

Justyna Dydek, Tomasz Hulewicz, Wojciech Paśko, Janusz Zieliński, Rafał Wilk, Bartosz Dziadek, Krzysztof Przednowek

Instytut Nauk o Kulturze Fizycznej, Kolegium Nauk Medycznych, Uniwersytet Rzeszowski

Ocena komponentów składu ciała niepełnosprawnych kolarzy ręcznych z wykorzystaniem metody pletyzmografii – badania pilotażowe

Evaluation of body composition components of disabled hand cyclists using the plethysmography method – a pilot study

Streszczenie. U osób dotkniętych niepełnosprawnością ruchową, zwłaszcza tych po urazie rdzenia kręgowego, zachodzą znaczące zmiany w składzie ciała. Ograniczona aktywność fizyczna wśród osób niepełnosprawnych ruchowo często prowadzi do nadwagi lub otyłości. Uprawianie sportu przez te osoby jest w stanie skompensować brak codziennej aktywności ruchowej, a przez to zapobiegać chorobom metabolicznym. Celem niniejszego badania była ocena komponentów składu ciała niepełnosprawnych kolarzy ręcznych z wykorzystaniem metody pletyzmografii. Badana grupa liczyła dziewięciu niepełnosprawnych kolarzy ręcznych startujących w różnych kategoriach niepełnosprawności i reprezentujących Polskę na arenie międzynarodowej w kolarstwie szosowym. Badania wykonano w ramach projektu Akademicki Sport Integracyjny realizowanego w Instytucie Nauk o Kulturze Fizycznej, Kolegium Nauk Medycznych Uniwersytetu Rzeszowskiego, finansowanego w ramach konkursu „Społeczna odpowiedzialność nauki. Popularyzacja nauki i promocja sportu”. Analiza zebranych danych wykazała, że wszystkie zmierzone parametry charakteryzują się istotnością statystyczną, a poszczególne podgrupy (H2-3 i H4-5) różnią się między sobą pod względem średnich wartości diagnostycznych parametrów.

Słowa kluczowe: Akademicki Sport Integracyjny, kolarstwo szosowe osób z niepełnosprawnością, Bod Pod, skład ciała

Abstract. People with mobility disabilities especially those after spinal cord injury experience significant changes in body composition. Limited physical activity among people with physical disabilities often leads to overweight or obesity. The practice of sport by these people can compensate for the lack of daily physical activity and thus prevent metabolic diseases. The aim of the present study was to evaluate body composition components in disabled hand cyclists using plethysmography. The study group consisted of nine disabled hand cyclists, competing in various disability categories and representing Poland internationally in road cycling. The research was carried out as part of the Academic Integrative Sport project carried out at the Institute of Physical Culture Sciences, College of Medical Sciences, University of Rzeszów and financed as part of the competition 'Social responsibility of science. Popularisation of science and promotion of sport'.

Analysis of the collected data showed that all measured parameters are characterised by statistical significance, and individual subgroups (H2-3 and H4-5) differ from each other in terms of mean values of diagnosed parameters

Keywords: Academic Integration Sport, road cycling for people with disabilities, Bod Pod, body composition

Wstęp

Siedzący tryb życia i aktywność fizyczna są czynnikami, które wpływają na skład ciała nie tylko osób zdrowych, ale także tych dotkniętych niepełnosprawnością ruchową [1]. Co więcej, wykazano, że u osób po urazie rdzenia kręgowego zachodzą znaczące zmiany w składzie ciała, do których należą między innymi: wzrost masy tłuszczowej, spadek beztłuszczowej masy ciała czy spadek gęstości kości [2]. Ograniczenie aktywności fizycznej w wyniku spadku mobilności osób niepełnosprawnych ruchowo często prowadzi do nadwagi lub otyłości [3]. Uprawianie sportów jest jednak w stanie skompensować brak codziennej aktywności ruchowej, a przez to stanowić profilaktykę chorób metabolicznych [4].

Masa niefunkcjonalna ma wpływ na czynniki wydajności takie jak: prędkość, przyspieszenie czy opór toczenia [5]. Przekłada się to na wyniki zawodników w każdej dyscyplinie sportowej [6]. Dokładny pomiar poszczególnych komponentów składu ciała jest więc ważny zarówno z punktu widzenia zdrowia, jak i sportu.

Istnieje wiele metod służących do oceny składu ciała, a każda z nich dokonuje pomiaru z różną dokładnością [7]. Niestety, nie każda metoda pomiarowa jest przystosowana dla osób niepełnosprawnych, ocena składu ciała tych osób wymaga użycia specyficznych metod pomiarowych, które będą dostosowane zarówno do ich potrzeb, jak i ograniczeń [1, 2]. Dotychczasowe badania składu ciała osób niepełnosprawnych ruchowo wykorzystywały różne metody pomiaru tych parametrów [6, 8–10]. Do najczęściej stosowanych zalicza się między innymi absorpcjometrię rentgenowską o podwójnej energii (DXA), która uważana jest za złoty standard [1, 4, 6, 11, 12]. DXA oprócz pomiaru całkowitego lub segmentalnego składu ciała używana jest również do oceny gęstości mineralnej i zawartości kości [3]. Ocena składu ciała osób niepełnosprawnych przeprowadzana jest także za pomocą Bioimpedancji (BIA) [1, 8, 13, 14], która jest powszechną metodą opartą na połączeniu impedancji z masą ciała, wysokością ciała, wiekiem oraz płcią osoby badanej. Oszacowuje się całkowitą zawartość wody w organizmie (TBW), która służy do określenia beztłuszczowej masy ciała, a ta z kolei do określenia zawartości tłuszczu [5, 15]. Metoda ta, dostosowana jest także do osób, które z różnych powodów nie są w stanie przyjąć postawy wyprostowanej [16]. Kolejną metodą, która znalazła zastosowanie w ocenie

składu ciała osób niepełnosprawnych, jest Skinfold (SFs) [10, 17, 18]. Polega na obliczaniu gęstości ciała z wykorzystaniem połączenia grubości fałdu skórniego i innych pomiarów antropometrycznych (m.in. wysokość ciała, masa ciała). Suwmiarki używane są do pomiaru grubości fałdu skóry i tkanki tłuszczowej w określonych miejscach anatomicznych [19]. Dane te są często przeliczane na procentową zawartość tkanki tłuszczowej przy użyciu równań predykcyjnych [20].

W celu oceny parametrów składu ciała osób niepełnosprawnych ruchowo wykorzystuje się także metodę pletyzmografii przemieszczenia powietrza (ADP/ Bod Pod). Istnieją jednak doniesienia [21] mówiące o tym, że dokładność ADP nie jest jeszcze wystarczająca, aby zastąpić nią techniki takie jak DXA. Pletyzmograf pośrednio oblicza objętość ciała poprzez pomiar objętości powietrza wypartego przez osobę będącą w komorze testowej. Kolejno, po określeniu objętości ciała, obliczona zostaje gęstość ciała przy użyciu zasady densytometrii. Procentową zawartość tłuszczu oraz masę beztłuszczową ciała określa się za pomocą równania Siri [5, 22]. Metodę ADP zastosowano w badaniach Medeiros i wsp. [9] w celu oceny związku między składem ciała a wynikami sportowymi u brazylijskich pływaków paraolimpijskich oraz do analizy składu ciała uczestników trzech różnych dyscyplin sportu paraolimpijskiego [7]. Pletyzmografia przemieszczenia powietrza (ADP) została wykorzystana także w badaniach Ahmadi [23] w celu oceny składu ciała wysoko wyszkolonych brazylijskich zawodników siatkówki na siedząco.

Przedmiotem badań naukowców było również porównanie istniejących metod oceny składu ciała osób niepełnosprawnych ruchowo pod względem dokładności, zgodności i ważności pomiarów. Borges i wsp. [24] zestawili wyniki metod antropometrycznych w podziale na segmenty ciała z wartościami przewidywanymi przez absorpcjometrię promieniowania rentgenowskiego o podwójnej energii (DXA) wśród sportowców z uszkodzeniem rdzenia kręgowego. Lemos i wsp. [7] oraz Ahmadi [23] dokonali porównania pletyzmografii przemieszczenia powietrza (ADP) z metodą antropometryczną (skinfold) sportowców paraolimpijskich. Dokładność trzech metod pomiaru procentowej zawartości tłuszczu w organizmie (pletyzmografia wypornościowa ADP, ważenie hydrostatyczne HW oraz pomiar fałdu skórniego w siedmiu miejscach SKF) w stosunku do badania DEXA całego ciała u osób niepełnosprawnych z porażeniem kończyn dolnych zaprezentowano w badaniach Garner i wsp. [25]. Natomiast Goosey-Tolfrey i wsp. [19] ocenili zgodność w pomiarach składu ciała sportowców na wózkach inwalidzkich za pomocą pomiarów fałdów skórnych, analizy BIA oraz ADP w stosunku do absorpcjometrii promieniowania rentgenowskiego o podwójnej energii (DXA).

Celem niniejszego badania była ocena komponentów składu ciała niepełnosprawnych kolarzy ręcznych z wykorzystaniem metody pletyzmografii.

Material i metody

Podmiotem badań jest grupa dziewięciu niepełnosprawnych kolarzy ręcznych reprezentujących Polskę na arenie międzynarodowej, którzy startują w kategoriach H2, H3, H4 oraz H5. Zawodnicy zostali wyselekcjonowani spośród sportowców uprawiających kolarstwo ręczne w Polsce i trenują przynajmniej trzy razy w tygodniu. Staż treningowy grupy badanej wynosi minimum 3 lata. Wiek badanej grupy to przeciętnie 40 ± 13 lat.

Badania wykonano w ramach projektu Akademicki Sport Integracyjny realizowanego w Instytucie Nauk o Kulturze Fizycznej, Kolegium Nauk Medycznych Uniwersytetu Rzeszowskiego, finansowanego w ramach konkursu „Społeczna odpowiedzialność nauki. Popularyzacja nauki i promocja sportu”.



Ryc. 1. Stanowisko pomiarowe Bod Pod

Narzędziem użytym do oceny analizy składu ciała był system pletyzmografii przemieszczeniowej powietrza BOD POD GS-X, który również ma przeznaczenie dla osób niepełnosprawnych. Po uprzedniej kalibracji wagi oraz powietrza w komorze badawczej zostały wprowadzone dane osoby badanej oraz wybrany model objętości gazu w klatce piersiowej (TGV) jako przewidywany. Badanych zważono w pozycji siedzącej na wadze umieszczonej na skrzyni o odpowiedniej wysokości, tak aby podczas pomiaru nie dotykali stopami podłoża oraz byli asekurowani ze względu na dysfunkcje w obrębie tułowia. Po zważeniu badani zajmowa-

li miejsce w komorze badawczej. Procent tkanki tłuszczowej (BF) został określony przy użyciu równania Siri. Składowe komponentów ciała, jakie również uzyskano podczas pomiaru, to: masa tłuszczowa (FM), beztłuszczowa masa ciała (FFM), objętość ciała (BV), gęstość ciała (BD), przewidywana spoczynkowa przemiana materii (REE), przewidywana całkowita przemiana materii (TEE).

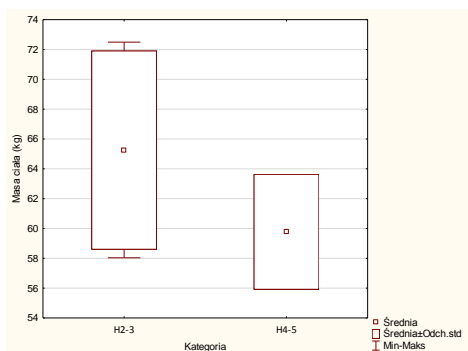
Wyniki badań

W tabeli 1 zaprezentowano podstawowe charakterystyki liczbowe dla parametrów zmierzonych w urządzeniu Bod Pod. Z przeprowadzonej analizy wynika, że wszystkie zmierzone parametry wykazują istotność statystyczną. Poziom tkanki tłuszczowej plasował się na poziomie ok. 24%, natomiast procent beztłuszczowej masy ciała FFM na poziomie ok. 76%. Masa tkanki tłuszczowej to przeciętnie ok. 15 kg, a beztłuszczowej 39 kg. Analiza wykazała również, że objętość ciała plasowała się na poziomie ok. 61 L. Gęstość ciała badanych kolarzy wynosiła przeciętnie ok. 0,83 L/kg. Dodatkowo wyznaczono indeksy tłuszczowej i beztłuszczowej masy ciała, które wynosiły odpowiednio 4,89 i 15,86 kg/m². Największe zróżnicowanie uzyskanych komponentów zaobserwowano dla beztłuszczowej masy ciała FFM w kg (58%), przy czym najmniejsze dla beztłuszczowej masy ciała wyrażonej w procentach (19%). Zmierzone parametry porównano również w ujęciu kategorii startowej. Badaną grupę podzielono na dwie podgrupy H2-3 (kategorie H2 i H3) oraz H4-5 (kategorie H4 i H5). Porównanie zmierzonych i wyliczonych parametrów zaprezentowano na wykresach 1–7.

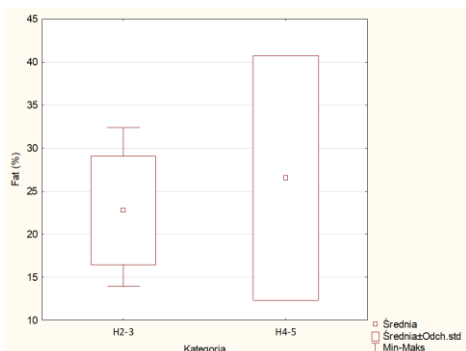
Tabela 1. Charakterystyka grupy badanej

Zmienna	\bar{X}	min	max	sd	V	p
Wiek (lata)	39,73	24,81	67,22	13,36	34	0,0001
Wysokość ciała (cm)	176,33	171,00	180,00	3,32	2	0,0001
Masa ciała (kg)	64,04	57,05	72,50	6,39	10	0,0001
Fat (%)	23,60	13,90	36,60	7,62	32	0,0001
FFM (%)	76,40	63,40	86,10	7,62	10	0,0001
Fat (kg)	15,25	8,09	22,85	5,30	35	0,0001
FFM (kg)	39,10	39,65	54,15	22,55	58	0,0008
Objętość ciała (L)	61,30	53,77	69,61	6,48	11	0,0001
Gęstość ciała (kg/L)	0,83	0,11	1,58	0,41	49	0,0003
Indeks masy tłuszczowej (kg/m ²)	4,89	2,60	7,60	1,73	35	0,0001
Indeks masy beztłuszczowej (kg/m ²)	15,68	12,50	17,70	1,77	11	0,0001

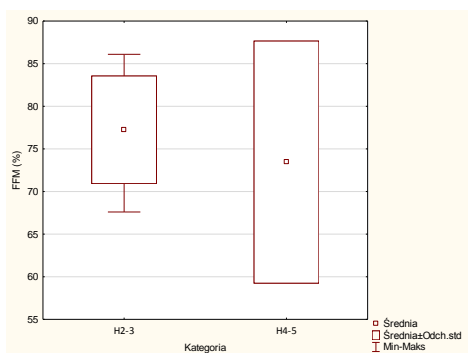
Fat – tkanka tłuszczowa; FFM – beztłuszczowa masa ciała; \bar{X} – średnia arytmetyczna; min – wartość minimalna; max – wartość maksymalna; V – współczynnik zmienności; p – prawdopodobieństwo testowe testu istotności dla średniej arytmetycznej.



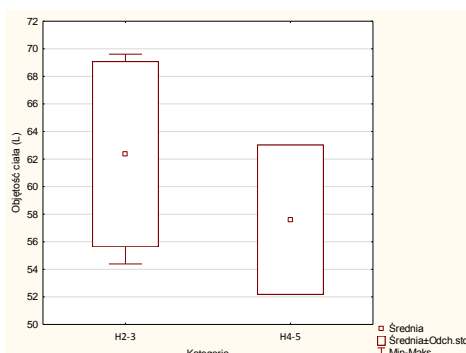
Wykres 1. Wykres ramka-wąsy dla masy ciała poszczególnych grup



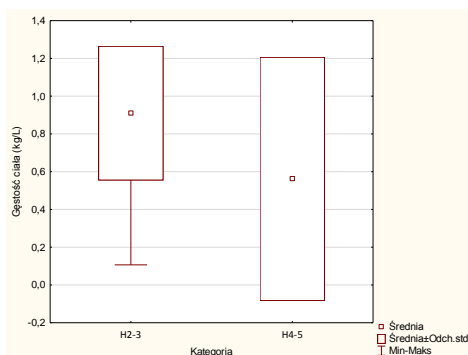
Wykres 2. Wykres ramka-wąsy dla tłuszczowej masy ciała poszczególnych grup



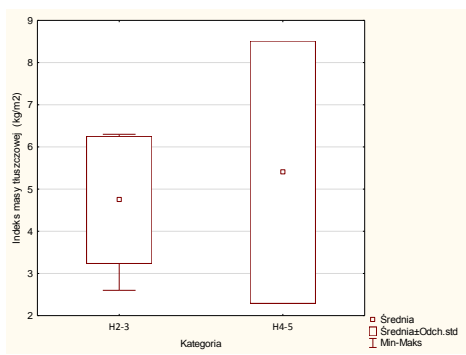
Wykres 3. Wykres ramka-wąsy dla beztłuszczowej masy ciała poszczególnych grup



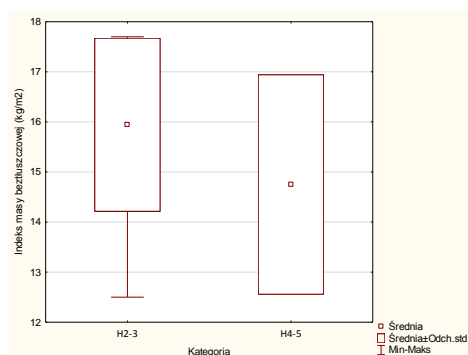
Wykres 4. Wykres ramka-wąsy dla objętości ciała poszczególnych grup



Wykres 5. Wykres ramka-wąsy dla gęstości ciała poszczególnych grup



Wykres 6. Wykres ramka-wąsy dla indeksu masy tłuszczowej poszczególnych grup



Wykres 7. Wykres ramka-wąsy dla indeksu masy beztłuszczowej poszczególnych grup

Dyskusja

W pracy zaprezentowano wyniki oceny komponentów składu ciała niepełnosprawnych kolarzy ręcznych z wykorzystaniem metody pletyzmografii i urządzenia Bod Pod.

Ocena składu ciała sportowców jest bardzo ważna dla określenia potencjału sprawności fizycznej oraz wyników sportowych [26]. Oszacowanie składu ciała, a w tym procentowej zawartości tkanki tłuszczowej u osób na wózkach inwalidzkich, jest jednak trudnym zadaniem ze względu na różnorodność niepełnosprawności i wynikające z tego różnice w rozmieszczeniu tkanek ciała [27]. W obecnym badaniu ocena komponentów składu ciała niepełnosprawnych kolarzy ręcznych została wykonana za pomocą metody pletyzmografii, którą wykorzystano także w badaniach innych autorów [7, 9, 22, 23].

Grupa badana charakteryzowała się wyższą wartością masy ciała w porównaniu z niepełnosprawnymi pływakami, natomiast niższą w porównaniu z zawodnikami goalballu oraz zawodnikami sprint\power\endurance [7]. Z kolei procentowa zawartość tkanki tłuszczowej przyjmowała najwyższe wartości w grupie badanej w porównaniu ze wszystkimi wyżej wymienionymi grupami paraspportowców, jednocześnie grupa badana przyjmowała niższe wartości gęstości ciała.

Pletyzmografia przemieszczenia powietrza została wykorzystana również w ocenie składu ciała niepełnosprawnych sportowców innych dyscyplin sportowych. Metodę tę zastosowano między innymi w badaniach Medeiros i wsp. [9] w celu oceny związku między składem ciała a wynikami sportowymi u brazylijskich pływaków paraolimpijskich oraz do analizy składu ciała uczestników trzech różnych dyscyplin sportu paraolimpijskiego [7]. Pletyzmografia przemieszczenia powietrza została wykorzystana także w badaniach Ahmadi [23]

w celu oceny składu ciała wysoko wyszkolonych brazylijskich zawodników siatkówki na siedząco.

Prezentowane wyniki mają charakter badań pilotażowych i zostaną rozszerzone w przyszłości. Ograniczeniem pracy jest mała grupa badanych kolarzy oraz duże zróżnicowanie wieku. Przyszłe prace będą skupiały się na rozszerzaniu grupy oraz wykorzystaniu BIA wykonywanej w pozycji leżącej jako dodatkowej metody oceny komponentów składu ciała.

Bibliografia

1. Zwierzchowska A., Rosołek B., Sikora M., Celebańska D. (2022b). Forced sedentariness and sports activity as factors differentiating anthropometric characteristics, indices, and body composition in people with disabilities. *Biology*, 11(6): 906.
2. van der Scheer J.W., Totosty de Zepetnek J.O., Blauwet C., Brooke Wavell K., Graham-Paulson T., Leonard A.N., Webborn N., Goosey-Tolfrey V.L. (2021). Assessment of body composition in spinal cord injury: A scoping review. *Plos One*, 16(5): e0251142.
3. Gorgey A.S., Wells K.M., Austin T.L. (2015). Adiposity and spinal cord injury. *World Journal of Orthopedics*, 6(8): 567.
4. Gorla J.I., e Silva A.d.A.C., Borges M., Tanhoffer R.A., Godoy P.S., Calegari D.R., Santos A.d.O., Ramos C.D., Junior W.N., Junior A.C. (2016). Impact of wheelchair rugby on body composition of subjects with tetraplegia: A pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 97(1): 92–96.
5. Keil M. (2019). The body composition of elite wheelchair basketball players. PhD thesis, Loughborough University.
6. Cavedon V., Zancanaro C., Milanese C. (2020). Body composition assessment in athletes with physical impairment who have been practicing a wheelchair sport regularly and for a prolonged period. *Disability and Health Journal*, 13(4): 100933.
7. Lemos V.D.A., Alves E.D.S., Schwingel P.A., Rosa J.P.P., Silva A.D., Winckler C., Vital R., De Almeida A.A., Tufik S., De Mello M.T. (2016). Analysis of the body composition of paralympic athletes: Comparison of two methods. *European Journal of Sport Science*, 16(8): 955–964.
8. Zwierzchowska A., Sadowska-Krępa E., Głowacz M., Mostowik A., Maszczyk A. (2015). Comparison of designated coefficients and their predictors in functional evaluation of wheelchair rugby athletes. *Journal of Human Kinetics*, 48: 149.
9. Medeiros R.M., Alves E.S., Lemos V.A., Schwingel P.A., da Silva A., Vital R., Vieira A.S., Barreto M.M., Rocha E.A., Tufik S., et al. (2016). Assessment of body composition and sport performance of brazilian paralympic swim team athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25(4): 364–370.
10. Granados C., Yanci J., Badiola A., Iturricastillo A., Otero M., Olasagasti J., Bidaurreazaga-Letona I., Gil, S.M. (2015). Anthropometry and performance in wheelchair basketball. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7): 1812–1820.
11. Dionysiotis Y., Petropoulou K., Rapidi C.-A., Papagelopoulos P., Papaioannou N., Galanos A., Papadaki P., Lyritis G.P. (2008). Body composition in paraplegic men. *Journal of Clinical Densitometry*, 11(3): 437–443.
12. Sutton L., Wallace J., Goosey-Tolfrey V., Scott M., Reilly T. (2009). Body composition of female wheelchair athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 30(04): 259–265.

13. Zwierzchowska A., Gawel E., Celebańska D., Rosołek B. (2022a). Musculoskeletal pain as the effect of internal compensatory mechanisms on structural and functional changes in body build and posture in elite polish sitting volleyball players. *BMC Sports Science. Medicine and Rehabilitation*, 14(1): 1–8.
14. Flueck J.L., Mettler S., Perret C. (2014). Influence of caffeine and sodiumcitrate ingestion on 1,500-m exercise performance in elite wheelchair athletes: a pilot study. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24(3): 296–304.
15. Kyle U., Bosaeus I., De Lorenzo A., Deurenberg P., Elia M., Gómez J., Heitmann B. (2004). Kent-Smith L., Melchior J.-C., Pirlich M., Scharfetter H., Schols A.M., Pichard C.; composition of the espen working group. Bioelectrical impedance analysis, part I: Review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5): 1226–1243.
16. Nagai M., Komiya H., Mori Y., Ohta T., Kasahara Y., Ikeda Y. (2008). Development of a new method for estimating visceral fat area with multi-frequency bioelectrical impedance. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 214(2): 105–112.
17. Ozkan A., Kayihan G., K'ökl'ü Y., Ergun N., Koz M., Ers'öz G., Dellal A. (2012). The relationship between body composition, anaerobic performance and sprint ability of amputee soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 35: 141.
18. Iturricastillo A., Granados C., Yanci J. (2015). Changes in body composition and physical performance in wheelchair basketball players during a competitive season. *Journal of Human Kinetics*, 48: 157.
19. Goosey-Tolfrey V., Keil M., Brooke-Wavell K., de Groot S. (2016). A comparison of methods for the estimation of body composition in highly trained wheelchair games players. *International Journal of Sports Medicine*, 37(10): 799–806.
20. D'üz S. (2003). Accuracy in body composition assessment with three different Methods compared to dexa. Master's thesis, Middle East Technical University.
21. Reilly T., Crosland J. (2010). Nutrition and body composition.
22. Lemos T., Gallagher D. (2017). Current body composition measurement techniques. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes, and Obesity*, 24(5): 310.
23. Ahmadi S. (2020). Physical and psychological aspects of Brazilian Sitting volleyball players: Aspectos físicos e psicológicos de jogadores brasileiros de voleibol sentado: Aspectos físicos e psicológicos de jogadores brasileiros de voleibol sentado. PhD thesis, Universidade Estadual de Campinas.
24. Borges M., de Silva A.d.A.C., de Faria F.R., de Oliveira Santos A., Ramos C.D., Gorla J.I. (2021). Composición corporal segmentaria en atletas con lesión medular: un estudio piloto. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 4(146): 24–31.
25. Garner B., Wilson J.R., Yilla A., Ricard M., Heddins B., McKeown B. (2010). Estimating percent body fat in disabled individuals with spinal cord injury: A pilot study. *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*, vol. 2, p. 1.
26. Ackland T.R., Lohman T.G., Sundgot-Borgen J., Maughan R.J., Meyer N.L., Stewart A.D., Müller W. (2012). Current status of body composition assessment in sport. *Sports medicine*, 42(3): 227–249.
27. Willems A., Paulson T.A., Keil M., Brooke-Wavell K., Goosey-Tolfrey V.L. (2015). Dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold thickness, and waist circumference for assessing body composition in ambulant and non-ambulant wheelchair games players. *Frontiers in Physiology*, 6: 356.