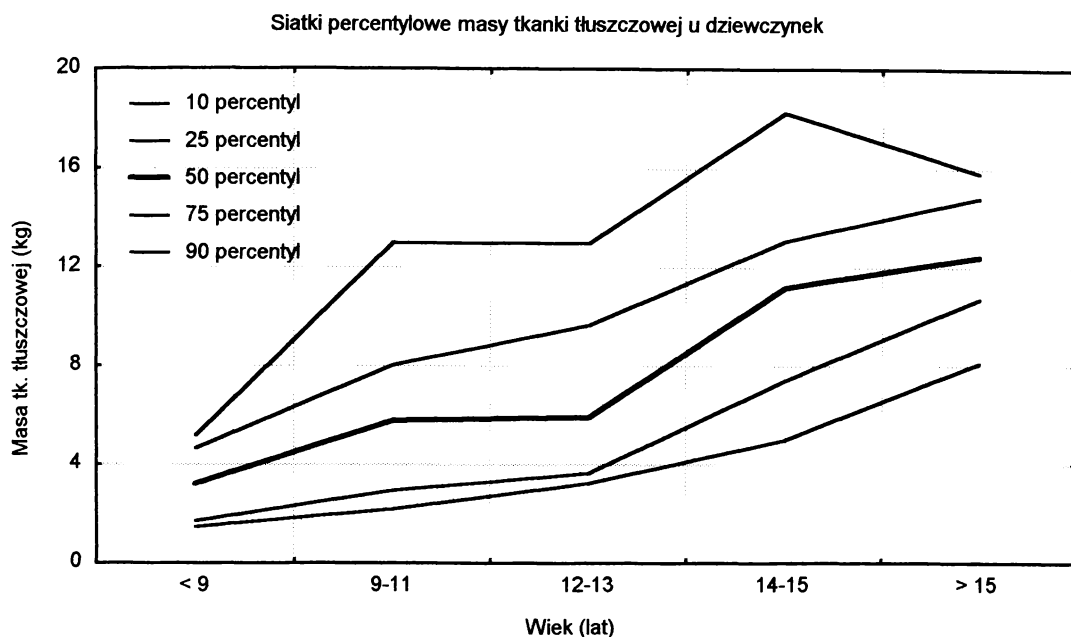
Ryc. 59. Siatki percentylowe TBW (% m.c.) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.



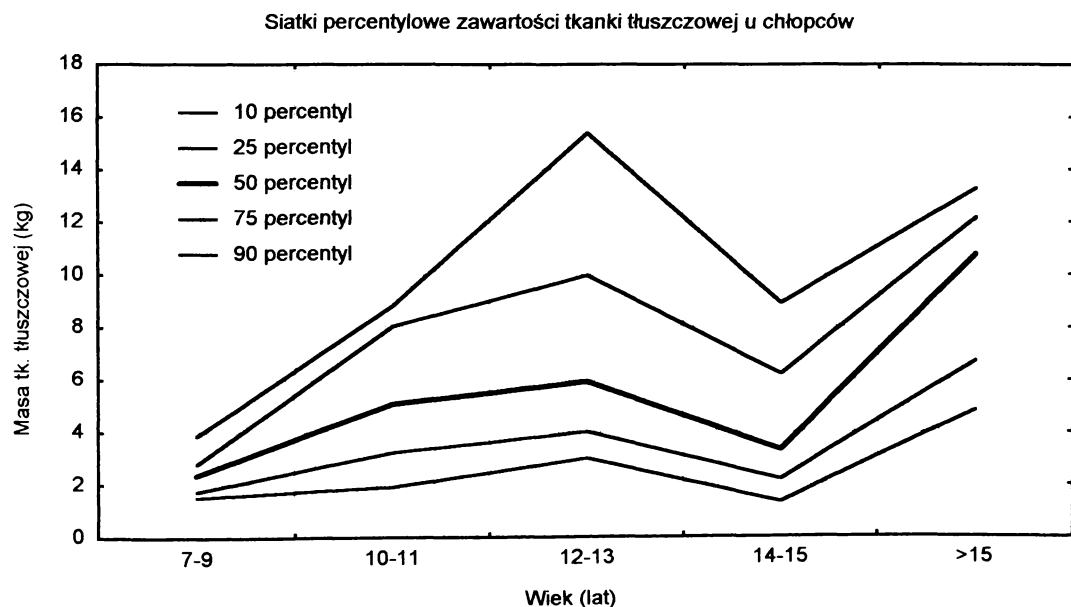
Ryc. 60. Siatki percentylowe TBW (w litrach) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



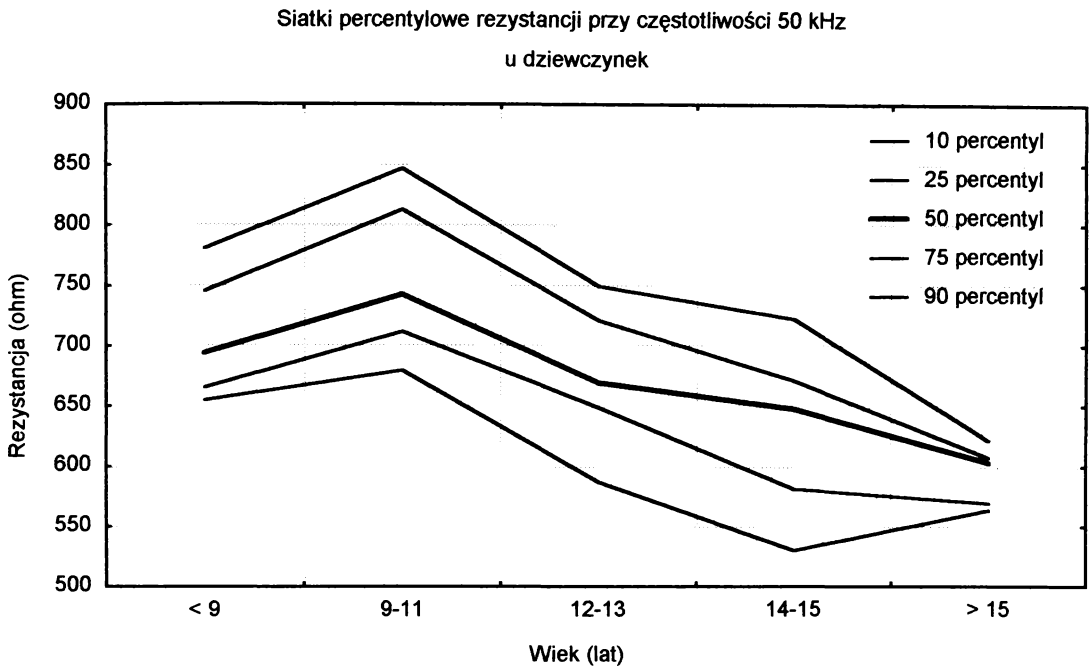
Ryc. 61. Siatki percentylowe TBW (w litrach) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.



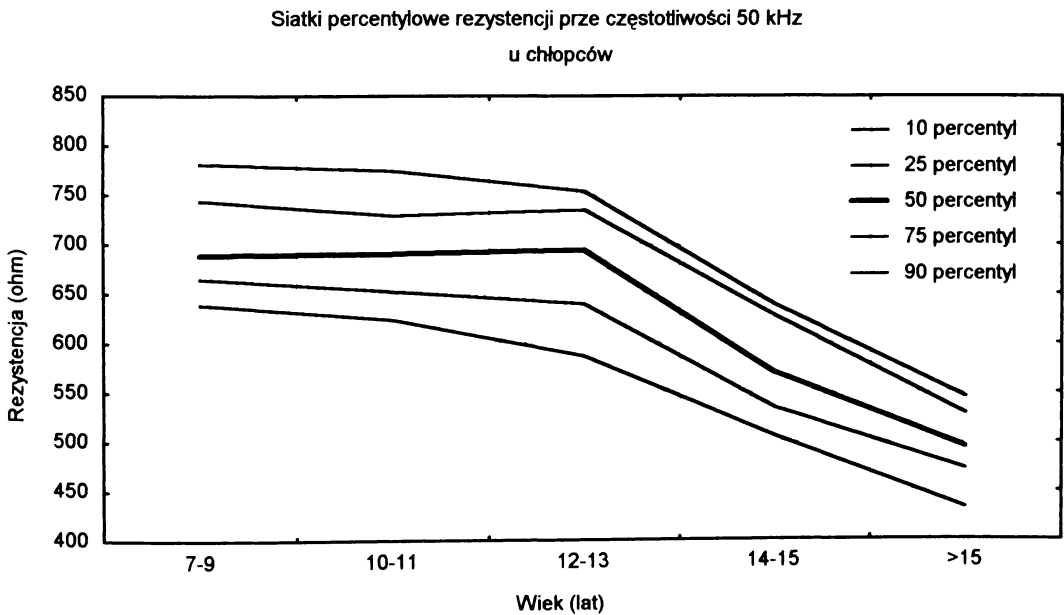
Ryc. 62. Siatki percentylowe masy tkanki tłuszczowej (kg) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



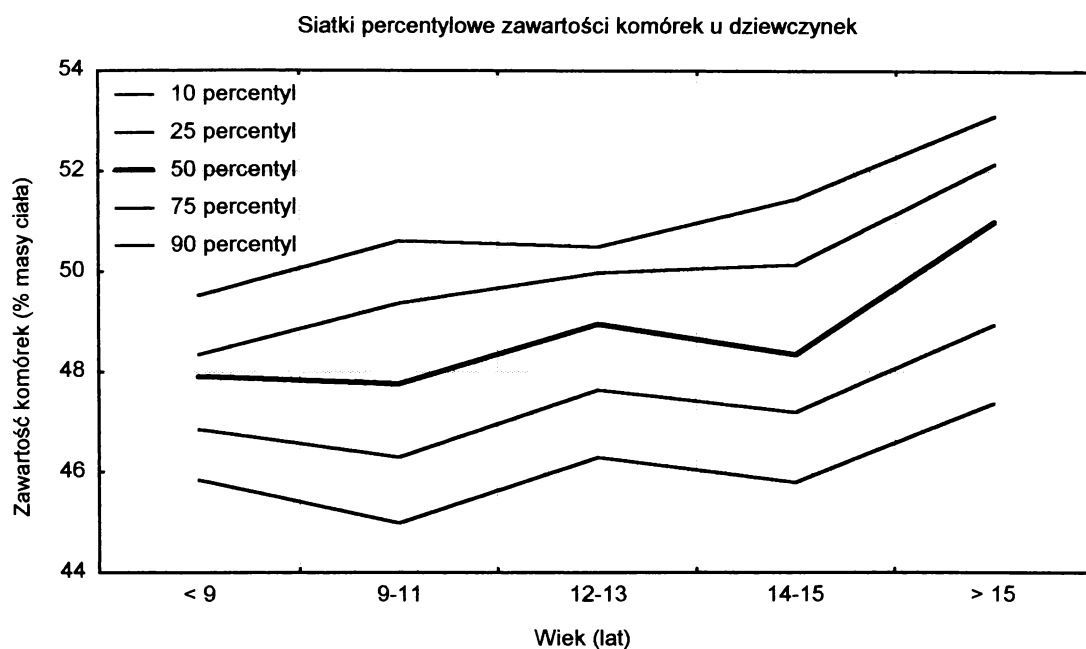
Ryc. 63. Siatki percentylowe masy tkanki tłuszczowej (kg) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wieku.



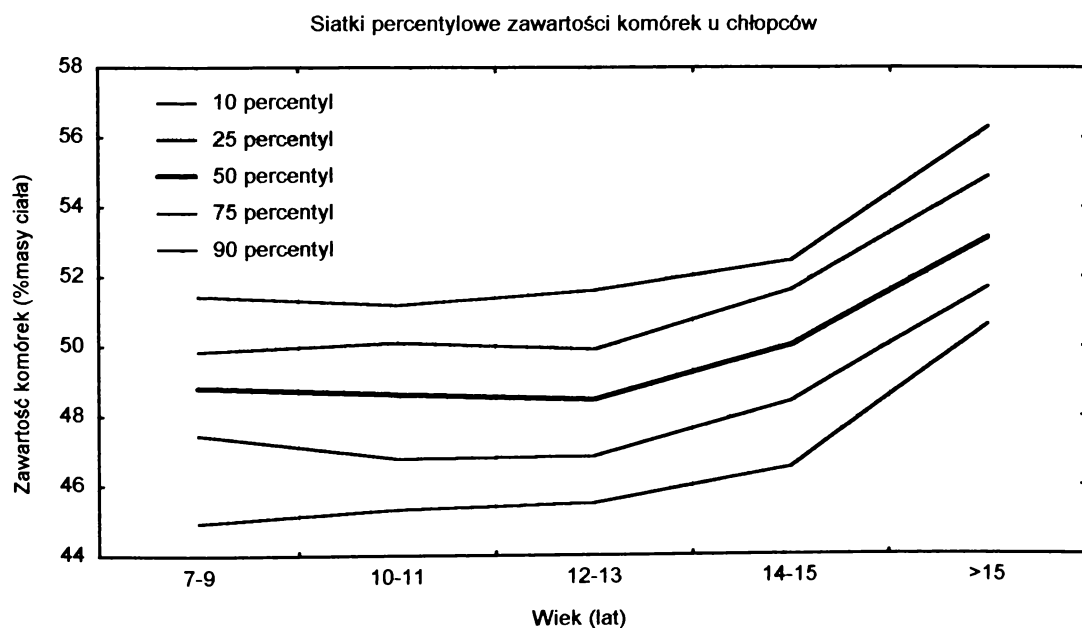
Ryc. 64. Siatki percentylowe rezystancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



Ryc. 65. Siatki percentylowe rezystancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.



Ryc. 66. Siatki percentylowe zawartości komórek u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.

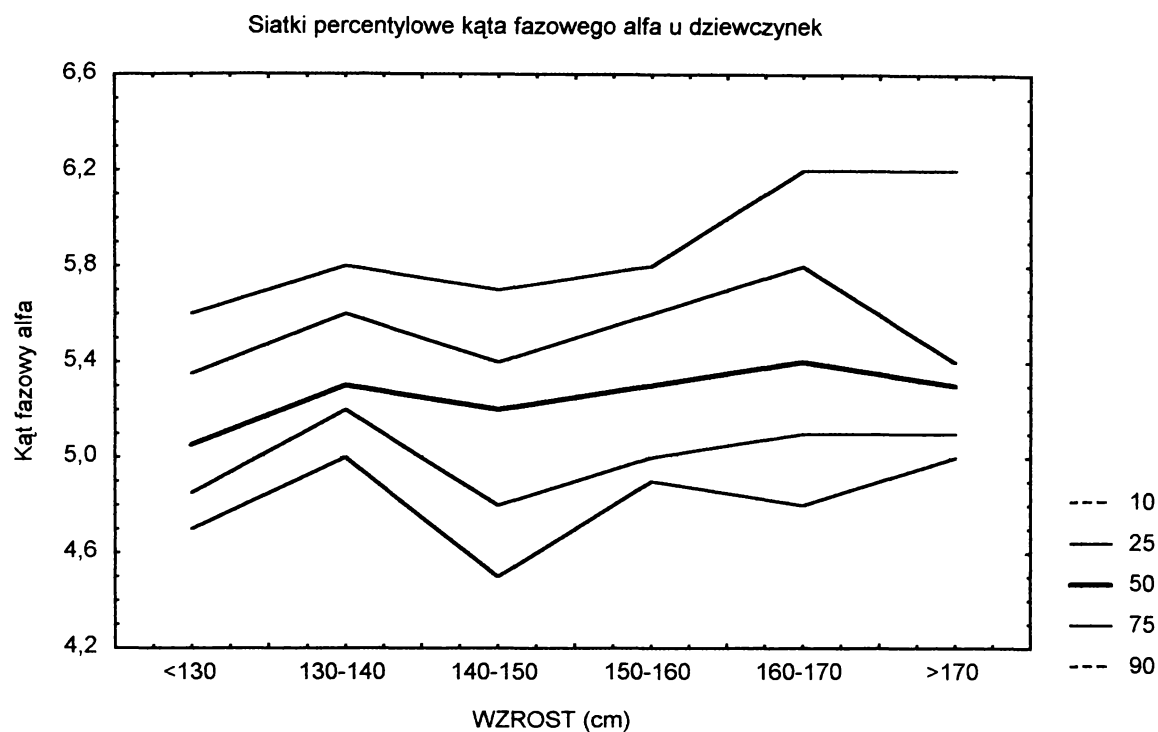


Ryc. 67. Siatki percentylowe zawartości komórek u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wieku.

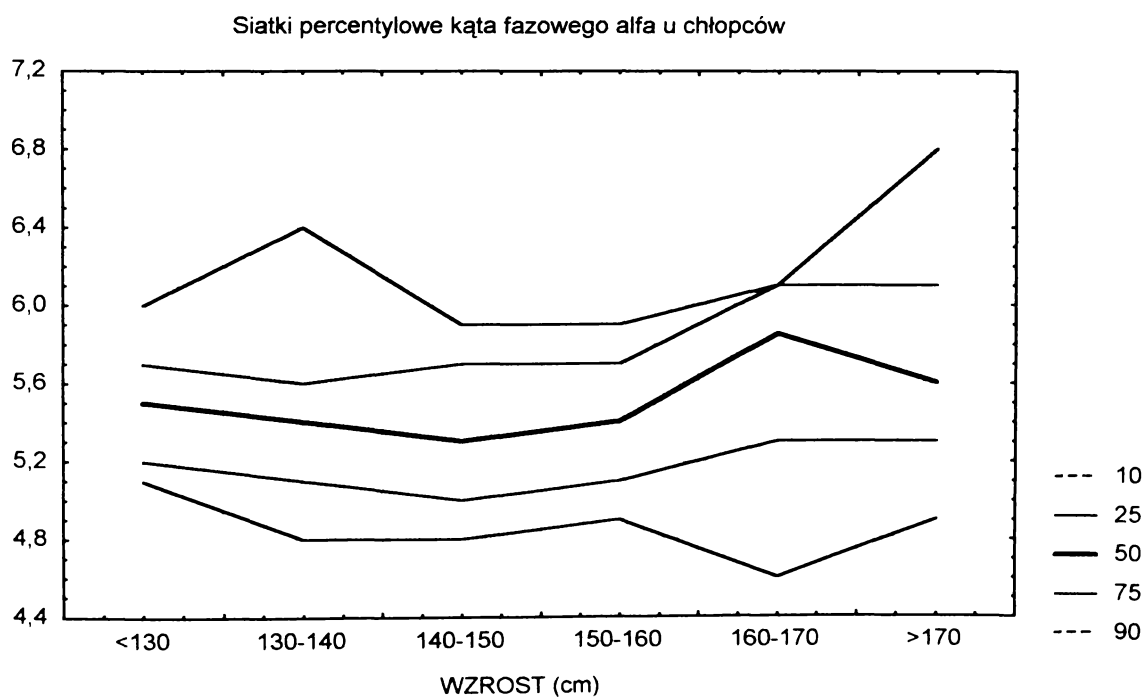
4.9. Siatki percentylowe bioimpedancji dla dzieci zdrowych w odniesieniu do płci i wzrostu

Na podstawie wyników badania bioimpedancji w grupie dzieci zdrowych pochodzących z populacji polskiej (2 szkół podstawowych Krakowa) wyznaczono siatki percentylowe w odniesieniu do płci i wzrostu.

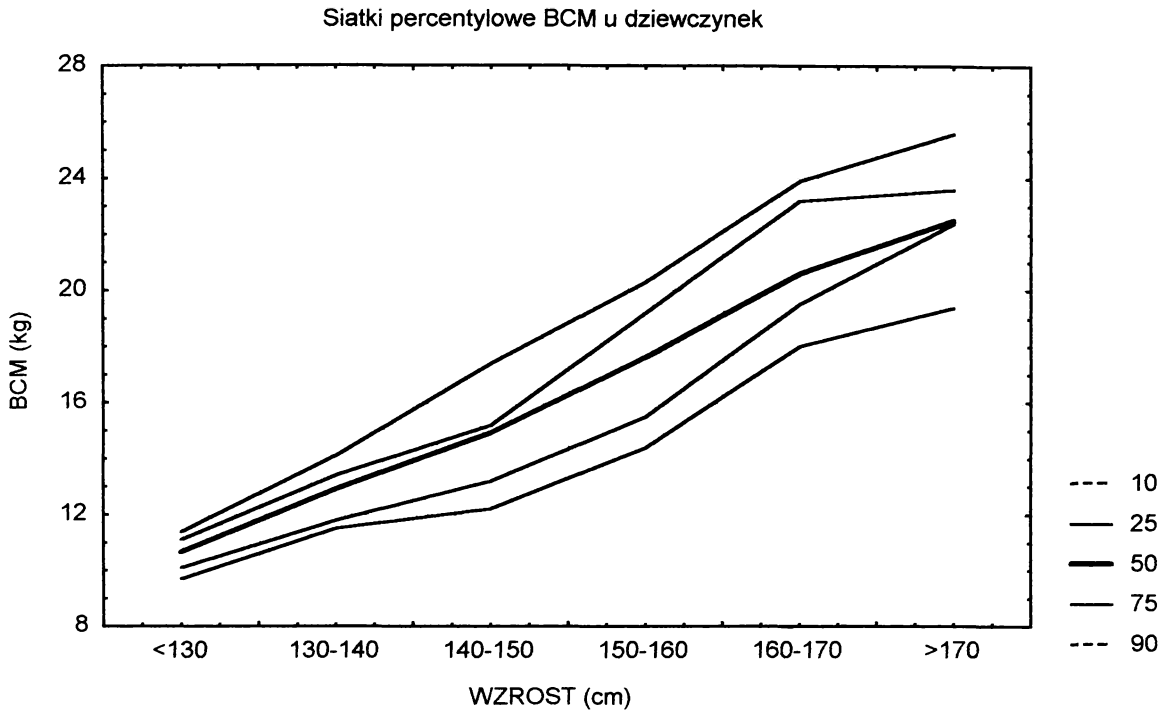
W tabelach podano wartości R , X_c , kąta fazowego, TBW , ECW , ICW , ECM , BCM , FFM i FM w poszczególnych przedziałach wzrostowych w zależności od płci.



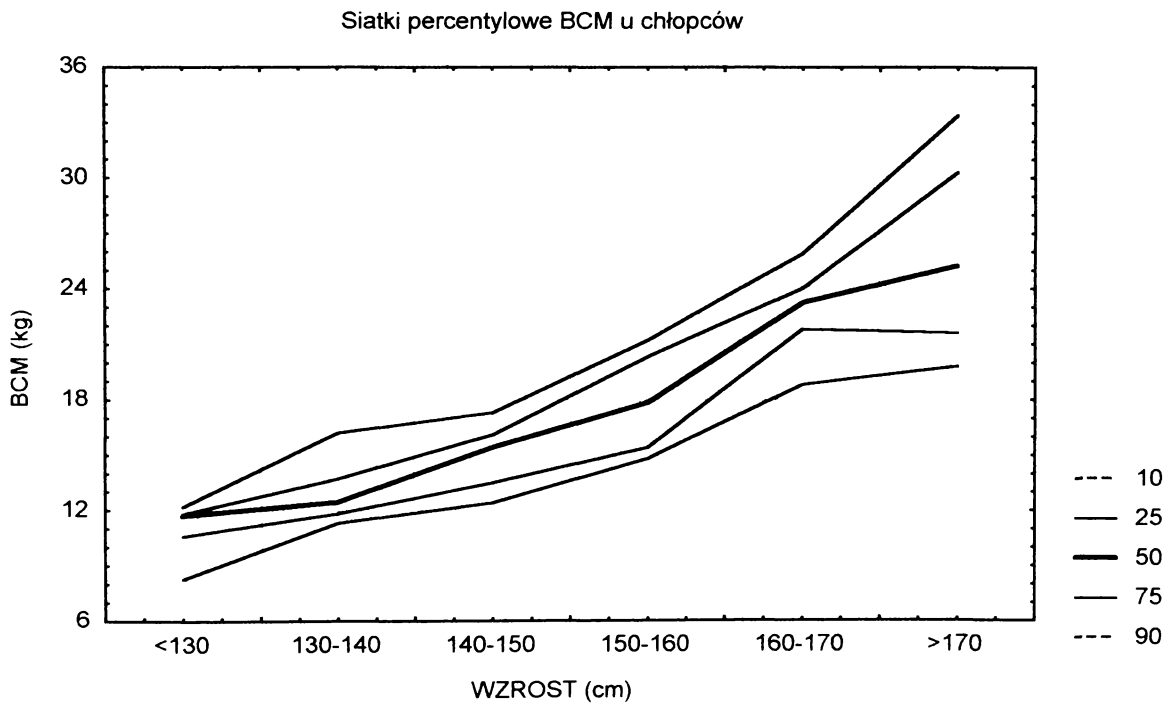
Ryc. 68. Siatki percentylowe kąta fazowego u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.



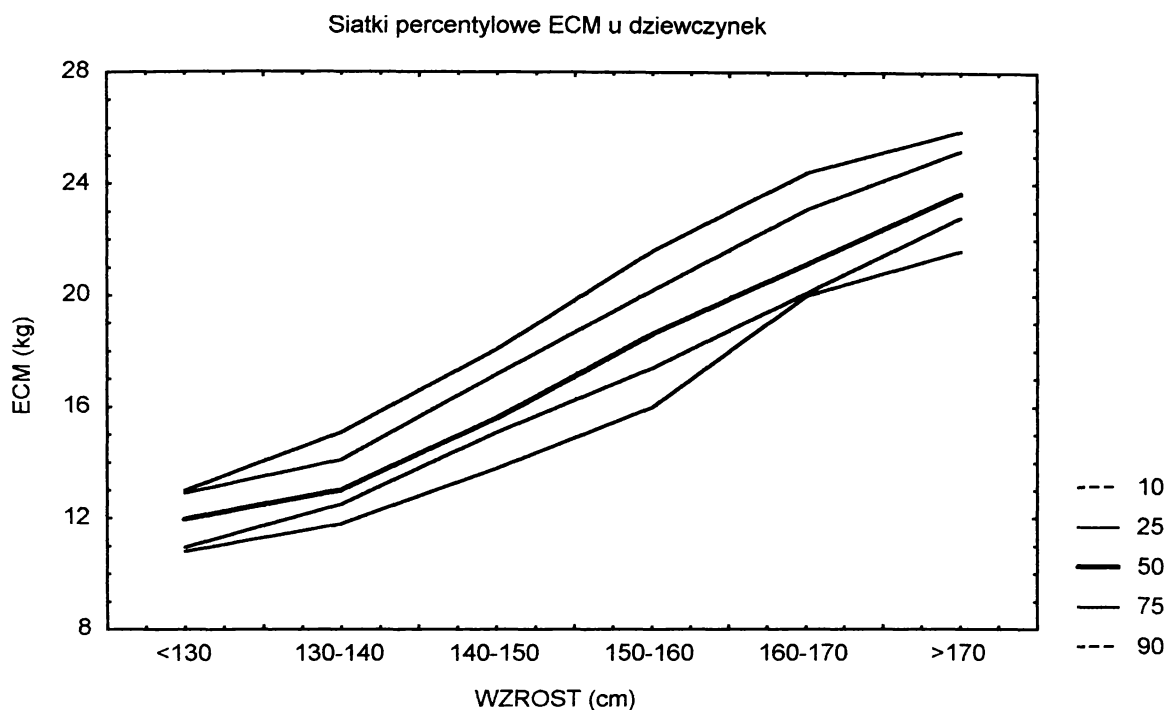
Ryc. 69. Siatki percentylowe kąta fazowego u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.



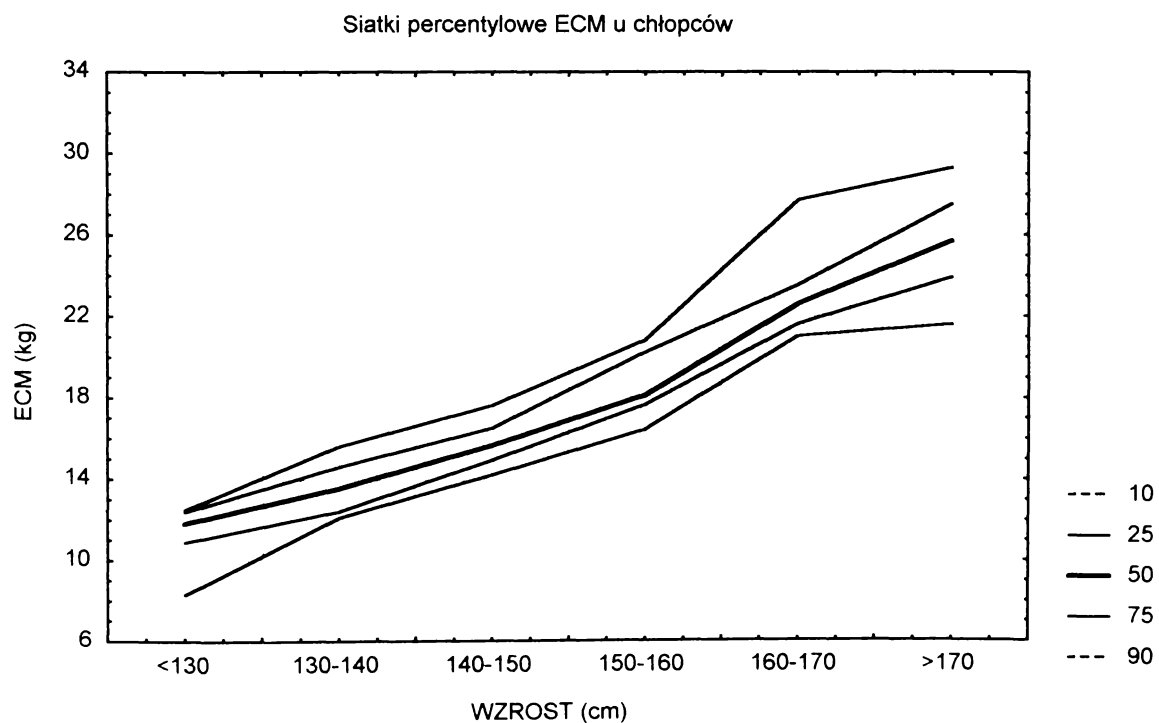
Ryc. 70. Siatki percentylowe BCM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.



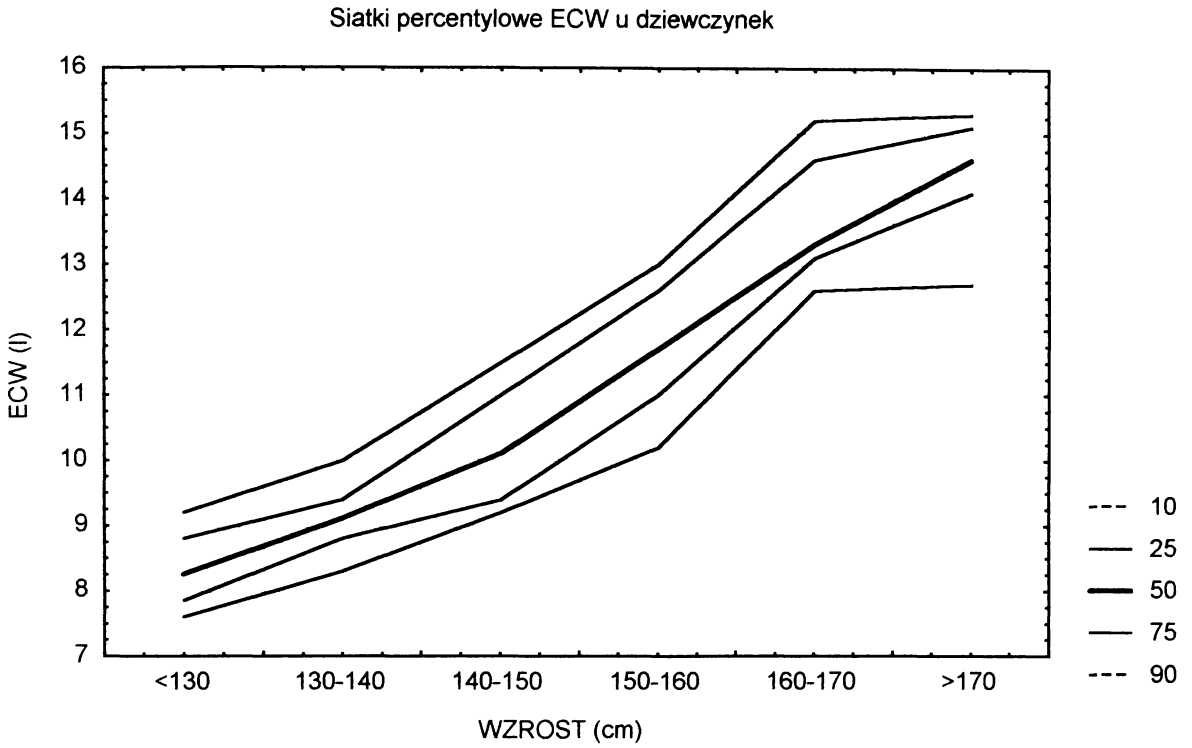
Ryc. 71. Siatki percentylowe BCM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.



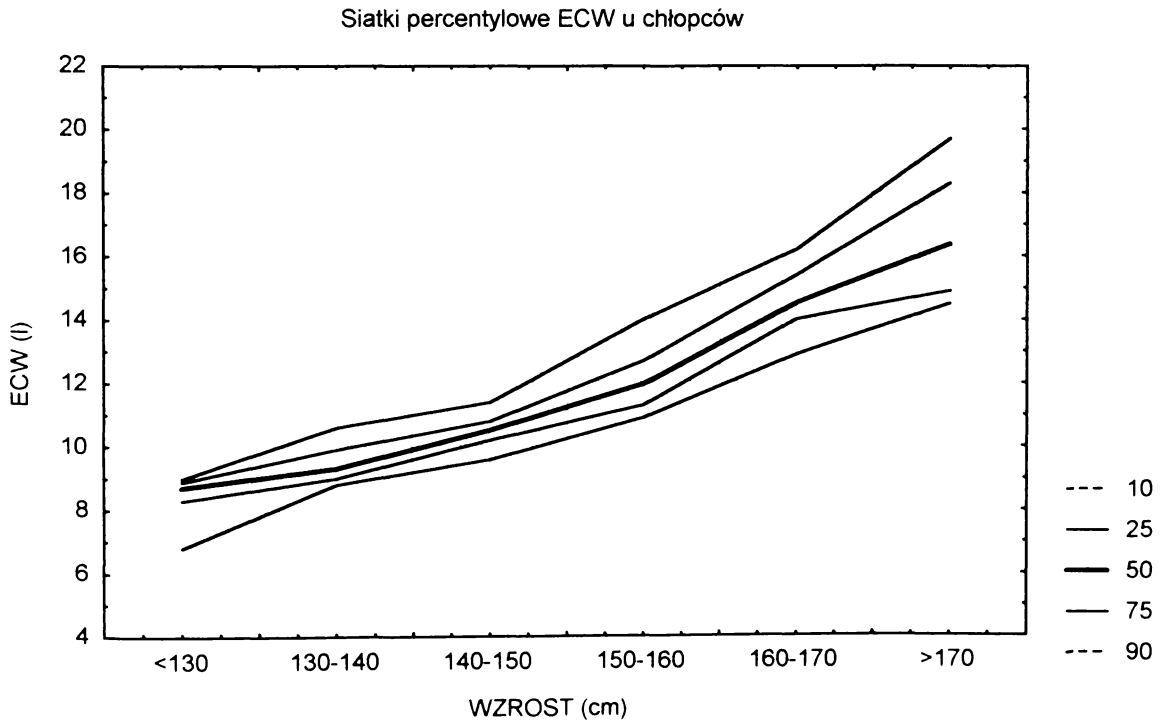
Ryc. 72. Siatki percentylowe ECM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.



Ryc. 73. Siatki percentylowe ECM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.

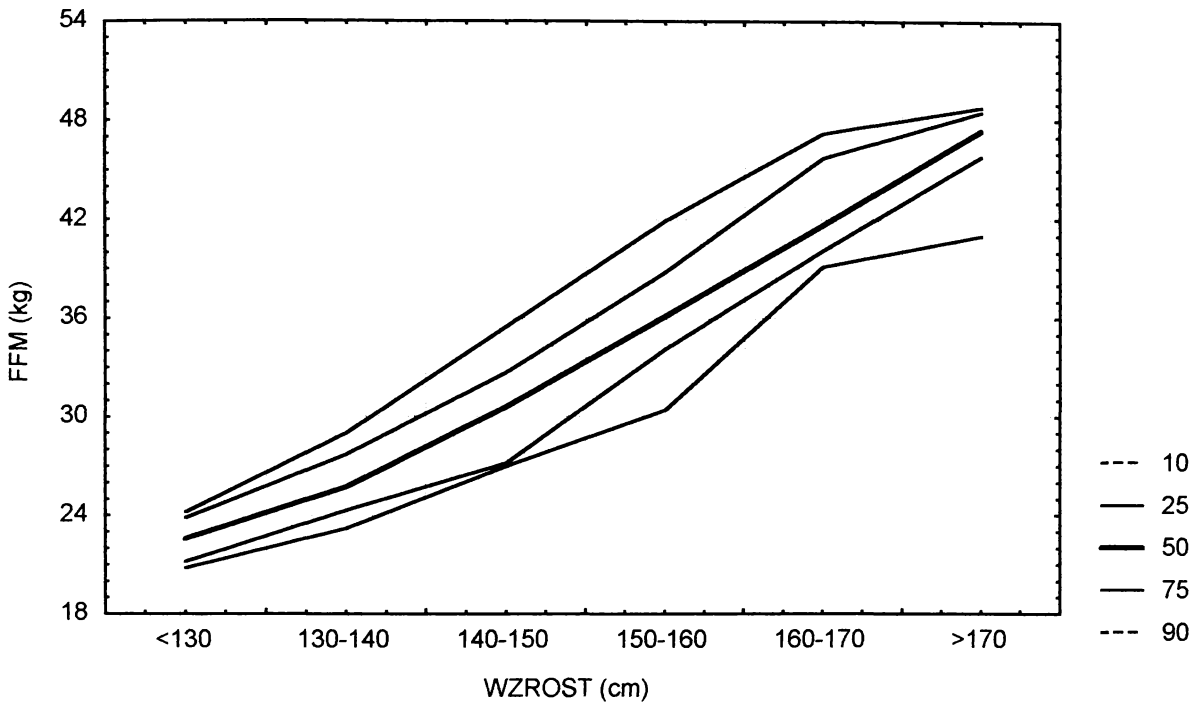


Ryc. 74. Siatki percentylowe ECW u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.



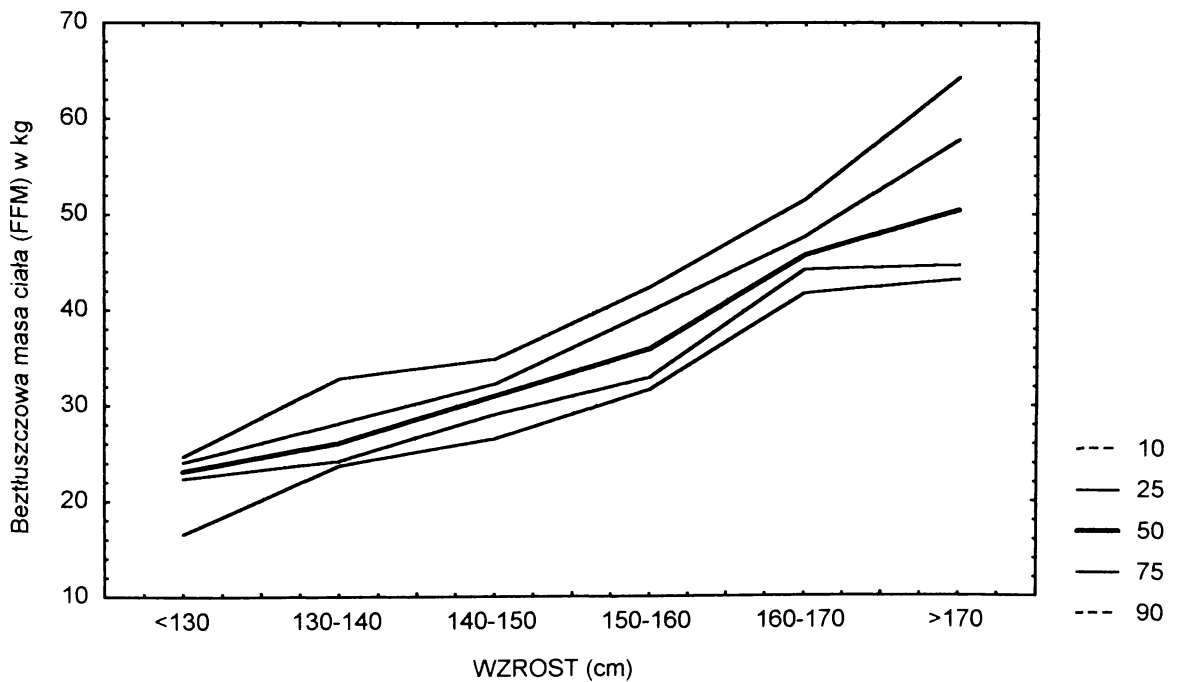
Ryc. 75. Siatki percentylowe ECW u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.

Siatki percentylowe beztłuszczowej masy ciała u dziewczynek

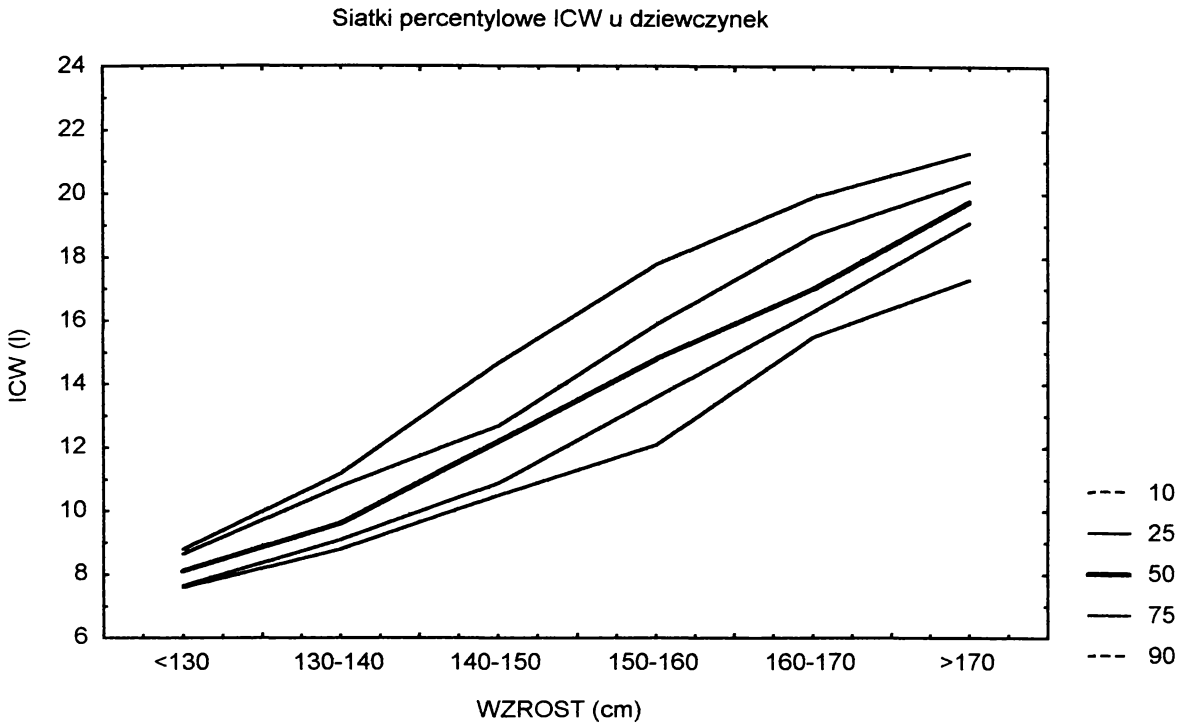


Ryc. 76. Siatki percentylowe FFM u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.

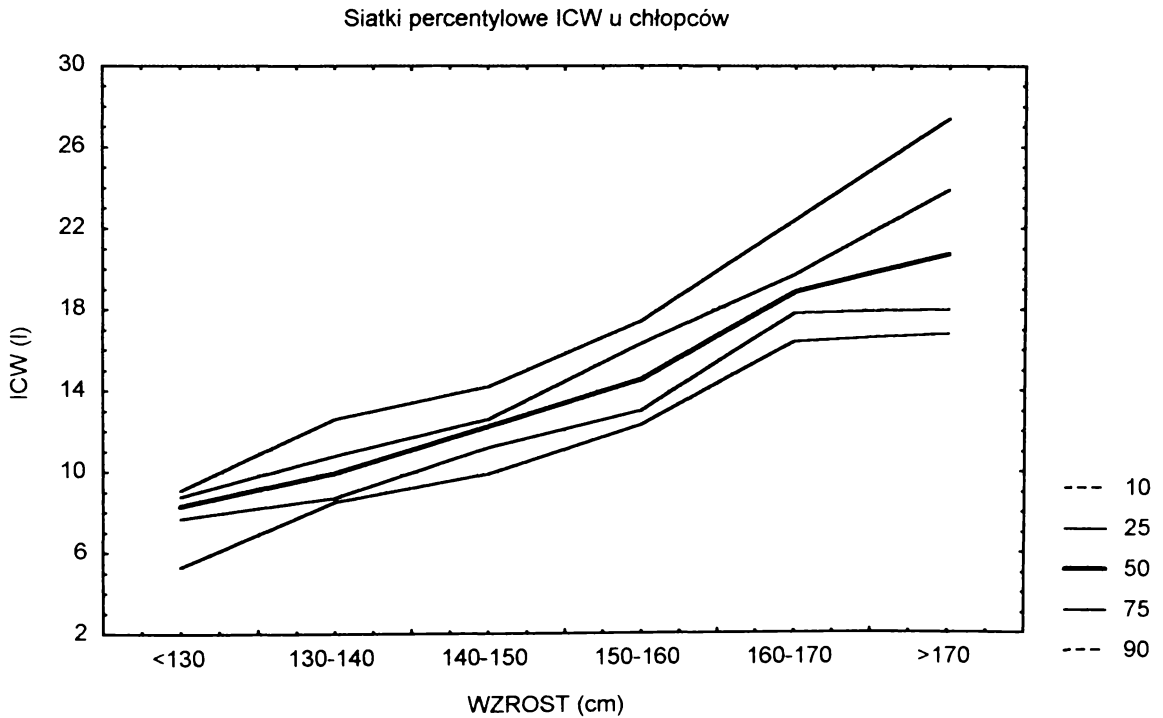
Siatki percentylowe beztłuszczowej masy ciała u chłopców



Ryc. 77. Siatki percentylowe FFM u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.

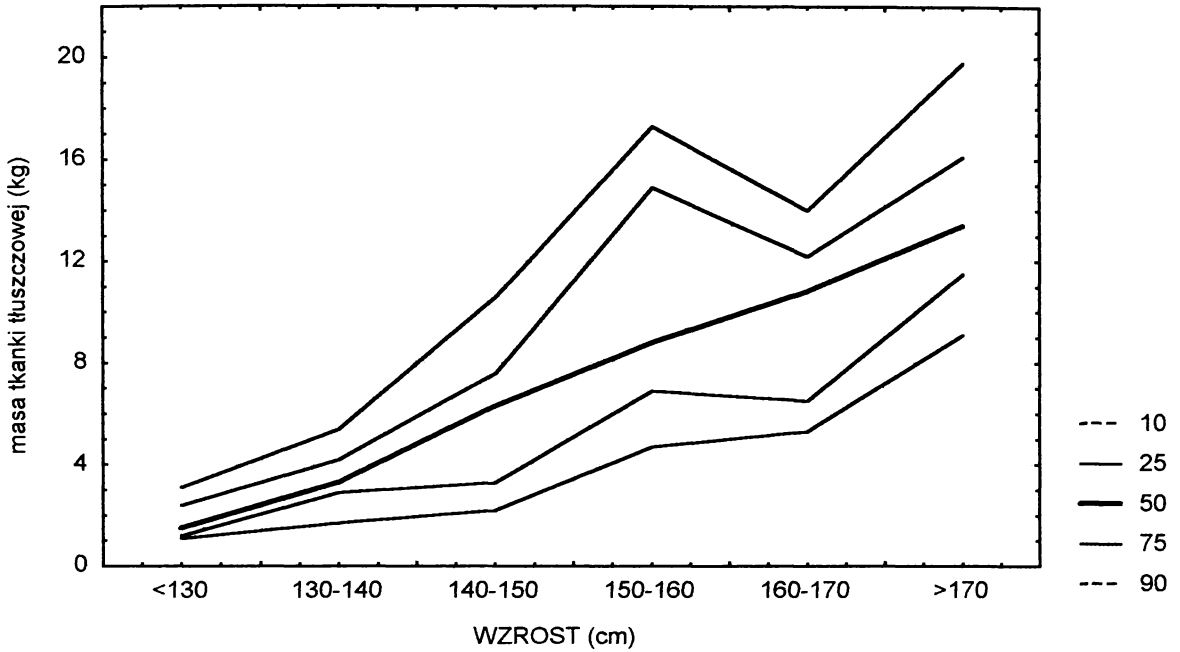


Ryc. 78. Siatki percentylowe ICW u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.



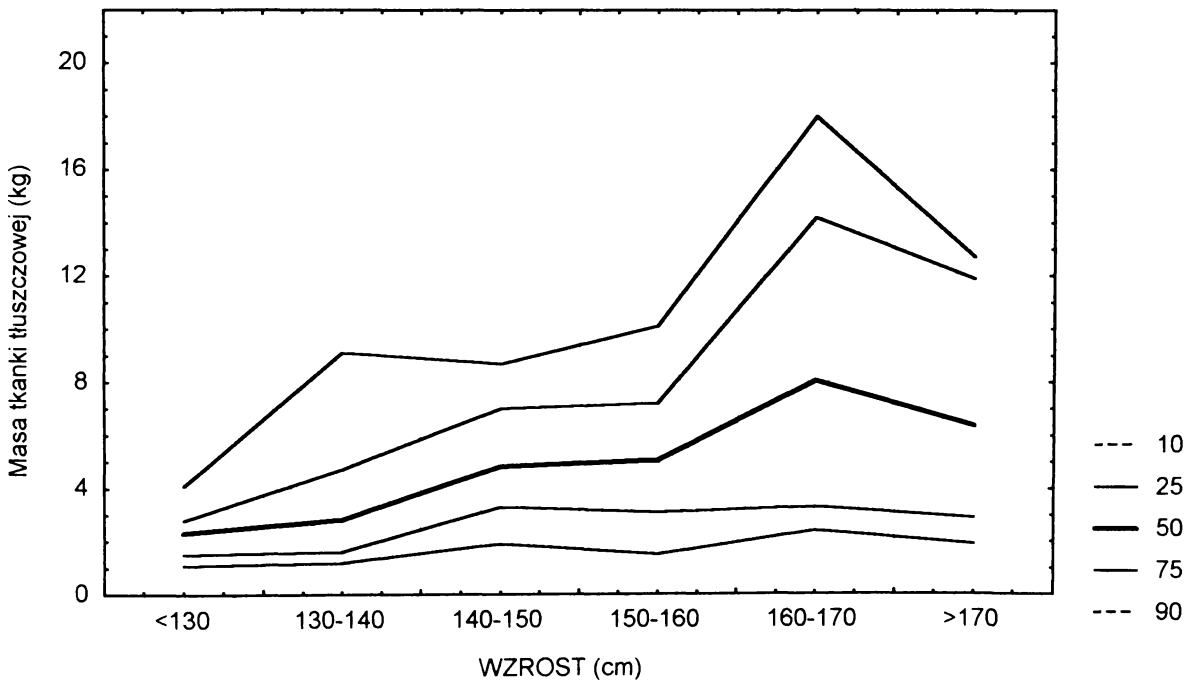
Ryc. 79. Siatki percentylowe ICW u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.

Siatki percentylowe masy tkanki tłuszczowej u dziewczynek

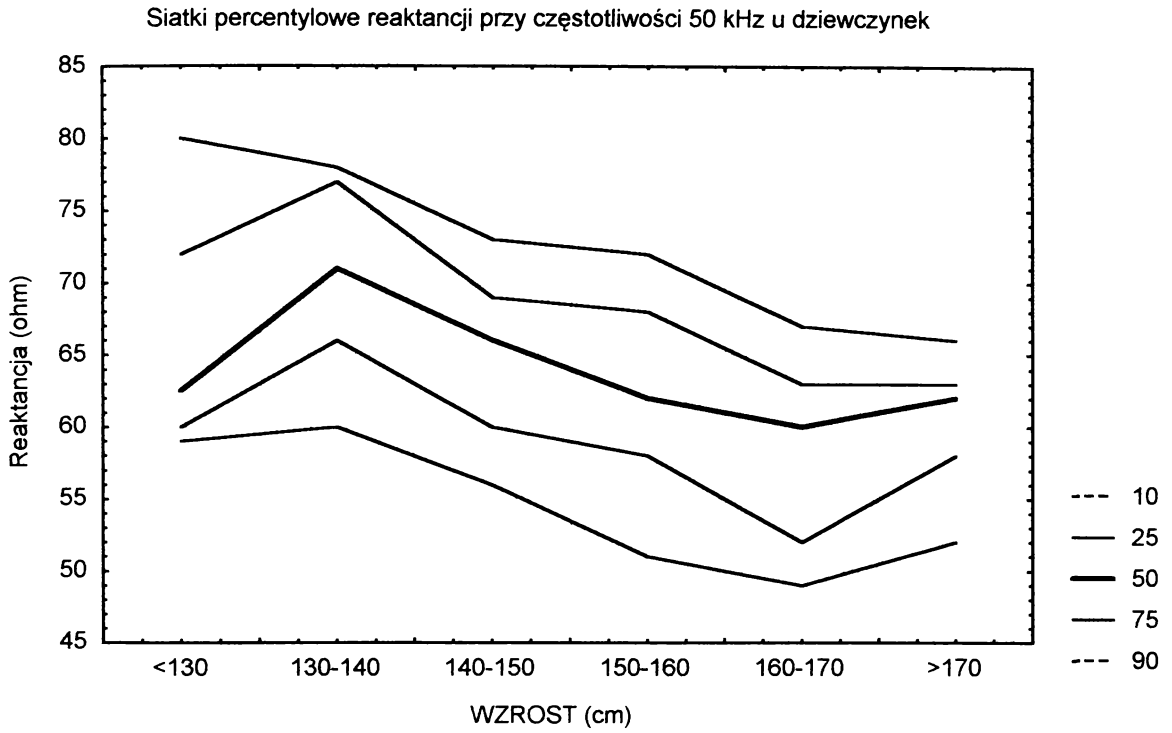


Ryc. 80. Siatki percentylowe masy tkanki tłuszczowej (kg) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.

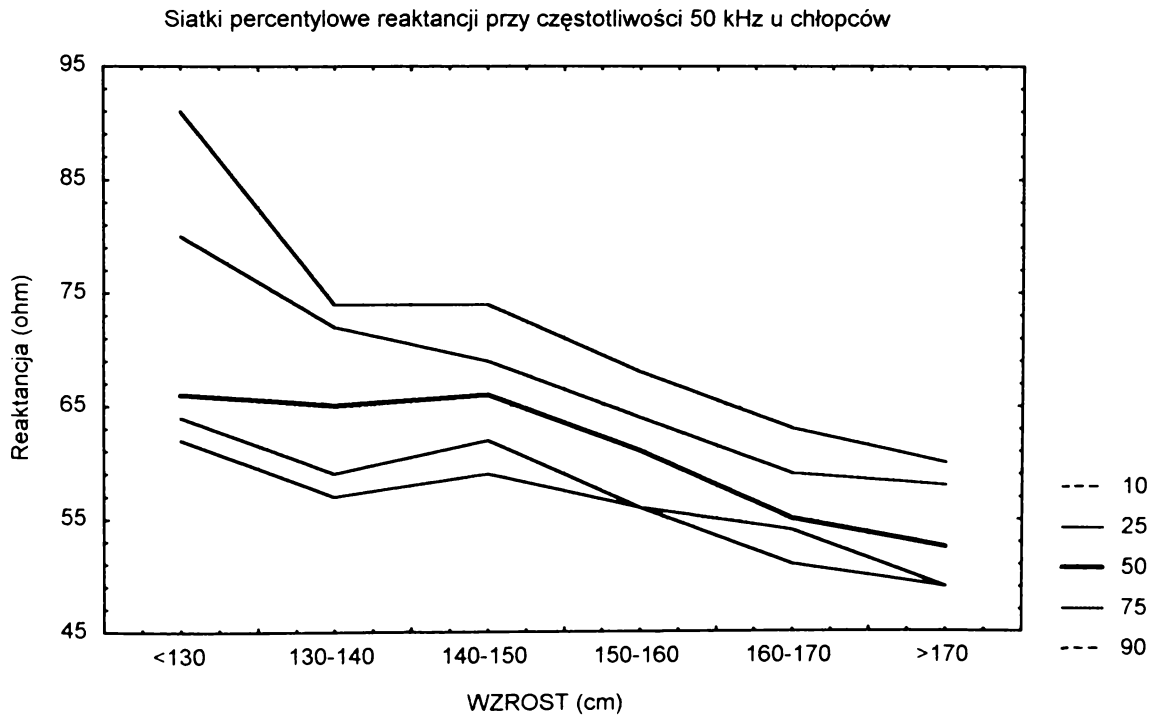
Siatki percentylowe masy tkanki tłuszczowej u chłopców



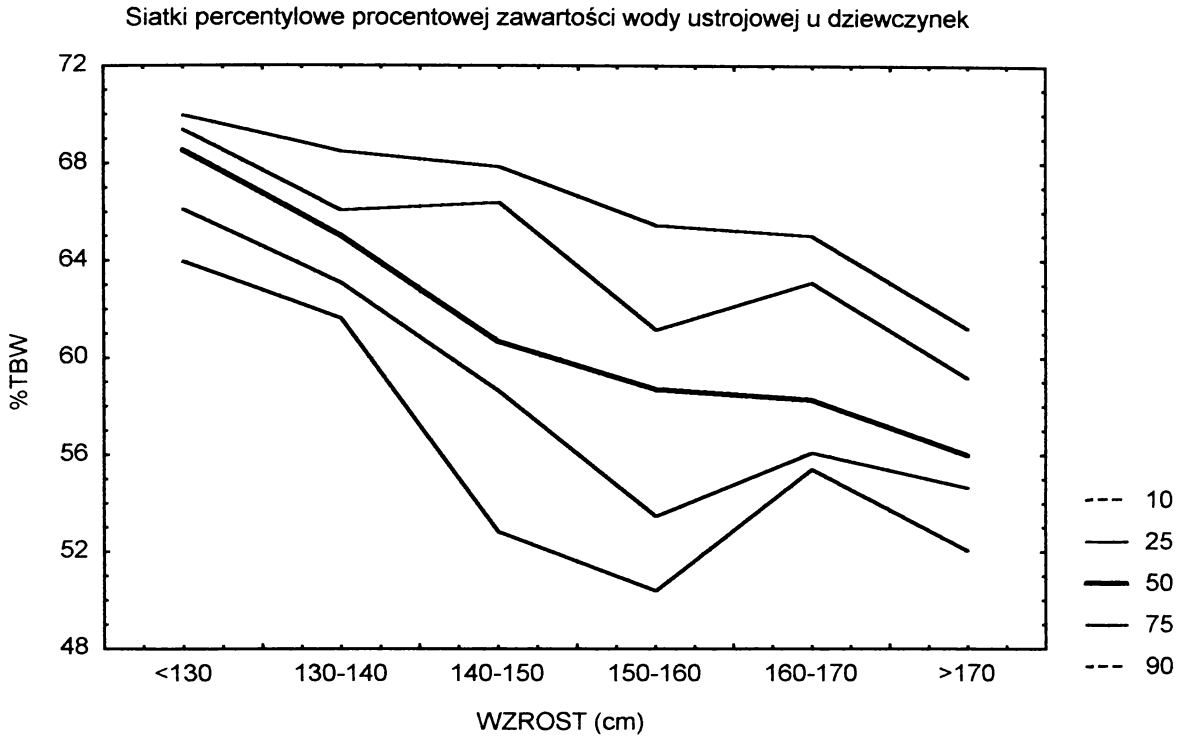
Ryc. 81. Siatki percentylowe masy tkanki tłuszczowej (kg) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.



Ryc. 82. Siatki percentylowe reaktancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.



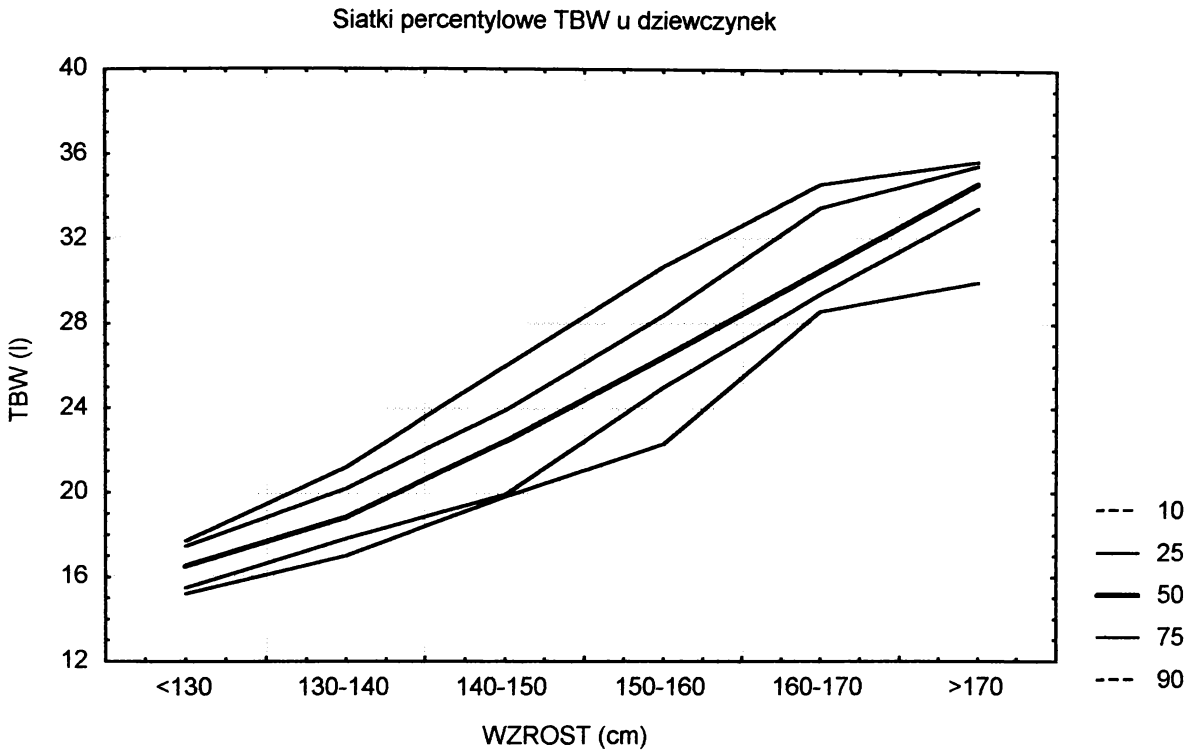
Ryc. 83. Siatki percentylowe reaktancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.



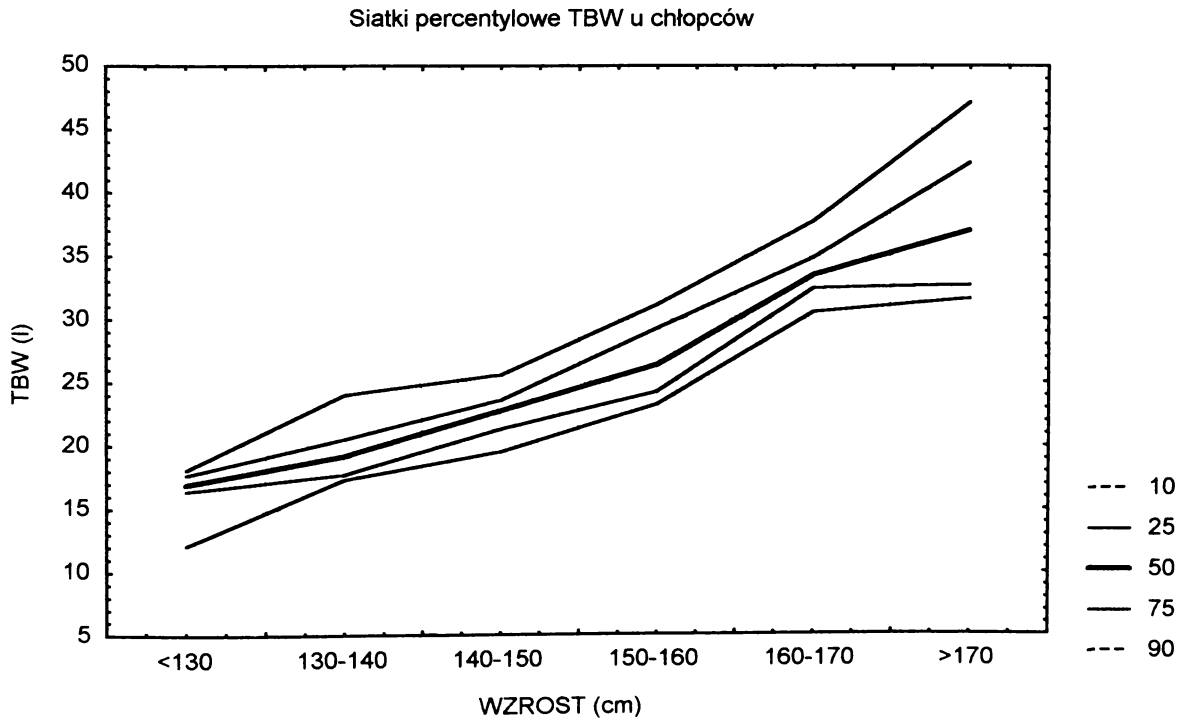
Ryc. 84. Siatki percentylowe TBW (% m.c.) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.



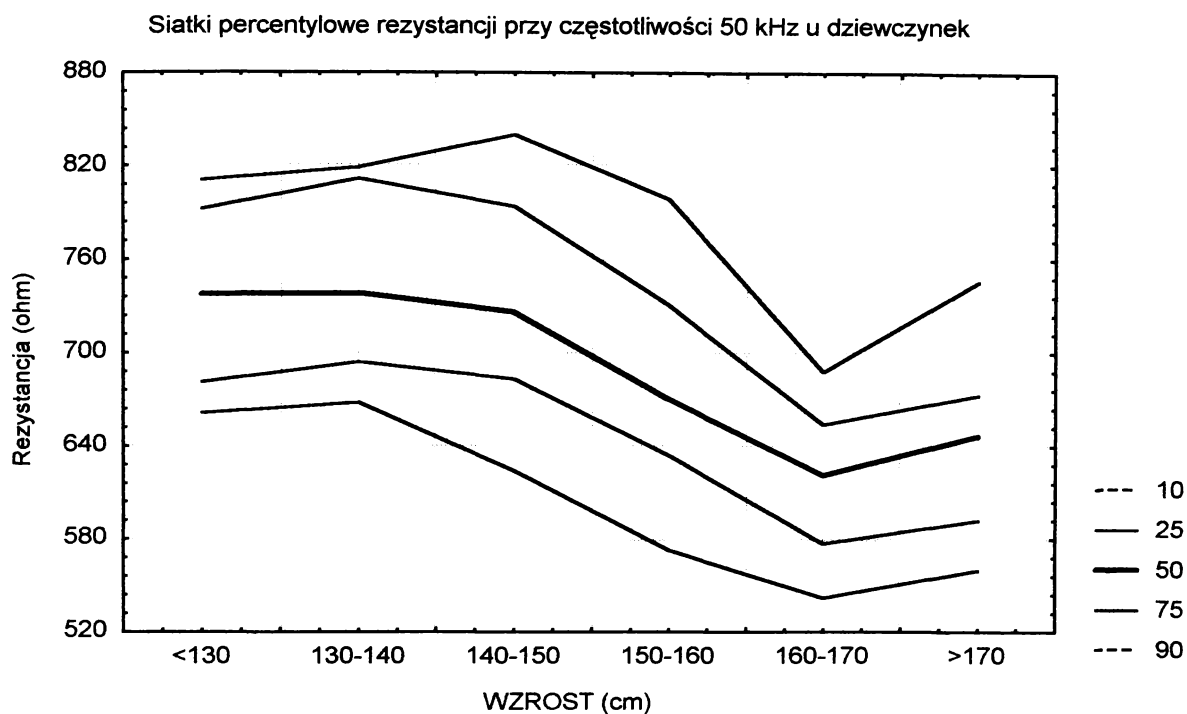
Ryc. 85. Siatki percentylowe TBW (% m.c.) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.



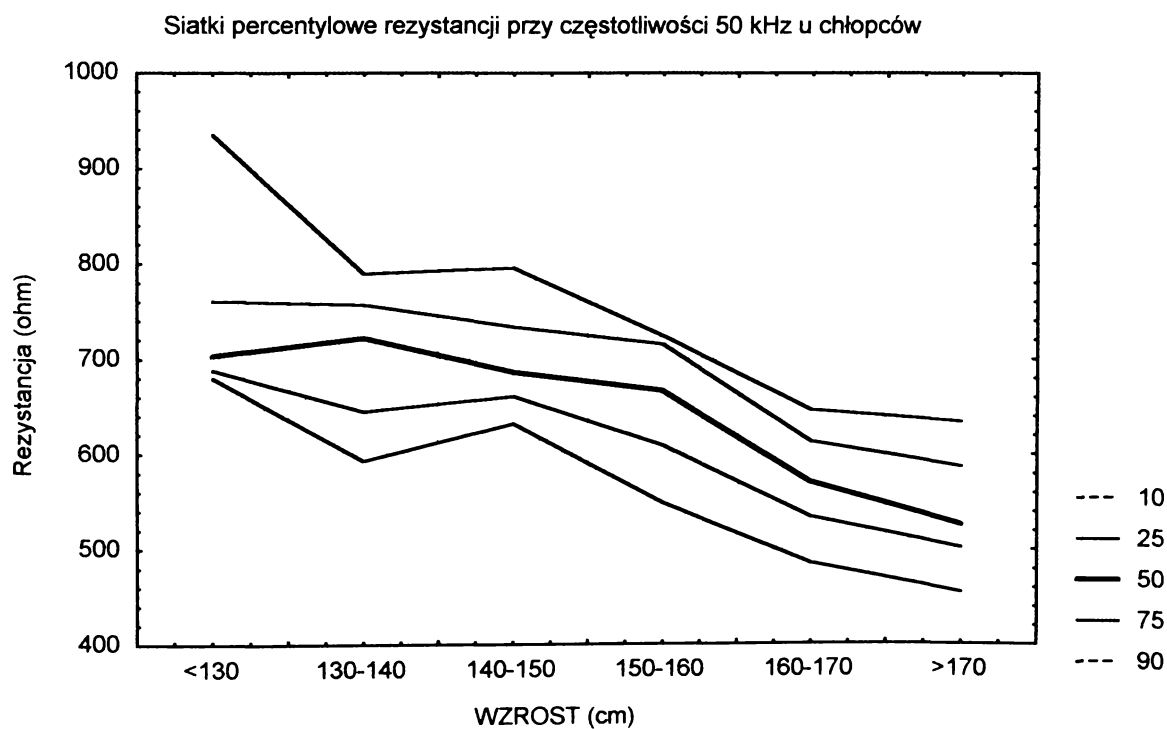
Ryc. 86. Siatki percentylowe TBW (w litrach) u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.



Ryc. 87. Siatki percentylowe TBW (w litrach) u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.

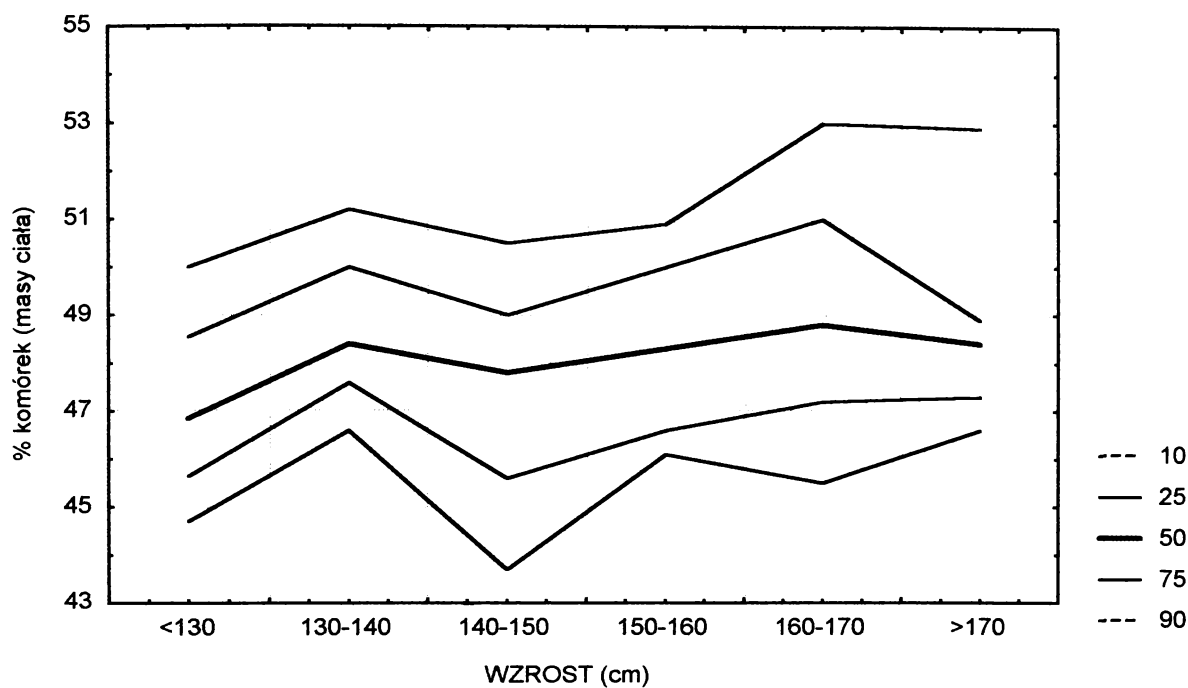


Ryc. 88. Siatki percentylowe rezystancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.



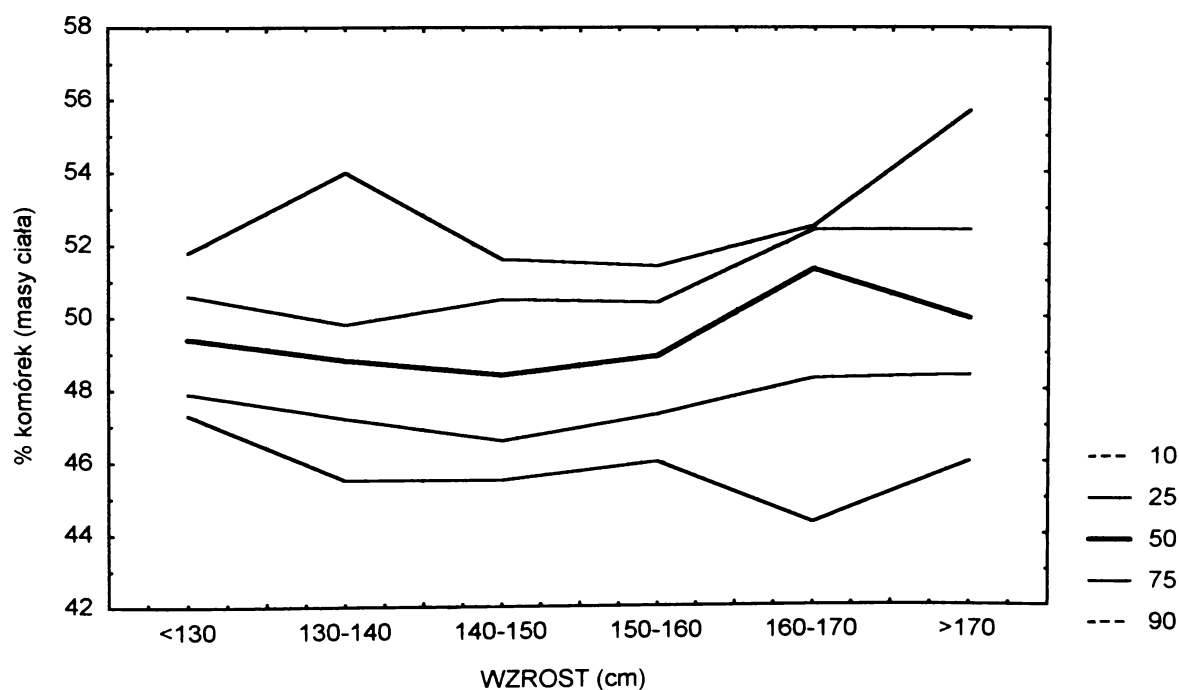
Ryc. 89. Siatki percentylowe rezystancji przy częstotliwości 50 kHz u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.

Siatki percentylowe zawartości komórek u dziewczynek



Ryc. 90. Siatki percentylowe zawartości komórek u zdrowych dzieci płci żeńskiej w zależności od wzrostu.

Siatki percentylowe zawartości komórek u chłopców



Ryc. 91. Siatki percentylowe zawartości komórek u zdrowych dzieci płci męskiej w zależności od wzrostu.

Tabela 21. Wartość R (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	4	736,8	68,1	661,0	681,0	737,5	792,5	811,0
130-140	17	749,2	69,8	668,0	694,0	738,0	812,0	819,0
140-150	17	726,9	80,2	624,0	683,0	726,0	794,0	840,0
150-160	23	679,8	98,4	573,0	634,0	670,0	731,0	799,0
160-170	21	620,7	67,5	542,0	577,0	621,0	654,0	688,0
>170	6	644,0	66,0	560,0	592,0	646,5	673,0	746,0

Tabela 22. Wartość Xc (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	4	66,0	9,6	59,0	60,0	62,5	72,0	80,0
130-140	17	70,3	6,4	60,0	66,0	71,0	77,0	78,0
140-150	17	65,6	7,9	56,0	60,0	66,0	69,0	73,0
150-160	23	62,8	8,5	51,0	58,0	62,0	68,0	72,0
160-170	21	58,7	7,0	49,0	52,0	60,0	63,0	67,0
>170	6	60,5	4,9	52,0	58,0	62,0	63,0	66,0

Tabela 23. Wartość kąta fazowego (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	4	5,1	0,4	4,7	4,8	5,1	5,3	5,6
130-140	17	5,4	0,3	5,0	5,2	5,3	5,6	5,8
140-150	17	5,2	0,4	4,5	4,8	5,2	5,4	5,7
150-160	23	5,3	0,4	4,9	5,0	5,3	5,6	5,8
160-170	21	5,4	0,5	4,8	5,1	5,4	5,8	6,2
>170	6	5,4	0,4	5,0	5,1	5,3	5,4	6,2

Tabela 24. TBW w % masy ciała u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	4	67,7	2,6	64,0	66,1	68,5	69,4	70,0
130-140	17	64,8	2,6	61,6	63,1	65,0	66,0	68,5
140-150	17	61,5	4,9	52,8	58,6	60,6	66,4	67,8
150-160	23	57,7	5,3	50,4	53,5	58,7	61,1	65,4
160-170	21	59,2	4,3	55,4	56,1	58,2	63,1	65,0
>170	6	56,5	3,3	52,0	54,6	56,0	59,2	61,2

Tabela 25. ECW w litrach u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	4	8,3	0,7	7,6	7,9	8,3	8,8	9,2
130-140	17	9,2	0,6	8,3	8,8	9,1	9,4	10,0
140-150	17	10,2	0,9	9,2	9,4	10,1	11,0	11,5
150-160	23	11,8	1,3	10,2	11,0	11,7	12,6	13,0
160-170	21	13,7	1,1	12,6	13,1	13,3	14,6	15,2
>170	6	14,4	0,9	12,7	14,1	14,6	15,1	15,3

Tabela 26. ICW w litrach u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	4	8,2	0,6	7,6	7,6	8,1	8,7	8,8
130-140	17	9,8	0,9	8,8	9,1	9,6	10,8	11,2
140-150	17	12,1	1,5	10,5	10,9	12,2	12,7	14,7
150-160	23	15,1	2,6	12,1	13,6	14,8	15,9	17,8
160-170	21	17,5	1,7	15,5	16,3	17,0	18,7	19,9
>170	6	19,6	1,4	17,3	19,1	19,8	20,4	21,3

Tabela 27. ECM w kg u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	4	11,9	1,1	10,8	11,0	12,0	12,9	13,0
130-140	17	13,3	1,1	11,8	12,5	13,0	14,1	15,1
140-150	17	15,9	1,6	13,8	15,1	15,6	17,2	18,1
150-160	23	18,9	2,6	16,0	17,4	18,6	20,2	21,6
160-170	21	21,8	2,0	20,0	20,1	21,1	23,1	24,4
>170	6	23,8	1,6	21,6	22,8	23,6	25,2	25,9

Tabela 28. BCM w kg u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	4	10,6	0,7	9,7	10,1	10,6	11,1	11,4
130-140	17	12,6	1,1	11,5	11,8	12,9	13,4	14,1
140-150	17	14,5	1,9	12,2	13,2	14,9	15,2	17,4
150-160	23	17,7	2,9	14,4	15,5	17,6	19,2	20,3
160-170	21	20,8	2,3	18,0	19,5	20,6	23,2	23,9
>170	6	22,7	2,0	19,4	22,4	22,5	23,6	25,6

Tabela 29. FFM w kg u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	4	22,5	1,6	20,8	21,2	22,5	23,9	24,2
130-140	17	25,9	2,0	23,2	24,3	25,7	27,7	29,0
140-150	17	30,5	3,3	27,0	27,2	30,6	32,7	35,5
150-160	23	36,6	5,3	30,4	34,1	36,1	38,8	41,9
160-170	21	42,6	3,6	39,1	40,1	41,6	45,7	47,2
>170	6	46,5	3,0	41,0	45,8	47,3	48,5	48,8

Tabela 30. FM w kg u zdrowych dziewczynek w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	4	1,8	0,9	1,1	1,2	1,5	2,4	3,1
130-140	17	3,4	1,2	1,7	2,9	3,3	4,2	5,4
140-150	17	6,1	3,3	2,2	3,3	6,3	7,6	10,6
150-160	23	10,4	5,0	4,7	6,9	8,8	14,9	17,3
160-170	21	10,3	4,2	5,3	6,5	10,8	12,2	14,0
>170	6	13,9	3,7	9,1	11,5	13,4	16,1	19,8

Tabela 31. Wartość R (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	7	812,9	100,8	751,0	753,0	773,0	844,0	1030,0
130-140	15	771,7	88,1	645,0	710,0	793,0	841,0	874,0
140-150	29	779,1	69,5	702,0	738,0	767,0	809,0	875,0
150-160	22	720,2	75,4	617,0	685,0	744,0	784,0	799,0
160-170	18	645,0	64,3	553,0	609,0	641,0	688,0	708,0
>170	14	615,9	92,9	522,0	567,0	598,0	663,0	705,0

Tabela 32. Wartość Xc (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	7	71,0	10,7	62,0	64,0	66,0	80,0	91,0
130-140	15	65,7	7,9	57,0	59,0	65,0	72,0	74,0
140-150	29	65,7	5,5	59,0	62,0	66,0	69,0	74,0
150-160	22	61,0	5,1	56,0	56,0	61,0	64,0	68,0
160-170	18	56,2	5,6	51,0	54,0	55,0	59,0	63,0
>170	14	54,1	6,7	49,0	49,0	52,5	58,0	60,0

Tabela 33. Wartość kąta fazowego (przy częstotliwości 50 kHz) u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	7	5,5	0,3	5,1	5,2	5,5	5,7	6,0
130-140	15	5,4	0,5	4,8	5,1	5,4	5,6	6,4
140-150	29	5,4	0,5	4,8	5,0	5,3	5,7	5,9
150-160	22	5,4	0,4	4,9	5,1	5,4	5,7	5,9
160-170	18	5,6	0,6	4,6	5,3	5,9	6,1	6,1
>170	14	5,8	0,7	4,9	5,3	5,6	6,1	6,8

Tabela 34. TBW w % masy ciała u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	7	66,4	2,6	62,2	64,4	66,7	68,7	69,8
130-140	15	64,3	5,3	55,0	62,2	65,9	68,9	69,7
140-150	29	62,9	3,6	57,9	59,5	63,5	65,2	68,7
150-160	22	63,4	6,4	57,6	62,0	64,5	67,4	70,1
160-170	18	61,5	7,2	53,8	55,8	62,6	68,2	69,6
>170	14	65,0	4,7	58,6	61,8	64,7	69,0	70,9

Tabela 35. ECW w litrach u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	7	8,5	0,8	6,8	8,3	8,7	8,9	9,0
130-140	15	9,5	0,7	8,8	9,0	9,3	9,9	10,6
140-150	29	10,5	0,7	9,6	10,2	10,5	10,8	11,4
150-160	22	12,2	1,2	10,9	11,3	11,9	12,7	14,0
160-170	18	14,5	1,1	12,9	14,0	14,5	15,4	16,2
>170	14	16,6	2,2	14,5	14,9	16,4	18,3	19,7

Tabela 36. ICW w litrach u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	7	8,0	1,3	5,3	7,7	8,3	8,8	9,1
130-140	15	10,1	1,5	8,5	8,7	9,9	10,8	12,6
140-150	29	11,9	1,5	9,9	11,2	12,2	12,6	14,2
150-160	22	14,7	2,3	12,3	13,0	14,5	16,3	17,4
160-170	18	19,1	1,9	16,4	17,8	18,8	19,7	22,4
>170	14	21,6	4,2	16,8	18,0	20,7	23,9	27,4

Tabela 37. ECM w kg u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	7	11,4	1,5	8,3	10,9	11,8	12,4	12,5
130-140	15	13,7	1,4	12,1	12,4	13,5	14,6	15,6
140-150	29	15,7	1,3	14,2	14,9	15,6	16,5	17,6
150-160	22	18,7	1,9	16,4	17,6	18,0	20,2	20,8
160-170	18	22,9	2,2	21,0	21,6	22,5	23,5	27,7
>170	6	23,8	1,6	21,6	22,8	23,6	25,2	25,9

Tabela 38. BCM w kg u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	7	11,1	1,3	8,3	10,6	11,7	11,8	12,2
130-140	15	13,1	1,9	11,3	11,8	12,4	13,7	16,2
140-150	29	14,9	1,9	12,4	13,5	15,4	16,1	17,3
150-160	22	18,0	2,8	14,8	15,4	17,8	20,3	21,2
160-170	18	23,0	2,4	18,8	21,8	23,2	24,0	25,9
>170	14	26,6	6,1	19,8	21,6	25,2	30,3	33,4

Tabela 39. FFM w kg u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	7	22,5	2,7	16,6	22,4	23,1	24,1	24,7
130-140	15	26,9	3,0	23,7	24,2	26,0	28,1	32,8
140-150	29	30,6	2,9	26,6	29,1	31,0	32,3	34,9
150-160	22	36,7	4,5	31,7	33,0	35,9	39,9	42,4
160-170	18	45,9	3,6	41,7	44,2	45,7	47,6	51,5
>170	14	52,2	8,6	43,2	44,7	50,4	57,8	64,3

Tabela 40. FM w kg u zdrowych chłopców w poszczególnych przedziałach wzrostowych.

wzrost	n	średnia	SD	10%	25%	50%	75%	90%
<130	7	2,3	1,0	1,1	1,5	2,3	2,8	4,1
130-140	15	4,0	3,0	1,2	1,6	2,8	4,7	9,1
140-150	29	5,2	2,4	1,9	3,3	4,8	7,0	8,7
150-160	22	6,4	6,1	1,5	3,1	5,1	7,2	10,1
160-170	18	9,6	7,8	2,4	3,3	8,1	14,2	18,0
>170	14	7,0	4,6	1,9	2,9	6,3	11,9	12,7

4.10. Ciśnienie tętnicze krwi u dzieci zdrowych i wybrane parametry bioimpedancji

Ze względu na różnice ciśnienia tętniczego krwi u dzieci w zależności od wzrostu i płci, wyniki pomiarów przedstawiono w sposób zakodowany. Każdą wartość ciśnienia skurczowego i rozkurczowego oceniano według siatek centylowych dla płci i wzrostu, przyporządkowując do jednej z 4 grup. Kod 1 oznacza wartość ciśnienia tętniczego < 50 percentyla, 2 pomiędzy 50 a 95 percentylem, 3 wartości powyżej 95 percentyla a kod 4 nadciśnienie ciężkie (wartości RR przekraczające 95 percentyl o ponad 30 mmHg).

Tabela 41. Porównanie wartości badanych parametrów BIA pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.

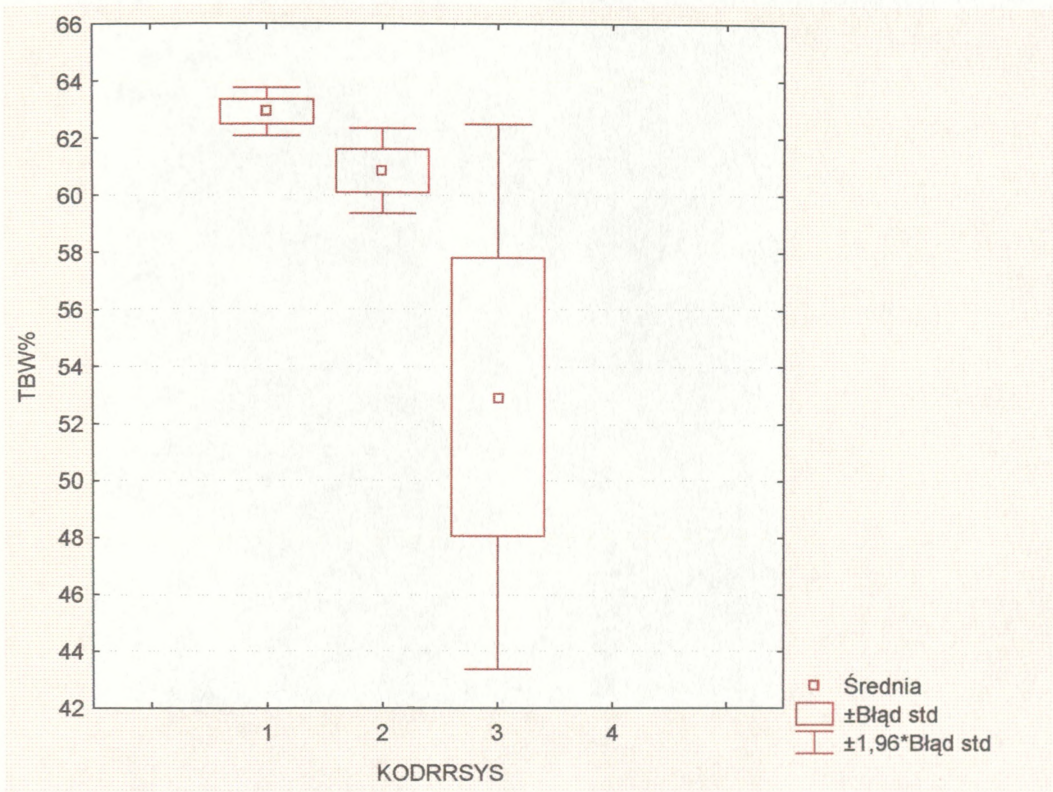
Parametry	Grupa dzieci zdrowych			
	Z ciśnieniem skurczowym <50 percentyla dla wzrostu i płci (n=139)	Z ciśnieniem skurczowym w zakresie 50-95 percentyl dla wzrostu i płci (n=50)	Z ciśnieniem skurczowym > 95 percentyla dla wzrostu i płci (n=3)	Z ciśnieniem skurczowym o 30 mmHg większym niż wartość 95 percentyla dla wzrostu i płci (n=1)
TBW (%) – średnia [95%CI]	62,92 [62,07-63,77]	60,86 [59,33-62,39]	52,93 [31,93-73,93]	45,37
ECW / ICW - średnia [95%CI]	0,87 [0,85-0,88]	0,82 [0,79-0,85]	0,70 [0,49-0,90]	0,63
ECM / BCM - średnia [95%CI]	1,06 [1,04-1,07]	1,04 [1,01-1,08]	1,06 [0,56-1,55]	1,11
FM(%) – średnia [95%CI]	14,03 [12,87-15,20]	16,86 [14,77-18,96]	27,66 [1,17-56,50]	38,04

95%CI – 95% przedział ufności dla średniej

Tabela 42. Porównanie wartości badanych parametrów BIA pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.

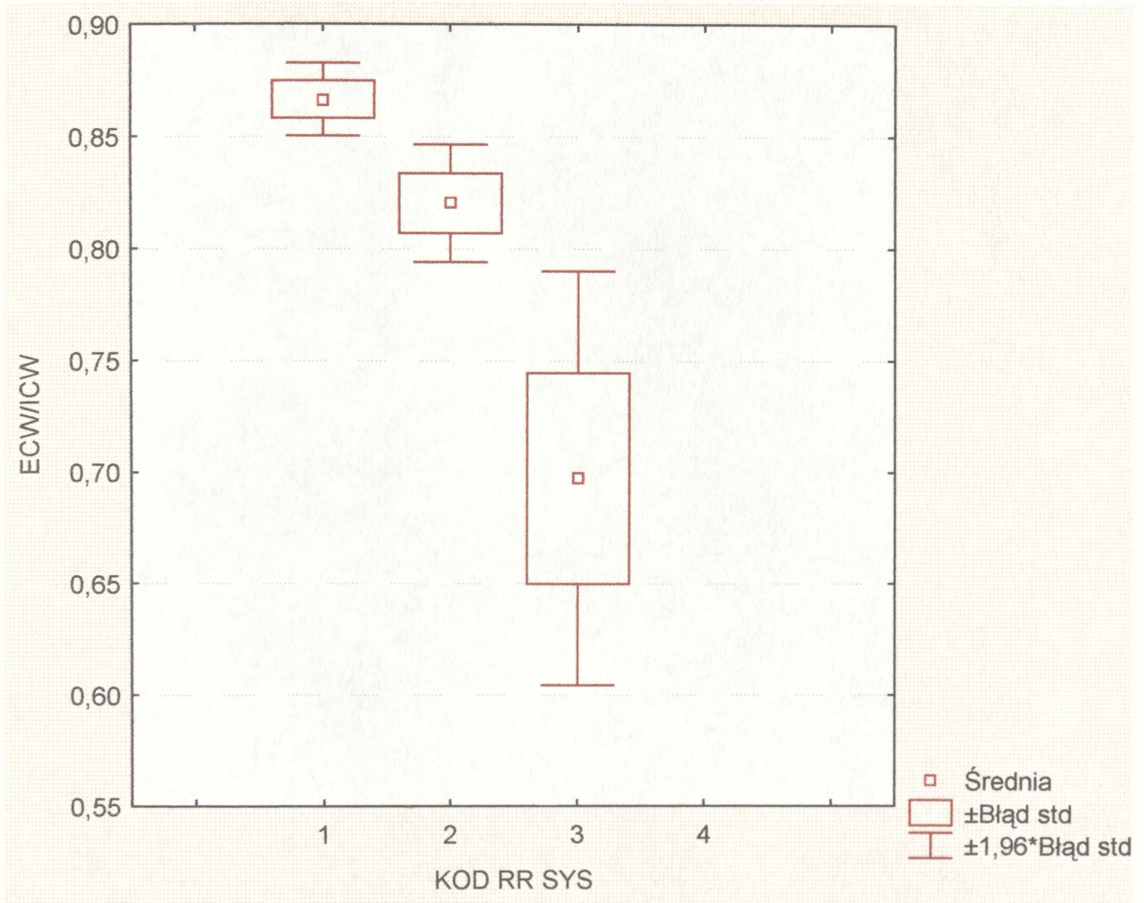
Parametry	Grupa dzieci zdrowych			
	Z ciśnieniem rozkurczowym <50 percentyla dla wzrostu i płci (n=68)	Z ciśnieniem rozkurczowym w zakresie 50-95 percentyl dla wzrostu i płci (n=111)	Z ciśnieniem rozkurczowym > 95 percentyla dla wzrostu i płci (n=12)	Z ciśnieniem rozkurczowym o 30 mmHg większym niż wartość 95 percentyla dla wzrostu i płci (n=2)
TBW (%) – średnia [95%CI]	63,62 [62,42-64,82]	61,99 [61,04-62,93]	58,10 [54,22-61,98]	44,51 [33,57-55,44]
ECW / ICW - średnia [95%CI]	0,87 [0,85-0,90]	0,85 [0,83-0,87]	0,79 [0,76-0,83]	0,62 [0,49-0,76]
ECM / BCM - średnia [95%CI]	1,06 [1,03-1,08]	1,04 [1,02-1,07]	1,10 [1,03-1,16]	1,19 [0,26-2,11]
FM(%) średnia [95%CI]	13,07 [11,43-14,71]	15,32 [14,02-16,61]	20,62 [15,31-25,93]	39,22 [24,15-54,29]

95%CI – 95% przedział ufności dla średniej



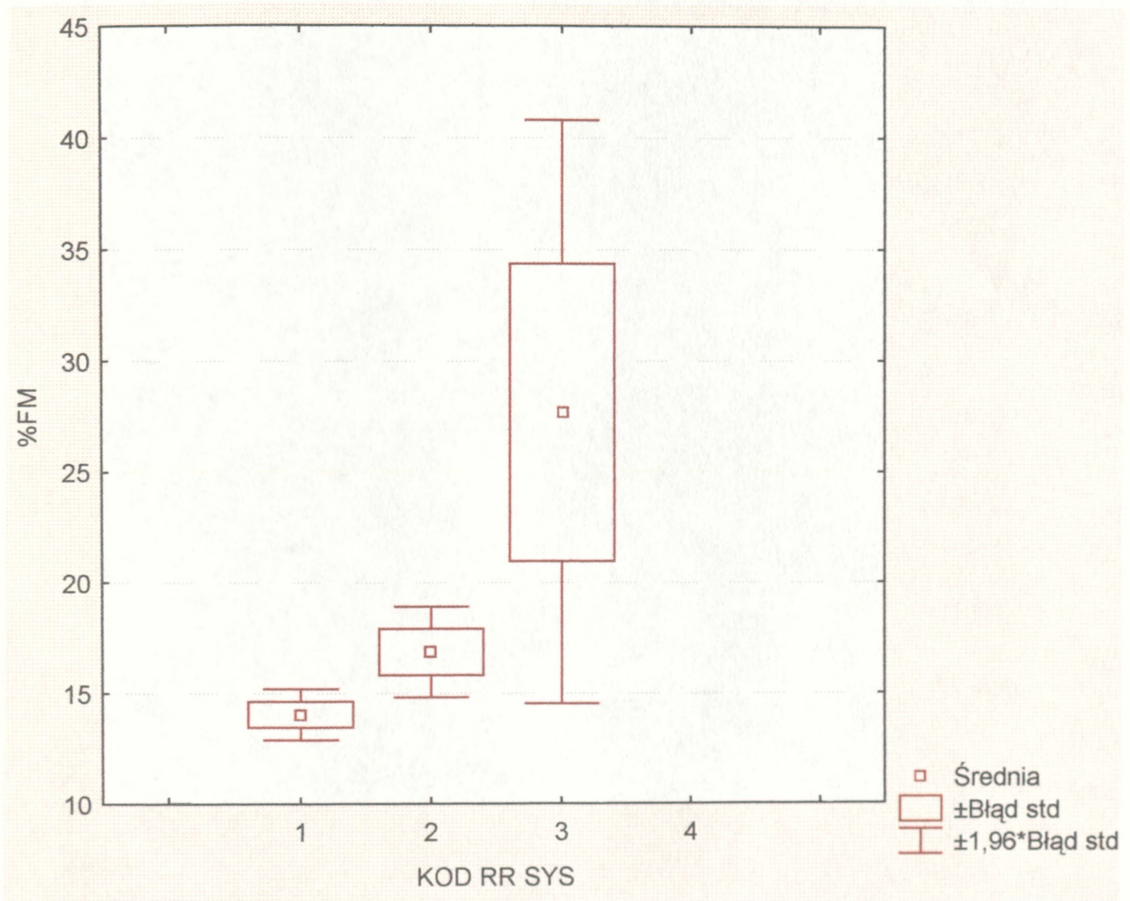
Ryc. 92. Porównanie zawartości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.

Stwierdzono tendencję malejącą zawartości całkowitej wody ustroju ze wzrostem ciśnienia skurczowego u zdrowych dzieci. Różnice pomiędzy grupami nie osiągnęły znaczącości statystycznej.



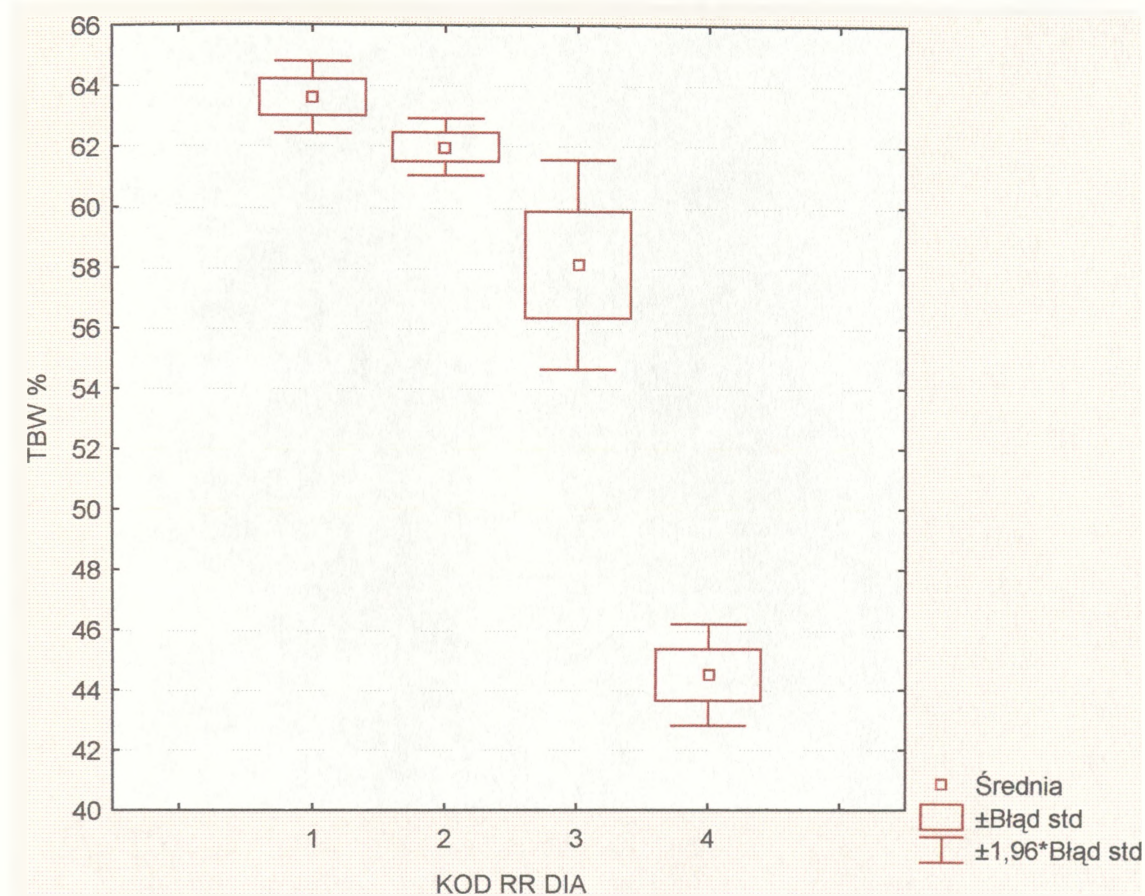
Ryc. 93. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.

Wykazano, że wartość wskaźnika ECW/ICW malała wraz ze wzrostem ciśnienia skurczowego. Uzyskano znamienne statystycznie różnice pomiędzy badanymi grupami dzieci ($p < 0,05$).



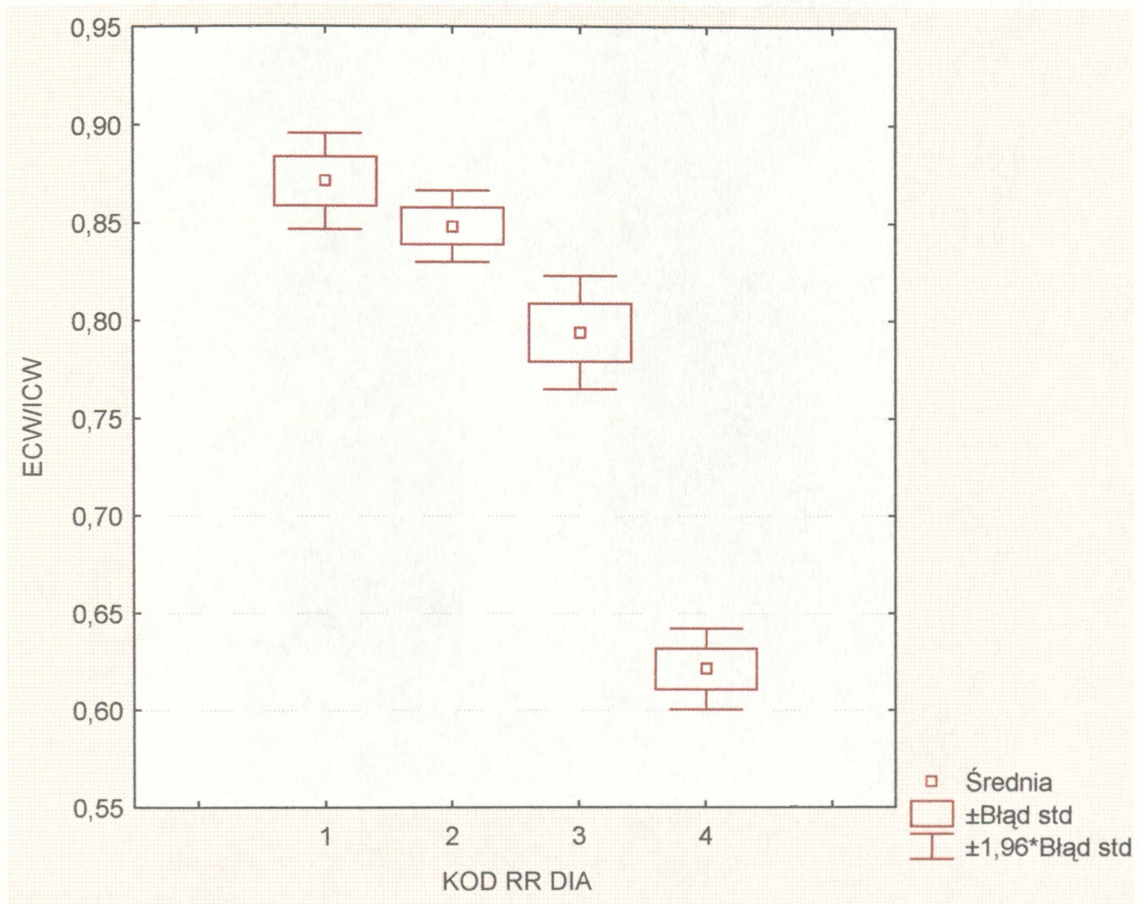
Ryc. 94. Porównanie zawartości tkanki tłuszczowej w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości skurczowego RR.

Stwierdzono rosnącą zawartość tkanki tłuszczowej ze wzrostem ciśnienia skurczowego u zdrowych dzieci. Różnice pomiędzy grupami nie osiągnęły znaczącości statystycznej.



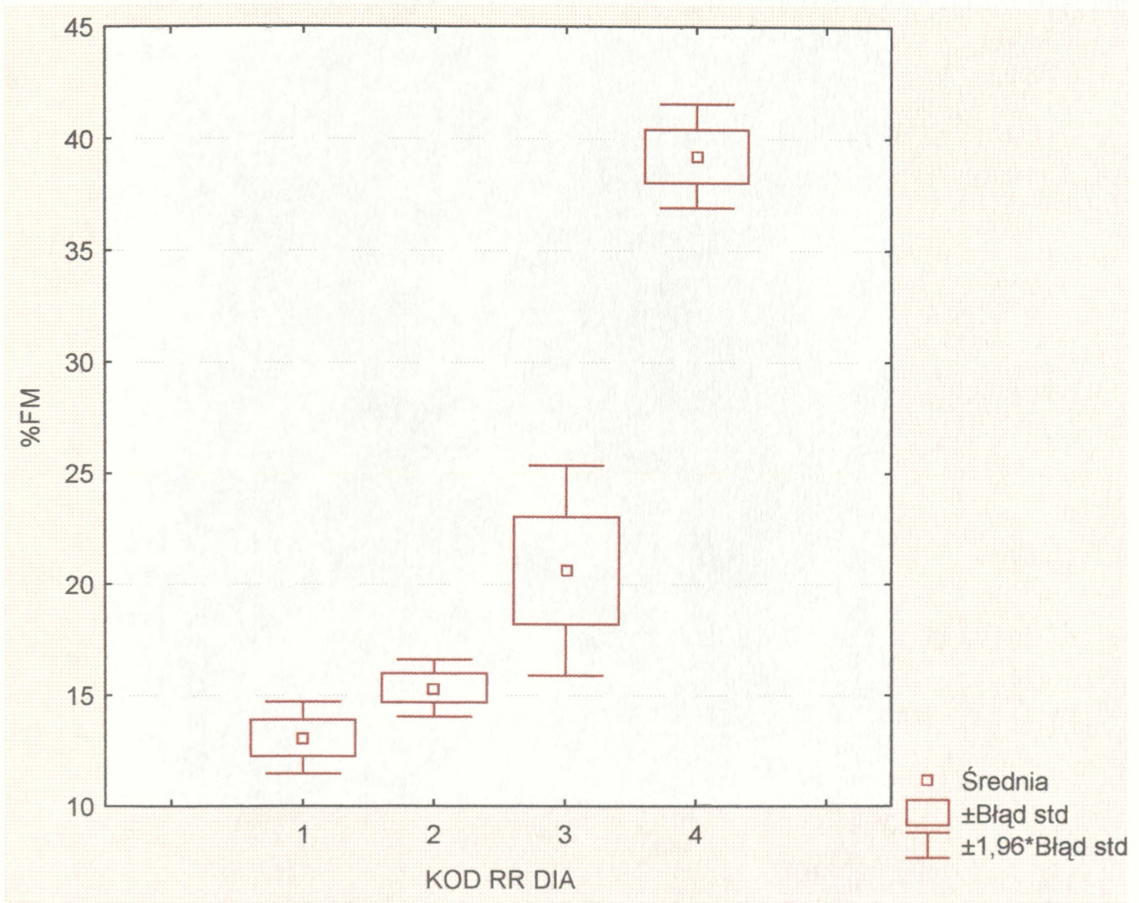
Ryc. 95. Porównanie zawartości TBW w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.

Stwierdzono malejącą zawartość całkowitej wody ustroju ze wzrostem ciśnienia rozkurczowego. Uzyskano znamienne statystycznie różnice między grupą dzieci z prawidłowym ciśnieniem rozkurczowym ($RR_R < 50$ pc dla płci i wzrostu i pomiędzy 50 a 95 pc) oraz grupą z ciężkim nadciśnieniem ($p < 0,05$). Uzyskano znamienne statystycznie różnice między grupą dzieci z $RR_R < 50$ pc dla płci i wzrostu oraz grupą z $RR_R > 95$ pc i grupą z ciężkim nadciśnieniem ($p < 0,05$).



Ryc. 96. Porównanie wartości współczynnika ECW/ICW pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.

Wykazano, że wartość wskaźnika ECW/ICW malała wraz ze wzrostem ciśnienia rozkurczowego u zdrowych dzieci. Uzyskano znamienne statystycznie różnice między grupą dzieci z prawidłowym ciśnieniem rozkurczowym ($RR_R < 50$ pc dla płci i wzrostu i pomiędzy 50 a 95 pc) oraz grupą z $RR_R > 95$ pc i grupą z ciężkim nadciśnieniem ($p < 0,05$).



Ryc. 97. Porównanie zawartości tkanki tłuszczowej w % masy ciała pomiędzy podgrupami dzieci zdrowych wyróżnionymi na podstawie wartości rozkurczowego RR.

Stwierdzono, że zawartość tkanki tłuszczowej rośnie wraz ze wzrostem ciśnienia rozkurczowego. Uzyskano znamienne statystycznie różnice między grupą dzieci z $RR_R < 50$ pc dla płci i wzrostu oraz grupą z $RR_R > 95$ pc i grupą z ciężkim nadciśnieniem ($p < 0,05$).

5. Omówienie wyników

5.1. Zastosowanie bioimpedancji do oceny przestrzeni wodnych u dzieci dializowanych

Dzieci z zespołem nerczykowym i schyłkową niewydolnością nerek są narażone na ostre i przewlekłe zmiany objętości przestrzeni wodnych ciała. Wyznaczenie zmieniającej się suchej masy ciała u chorego, wzrastającego dziecka, jest jednym z najtrudniejszych zadań nefrologa dziecięcego. Utrata beztłuszczowej masy ciała jest często maskowana retencją wody, która u pacjentów dializowanych gromadzona jest w przestrzeni pozakomórkowej. Ocena przestrzeni wodnych u chorych dializowanych ma pierwszorzędne znaczenie, ponieważ zarówno przewodnienie jak i odwodnienie trudno jest wykryć w badaniu fizykalnym, a stany te mogą mieć poważne następstwa. Również ocena V jest ważnym determinantem dla wyliczenia wartości wskaźnika dializy Kt/V , który jest powszechnie uznany jako miara adekwatności dializy.

Całkowita zawartość wody wyliczona metodą bioimpedancji wynosiła w badanej grupie pacjentów hemodializowanych 63% masy ciała przed i 59% po zabiegu hemodializy. Wartość TBW przed hemodializą była znamienne wyższa w porównaniu do referencyjnej wartości badanej u dzieci zdrowych (63 vs 62,1, $p=0,043$), natomiast po zabiegu HD osiągnęła wartości znamienne niższe niż u dzieci zdrowych (59 vs 62,1, $p=0,001$). Wskaźnik ECW/ICW określający stosunek przestrzeni wodnej pozakomórkowej do wewnątrzkomórkowej był istotnie statystycznie wyższy u dzieci przed zabiegiem HD w porównaniu z grupą kontrolną (0,9 vs 0,85, $p=0,000$), co świadczyło o przewodnieniu, natomiast jego wartość po zabiegu nie różniła się istotnie od wartości w grupie dzieci zdrowych (0,86 vs 0,85, $p=0,393$).

Uzyskane wyniki w grupie dzieci hemodializowanych wskazują na prawidłowo ustaloną suchą masę ciała.

Przybór masy ciała pomiędzy zabiegami hemodializy spowodowany jest retencją wody w organizmie, która jest następnie usuwana w trakcie zabiegu. W materiale własnym różnica między masą ciała przed HD i po HD wynosiła średnio $1,71 \pm 1,09$ kg. Wyliczona zaś metodą BIA różnica w zawartości całkowitej wody ustroju zawyżała faktyczny ubytek TBW o 1 kg ($\Delta TBW_{BIA} = 2,71 \pm 1,64$ kg). W badaniach Konga i wsp. (105) BIA również zawyżała ubytek wagi w trakcie hemodializy. Niedokładności w ocenie TBW mogą wynikać z różnic oporności właściwej płynu wewnątrz i zewnątrzkomórkowego. Odwadnianie w trakcie hemodializy nie zachodzi równocześnie z obu przedziałów płynowych, lecz głównie z przestrzeni pozakomórkowej. Gunga i wsp. (82) mierzyli metodą ultrasonograficzną grubość tkanki podskórnej, która stopniowo malała w trakcie odwadniania i wyliczyli, iż 45% płynu usuniętego podczas hemodializy pochodzi z tkanki podskórnej. W materiale własnym, wyliczona z 568 pomiarów BIA u dzieci hemodializowanych, różnica zawartości wody pozakomórkowej przed i po zabiegu HD wynosiła $1,65 \pm 1,08$ kg i odpowiadała odwodnieniu uzyskanemu w trakcie zabiegu.

Również u pacjentów dorosłych w trakcie izolowanej ultrafiltracji i hemodializy wykazano, że w oparciu o metodę BIA można dokładnie ocenić ostre zmiany w ECW w przeciwieństwie do zmian TBW (34). Niezwykle istotny dla prawidłowej oceny przestrzeni wodnych u pacjentów po hemodializie jest czas wykonania pomiaru. Ho i wsp. (89) potwierdzili skuteczność BIA w ocenie TBW u pacjentów zarówno przed jak i po hemodializie, porównując wyniki z metodą referencyjną jaką była metoda radioizotopowa. Pomiarów BIA dokonywano 3 do 4 godzin po hemodializie, uznając, że dopiero wtedy dochodzi do wyrównania pomiędzy przestrzeniami płynowymi organizmu. W codziennej praktyce klinicznej nie jest jednak możliwe pozostawienie pacjenta na kilka godzin po zabiegu celem wykonania kolejnego pomiaru. Jak wynika z badań własnych, dzieci leczone w programie hemodializ mają prawidłowo wyznaczoną suchą masę ciała w oparciu o badania BIA wykonywane przed i 20 minut po zabiegu.

Wyznaczenie metodą BIA stosunku ECW/ICW może być cennym wskaźnikiem przewodnienia w tej grupie pacjentów, co obserwowano w materiale własnym. Spiegel i wsp. (176) wyliczyli wskaźnik R dla ICW/ R dla ECW w grupie zdrowych dorosłych i porównywali z wartościami u pacjentów dializowanych. Część pacjentów wykazywała cechy przewodnienia po zabiegu hemodializy. Deurenberg i wsp. (38) badając impedancję krwi z różną zawartością krwinek czerwonych wykazali zależność pomiędzy R a dystrybucją wody zewnątrz do wewnątrzkomórkowej.

Odsetek całkowitej wody ustroju wyliczony metodą BIA wynosił w grupie dzieci dializowanych otrzewnowo 62,8% masy ciała i nie różnił się statystycznie od zawartości TBW w grupie dzieci zdrowych (62,1%, $p=0,15$), był natomiast istotnie większy niż u dzieci po zabiegu hemodializy (59%, $p=0,001$). Pozostałe parametry (podwyższone wskaźniki ECW/ICW i ECM/BCM) wskazują na obecność przewodnienia pozakomórkowego. Obydwa wskaźniki osiągnęły najwyższe wartości u dzieci DO i były istotnie statystycznie wyższe niż u dzieci zdrowych i pacjentów po zabiegu hemodializy. U zdrowych dzieci wartość wskaźnika ECW/ICW przekraczała 1,0 tylko u dzieci ze wzrostem poniżej 130 cm (1,01 dla dziewczynek i 1,04 dla chłopców), a u pozostałych dzieci wartość ta wynosiła poniżej 1,0. Średni wzrost w grupie dzieci dializowanych otrzewnowo wynosił 125 cm, co mogło mieć pewien wpływ na wartość wskaźnika ECW/ICW, niemniej wartość 1,13 wskazuje zdecydowanie na nadmiar płynu w przestrzeni pozakomórkowej. Rutynowe prowadzenie badań bioimpedancji u dzieci hemodializowanych pozwoliło na identyfikację i prawidłową kontrolę wolemii u tych pacjentów, natomiast u dzieci dializowanych otrzewnowo nadal stwierdzano cechy przewodnienia.

U dzieci dializowanych otrzewnowo metodą ADO/CADO pojawia się dodatkowy problem. Dializę wykonują w domu rodzice i należy ich przekonać, iż wzrastający w stosunkowo krótkich przedziałach czasu ciężar ciała jest spowodowany nadmiarem wody, a nie faktycznym i pożądanym u dziecka przyborem masy ciała. Jak wykazały pomiary bioimpedancji u dzieci z zespołem

nerczycowym czasami nawet znaczne przewodnienie nie manifestuje się klinicznie. Brak widocznych objawów przewodnienia utrudnia przekonanie rodziców o konieczności odwadniania. Dopiero analiza pomiaru BIA jest dla nich przekonującym argumentem. Jak wykazano na przykładzie pacjentów G.K. i N.M. (Ryc. 8, 9) istnieje ścisła zależność pomiędzy zmianami masy ciała i zmianami rezystancji u danego dziecka. Przybór masy ciała pomiędzy kontrolami (z reguły co 4 tygodnie) połączony ze spadkiem mierzonego oporu elektrycznego (R) wskazuje jednoznacznie na zwiększenie przestrzeni wodnych i konieczność odwodnienia. U chłopca G.K. (Ryc. 8) dużym problemem klinicznym było utrzymujące się pomimo 4 leków hipotensyjnych ciężkie nadciśnienie tętnicze krwi. Pomimo dobrej ultrafiltracji (1000-1200 ml/dobę) pacjent wymagał okresowo hospitalizacji celem odwodnienia a po 4 tygodniach wracał ponownie przewodniony. Maksymalnie w czasie pobytu na oddziale uzyskiwano ubytek masy ciała o 2,5 kg ze wzrostem R o 230 Ω . Na podkreślenie zasługuje fakt, iż przy tak znacznym przewodnieniu (13% masy ciała) nie obserwowano obrzęków. Podobną zależność między zmianami masy ciała i rezystancji obserwowano u dziewczynki N.M. i pozostałych pacjentów. Regularne wykonywanie badań BIA u dzieci dializowanych pozwala na szybką, przyłózkową ocenę zmiany stanu nawodnienia i odpowiednią zmianę reżimu dializy. Problemy pojawiają się u dzieci bez diurezy resztkowej lub ze zmniejszającą się czynnością resztkową nerek, jeżeli podaż płynów znacznie przekracza dobową ultrafiltrację łącznie z objętością wydalanego moczu. Ten brak pełnej współpracy ze strony pacjentów wiąże się prawdopodobnie z faktem, iż są to w większości małe dzieci, a w momencie rozpoczynania dializy otrzewnowej, brak jest praktycznie ograniczeń dietetycznych i płynowych. Na gorszą kontrolę wolemii u dzieci dializowanych otrzewnowo może też mieć wpływ mniejsza ilość kontroli lekarskich. Dzieci leczone w programie przewlekłych hemodializ przebywają na oddziale z reguły 3 razy w tygodniu i mają ustaloną ultrafiltrację przed każdym zabiegiem, a zmiana suchej masy ciała jest możliwa.

Schaefer i wsp. (165) podkreślają znaczenie rutynowych np. comiesięcznych pomiarów BIA u dzieci dializowanych. Ocena mierzonych parametrów (rezystancji, reaktancji i kąta fazowego) i ich zmiany w czasie u danego dziecka, łącznie z badaniem klinicznym i pomiarem ciśnienia tętniczego, pozwalają na prawidłową interpretację zmian masy ciała. Dla ułatwienia przyłóżkowej oceny uzyskanych wyników pomiaru BIA Schaefer i wsp. opublikowali siatki percentylowe bioimpedancji dla płci i wzrostu dzieci z okolic Heidelbergu.

W materiale własnym opracowano podobne siatki percentylowe dla dzieci szkół krakowskich, ale obejmujące znacznie większą liczbę parametrów mierzonych przy pomocy wieloczęstotliwościowej BIA. Dla umożliwienia porównania wyników z nadal stosowaną bioimpedancją 1-częstotliwościową podano wartości R i X_c dla częstotliwości 50 kHz.

Według opinii Perez-Garcia i wsp. (147) równoczesna ocena kliniczna z pomiarem bioimpedancji jest najbardziej adekwatnym narzędziem do wyznaczenia suchej masy ciała u dorosłych pacjentów. U pacjentów w ciężkim stanie obserwowano liniową zależność między zmianą ciężaru ciała i R jeżeli różnice wagi wynosiły powyżej 3 kg. Dla poszczególnych pacjentów istniała ścisła korelacja pomiędzy aktualną wagą, a mierzonym R . Nachylenie tej krzywej jest indywidualnie zmienne. Te różnice między pacjentami zależą od przewodności, składu ciała i stanu nawodnienia (160).

Zdania autorów są podzielone w kwestii konieczności wykonywania drenażu płynu dializacyjnego przed wykonaniem pomiaru BIA (3, 165, 178). W codziennej praktyce klinicznej do oceny TBW u dzieci dializowanych otrzewnowo nie jest konieczny drenaż płynu przed wykonaniem pomiarów bioimpedancji (3, 165). W technice 4 elektrod rezystancja jest w 90% zdeterminowana zawartością wody w kończynach górnych i dolnych gdzie umieszczone są elektrody. Tułów, chociaż stanowi około 45% masy ciała odpowiada jedynie za 10% R (7). Obecnie wszystkie dzieci są dializowane w programie ADO i w ciągu dnia ilość płynu dializacyjnego w jamie brzusznej

wynosi od 100 do 500 ml. Ponieważ w praktyce klinicznej oceniamy głównie zmiany mierzonych parametrów w czasie u danego pacjenta, a objętość płynu wpuszczanego na dzień nie zmienia się podczas kolejnych kontroli, mamy zachowane jednakowe warunki w trakcie pomiaru.

Modelowanie kinetyczne mocznika jest uznaną i powszechnie stosowaną metodą oceny adekwatności leczenia hemodializą i dializy otrzewnowej (74, 80, 102, 151, 162, 179, 183). Wartość wskaźnika adekwatności dializy Kt/V i jego prawidłowe wyliczenie ma istotne znaczenie rokownicze dla pacjentów dializowanych (27, 188). Badania CANUSA wykazały, że wzrost tygodniowego Kt/V u pacjentów dializowanych otrzewnowo był związany z 6% spadkiem względnego ryzyka śmierci (28). U hemodializowanych chorych ze zmiany stężeń mocznika we krwi przed i po HD możliwe jest wyliczenie Kt/V (tzw. Kt/V delivered, dawka dostarczona). W dializie otrzewnowej konieczne jest osobne wyliczanie klirensu mocznika i przestrzeni dystrybucji, ponieważ proces usuwania toksyn mocznicowych ma charakter ciągły i stężenie mocznika jest stale. Według Woodrowa i wsp. (202) założenie V u pacjentów dializowanych otrzewnowo jako stałej proporcji masy ciała np. 58% jest zdecydowanie najmniej dokładną metodą. W swoich badaniach wykazali, iż co prawda oznaczanie TBW metodą BIA i DEXA nie daje bardziej zgodnych wyników niż reguła Watsona w porównaniu z metodą radioizotopową (D_2O), ale pozwala uniknąć błędu związanego z różnicami w zawartości tkanki tłuszczowej. Johansson i wsp (96) stwierdzili, że wzory antropometryczne używane do oceny TBW u pacjentów DO zawyżają zawartość wody w ustroju u pacjentów otyłych, natomiast zaniżają u chorych przewodnionych i niedożywionych. Z kolei Tzamalaukas i wsp (190) wykazali, iż przewodnienie jest częstym problemem u pacjentów DO, a użycie u tych chorych wzorów Watsona powoduje zaniżenie V i w konsekwencji zawyża wyliczony wskaźnik dializy Kt/V . Autorzy zaproponowali korektę do wzorów Watsona uwzględniającą różnicę pomiędzy aktualną i suchą masą ciała (190). Chertow i wsp (21) wykonali pomiary BIA u 3 tysięcy pacjentów leczonych hemodializą i stwierdzili, że użycie wzorów antropometrycznych Watsona i Hume'a powoduje

zaniżenie TBW, co z kolei prowadzi do błędu w wyliczeniu Kt/V (zawyża). Wzory Watsona były wyliczone na podstawie pomiarów populacji dorosłych i co potwierdziły badania własne nie powinny być stosowane u dzieci. W analizowanej grupie dzieci dializowanych otrzewnowo TBW wyliczana ze wzorów Watsona stanowiła aż 90% masy ciała, a u dzieci hemodializowanych przed zabiegiem - 77,6%, po HD - 79%. Wyznaczone dla dzieci zdrowych wzory Cheeka zaniżały zawartość TBW (58,4%) u dzieci hemodializowanych.

Wyniki wszystkich cytowanych prac zdają się potwierdzać przypuszczenie, że wzory antropometryczne nie powinny być stosowane do wyznaczania objętości dystrybucji mocznika u dzieci, ze względu na możliwość generowania błędów w danych wyjściowych (np. metabolicznych) lub prowadzić do fałszywych interpretacji skuteczności lub adekwatności dializy.

Buur i wsp. (14) oceniali V u dzieci przy użyciu 3 metod modelowania kinetycznego mocznika (klasycznej, dwóch próbek oraz zbiórki dializatu) i uzyskali różne wyniki od 54,5% do 62,1% masy ciała. Dzieci miały względnie wyższą objętość przestrzeni dystrybucji mocznika (wyrażoną jako % masy ciała) niż dorośli badani tymi samymi metodami (14). Wg Fomona i wsp (67) zawartość wody wynosi 64,8% masy ciała u 10-letniego chłopca, natomiast u dziewczynki 62%, co tylko w nieznacznym stopniu przewyższa wartości uzyskane metodą BIA w przebadanej grupie zdrowych dzieci krakowskich. Wyniki własne uzyskane metodą BIA są najbardziej zbliżone do wartości referencyjnych TBW opublikowanych w literaturze (67, 86, 185) i powinny być stosowane do wyznaczania V u dzieci dializowanych. Wartość wskaźnika dializy Kt/V wyliczona metodą MKM była znamienne wyższa od wartości uzyskanych przy V wyliczonym z BIA (1,61 vs 1,29, $p < 0,05$).

5.2. Parametry bioimpedancji a nadciśnienie tętnicze u dzieci dializowanych i zdrowych

Nadciśnienie tętnicze i przerost lewej komory serca są niezależnymi czynnikami ryzyka chorobowości i śmiertelności z przyczyn sercowo-naczyniowych u pacjentów dializowanych (116). Dhakal i wsp. (44) stwierdzili nadciśnienie tętnicze u 96% pacjentów hemodializowanych. W analizie Reiss i wsp. (158) za 38% zgonów u dzieci hemodializowanych były odpowiedzialne choroby serca i naczyń.

W badanej grupie dzieci hemodializowanych nie stwierdzono zależności pomiędzy zawartością całkowitej wody ustroju a ciśnieniem skurczowym przed i po hemodializie. Wartość TBW była jedynie znamienne niższa u dzieci z ciśnieniem rozkurczowym poniżej 50 pc przed HD w porównaniu z pozostałymi grupami. Natomiast wartość wskaźnika ECW/ICW rosła ze wzrostem ciśnienia tętniczego skurczowego i rozkurczowego zarówno przed jak i po hemodializie. Dla ciśnienia skurczowego uzyskano znamienne statystycznie różnice między pacjentami z prawidłowym ciśnieniem skurczowym przed HD i grupą dzieci z RR > 95 pc. Wskaźnik ECW/ICW był znamienne statystycznie niższy u dzieci z ciśnieniem rozkurczowym < 50 pc przed i po HD w porównaniu z pozostałymi grupami. Wykazano również tendencję wzrostową skurczowego i rozkurczowego ciśnienia krwi u dzieci przed i po hemodializie wraz ze wzrostem wskaźnika ECM/BCM.

Uzyskane wyniki potwierdzają wpływ przewodnienia pozakomórkowego (określanego wskaźnikami ECW/ICW i ECM/BCM) na występowanie nadciśnienia tętniczego krwi u dzieci hemodializowanych.

Natomiast u dzieci zdrowych stwierdzono wzrost skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego krwi z rosnącą zawartością tkanki tłuszczowej, a wartość wskaźnika ECW/ICW malała ze wzrostem ciśnienia, odwrotnie niż u dzieci dializowanych. Dla ciśnienia skurczowego uzyskano znamienne statystycznie różnice pomiędzy badanymi grupami dzieci. W grupie

dzieci z prawidłowym ciśnieniem rozkurczowym ($RR_R < 50$ pc dla płci i wzrostu i pomiędzy 50 a 95 pc) stwierdzono znamienne statystycznie większe wartości wskaźnika ECW/ICW niż w grupie z $RR_R > 95$ pc i grupie z ciężkim nadciśnieniem. U zdrowych mężczyzn Siervogel i wsp. (175) również obserwowali korelację pomiędzy skurczowym ciśnieniem tętniczym i zawartością tkanki tłuszczowej.

Przy pomocy BIA, Alvarez-Lara i wsp. (1) wykazali, że pacjenci hemodializowani z nadciśnieniem tętniczym mieli znamienne wyższą zawartość TBW i ECW niż chorzy z prawidłowym ciśnieniem. Fagugli i wsp. (63) badali wpływ krótkich, codziennych hemodializ na ciśnienie tętnicze u dorosłych pacjentów leczonych hemodializą przy zachowanej stałej dawce dializy mierzonej wskaźnikiem Kt/V . Uzyskali znamienne statystycznie obniżenie skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego oraz obniżenie indeksu lewej komory. Według cytowanych autorów efekt ten wiązał się z obniżeniem ECW, które korelowało ze skurczowym RR i indeksem lewej komory. Katzarski i wsp. (100) porównywali stan nawodnienia i kontrolę ciśnienia tętniczego u pacjentów leczonych długą lub krótką hemodializą. Autorzy wykazali, że prawidłowe ciśnienie tętnicze może być osiągnięte niezależnie od czasu trwania dializy i jej dawki mierzonej Kt/V , jeżeli ECW po dializie będzie prawidłowe, ale im krótsza hemodializa tym trudniej osiągnąć kontrolę stanu nawodnienia. Należy też pamiętać, że czas między normalizacją przestrzeni wodnej zewnątrzkomórkowej a spadkiem ciśnienia tętniczego może wynosić kilka tygodni (tzw. "lag phenomenon") (17). U pacjentów ze zwiększoną ilością płynu zewnątrzkomórkowego ciśnienie tętnicze krwi narasta powoli w ciągu tygodni, a nawet miesięcy. Katzarski i wsp. (100) wykazali, że obniżenie suchej masy ciała powodowało u pacjentów dializowanych powolny spadek ciśnienia tętniczego w ciągu miesięcy. Z kolei w pracy Wizemanna i Schillinga (197) opisywane objawy kliniczne przewodnienia u pacjentów hemodializowanych korelowały ze skurczowym RR mierzonym metodą 24-godzinnego pomiaru ciśnienia tętniczego. Autorzy opracowali skalę objawów klinicznych przewodnienia i odwodnienia u pacjentów HD i w trakcie

rocznej obserwacji porównywali zgodność wskaźników klinicznych z pomiarami żyły próżnej dolnej i BIA. Zmiany R mierzone metodą BIA wykazywały lepszą zgodność z objawami klinicznymi niż pomiar żyły próżnej dolnej. Port i wsp. (156) wykazali zwiększone ryzyko zgonu w grupie pacjentów hemodializowanych zarówno z niskim jak i wysokim ciśnieniem skurczowym po dializie i niskim RRs przed hemodializą. Niskie RRs przed dializą może być spowodowane chorobą serca lub nadmiernie intensywnym leczeniem hipotensyjnym. Charra i wsp. (18) obserwowali, że wzrost o 1 mmHg średniego ciśnienia tętniczego krwi powoduje spadek przeżycia o 2,1 % u pacjentów hemodializowanych. W badaniach grupy holenderskiej (The Netherlands Cooperative Study on the Adequacy of Dialysis) wzrost ciśnienia skurczowego o 10 mm Hg był związany ze względny ryzykiem zgonu 1,42 (94).

Bardziej dokładne monitorowanie suchej masy ciała z użyciem BIA i stała modyfikacja reżimu dializy może być kluczowym czynnikiem poprawy rokowania i przeżycia dializowanych pacjentów. Pewnym ograniczeniem tej metody jest brak możliwości zróżnicowania przestrzeni wodnej zewnątrzkomórkowej na wodę śród i pozanaczyniową. Do oceny przestrzeni śródnaczyniowej mogą być stosowane oznaczenia stężeń ANP i cGMP (92), które znamienne korelują z centralnym ciśnieniem żylnym oraz pomiar żyły próżnej górnej (70, 119, 120).

Jak wynika z raportu grupy amerykańskiej (North American Pediatric Renal Transplant Cooperative Study) dializa otrzewnowa jest preferowaną metodą dializoterapii u dzieci i około 2/3 pacjentów pediatrycznych jest dializowanych tą metodą (192, 194). Według raportu wśród pacjentów dializowanych otrzewnowo leczenia hipotensyjnego wymagało 49% a wśród hemodializowanych 57% dzieci (194). W Polsce ponad połowa dzieci ze schyłkową niewydolnością nerek jest leczona dializą otrzewnową (79). W pierwszych latach po wprowadzeniu tej metody obserwowano korzystny wpływ leczenia DO na kontrolę ciśnienia tętniczego (174).

W materiale własnym nadciśnienie tętnicze stwierdzono u 70% dzieci leczonych HD i 66,7% pacjentów leczonych DO. Leczenia hipotensyjnego wymagało 72,2% dzieci.

Według danych MEPPS (Mid European Pediatric Peritoneal Dialysis Study Group) 40 – 50% dzieci europejskich dializowanych otrzewnowo wymagało leczenia hipotensyjnego (164), natomiast Zagożdżon i wsp. (207) stwierdzili nadciśnienie tętnicze u 86% dzieci leczonych DO. W badaniach Mitsnefesa i wsp. 75% (135) dzieci dializowanych wykazywało cechy przerostu lewej komory (LVH), z tego aż 41% ciężką postać LVH, z czym wiązał się 4-krotny wzrost ryzyka rozwoju choroby sercowo-naczyniowej. Johnstone i wsp. (97) wykonali badania echograficzne u dzieci i młodych dorosłych z SNN, dializowanych otrzewnowo i po przeszczepieniu nerki. Stwierdzili, że cechy przerostu lewej komory występują z dużą częstością we wszystkich grupach pacjentów. Niezależnym czynnikiem ryzyka LVH jest podwyższone skurczowe ciśnienie tętnicze (122). Lepsza kontrola wolemii i ciśnienia tętniczego krwi u pacjentów dializowanych może być ważna w zapobieganiu i kontroli LVH (126). Wyrównanie niedokrwistości, ścisła kontrola przewodnienia i nadciśnienia tętniczego oraz stosowanie inhibitorów konwertazy angiotensyny i β -blokerów mają istotne znaczenie dla zapobiegania przerostu lewej komory serca (6, 143).

Litwin i wsp. (124) analizowali przyczyny zgonów przewlekłe dializowanych dzieci w populacji polskiej. W okresie 10-letnim, z analizowanej grupy 131 chorych zmarło 12% pacjentów. Wśród dzieci dializowanych otrzewnowo dominującymi przyczynami zgonów były niewydolność krążenia, nagłe zatrzymanie krążenia i udary niedokrwienne (70%), a w grupie dzieci hemodializowanych udary krwotoczne. Według raportu US Renal Data System Report z 1998 roku (191) choroby serca i naczyń były odpowiedzialne za 33 % zgonów dzieci ze schyłkową niewydolnością nerek. Zła tolerancja przewodnienia jest jednym z istotnych czynników ryzyka zgonu w najmłodszej grupie dzieci dializowanych (200). Jednym z głównych czynników uszkadzających układ krążenia było nadciśnienie tętnicze, z kolei główną przyczyną nadciśnienia

tętniczego u chorych dializowanych jest przewodnienie. Na kontrolę ciśnienia tętniczego u pacjentów hemodializowanych ma wpływ bardzo wiele czynników: częstotliwość i czas trwania sesji dializacyjnych, tolerancja zabiegu hemodializy, dawka dializy, dieta niskosodowa, osiągnięcie suchej masy ciała, przybór wagi między dializami, użycie błon typu high-flux, prawidłowy refilling naczyniowy oraz leczenie hipotensyjne (147, 157). Subkliniczne przewodnienie jest uznawane za główny czynnik rozwoju przerostu lewej komory serca i niewydolności krążenia u osób dorosłych dializowanych otrzewnowo (2). Kontrola wolemii ma więc kluczowe znaczenie dla dalszego rokowania u tych chorych.

W grupie badanych w niniejszej pracy u 18 pacjentów dializowanych otrzewnowo stwierdzono znamiennej statystycznie korelację pomiędzy skurczowym ciśnieniem tętniczym krwi a przewodnieniem, wyrażonym wskaźnikiem ECW/ICW ($r=0,33$, $p=0,000$) oraz ECM/BCM ($r=0,27$, $p=0,000$). Dla ciśnienia rozkurczowego znamienność statystyczną osiągnęła korelacja ze wskaźnikiem ECM/BCM ($r=0,242$, $p=0,000$). Nie stwierdzono natomiast zależności pomiędzy całkowitą wodą ustroju a ciśnieniem tętniczym krwi.

Podobne wyniki uzyskali Plum i wsp. (154) u chorych dorosłych. Objawy kliniczne przewodnienia u pacjentów dializowanych otrzewnowo i podwyższone skurczowe ciśnienie tętnicze krwi korelowało znamienne ze wskaźnikiem ECW/TBW. Woodrow i wsp. (201) uzyskali spadek ciśnienia tętniczego krwi przez zwiększenie ultrafiltracji u pacjentów DO. Zmiany te korelowały z wyliczonymi metodą BIA zmianami ECW i wskaźnika ECW/ICW. W badaniach Gunal i wsp. (81) ścisła kontrola wolemii uzyskana poprzez restrykcję podaży sodu i zwiększenie ultrafiltracji u pacjentów dializowanych otrzewnowo pozwoliła na normalizację ciśnienia tętniczego krwi u większości pacjentów. U pacjentów z zachowaną resztkową funkcją nerek obniżenie ciśnienia tętniczego krwi wiązało się jednak ze spadkiem diurezy i obniżeniem wartości wskaźnika Kt/V .

5.3. Przydatność bioimpedancji do oceny stanu odżywienia

Niedożywienie jest często obserwowane u pacjentów dializowanych i wiąże się z gorszym rokowaniem (177, 199, 206). U chorych z SNN najczęściej występującą postacią upośledzonego stanu odżywienia jest niedożywienie białkowo-kaloryczne, wykrywane już w okresie przeddializacyjnym oraz u chorych DO i HD. O rosnącym znaczeniu oceny stanu odżywienia w leczeniu pacjentów dializowanych świadczą wyniki badań wskazujących, iż różne wskaźniki stanu odżywienia znamienne korelują z przeżyciem pacjentów.

Maggiore i wsp. (132) korelowali parametry pomiaru BIA (R , X_c , kąt fazowy) z antropometrycznymi i biochemicznymi markerami stanu odżywienia u pacjentów hemodializowanych. Kąt fazowy mierzony po zabiegu hemodializy wydawał się być najlepszym markerem stanu odżywienia i znamienne korelował ze stężeniem albumin w surowicy, wiekiem, MAMC (mid arm muscle circumference), SGA (subjective global assessment) i pcr (normalized protein catabolic rate). Pacjenci z wyjściowo niskim kątem fazowym mieli znamienne niższy wskaźnik 2-letniego przeżycia od pacjentów z wyższymi wartościami kąta fazowego. Kąt fazowy okazał się również najsilniejszym wskaźnikiem ryzyka zgonu w tej grupie. W badaniach Nagano i wsp. (136) dzieci niedożywione miały niższy kąt fazowy niż dzieci z prawidłowym stanem odżywienia.

Wolfe i wsp. (198) oceniali śmiertelność w grupie 9165 dorosłych pacjentów leczonych hemodializami i wykazali, że dawka dializy i masa ciała były niezależnymi czynnikami ryzyka zgonu i ujemnie korelowały ze śmiertelnością. Pacjenci z dużą masą ciała i wysokim Kt/V mieli znamienne statystycznie niższe ryzyko zgonu. Poprawę rokowania chorych dializowanych można więc osiągnąć poprzez zapewnienie właściwej dawki dializy i odpowiedniego żywienia. Badania kliniczne wykazały, że około 2/3 pacjentów hemodializowanych i dializowanych otrzewnowo jest niedożywionych. Jako istotny czynnik rokowniczy niedożywienie powinno być wcześniej rozpoznane i

odpowiednio leczone (16). Brak jest natomiast jednego parametru, który świadczyłby o zagrożeniu, czy/lub wczesnym etapie niedożywienia (155). Powszechnie używanym i łatwym do oznaczenia parametrem stanu odżywienia jest stężenie albuminy we krwi. Obniżone stężenie albuminy u pacjentów dializowanych, zarówno w momencie rozpoczynania dializoterapii jak i w trakcie leczenia nerkozastępczego było jednym z najsilniejszych czynników ryzyka zgonu w tej grupie chorych (191). Selgas i wsp. (173) zalecają utrzymanie stężenia albuminy $>3,7$ g/dl u pacjentów DO, co jest związane z mniejszą chorobowością i śmiertelnością. W grupie pacjentów wykazujących cechy niedożywienia w momencie rozpoczynania dializoterapii Lawson i wsp. (117) stwierdzili większą śmiertelność i ilość hospitalizacji z przyczyn ostrych w okresie 12 miesięcznej obserwacji. U pacjentów leczonych DO obniżone stężenie albuminy może być spowodowane zbyt niską podażą białka, wysoką przepuszczalnością otrzewnej (wysoki wskaźnik D/P dla kreatyniny), zwiększoną utratą białek z moczem i przez otrzewną, przewlekłym stanem zapalnym i przewodnieniem (15, 98, 133). Chociaż podaż białka w diecie i jego utrata różnymi drogami są uznane za najistotniejsze czynniki wpływające na stężenie albuminy w surowicy, to wydaje się, iż obniżone stężenie albuminy nie zawsze oznacza upośledzenie stanu odżywienia danego pacjenta. O ile inne czynniki mogą być łatwo wykryte klinicznie (lub przy użyciu badań laboratoryjnych), przewodnienie może być obecne mimo braku objawów klinicznych.

W materiale własnym stwierdzono ujemną, znamioną statystycznie korelację pomiędzy stężeniem albuminy we krwi a dystrybucją płynów ustrojowych wyrażoną wskaźnikiem ECW/ICW ($r = -0,37$, $p = 0,001$) oraz ECM/BCM ($r = -0,57$, $p = 0,001$). Potwierdza to związek między przewodnieniem pozakomórkowym a niskim stężeniem albuminy przy jednoczesnym braku korelacji pomiędzy całkowitą wodą ustroju a stężeniem albuminy. Zależności te stwierdzono w grupie dzieci dializowanych otrzewnowo. W analizowanym materiale, dzieci dializowane otrzewnowo miały niższe stężenie albuminy niż dzieci leczone przewlekłą hemodializą (33,3 vs 38,1 g/l) co może być związane z

utrata białka z dializatem, młodszym wiekiem pacjentów jak również stwierdzonym metodą BIA przewodnieniem.

W badaniach Brema i wsp. (13) u dzieci hemodializowanych również stwierdzono wyższe stężenia albuminy w surowicy. Wyniki własne są zgodne z wynikami badań Jones i wsp. (99) oraz Pluma i wsp. (154) przeprowadzonych w grupie dorosłych dializowanych otrzewnowo. Autorzy podkreślili, iż występujące często przewodnienie korelowało ujemnie ze stężeniem albuminy we krwi.

Obserwowana w materiale własnym dodatnia korelacja pomiędzy stężeniem albuminy i kątem fazowym wydaje się potwierdzać znaczenie tego parametru do oceny stanu odżywienia ($r = 0,476$, $p = 0,001$).

Wskaźnik ECM/BCM określa stosunek przestrzeni pozakomórkowej do masy komórek organizmu. U osób dorosłych z prawidłowym stanem odżywienia BCM stanowi powyżej 50 % beztłuszczowej masy ciała, a wskaźnik ECM/BCM < 1. U dzieci, u których proces wzrastania nie został jeszcze ukończony udział masy komórek w FFM jest najczęściej mniejszy niż 50 %. Średnia wartość wskaźnika ECM/BCM w przebadanej grupie dzieci zdrowych wynosiła 1,05 co wskazuje na prawidłowy stan odżywienia i nawodnienia.

Dla wczesnego stadium niedożywienia charakterystyczne jest zmniejszenie masy komórek, z równoczesnym zwiększeniem przestrzeni wodnej zewnątrzkomórkowej. W tym okresie masa ciała i beztłuszczowa masa ciała mogą pozostać niezmienione. Wzrost wskaźnika ECM/BCM może być wczesnym objawem pogarszającego się stanu odżywienia. U pacjentów przewodnionych powiększenie przestrzeni wodnej pozakomórkowej również wpływa na wzrost wskaźnika ECM/BCM. Wartość wskaźnika ECM/BCM (1,14) u dzieci hemodializowanych przed hemodializą może wskazywać na przewodnienie lub upośledzenie stanu odżywienia. Spadek wartości tego parametru do zakresu normy (0,86) po hemodializie, kiedy chorzy osiągnęli przepisaną suchą masę ciała wskazuje jednak na przewodnienie. Prawidłowe wartości wszystkich analizowanych parametrów stanu nawodnienia (TBW, ECW/ICW, ECM/BCM) u

pacjentów po hemodializie pozwalają stwierdzić, że mają oni prawidłowo ustaloną suchą masę ciała.

Bioimpedancja daje możliwość oceny masy komórkowej (BCM) i beztłuszczowej masy ciała (FFM) i zmian tych parametrów w czasie. Należy pamiętać, iż u pacjentów przewodnionych otrzymamy zawyżone wartości FFM, co wynika z założenia stałego poziomu zawartości wody w beztłuszczowej masie ciała (73%). Stan odżywienia dzieci dializowanych można oceniać przy pomocy BIA po wykluczeniu przewodnienia. Jak wykazano na przykładzie pacjentów P.P. (Ryc. 10) i M.M. (Ryc. 11) BIA umożliwia rozróżnienie pomiędzy przyrostem tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej masy ciała. Dumler i Kilates (56) zalecają BIA jako praktyczną, przyłózkową metodę do oceny składu ciała pacjentów dializowanych. Podkreślają jednak, że dokładność oceny beztłuszczowej masy ciała zależy od stabilności stanu nawodnienia pacjenta. Fijter i wsp. (64) przebadali grupę dorosłych pacjentów dializowanych otrzewnowo przy użyciu różnych metod oceniających zawartość TBW i FFM. Stwierdzili, że biorąc pod uwagę pewne ograniczenia tych metod (wzory zawierają pewne stałe ustalone dla populacji nie-mocznicowej, wyniki pomiarów antropometrycznych w dużym stopniu zależą od badacza, BIA jest mniej dokładna w wyznaczaniu FFM niż TBW) seryjne pomiary antropometryczne i BIA wykonywane u pacjentów z suchą masą ciała, są efektywne w ocenie terapii żywieniowej u pacjentów dializowanych.

BIA u pacjentów dializowanych znajduje zastosowanie do oceny stanu nawodnienia i równocześnie pozwala na ustalenie suchej masy ciała (141). Przy użyciu BIA możliwe jest monitorowanie przesunięć płynów pomiędzy poszczególnymi przedziałami wodnymi w trakcie HD, monitorowanie adekwatności dializy oraz ocena stanu odżywienia (114, 139).

Cheek i wsp. (19) badali zależność między zawartością wody u dzieci zdrowych w wieku od 4 do 17 lat a masą ciała i wysokością. TBW oceniali metodą radioizotopową z użyciem D_2O . Stwierdzili liniową zależność między masą ciała a całkowitą zawartością wody u obu płci. Natomiast wykres zależności

TBW od wysokości składał się z dwóch linii z punktem załamania u chłopców dla wysokości 137 cm, a dla dziewczynek 113 cm. Zjawisko to u chłopców może być związane z gwałtownym przyrostem tkanki mięśniowej w okresie dojrzewania.

W materiale własnym, w przebadanej grupie dzieci zdrowych stwierdzono duży rozrzut wartości rezystancji i reaktancji w poszczególnych przedziałach wzrostowych. Dla R różnice te pomiędzy 10 a 90 percentylem sięgają nawet 200 Ohmów. Utrudnia to interpretację wyników pojedynczego pomiaru BIA u badanego pacjenta. Im więcej posiadamy wyników pomiarów w czasie u danego dziecka, to w połączeniu z dodatkowymi informacjami, jak zmiana masy ciała i ciśnienia tętniczego krwi, tym dokładniej możemy określić stan nawodnienia i jego zmianę w czasie.

Kąt fazowy w przebadanej grupie dzieci zdrowych wynosił od 4,5 do 6,2 u dziewczynek i 4,8 do 6,8 u chłopców.

W badanej populacji dzieci krakowskich stwierdzono liniowy przyrost TBW (w litrach) ze wzrostem dla obu płci, natomiast w zależności od wieku występuje szybszy przyrost zawartości całkowitej wody ustroju od przedziału wiekowego 9-11 lat dla zdrowych dziewczynek i 12-13 lat dla chłopców. TBW wyrażona w procentach masy ciała wynosiła średnio w poszczególnych przedziałach wzrostowych od 66,4 do 65 % u zdrowych chłopców, natomiast u dziewczynek spadała ze wzrostem od 67,7 do 56,5%, co należy wiązać z wyższą zawartością tkanki tłuszczowej u starszych dziewcząt.

W materiale własnym, u dzieci zdrowych stwierdzono liniowy przyrost beztłuszczowej masy ciała (w kg), ECW i ICW (w litrach) w zależności od wzrostu dla obu płci. U dziewczynek ilość tkanki tłuszczowej wzrasta liniowo z wiekiem i wzrostem i osiąga wyższe wartości niż u chłopców.

5.4. Analiza wyników bioimpedancji u dzieci z zespołem nerczycowym

Oprócz własnych, wstępnych doniesień (53, 54) brak jest w literaturze prac o zastosowaniu bioimpedancji do oceny składu ciała u dzieci z zespołem nerczycowym. Grupę pacjentów dorosłych z obrzękami nerczycowymi badali Piccoli i wsp. (149, 150), którzy zaproponowali nową metodę graficzną (bez konieczności stosowania wzorów) do oceny stanu nawodnienia u pacjentów z chorobami nerek.

Jak wykazano w materiale własnym u dzieci z ZN w okresie remisji, ale pozostających jeszcze w leczeniu, wartości mierzonych parametrów mieszczą się w granicach normy i wskazują na prawidłowy stan nawodnienia. U dzieci hospitalizowanych z powodu rzutu zespołu nerczycowego, manifestującego się klinicznie obrzękami, stwierdzano znamienne wyższą zawartość wody w ustroju oraz zawyżony stosunek ECM/BCM (1,77 vs 1,04, $p=0,00$) i ECW/ICW (1,02 vs 0,81, $p=0,01$). Wartości te malały w miarę ustępowania obrzęków, nie osiągając jednak wartości prawidłowych, gdy klinicznie nie stwierdzało się już obrzęków.

Obserwacje te prowadzą do wniosku, że zaburzenia gospodarki wodnej u dzieci z zespołem nerczycowym nie wyrównują się równocześnie z poprawą kliniczną i ustąpieniem białkomoczu lecz rozciągają się w czasie. Wskaźnik ECM/BCM wydaje się lepiej odzwierciedlać stopień przewodnienia u dzieci z ZN niż stosunek ECW/ICW, który z kolei znajduje szerokie zastosowanie u dzieci dializowanych. Wynikać to może z różnic w sposobie wyliczania poszczególnych parametrów. Przestrzeń wodna pozakomórkowa (ECW) jest wyliczana z użyciem rezystancji (oporu elektrycznego) mierzonej przy niskich częstotliwościach, a całkowita woda ustroju (TBW) przy wysokich. Przestrzeń wodna śródkomórkowa stanowi różnicę pomiędzy TBW a ECW. Jak już wspomniano nawet duże zmiany w zawartości płynu w obrębie tułowia w małym stopniu wpływają na wynik pomiaru BIA. Wskaźnik ECW/ICW pozwala wykryć nadmiar płynu zewnątrzkomórkowego zgromadzonego głównie w kończynach. Natomiast masa

komórkowa (BCM) wyliczana jest z mierzonego kąta fazowego, a ECM stanowi różnicę między masą ciała i BCM. U dzieci dializowanych otrzewnowo od zmierzonej masy ciała odejmujemy znaną objętość płynu wpuszczonego do jamy brzusznej, natomiast u dzieci z zespołem nerczycowym i wodobrzuszem płyn zgromadzony w jamie brzusznej będzie powodował zwiększenie masy ciała i wartości wyliczonej ECM. Wydaje się więc, iż na wartość wskaźnika ECM/BCM ma wpływ zarówno przewodnienie pozakomórkowe jak i wodobrzusze, przez co wskaźnik ten w pełniejszy sposób niż ECW/ICW określa stopień nagromadzenia płynów u dzieci z zespołem nerczycowym. Podobnie jak u dzieci dializowanych BIA zawyża wyliczoną utratę wody ($\Delta TBW = 3,47$ kg) w stosunku do ubytku masy ciała (2,53 kg). Jednak to właśnie BIA wydaje się być skuteczną metodą w ocenie zmian w przestrzeniach wodnych organizmu.

U dziewczynki M.M. (Ryc. 40) podobnie jak u pacjentów dializowanych otrzewnowo stwierdzono zależność pomiędzy obniżającą się masą ciała i wzrostem mierzonego oporu elektrycznego (R) i oporu pojemnościowego (Xc). Wzrost kąta fazowego ze spadkiem masy ciała może być związany zarówno z ustępowaniem przewodnienia jak i poprawą stanu zdrowia (Ryc. 41).

Stwierdzona w materiale własnym silna korelacja pomiędzy stężeniem albuminy i zawartością TBW ($r = -0,6543$, $p = 0,0004$) oraz wskaźnikiem ECM/BCM ($r = -0,5998$, $p = 0,0015$) wydaje się potwierdzać związek przyczynowy pomiędzy hipoalbuminią i stopniem przewodnienia u dzieci z zespołem nerczycowym (145).

W zespole nerczycowym wydaje się być ciekawa interpretacja kąta fazowego, którego wartość odzwierciedla stan fizjologiczny komórek i jak udowodniono u pacjentów z AIDS może to być bardzo ważny czynnik prognostyczny (144, 169). Dzięki powtarzanym badaniom u dzieci ze steroidoopornym zespołem nerczycowym pozostających w długotrwałym leczeniu można ocenić skład ciała np. przyrost tkanki tłuszczowej w trakcie steroidoterapii. Natomiast ograniczenia BIA polegające na braku możliwości zróżnicowania przestrzeni wodnej pozakomórkowej na śród i pozanaczyniową, nie pozwalają na

wykrycie pacjentów z narastającą hipowolemią, która może prowadzić do rozwoju ostrej niewydolności nerek. BIA całego ciała nie jest również w stanie dokładnie określić zmiany ilości płynu w obrębie tułowia, przez co oszacowanie wodobrzusza jest niemożliwe. Nie może więc być użyta do ilościowego określenia przewodnienia u dzieci z ZN. Z pracy Schloerba i wsp. (167) wynika, że do oceny objętości płynu w jamie brzusznej można użyć metody BIA segmentalnej, ale wymaga ona kalibracji dla każdego pacjenta.

Jacobs (93) badał użyteczność BIA w ocenie pacjentów w ciężkim stanie klinicznym. Charakterystyczną konsekwencją uszkodzenia tkanek jest retencja wody i sodu ze wzrostem stosunku ECW do TBW. Nasilenie zmian w przestrzeniach wodnych wydaje się mieć związek z ciężkością uszkodzenia, a wczesna mobilizacja płynu z przestrzeni zewnątrzkomórkowej i związana z nią diureza może być jednym z najwcześniejszych oznak powrotu do zdrowia. Według Jacobsa (93) BIA jest najlepszą metodą do monitorowania kierunku zmian w przestrzeniach wodnych w pomiarach codziennych.

Interpretacja wyników BIA może przebiegać stopniowo, pozwala na przyłóżkową ocenę bezpośrednio mierzonych parametrów celem wykrycia przewodnienia lub odwodnienia pacjenta oraz ocenę ciężkości stanu klinicznego poprzez ocenę kąta fazowego. Przy pomiarach wielokrotnych u danego dziecka wzrost R będzie świadczył o ubytku TBW, a spadek R z obniżeniem X_c poniżej 10% R o przewodnieniu. W następnym etapie, przy użyciu wzorów wyznaczonych dla danej populacji, możliwe jest dokładne wyliczenie przestrzeni wodnych. U pacjentów z prawidłowym stanem nawodnienia, do których można odnieść regułę, iż woda stanowi 73% beztłuszczowej masy ciała możliwa jest również ocena stanu odżywienia. U pacjentów przewodnionych obliczona FFM (równa $TBW : 0,73$) będzie zawyżona, a FM liczona z różnicy pomiędzy masą ciała a FFM zaniżona. W badaniach Fogelholma i wsp. (66) BIA w zależności od użytych wzorów zaniżała lub zawyżała FM, co jeszcze raz potwierdza konieczność stosowania wzorów wyznaczonych przez porównanie z metodą referencyjną dla danej populacji i celowość tworzenia własnych grup kontrolnych. Propozycje

wyliczeń parametrów wyjściowych BIA jak również wymapowanie zależności przedstawionych jako siatki percentylowe u dzieci zdrowych mogą w przyszłości stanowić cenny układ odniesienia dla wyników uzyskiwanych w warunkach klinicznych, w różnych stanach patologii.

6. Wnioski

1. Bioimpedancja jest metodą prostą, nieinwazyjną i skuteczną w ocenie zmian stanu nawodnienia u dzieci z chorobami nerek.
2. Przestrzeń wodna pozakomórkowa (ECW) wyznaczona metodą BIA jest wiarygodnym parametrem do oceny stanu nawodnienia u dzieci dializowanych.
3. Przestrzeń dystrybucji mocznika wyliczona metodą MKM miała znamienne statystycznie niższą wartość niż wyznaczona ze wzorów Cheeka i metodą BIA, co istotnie wpływa na ocenę adekwatności dializy przy użyciu wskaźnika Kt/V .
4. Wzory Watsona nie powinny być stosowane u dzieci dializowanych do wyznaczania przestrzeni dystrybucji mocznika.
5. Dzieci dializowane otrzewnowo wykazują większy stopień przewodnienia niż dzieci leczone hemodializą. W obu grupach przewodnienie pozakomórkowe istotnie wpływa na występowanie i stopień ciężkości nadciśnienia tętniczego.
6. Stężenie albuminy u dzieci dializowanych otrzewnowo koreluje ujemnie ze zwiększoną objętością przestrzeni wodnej pozakomórkowej.
7. Wielokrotne pomiary BIA u dzieci z zespołem nerczycowym pozwalają na ocenę dynamiki zmian przestrzeni płynowych ustroju.
8. Opracowane siatki percentylowe dla przebadanych dzieci zdrowych mogą stanowić cenny punkt odniesienia dla wyników pomiarów BIA u dzieci chorych.

7. Piśmiennictwo

1. Alvarez-Lara M.A., Martin-Malo A., Espinosa M., Rodriguez-Benot A., Aljama P.: Blood pressure and body water distribution in chronic renal failure patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2001, 16 (Suppl. 1), 94-97
2. Amann K., Mandelbaum A., Schwarz U., Ritz E.: Hypertension and left ventricular hypertrophy in the CAPD patient. *Kidney Int.* 1996, 50 (Suppl.56), S37-40
3. Aufricht C., Mueller T., Lothaller M.A., Kitzmueller E., Balzar E.: Filling volume of peritoneal cavity does not influence measurement of total body water by bioelectrical impedance in children. *Perit. Dial. Int.* 1995, 15, 171-174
4. Baumgartner R.N., Chumlea W.C., Roche A.F.: Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988, 48, 16-23
5. Baumgartner R.N., Chumlea W.C., Roche A.F.: Estimation of body composition from bioelectric impedance of body segments. *Am. J. Clin. Nutr.* 1989, 50, 221-226
6. Berweck S., Hennig L., Sternberg C., Dingerkus H., Ludat K., Hampl H.: Cardiac mortality prevention in uremic patients. *Clin. Nephrol.* 2000, 53 (Suppl. 1), 80-85
7. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 524-532
8. Böhm D., Odaischi M., Beyerlein Ch., Overbeck W.: Total body water: changes during dialysis estimated by bioimpedance analysis. *Infusionstherapie* 1990, 17 (Suppl. 3), 75-78
9. Bolton W.K., Kliger A.S.: Chronic renal insufficiency: current understandings and their implications. *Am. J. Kidney Dis.* 2000, 36, 6, (Suppl. 3), S4-S12
10. Boot A.M., Bouquet J., de Ridder M.A.J., Krenning E.P., de Muinck Keizer-Schrama S.: Determinants of body composition measured by dual-energy X-ray absorptiometry in Dutch children and adolescents. *Am. J. Clin. Nutr.* 1997, 66, 232-238
11. Bradbury M.G., Brocklebank J.T., Smye S.W., Davies P.S.: Total body water measurement in renal insufficiency. *Pediatr. Nephrol.* 1996, 10, 195-199

12. Bradbury M.G., Smye S.W., Brocklebank J.T.: Assessment of the sensitivity of bioimpedance to volume changes in body water. *Pediatr. Nephrol.* 1995, 9, 337-340
13. Brem A.S., Lambert C., Hill C., Kitsen J., Shemin D.G.: Outcome data on pediatric dialysis patients from the End-Stage Renal Disease Clinical Indicators Project. *Am. J. Kidney Dis.* 2000, 36, 310-317
14. Buur T., Bradbury M.G., Smye S.W., Brocklebank J.T.: Reliability of haemodialysis urea kinetic modelling in children. *Pediatr. Nephrol.* 1994, 8, 574-578
15. Canepa A., Perfumo F., Carrea A., Menoni S., Trivelli A., Delucchi P., Gusmano R.: Nutritional status in children receiving chronic peritoneal dialysis. *Perit. Dial. Int.* 1996, 16 (Suppl.1), 526-531
16. Carvounis C.P., Cavounis G., Hung M.H.: Nutritional status of maintenance hemodialysis patients. *Am. J. Clin. Nutr.* 1986, 43, 946-954
17. Charra B., Bergström J., Scribner B.H.: Blood pressure control in dialysis patients: importance of the lag phenomenon. *Am. J. Kidney Dis.* 1998, 32, 720-724
18. Charra B., Laurent G., Calemard E., Terrat J.C., Vanel T., Ruffet M.: Survival in dialysis and blood pressure control. *Contrib. Nephrol.* 1994, 106, 179-185
19. Cheek D.B., Mellits D., Elliott D.: Body water, height, and weight during growth in normal children. *Am. J. Dis. Child.* 1966, 112, 312-317
20. Chertow G.M., Johansen K.L., Lew N., Lazarus J.M., Lowrie E.G.: Vintage, nutritional status and survival in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 2000, 57, 1176-1181
21. Chertow G.M., Lazarus J.M., Lew N.L., Ma L., Lowrie E.G.: Bioimpedance norms for the hemodialysis population. *Kidney Int.* 1997, 52, 1617-1621
22. Chertow G.M., Lazarus J.M., Lew N.L., Ma L., Lowrie E.G.: Development of a population-specific regression equation to estimate total body water in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 1996, 51, 1578-1582
23. Chertow G.M., Lowrie E.G., Wilmore D.W., Gonzalez J., Lew N.L., Ling J., Leboff M.S., Gottlieb M.N., Huang W., Zebrowski B.: Nutritional

- assessment with bioelectrical impedance analysis in maintenance hemodialysis patients. *J. Am. Soc. Nephrol.* 1995, 6, 75-81
24. Chumlea W.C., Baumgartner R.N., Roche A.F.: Specific resistivity used to estimate fat-free mass from segmental body measures of bioelectric impedance. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988, 48, 7-15
 25. Chumlea W.C., Guo S.S.: Bioelectrical impedance and body composition : present status and future directions. *Nutr. Rev.* 1994, 52, 123-131
 26. Chumlea W.C., Guo S.S., Zeller C.M., Reo N.V., Siervogel R.M.: Total body water data for white adults 16 to 64 years of age: The Fels longitudinal study. *Kidney Int.* 1999, 56, 244-252
 27. Churchill D.N.: Strategies to improve clinical outcomes in peritoneal dialysis patients: delivered dose and membrane transport. *Am. J. Kidney Dis.* 1998, 32, (Suppl. 4), S58-S62
 28. Churchill D.N., Taylor D.W., Keshaviah P.R., for the CANUSA Study Group: Adequacy of dialysis and nutrition in continuous peritoneal dialysis: Association with clinical outcomes. *J. Am. Assoc. Nephrol.* 1996, 7, 198-207
 29. Cohn S.H.: How valid are bioelectric impedance measurements in body composition studies? *Am. J. Clin. Nutr.* 1985, 42, 889-890
 30. Combs G.F., DeWys W.D., Iacono J., Hubbard V.S.: Report on the second conference for Federally-supported human nutrition research units and centers. *Am. J. Clin. Nutr.* 1986, 43, 325-329
 31. Cooper B.A., Aslani A., Ryan M., Zhu F.Y., Ibels L.S., Allen B.J., Pollock C.A.: Comparing different methods of assessing body composition in end-stage renal failure. *Kidney Int.* 2000, 58, 408-416
 32. Cordain L., Whicker R.E., Johnson J.E.: Body composition determination in children using bioelectrical impedance. *Growth, Development Aging* 1988, 52, 37-40
 33. Cornish B.H., Chapman M., Hirst C., Mirolo B., Bunce I.H., Ward L.C., Thomas B.J.: Early diagnosis of lymphedema using multiple frequency bioimpedance. *Lymphology* 2001, 34, 2-11
 34. Cox-Reijven P.L., Kooman J.P., Soeters P.B., van der Sande F.M., Leunissen K.M.L.: Role of bioimpedance spectroscopy in assessment of body water compartments in hemodialysis patients. *Am. J. Kidney Dis.* 2001, 38, 832-838

35. Dal Cin S., Braga M., Molinari M., Cristallo M., Di Carlo V.: Role of bioelectrical impedance analysis in acutely dehydrated subjects. *Clin. Nutr.* 1992, 11, 128-133
36. Danford L.C., Schoeller D.A., Kushner R.F.: Comparison of two bioelectrical impedance analysis models for total body water measurement in children. *Ann. Human Biol.* 1992, 19, 603-607
37. Deurenberg P.: Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 449-452
38. Deurenberg P., van der Kooy K., Leenen R., Schouten F.J.M.: Body impedance is largely dependent on the intra- and extra-cellular water distribution. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1989, 43, 845-853
39. Deurenberg P., van der Kooy K., Leenen R., Weststrate J.A., Seidell J.C.: Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. *Intern. J. Obesity* 1991, 5, 17-25
40. Deurenberg P., Kusters C.S.L., Smit H.E.: Assessment of body composition by bioelectrical impedance in children and young adults is strongly age-dependent. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1990, 44, 261-268
41. Deurenberg P., Schouten F.J.M.: Loss of total body water and extracellular water assessed by multifrequency impedance. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1992, 46, 247-255
42. Deurenberg P., Weststrate J.A., Hautvast J.G.A.J.: Changes in fat-free mass during weight loss measured by bioelectrical impedance and by densitometry. *Am. J. Clin. Nutr.* 1989, 49, 33-36
43. Deurenberg P., Weststrate J.A., van der Kooy K.: Body composition changes assessed by bioelectrical impedance measurements. *Am. J. Clin. Nutr.* 1989, 49, 401-403
44. Dhakal M.P., Sloan J.A., Schiff M.J.: Prevalence of hypertension and adequacy of blood pressure control in hemodialysis patients. *Dial. Transplant.* 2000, 29, 628-637
45. Dietel T., Filler G., Grenda R., Wolfish N.: Bioimpedance and inferior vena cava diameter for assessment of dialysis dry weight. *Pediatr. Nephrol.* 2000, 14, 903-907

46. Di Iorio B., Terracciano V., Bellizzi V.: Bioelectrical impedance measurement: errors and artifacts. *J. Ren. Nutr.* 1999, 9, 192-197
47. Di Iorio B., Terracciano V., Bellizzi V.: Total Body Water and Body Cell Mass in normal weight healthy adults. *Nephron* 2000, 86, 531-533
48. Domoto D.T., Weindel M.E.: Bioimpedance analysis of fluid compartments in female CAPD patients. *Adv. Perit. Dial.* 1998, 14, 220-222
49. Donadio C., Lucchesi A., Tramonti G., Bianchi C.: Creatinine clearance predicted from body cell mass is a good indicator of renal function. *Kidney Int.* 1997, 52, (Suppl. 63), S166-S168
50. Drożdż D., Dyras P., Sancewicz-Pach K., Pietrzyk J.A., Drożdż M.: Serum albumin and extracellular water estimated by bioelectrical impedance (BIA) in children on CAPD. Fourth Eur. Perit. Dial. Meet., Madrid 2000, *Perit. Dial. Intern.*, 2000, 1, 121 (Abstr).
51. Drożdż D., Dyras P., Sancewicz-Pach K., Pietrzyk J. A., Zachwieja K.: Blood pressure and water compartments estimated by bioelectrical impedance (BIA) in dialyzed children. 33rd Ann. Meet. ESPN, Praga 1999, *Pediatr. Nephrol.* 1999, 13, C85, P-225
52. Drożdż D., Sancewicz-Pach K., Pietrzyk J.A., Dyras P.: Bioelectrical impedance (BIA) for total body water (TBW) determination in hemodialyzed children. 11th Congr. Int. Pediatr. Nephrol. Assoc., London, 1998. *Pediatr. Nephrol.*, 1998, 12, C 185, P-346
53. Drożdż D., Sancewicz-Pach K., Wierzchowska-Słowiacek E., Drożdż M.: Bioelectrical impedance BIA for fluid compartments estimation in children with nephrotic syndrome – preliminary results. 33rd Ann. Meet. ESPN, Helsinki 2000, *Pediatr. Nephrol.*, 2000, 14, C59, P-51
54. Drożdż D., Sancewicz-Pach K., Wierzchowska-Słowiacek E.: Zastosowanie bioimpedancji do oceny przestrzeni płynowych u dzieci z zespołem nerczycowym – wyniki wstępne. *Pol. Merk. Lek.*, 2000, 46, 224-225
55. Drożdż M., Dyras P., Pietrzyk J., Sułowicz W.: Program Nepron 1995

56. Dumlér F., Kilates C.: Use of bioelectrical impedance techniques for monitoring nutritional status in patients on maintenance dialysis. *J. Ren. Nutr.* 2000, 10, 116-124
57. Earthman C.P., Matthie J.R., Reid P.M., Harper I.T., Ravussin E., Howell W.H.: A comparison of bioimpedance methods for detection of body cell mass change in HIV infection. *J. Appl. Physiol.* 2000, 88, 944-956
58. Eisenkolbl J., Kartasurya M., Widhalm K.: Underestimation of percentage fat mass measured by bioelectrical impedance analysis compared to dual energy X-ray absorptiometry method in obese children. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2001, 55, 423-429
59. Eliakim A., Burke G.S., Cooper D.M.: Fitness, fatness and the effect of training assessed by magnetic resonance imaging and skinfold-thickness measurements in healthy adolescent females. *Am. J. Clin. Nutr.* 1997, 66, 223-231
60. Ellis K.J.: Selected body composition methods can be used in field studies. *J. Nutr.* 2001, 131 (Suppl. 5), 1589-1595
61. Ellis K.J., Abrams S.A., Wong W.W.: Body composition of a young, multiethnic female population. *Am. J. Clin. Nutr.* 1997, 65, 724-731
62. Erselcan T., Candan F., Saruhan S., Ayca T.: Comparison of body composition analysis methods in clinical routine. *Ann. Nutr. Metab.* 2000, 44, 243-248
63. Fagugli R.M., Reboldi G., Quintaliani G., Pasini P., Ciao G., Cicconi B., Pasticci F., Kaufman J.M., Buoncristiani U.: Short daily hemodialysis: Blood pressure control and left ventricular mass reduction in hypertensive hemodialysis patients. *Am. J. Kidney Dis.* 2001, 38, 371-376
64. de Fijter W.M., de Fijter C.W.H., Oe P.L., ter Wee P.M., Donker A.J.M.: Assessment of total body water and lean body mass from antropometry, Watson formula, creatinine kinetics, and body electrical impedance compared with antipyrine kinetics in peritoneal dialysis patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1997, 12, 151-156
65. Fischer H., Lembcke B.: Die Anwendung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) zur Beurteilung der Koerperzusammensetzung und des Ernahrungszustandes. *Inn. Med.* 1991, 18, 13-17

66. Fogelholm M., van Marken Lichtenbelt: Comparison of body composition methods: a literature analysis. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1997, 51, 495-503
67. Fomon S.J., Haschke F., Ziegler E.E., Nelson S.E.: Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am. J. Clin. Nutr.* 1982, 35, 1169-1175
68. Forslund A.H., Johansson A.G., Sjödin A., Bryding G., Ljunghall S., Hambræus L.: Evaluation of modified multicompartment models to calculate body composition in healthy males. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 63, 856-862
69. Foster K.R., Lukaski H.C.: Whole-body impedance—what does it measure? *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 388-396
70. Franz M., Pohanka E., Tribl B., Woloszczuk W., Hoerl W.H.: Living on chronic hemodialysis between dryness and fluid overload. *Kidney Int.* 1997, 51, (Suppl.59), 39-42
71. Friedl K.E., DeLuca J.P., Marchitelli L.J., Vogel J.A.: Reliability of body-fat estimations from a four-compartment model by using density, body water, and bone mineral measurements. *Am. J. Clin. Nutr.* 1992, 55, 764-770
72. Fuller N.J., Elia M.: Potential use of bioelectrical impedance of the 'whole body' and of body segments for the assessment of body composition: comparison with densitometry and anthropometry. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1989, 43, 779-791
73. Fusaro M., Munaretto G., Urso M., Bonadonna A., Mastro Simone S., Virga G., Piccoli A.: severe obesity in haemodialysis: the utility of bioimpedance vector analysis. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2001, 16, 1273-1276
74. Goodship T.H.J., Pablick-Deetjen J., Ward M.K., Wilkinson R.: Adequacy of dialysis and nutritional status in CAPD. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1993, 8, 1366-1371
75. Goran M.I., Driscoll P., Johnson R., Nagy T.R., Hunter G.: Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 63, 299-305
76. Gotch F.A., Sargent J.A.: A mechanistic analysis of the National Cooperative Dialysis Study (NCDS). *Kidney Int.* 1985, 28, 526-534
77. Gray D.S.: Changes in bioelectrical impedance during fasting. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988, 48, 1184-1187

78. Gregory J.W., Greene S.A., Scrimgeour C.M., Rennie M.J.: Body water measurement in growth disorders: a comparison of bioelectrical impedance and skinfold thickness techniques with isotope dilution. *Arch. Dis. Child.* 1991, 66, 220-222
79. Grenda R., Rutkowski B.: Dializoterapia otrzewnowa u dzieci w Polsce - raport z pediatrycznych ośrodków dializ. *Nefrol. Dial. Pol.* 1998, 2, 73-76
80. Grzegorzewska A., Chmurak A.: Kliniczna i kinetyczna ocena skuteczności ciągłej ambulatoryjnej dializy otrzewnowej CADO). *Przeg. Lek.* 1996, 53, 619-622
81. Gunal A.I., Duman S., Ozkahya M., Huseyin T., Asci G., Akcicek F., Basci A.: Strict volume control normalizes hypertension in peritoneal dialysis patients. *Am. J. Kidney Dis.* 2001, 37, 588-593
82. Gunga H.Chr., Baartz F.J., Herrenleben I., Kirsch K.: Fluid recruitment from shell tissues of the body during haemodialysis. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1994, 9, 1288-1291
83. Guo S.S., Chumlea W.C., Cockram D.B.: Use of statistical methods to estimate body composition. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 428-435
84. Guo S., Roche A.F., Houtkooper L.: Fat-free mass in children and young adults predicted from bioelectric impedance and anthropometric variables. *Am. J. Clin. Nutr.* 1989, 50, 435-443
85. Gutin B., Litaker M., Islam S., Manos T., Smith C., Treiber F.: Body-composition measurement in 9-11-y-old children by dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold-thickness measurements, and bioimpedance analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 63, 287-292
86. Haschke F., Fomon S.J., Ziegler E.E.: Body composition of a nine-year-old reference boy. *Pediatr. Res.* 1981, 15, 847-849
87. Heber D., Ingles S., Ashley J.M., Maxwell M.H., Lyons R.F., Elashoff R.M.: Clinical detection of sarcopenic obesity by bioelectrical impedance analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64, 472-477
88. Heymsfield S.B., Wang Z.M., Visser M., Gallagher D., Pierson Jr R.N.: Techniques used in the measurement of body composition: an overview with emphasis on bioelectrical impedance analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 478-484

89. Ho L.T., Kushner R.F., Schoeller D.A., Gudivaka R., Spiegel D.M.: Bioimpedance analysis of total body water in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 1994, 46, 1438-1442
90. Hodgdon J.A., Friedl K.E., Beckett M.B., Westphal K.A., Shippee R.L.: Use of bioelectrical impedance analysis measurements as predictors of physical performance. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64, (Suppl.), 463-468
91. Houtkooper L.B., Lohman T.G., Going S.B., Howell W.H.: Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 436-448
92. Iimura O., Tabei K., Nagashima H., Asano Y.: A study on regulating factors of plasma refilling during hemodialysis. *Nephron* 1996, 74, 19-25
93. Jacobs D.O.: Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of critical illness. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 498-502
94. Jager K.J., Merkus M.P., Dekker F.W., Boeschoten E.W., Tijssen J.G.P., Stevens P., Bos W.J.W., Krediet T.: Mortality and technique failure in patients starting chronic peritoneal dialysis: Results of the Netherlands Cooperative Study on the Adequacy of Dialysis. *Kidney Int.* 1999, 55, 1476-1485
95. Jebb S.A., Elia M.: Assessment of changes in total body water in patients undergoing renal dialysis using bioelectrical impedance analysis. *Clin. Nutr.* 1991, 10, 81-84
96. Johansson A.C., Samuelsson O., Attman P.O., Bosaeus I., Haraldsson B.: Limitation in anthropometric calculations of total body water in patients on peritoneal dialysis. *J. Am. Soc. Nephrol.* 2001, 12, 568-573
97. Johnstone L.M., Jones C.L., Grigg L.E., Wilkinson J.L., Walker R.G., Powell H.R.: Left ventricular abnormalities in children, adolescents and young adults with renal disease. *Kidney Int.* 1996, 50, 998-1006
98. Jones C.H.: Serum albumin-A marker of fluid overload in dialysis patients? *J. Ren. Nutr.* 2001, 11, 59-61
99. Jones C.H., Smye S.W., Newstead C.G., Will E.J., Davison A.M.: Extracellular fluid volume determined by bioelectric impedance and serum albumin in CAPD patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1998, 13, 393-397
100. Katzarski K.S., Charra B., Luik A.J., Nisell J., Divino-Filho J.C., Leypoldt J.K., Leunissen K.M., Laurent G., Bergström J.: Fluid state and blood pressure

- control in patients treated with long and short haemodialysis. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1999, 14, 369-375
101. Khaled M.A., Cutcheon M.J., Reddy S., Pearman P.L., Hunter G.R., Weinsier R.L.: Electrical impedance in assessing human body composition: the BIA method. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988, 47, 789-792
102. Klinger M.: Czynniki wpływające na adekwatność dializy. *Nefrol. Dial. Pol.* 2000, 4, 69-72
103. Kolarzyk E., Kroch S., Szot W.: Rodzaj uzależnienia a składowe masy ciała. *Przeg. Lek.* 2001, 58, 276-280
104. Komiya S., Eto C., Otoki K., Teramoto K., Shimizu F., Shimamoto H.: Gender differences in body fat of low- and high-body-mass children: relationship with body mass index. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2000, 82, 16-23
105. Kong C.H., Thompson C.M., Lewis C.A., Hill P.D., Thompson F.D.: Determination of total body water in uremic patients by bioelectrical impedance. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1993, 8, 716-719
106. Kotler D.P., Burastero S., Wang J., Pierson Jr R.N.: Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 489-497
107. Kuczmarski R.J.: Bioelectrical impedance analysis measurements as part of a national nutrition survey. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 453-458
108. Kuhn C., Leweling H., Staedt U., Barth H., Saeger H. D., Holm E.: Erfassung des Ernährungszustandes mit modernen Methoden. *Beitr. Infusionsther.* 1989, 25, 29-79
109. Kurtin P.S., Shapiro A.C., Tomita H., Raizman D.: Volume Status and Body Composition of Chronic Dialysis Patients: Utility of Bioelectric Impedance Plethysmography. *Am. J. Nephrol.* 1990, 10, 363-367
110. Kushner R.F., Gudivaka R., Schoeller D.A.: Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 423-427
111. Kushner R.F., Rixe D.M.: Bipedal bioelectrical impedance analysis reproducibly estimates total body water in hemodialysis patients. *Am. J. Kidney Dis.* 2002, 39, 154-158

112. Kushner R.F., Schoeller D.A.: Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 1986, 44, 417-424
113. Kushner R.F., Schoeller D.A., Fjeld C.R., Danford L.: Is the impedance index (ht^2/R) significant in predicting total body water? *Am. J. Clin. Nutr.* 1992, 56, 835-839
114. Kushner R.F., de Vries P.M.J.M., Gudivaka R.: Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of patients undergoing dialysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 503-509
115. Kyle U.G., Genton L., Karsegard L., Slosman D.O., Pichard C.: Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 years. *Nutrition* 2001, 17, 248-253
116. Lameire N., Vanholder R.C., Van Loo A., Lambert M.-C., Vijt ., Van Bockstaele L., Vogeleere P., Ringoir S.M.: Cardiovascular diseases in peritoneal dialysis patients: The size of the problem. *Kidney Int.* 1996, 50, S56:28-36
117. Lawson J.A., Lazarus R., Kelly J.J.: Prevalence and prognostic significance of malnutrition in chronic renal insufficiency. *J. Ren. Nutr.* 2001, 11, 16-22
118. Leiter L.A. and the Diabetes Control and Complications Trial Research Group Use of bioelectrical impedance analysis measurements in patients with diabetes. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 515-518
119. Leunissen K.M.L.: Fluid status in haemodialysed patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1995, 10, 153-155
120. Leunissen K.M.L., Kouw P., Kooman J.P., Cheriex E.C., de Vries P.M.J.M., Donker A.J.M., van Hooff J.P.: New techniques to determine fluid status in hemodialyzed patients. *Kidney Int.* 1993, 43, 50-56
121. Leweling H.: Zusammensetzung des Koerpers w: Biesalski H.K., Fuerst P., Kasper H., Kluthe R., Poelert W., Puchstein C., Staehelin H.B.: *Ernaehrungsmedizin* Georg Thieme Verlag Stuttgart . New York 1995, 3-9
122. de Lima J.J., Abensur H., Krieger E.M., Pileggi F.: Arterial blood pressure and left ventricular hypertrophy in haemodialysis patients. *J. Hypertens.* 1996, 14, 1019-1024

123. Lingwood B.E., Coghlan J.P., Ward L.C., Charles B.G., Colditz P.B.: Measurement of extracellular fluid volume in the neonate using multiple frequency bioimpedance analysis. *Physiol. Meas.* 2000, 21, 251-262
124. Litwin M., Abuauba M., Grenda R., Latoszyńska J., Boguszewska-Bączkowska A., Prokurat S.: Analiza przyczyn zgonów u dzieci i młodzieży przewlekle dializowanych otrzewnowo i hemodializowanych w okresie 10 lat - doświadczenia jednośrodkowe. *Nefrol. Dial. Pol.* 2000, 4, 82-85
125. Lohman T.G., Caballero B., Himes J.H., Davis C.E., Stewart D., Houtkooper L., Going S.B., Hunsberger S., Weber J.L., Reid R., Stephenson L.: Estimation of body fat from anthropometry and bioelectrical impedance in Native American children. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 2000, 24, 982-988
126. Lopez-Gomez J.M., Verde E., Perez-Garcia R.: Blood pressure, left ventricular hypertrophy and long-term prognosis in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 1998, 68 (Suppl.), 92-98
127. de Lorenzo A., Barra P.F.A., Sasso G.F., Battistini N.C., Deurenberg P.: Body impedance measurements during dialysis. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1991, 45, 321-325
128. Lukaski H.C.: Biological indexes considered in the derivation of the bioelectrical impedance analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 397-404
129. Lukaski H.C.: Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am. J. Clin. Nutr.* 1987, 46, 537-556
130. Lukaski H.C., Bolonchuk W.W., Hall C.B., Siders W.A.: Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J. Appl. Physiol.* 1986, 60, 1327-1332
131. Lukaski H.C., Johnson Ph.E., Bolonchuk W.W., Lykken G.I.: Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am. J. Clin. Nutr.* 1985, 41, 810-817
132. Maggiore Q., Nigrelli S., Ciccarelli C., Grimaldi C., Rossi G.A., Michelassi C.: Nutritional and prognostic correlates of bioimpedance indexes in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 1996, 50, 2103-2108
133. Margetts P.J., McMullin J.P., Rabbat C.G., Churchill D.N.: Peritoneal membrane transport and hypoalbuminemia: cause or effect? *Perit. Dial. Int.* 2000, 20, 14-18

134. Martinez-Maldonado M.: Role of hypertension in the progression of chronic renal disease. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2001, 16 (Suppl. 1), 63-66
135. Mitsnefes M.M., Daniels S.R., Schwartz S.M., Meyer R.A., Khoury P., Strife C.F.: Severe left ventricular hypertrophy in pediatric dialysis: prevalence and predictors. *Pediatr. Nephrol.* 2000, 14, 898-902
136. Nagano M., Suita S., Yamanouchi T.: The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutritional assessment in children. *J. Pediatr. Surg.* 2000, 35, 1035-1039
137. Novak I., Davies P.S.W., Elliott M.J.: Noninvasive estimation of total body water in critically ill children after cardiac operations. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1992, 104, 585-589
138. Oe B., de Fijter C.W., Geers T.B., Vos P.F., Donker A.J., de Vries P.M. Diameter of inferior caval vein and impedance analysis for assessment of hydration status in peritoneal dialysis. *Artif. Organs* 2000, 24, 575-577
139. Oe B., de Fijter C.W., Oe P.L., Stevens P., de Vries P.M.J.M.: Four-site skinfold anthropometry (FSA) versus body impedance analysis (BIA) in assessing nutritional status of patients on maintenance hemodialysis: which method is to be preferred in routine patient care? *Clin. Nephrol.* 1998, 49, 180-185
140. Oldham N.M.: Overview of bioelectrical impedance analyzers. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 405-412
141. Olthof C.G., de Vries P.M.J.M., Kouw P.M., Oe P.L., Schneider H., de Lange J.J., Donker A.J.M.: Non-invasive conductivity method for detection of dynamic body fluid changes: in vitro and in vivo validation. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1993, 8, 41-46
142. de Onis M., Habicht J.P.: Anthropometric reference data for international use: recommendations from a World Health Organization Expert Committee. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64, 50-58
143. Orth S.R., Amann K., Strojek K., Ritz E.: Sympathetic overactivity and arterial hypertension in renal failure. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2001, 16 (Suppl. 1), 67-69
144. Ott M., Fischer H., Polat H., Helm B., Frenz M., Caspary F., Lembcke B.: Bioelectrical impedance analysis as a predictor of Survival in Patients with

- Human Immunodeficiency Virus infection. *J. Acquir. Immune Defic. Syndr. Hum. Retrovirol.* 1995, 9, 20-25
145. Palmer B.F., Alpern R.J.: Pathogenesis of edema formation in the nephrotic syndrome. *Kidney Int.* 1997, 59 (Suppl.), S21-27
146. Pencharz P.B., Azcue M.: Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of malnutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 485-488
147. Perez-Garcia R., Lopez-Gomez J.M., Jofre R., Junco E., Valderrabano F.: Haemodialysis dose, extracellular volume control and arterial hypertension. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2001, 16 (Suppl 1), 98-101
148. Piccoli A., for the Italian Hemodialysis-Bioelectrical Impedance Analysis (HD-BIA) Study Group: Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis. *Kidney Int.* 1998, 53, 1036-1043
149. Piccoli A., Rossi B., Pillon L., Bucciante G.: Body fluid overload and bioelectrical impedance analysis in renal patients. *Min. Electrol. Metab.* 1996, 22, 76-78
150. Piccoli A., Rossi B., Pillon L., Bucciante G.: A new method for monitoring fluid variation by bioimpedance analysis. The RXc graph. *Kidney Int.* 1994, 46, 534-539
151. Pietrzyk J.A.: Ocena skuteczności dializy u dzieci na podstawie parametrów modelowania kinetycznego mocznika. Rozprawa habilitacyjna Collegium Medicum UJ, Kraków 1994
152. Pintauro S.J., Nagy T.R., Duthie C.M., Goran M.I.: Cross-calibration of fat and lean measurements by dual-energy X-ray absorptiometry to pig carcass analysis in the pediatric body weight range. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 63, 293-298
153. Pirlich M., Schutz T., Spachos T., Ertl S., Weiss M.L., Lochs H., Plauth M.: Bioelectrical impedance analysis is a useful bedside technique to assess malnutrition in cirrhotic patients with and without ascites. *Hepatology* 2000, 32, 1208-1215
154. Plum J., Schoenicke G., Kleophas W., Kulas W., Steffens F., Azem A., Grabensee B.: Comparison of body fluid distribution between chronic haemodialysis and peritoneal dialysis patients as assessed by biophysical and biochemical methods. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2001, 6, 2378-2385

155. Pollock C.A., Ibels L.S., Allen B.J.: Nutritional markers and survival in maintenance dialysis patients. *Nephron* 1996, 74, 625-641
156. Port F., Hulbert-Shearon T.E., Wolfe R.A., Bloembergen W.E., Golper T.A., Agodoa L.Y.C., Young E.W.: Predialysis blood pressure and mortality risk in a national sample of maintenance hemodialysis patients. *Am. J. Kidney Dis.* 1999, 33, 507-517
157. Rahman M., Fu P., Sehgal A.R., Smith M.C.: Interdialytic weight gain, compliance with dialysis regimen, and age are independent predictors of blood pressure in hemodialysis patients. *Am. J. Kidney Dis.* 2000, 35, 257-265
158. Reiss U., Wingen A.-M., Schaerer K.: Mortality trends in pediatric patients with chronic renal failure. *Pediatr. Nephrol.* 1996, 10, 41-45
159. Rolland-Cachera M.F., Brambilla P., Manzoni P., Akrouit M., Sironi S., Del Maschio A., Chiumello G.: Body composition assessed on the basis of arm circumference and triceps skinfold thickness: a new index validated in children by magnetic resonance imaging. *Am. J. Clin. Nutr.* 1997, 65, 1709-1713
160. Roos A.N., Westendorp R.G.J., Frolich M., Meinders A.E.: Weight changes in critically ill patients evaluated by fluid balances and impedance measurements. *Crit. Care Med.* 1993, 21, 871-877
161. Roubenoff R.: Applications of bioelectrical impedance analysis for body composition to epidemiologic studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 459-462
162. Sargent J.A., Gotch F.A.: Principles and biophysics of dialysis. w: Maher J.F.(ed.): Replacement of renal function by dialysis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/ Boston/ Lancaster 1989, 87-144
163. Schaefer F., Georgi M., Zieger A., Schaerer K.: Usefulness of bioelectric impedance and skinfold measurements in predicting Fat Free Mass derived from Total Body Potassium in children. *Pediatr. Res.* 1994, 35, 617-624
164. Schaefer F., Klaus G., Muller-Wiefel D.E., Mehls O.: Current practice of peritoneal dialysis in children: results of a longitudinal survey. Mid European Pediatric Peritoneal Dialysis Study Group (MEPPS). *Perit. Dial. Int.* 1999, 19 (Suppl. 2), S445-449
165. Schaefer F., Wuehl E., Feneberg R., Mehls O., Schaerer K.: Assessment of body composition in children with chronic renal failure. *Pediatr. Nephrol.* 2000, 14, 673-678

166. Scharfetter H., Monif M., Laszlo Z., Lambauer T., Hutten H., Hinghofer-Szalkay H.: Effect of postural changes on the reliability of volume estimations from bioimpedance spectroscopy data. *Kidney Int.* 1997, 51, 1078-1087
167. Schloerb P.R., Forster J., Delcore R., Kindscher J.D.: Bioelectrical impedance in the clinical evaluation of liver disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Suppl.), 510-514
168. Schmidt R., Dumler F., Cruz C., Lubkowski T., Kilates C.: Improved nutritional follow-up of peritoneal dialysis patients with bioelectrical impedance. *Adv. Perit. Dial.* 1992, 8, 157-159
169. Schwenk A., Beisenherz A., Romer K., Kremer G., Salzberger B., Elia M.: Phase angle from bioelectrical impedance analysis remains an independent predictive marker in HIV-infected patients in the era of highly active antiretroviral treatment. *Am. J. Clin. Nutr.* 2000, 72, 496-501
170. Segal K.R.: Use of bioelectrical impedance analysis measurements as an evaluation for participating in sports. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 57 (Suppl.), 469-471
171. Segal K.R., Burastero S., Chun A., Coronel P., Pierson Jr. R.N., Wang J.: Estimation of extracellular and total body water by multiple-frequency bioelectrical-impedance measurement. *Am. J. Clin. Nutr.* 1991, 54, 26-29
172. Segal K.R., Van Loan M., Fitzgerald P.I., Hodgdon J.A., Van Itallie T.B.: Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988, 47, 7-14
173. Selgas R., Bajo M.A., Fernandez-Reyes M.J., Bosque E., Lopez-Revuelta K., Jimenez C., Borrego F., de Alvaro F.: An analysis of adequacy of dialysis in a selected population on CAPD for over 3 years: the influence of urea and creatinine kinetics. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1993, 8, 1244-1253
174. Sieniawska M., Roszkowska-Blaim M., Jabłczyńska-Ślotąła A., Wierzbowska-Lange B., Korniszewska J.: Ciągła ambulatoryjna dializa otrzewnowa u dzieci - doświadczenia własne. *Przeg. Lek.* 1987, 44, 390-392.
175. Siervogel R.M., Woynarowska B., Chumlea W.M.C., Guo S., Roche A.F.: Bioelectric impedance measures of body composition: their relationship with level of blood pressure in young adults. *Human Biol.* 1987, 59, 245-255

176. Spiegel D.M., Bashir K., Fisch B.: Bioimpedance resistance ratios for the evaluation of dry weight in hemodialysis. *Clin. Nephrol.* 2000, 53, 108-114
177. Stein A., Moorhouse J., Iles-Smith H., Baker F., Johnstone J., James G., Troughton J., Bircher G., Walls J.: Role of an improvement in acid-base status and nutrition in CAPD patients. *Kidney Int.* 1997, 52, 1089-1095
178. Stompór T., Kraśnicka M., Chruściel B., Sułowicz W.: Przydatność bioimpedancji jako metody oceny składu ciała chorych dializowanych otrzewnowo. *Przeg. Lek.* 1999, 56, 772-777
179. Stompór T., Sułowicz W., Drożdż M.: Metody oceny adekwatności ciągłej ambulatoryjnej dializy otrzewnowej. *Nefrol. Dial. Pol.* 1997, 1, 39-46
180. Stompór T., Sułowicz W., Drożdż M.: Wybrane aspekty niedożywienia chorych leczonych ciągłą ambulatoryjną dializą otrzewnową. *Nefrol. Dial. Pol.* 1997, 1, 30-38
181. Stall S.H., Ginsberg N.S., DeVita M.V., Zabetakis P.M., Lynn R.I., Gleim G.W., Wang J., Pierson Jr R.N., Michelis M.F.: Comparison of five body-composition methods in peritoneal dialysis patients. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64, 125-130
182. Stolarczyk L.M., Heyward V.H., D Van Loan M., Hicks V.L., Wilson W.L., Reano L.M.: The fatness-specific bioelectrical impedance analysis equations of Segal et al: are they generalizable and practical? *Am. J. Clin. Nutr.* 1997, 66, 8-17
183. Sułowicz W., Pietrzyk J.A.: Kliniczne znaczenie monitorowania adekwatności dializy w: Rutkowski B.: *Dializoterapia w codziennej praktyce.* MAKmed, Gdańsk 1996, 139-149
184. Swatowski A., Załuska W., Książek A.: Zastosowanie techniki bioimpedancji elektrycznej w ocenie stanu nawodnienia u pacjentów ze schyłkową niewydolnością nerek. *Przeg. Lek.* 2000, 57, 427-430
185. Szczepańska-Sadowska E.: Regulacja gospodarki wodno-elektrolitowej organizmu w: Traczyk W.Z., Trzebski A.: *Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej.* PZWL, Warszawa 2001, 816-839
186. Takeuchi K., Murata K., Funaki K., Fujita I., Hayakawa Y., Morita H.: Bioelectrical impedance analysis in the clinical management of a pregnant woman undergoing dialysis. *J. Perinat. Med.* 2000, 28, 228-231

187. Talluri A., Maggia G.: Bioimpedance analysis (BIA) in hemodialysis: technical aspects. *Int. J. Artif. Organs* 1995, 18, 687-692
188. Tattersall J.E., Doyle S., Greenwood R.N., Farrington K.: Kinetic modelling and underdialysis in CAPD patients. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1993, 8, 535-538
189. Thomasset A.: Bioelectrical properties of tissues. *Lyon. Med.* 1963, 209, 1325-1352
190. Tzamaloukas A.H., Murata G.H., Dimitriadis A., Voukiklari S., Antoniou S., Malhotra D., Kakavas J., Dombros N.V., Nicolopoulou N., Balaskas E.V.: Fractional urea clearance in Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis: effects of volume disturbances. *Nephron* 1996, 74, 567-571
191. The USRDS 1998 Annual Report: Pediatric end-stage renal disease. *Am. J. Kidney Dis.* 1998, 32 (Suppl. 1), S98-S108
192. Verrina E., Pefrume F., Zacchello G., Sorino P., Edefonti A., Bassi S., Calevo M.G., Caringella D.L., Cattarelli D., Lavoratti G., Consalvo G., Andreetta B., Rinaldi S., Longo L., Gusmano R.: Comparison of patient hospitalization in chronic peritoneal dialysis and hemodialysis: a pediatric multicenter study. *Perit. Dial. Int.* 1996, 16 (Suppl.1), S574-S577
193. Wabitsch M., Braun U., Heinze E., Muche R., Mayer H., Teller W., Fusch C.: Body composition in 5-18-y-old obese children and adolescents before and after weight reduction as assessed by deuterium dilution and bioelectrical impedance analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64, 1-6
194. Warady B.A., Hebert D., Sullivan E.K., Alexander S.R., Tejani A.: Renal transplantation, chronic dialysis, and chronic renal insufficiency in children and adolescents. The 1995 Annual Report of the North American Pediatric Renal Transplant Cooperative Study. *Pediatr. Nephrol.* 1997, 11, 49-64
195. Watson P.E., Watson I.D., Batt R.D.: Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. *Am. J. Clin. Nutr.* 1980, 33, 27-39
196. Wieteska-Klimczak A., Januszewicz P.: Nadciśnienie tętnicze u dzieci i młodzieży w: Januszewicz A., Januszewicz W., Szczepańska-Sadowska E., Sznajderman M.: Nadciśnienie tętnicze. *Med. Prakt., Kraków* 2000, 525-534

197. Wizemann V., Schilling M.: Dilemma of assessing volume state-the use and the limitations of a clinical score. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1995, 10, 2114-2117
198. Wolfe R.A., Ashby V.B., Daugirdas J.T., Agodoa Y.C., Jones C.A., Port F.K.: Body size, dose of hemodialysis, and mortality. *Am. J. Kidney Dis.* 2000, 35, 80-88
199. Wolfson M.: Nutritional Management of the Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis Patient. *Am. J. Kidney Dis.* 1996, 27, 744-749
200. Wood E.G., Hand M., Briscoe D.M., Donaldson L.A., Yiu V., Harley F.L., Warady B.A., Ellis E.N., for the North American Pediatric Renal Transplant Cooperative Study. Risk factors for mortality in infants and young children on dialysis. *Am. J. Kidney Dis.* 2001, 37, 573-579
201. Woodrow G., Oldroyd B., Stables G., Gibson J., Turney J.H., Brownjohn A.M.: Effects of icodextrin in automated peritoneal dialysis on blood pressure and bioelectrical impedance analysis. *Nephrol. Dial. Transplant.* 2000, 15, 862-866
202. Woodrow G., Oldroyd B., Turney J.H., Davies P.S.W., Day J.M.E., Smith M.A.: Measurement of total body water and urea kinetic modelling in peritoneal dialysis. *Clin. Nephrol.* 1997, 47, 52-57
203. Wuehl E., Fusch Ch., Schaerer K., Mehls O., Schaefer F.: Assessment of total body water in paediatric patients on dialysis. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1996, 11, 75-80
204. Yamaguchi H., Yamauchi H., Hazama S., Hamamoto H.: Evaluation of body fluid status after cardiac surgery using bioelectrical impedance analysis. *J. Cardiovasc. Surg.* 2000, 41, 559-566
205. Yanowski J.A., Zelitch Yanowski S., Filmer K.M., Hubbard V.S., Avila N., Lewis B., Reynolds J.C., Flood M.: Differences in body composition of black and white girls. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64, 833-839
206. Young G.A., Kopple J.D., Lindholm B., Vonesh E.F., De Vecchi A., Scalapogna A., Castelnova C., Oreopoulos D.G., Anderson G.H., Bergstrom J., Dichiro J., Gentile D., Nissenson A., Sakhrani L., Brownjohn A., Nolph K.D., Prowant B.F., Algrim C.E., Martis L., Serkes K.D.: Nutritional Assessment of Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis Patients: An International Study. *Am. J. Kidney Dis.* 1991, 17, 462-471

-
207. Zagożdżon I., Żurowska A., Bałasz I., Aleszewicz J., Marczak E.: Hypertension in children on long-term peritoneal dialysis. *Pediatr. Nephrol.* 1998, 12, C206, P-432
208. Załuska W.: Monitorowanie adekwatności hemodializy z uwzględnieniem bioimpedancyjnego pomiaru przestrzeni wodnych u chorych z przewlekłą niewydolnością nerek. Rozprawa habilitacyjna, A. M., Lublin 2001
209. Załuska W., Jaroszyński A., Bober E., Małecka T., Kozik J., Książek A.: Pomiar przestrzeni wodnych za pomocą techniki bioimpedancji elektrycznej w celu oszacowania wagi oczekiwanej u pacjentów hemodializowanych. *Przeg. Lek.* 2000, 57, 707-710
210. Zarowitz B.J.: Bioelectrical impedance analysis measurements for drug pharmacokinetics. *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64 (Supl.), 519-523
211. Zarowitz B.J., Pilla A.M.: Bioelectrical impedance in clinical practice. *DICP, Ann. Pharmacother.* 1989, 23, 548-555
212. Zillikens M.C., van den Berg J.W.O., Wilson J.H.P., Swart G.R.: Whole-body and segmental bioelectrical-impedance analysis in patients with cirrhosis of the liver: changes after treatment of ascites. *Am. J. Clin. Nutr.* 1992, 55, 621-625
213. Ziółko M., Pietrzyk J.A., Grabska-Chrząstowska J.: Accuracy of hemodialysis modeling. *Kidney Int.* 2000, 37, 1152-1163
214. Zucchelli P., Santoro A.: Dry weight in haemodialysis: volemic control. *Semin. Nephrol.* 2001, 21, 286-290

8. Streszczenie

Dzieci z chorobami nerek są szczególnie narażone na zaburzenia gospodarki wodnej i zmiany stanu odżywienia. Ze względu na istotne znaczenie prawidłowej oceny przestrzeni wodnych ciała poszukuje się nowych, nieinwazyjnych metod, które mogą być zastosowane zarówno w warunkach klinicznych jak i do badań naukowych.

Celem badań była ocena stanu nawodnienia i odżywienia u dzieci z wybranymi chorobami nerek oraz ocena wpływu przewodnienia na występowanie nadciśnienia u dzieci dializowanych różnymi metodami przy zastosowaniu metody bioimpedancji (BIA). Podjęto również próbę wyznaczenia przestrzeni dystrybucji mocznika przy pomocy BIA u chorych hemodializowanych i dializowanych otrzewnowo i porównania uzyskanych wyników z parametrami otrzymanymi przy użyciu modelowania kinetycznego mocznika.

Badania przeprowadzono w grupie 20 dzieci ze schyłkową niewydolnością nerek (SNN) leczonych powtarzanymi hemodializami (HD), 18 dzieci z SNN dializowanych otrzewnowo (DO) oraz 24 dzieci z zespołem nerczycowym (ZN) w różnych stadiach choroby. Grupę kontrolną stanowiło 193 zdrowych dzieci w wieku od 7 do 15 lat. Skład ciała w badanych grupach wyznaczano metodą bioimpedancji przy pomocy urządzenia BIA 2000 N f-my Data Input z opcją wieloczęstotliwościową - od 1-100 kHz i programu Nutri4, pozwalającego na ocenę całkowitej wody ustroju (TBW), przestrzeni wodnej śród (ICW) i pozakomórkowej (ECW) komórkowej (BCM) i pozakomórkowej masy ciała (ECM) oraz tkanki tłuszczowej (FM) i beztłuszczowej masy ciała (FFM). Opracowano siatki centylowe mierzonych parametrów dla zdrowych dzieci w populacji krakowskiej.

Całkowita zawartość wody wyliczona metodą bioimpedancji wynosiła w badanej grupie pacjentów hemodializowanych 63% masy ciała przed i 59% po

zabiegu hemodializy, u dzieci dializowanych otrzewnowo 62,1%. Stwierdzono znamienne statystycznie różnice w ocenie przestrzeni dystrybucji mocznika przy użyciu wzorów antropometrycznych, modelowania kinetycznego mocznika, reguły 59% i metody BIA, co miało istotny wpływ na wartość wskaźnika adekwatności dializy Kt/V . Bioimpedancja wydaje się być najbardziej miarodajną metodą do wyznaczania V u dzieci dializowanych. Wyznaczony metodą BIA stosunek ECW/ICW okazał się cennym wskaźnikiem przewodnienia u dzieci dializowanych.

W badanej grupie dzieci hemodializowanych nie stwierdzono zależności pomiędzy zawartością całkowitej wody ustroju a ciśnieniem skurczowym przed i po hemodializie. Wartość TBW była jedynie znamienne niższa u dzieci z ciśnieniem rozkurczowym poniżej 50 pc przed HD w porównaniu z pozostałymi grupami. Natomiast wartość wskaźników ECW/ICW i ECM/BCM rosła ze wzrostem ciśnienia tętniczego skurczowego i rozkurczowego zarówno przed jak i po hemodializie. Dla ciśnienia skurczowego uzyskano znamienne statystycznie różnice między pacjentami z prawidłowym ciśnieniem skurczowym przed HD i grupą dzieci z $RR > 95$ pc. Wskaźnik ECW/ICW był znamienne statystycznie niższy u dzieci z ciśnieniem rozkurczowym < 50 pc przed i po HD w porównaniu z pozostałymi grupami.

W badanej grupie 18 pacjentów dializowanych otrzewnowo stwierdzono znamienne statystycznie korelację pomiędzy skurczowym ciśnieniem tętniczym krwi a przewodnieniem wyrażonym wskaźnikiem ECW/ICW ($r=0,33$, $p=0,000$) oraz ECM/BCM ($r=0,27$, $p=0,000$). Dla ciśnienia rozkurczowego znamienność statystyczną osiągnęła korelacja ze wskaźnikiem ECM/BCM ($r=0,242$, $p=0,000$). Nie obserwowano natomiast zależności pomiędzy całkowitą wodą ustroju a ciśnieniem tętniczym krwi. W grupie tej stwierdzono znamienne statystycznie ujemną korelację między przewodnieniem wyrażonym wskaźnikiem ECW/ICW ($r=-0,37$, $p=0,001$) oraz ECM/BCM ($r=-0,57$, $p=0,001$) a stężeniem albuminy we krwi. Znaleziono znamienne statystycznie korelację pomiędzy stanem odżywienia wyrażonym stężeniem albuminy a kątem fazowym ($r=0,476$, $p=0,001$).

W grupie dzieci w remisji klinicznej zespołu nerczycowego mierzone parametry mieściły się w granicach normy. U dzieci z rzutem ZN i obrzękami stwierdzono znamienne wyższą zawartość wody w ustroju (66,1 vs 60,5 % masy ciała, $p = 0,01$) oraz zawyżony stosunek ECM/BCM (1,77 vs 1,04, $p = 0,001$) i ECW/ICW (1,02 vs 0,81, $p = 0,01$). Wartości te malały w miarę ustępowania obrzęków, nie osiągając jednak wielkości prawidłowych przy końcu obserwacji, gdy klinicznie nie stwierdzano już obrzęków. Wyliczona metodą BIA utrata wody całkowitej u dzieci w trakcie zabiegu hemodializy i w grupie dzieci z rzutem zespołu nerczycowego w trakcie ustępowania obrzęków była zawyżona w stosunku do ubytku masy ciała. U dzieci z zespołem nerczycowym zaburzenia gospodarki wodnej nie wyrównywały się równocześnie z poprawą kliniczną i ustąpieniem białkomoczu, lecz proces ten rozciągał się w czasie. Wartość wskaźnika ECM/BCM zależy od przewodnienia pozakomórkowego jak i wodobrzusza, przez co w pełniejszy sposób niż stosunek ECW/ICW określa stopień nagromadzenia płynów u dzieci z zespołem nerczycowym. W grupie dzieci w remisji klinicznej ZN kąt fazowy był w normie (średnio 5,57), natomiast u dzieci z obrzękami wartość ta była znamienne statystycznie niższa (śr. 3,71). Po ustąpieniu obrzęków kąt przesunięcia fazowego wynosił średnio 4,71, nie osiągając jednak wartości prawidłowych.

Przyłóżkowa, natychmiastowa i nieinwazyjna metoda pomiaru BIA i analiza parametrów wyjściowych pomiaru u dzieci z chorobami nerek pozwala na wykrycie przewodnienia lub odwodnienia pacjenta oraz ocenę ciężkości stanu klinicznego poprzez ocenę kąta fazowego.

U dzieci dializowanych BIA znajduje zastosowanie w wyznaczaniu suchej masy ciała, wyliczaniu objętości dystrybucji mocznika oraz wykrywaniu przewodnienia jako przyczyny nadciśnienia i niskiego stężenia albumin.

BIA jest prostą, nieinwazyjną i skuteczną metodą pomocną w ocenie stanu nawodnienia i odżywienia u dzieci z chorobami nerek.