

The use of pedobarography in physiotherapeutic procedures – analysis of education standards, fields of application – and reality; part 2

Zastosowanie pedobarografii w procedurach fizjoterapeutycznych – analiza standardów kształcenia, kierunki zastosowań a rzeczywistość; cz. 2

Aleksandra Bitenc-Jasiejko^{1(A,B,E,F)}, Krzysztof Konior^{2(B,F)}, Monika Brzózka^{3(F)}, Andrzej Garstka^{3(F)}, Marek Kiljański^{4,5(E,G)}, Danuta Lietz-Kijak^{1(E,F)}

¹Zakład Propedeutyki, Fizykodiagnostyki i Fizjoterapii Stomatologicznej, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie /

Department of Propaedeutic, Physical diagnostics and Dental Physiotherapy, Pomeranian Medical University in Szczecin, Poland

²Centrum Zdrowia, Nowogard / Center of Health, Nowogard, Poland

³Szkola Doktorska, Zakład Propedeutyki, Fizykodiagnostyki i Fizjoterapii Stomatologicznej, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie /

Doctoral study, Department of Propaedeutic, Physical diagnostics and Dental Physiotherapy, Pomeranian Medical University in Szczecin, Poland

⁴Pabianickie Centrum Rehabilitacji, PCM Sp. z o.o., Pabianice / Rehabilitation Center in Pabianice, PCM Sp. z o.o., Pabianice, Poland

⁵Collegium Medicum, Instytut Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach / Collegium Medicum, Institute of Health Sciences, Jan Kochanowski University in Kielce, Poland

Abstract

Diagnosis of human body posture and assessment of functionality, in physiotherapeutic procedures, is mainly carried out by viewing methods and by photogrammetric or videogrammetric methods, which do not provide angular measurements, anthropometric, time-space measurements, etc. Highly specialized imaging tests are medical procedures, which significantly affects their availability. Also, in terms of their economics, application and invasiveness. Thus, their purpose is significantly limited in the initial diagnostics process, and in particular in current physiotherapeutic assessment.

In the world, for over 30 years, gait, balance, selected biomechanics parameters and body functionality have been evaluated by pedobarography. However, other scientific studies of the authors indicate that the method is very little known in Poland by medical staff. Despite the fact that it has been included in the list of guaranteed benefits since 2011, no procedures for its implementation have been specified. An important aspect of pedobarography is the consistency of its directions of use with the standards of training the profession of a physiotherapist. The obvious and logical conclusion is that the lack of knowledge in the area of the method does not allow its development. An important issue is to assess whether education standards are directly consistent with the directions of pedobarography in the rehabilitation process.

Key words:

rehabilitation, physiotherapy, posture tests, gait tests, feet, foot defects, pedobarography, orthopedics, rehabilitation, neurology

Streszczenie

Diagnostyka postawy ciała człowieka oraz ocena funkcjonalności w procedurach fizjoterapeutycznych realizowana jest w większości poprzez metody oglądowe oraz przez metody fotogrametryczne lub videogrametryczne, nie dające możliwości pomiarów kątowych, antropometrycznych, czasowo-przestrzennych etc. Wysokospecjalistyczne badania obrazowe stanowią procedury lekarskie, co znacząco wpływa na ich dostępność, również w ujęciu ich ekonomii, zastosowania oraz inwazyjności. Tym samym ich przeznaczenie jest znacząco ograniczone w procesie diagnostyki wstępnej, a w szczególności w bieżącej ocenie fizjoterapeutycznej.

Na świecie od ponad 30 lat ocena chodu, równowagi, wybranych parametrów biomechaniki i funkcjonalności ciała realizowana jest przez badanie pedobarograficzne. Inne badania naukowe autorów wskazują jednak, że metoda jest bardzo mało znana w Polsce przez kadry medyczne. Mimo tego, że jest wpisana do listy świadczeń gwarantowanych od 2011r., nie określono procedur jej realizacji. Istotnym aspektem zastosowania pedobarografii jest spójność kierunków jej zastosowania ze standardami kształcenia zawodu fizjoterapeuty. Oczywisty i logiczny jest wniosek, że brak wiedzy z obszaru metody nie pozwala na jej rozwój. Istotną kwestią jest ocena, czy standardy kształcenia są wprost spójne z kierunkami zastosowania pedobarografii w procesie rehabilitacji.

Słowa kluczowe:

rehabilitacja, fizjoterapia, badania postawy, badania chodu, stopy, wady stóp, pedobarografia, ortopedia, rehabilitacja, neurologia

Wstęp

Zastosowanie pedobarografii w ortopedii, traumatologii i rehabilitacji narządu ruchu

Badanie pedobarograficzne jest metodą diagnostyczną stosowaną w ocenie parametrów czasowo-przestrzennych stóp, wartości siły i nacisku oraz płaszczyzny przyłożenia. Badanie pozwala na diagnozę zarówno podczas stania, jak i podczas lokomocji, co w konsekwencji daje możliwość zastosowania pedobarografii w ortopedii, rehabilitacji, neurologii, medycynie sportowej etc. [1–3]. Na świecie metoda w procedurach medycznych znajduje szerokie zastosowanie już od 1985 r. W Polsce od 2011 r. jest wpisana na listę świadczeń gwarantowanych (kod 99.9951) [4–5]. Pedobarografia daje możliwości połączenia wielkości biofizycznych z protokołami medycznymi w zakresie antropometrii, kinematyki, dynamiki, analizy parametrów biomechaniki ruchu człowieka, zarówno w ujęciu statycznym, jak i dynamicznym. Pomiar nacisku na podłoże z zastosowaniem czujników tensometrycznych znalazły szerokie zastosowanie, zarówno do oceny zmian przeciążeniowych, zaburzeń statycznych, dynamicznych, stabilometrycznych, jak i w profilaktyce i leczeniu zmian diabetologicznych (np. zmiany neuropatyczne w obszarze profilaktyki i leczenia ran) [6–7]. Archiwizowane dane dają możliwość prowadzenia analiz porównawczych i statystycznych, co stanowi dużą wartość w analizie postępów leczenia, rehabilitacji, w procesie usprawniania i treningu sportowego. Właściwości analityczne archiwizowanych i przetwarzanych danych znalazły również szerokie zastosowanie w działaniach naukowo-badawczych, w szczególności w odniesieniu do badań populacyjnych oraz w działaniach ukierunkowanych na opracowanie metod terapeutycznych.

Cel

Analiza standardu kształcenia w obszarze diagnostyki posturalnej oraz ocena spójności standardu kształcenia z kierunkami zastosowania pedobarografii w ocenie posturalnej oraz postępów terapii.

Material i metody

- walidacja standardów kształcenia zawodu fizjoterapeuty,
- meta-analiza danych źródłowych, tj. kierunki zastosowań pedobarografii,
- standardy kształcenia,
- studium literaturowe z obszaru zastosowania pedobarografii.

Meritum zagadnienia

Niektórzy z autorów oprogramowania obsługującego pedobarografy zaimplementowali interfejsy służące fotografii (tzw. metody fotogrametryczne) i videografii (tzw. metody videogrametryczne) do oprogramowania, tym samym dając możliwość rejestracji obrazów zarówno stóp i postury, wraz z wyżej opisanymi parametrami fizycznymi [8]. Uzyskiwane dane służą więc nie tylko ocenie stóp oraz chodu pacjenta, ale dają również możliwość dokładnej analizy danych w ocenie posturograficznej (ryc.1 i 2).

Introduction

The use of pedobarography in orthopedics, traumatology, rehabilitation of the musculoskeletal system

Pedobarographic examination is a diagnostic method used in the assessment of time-spatial parameters of feet, values of strength and pressure as well as the plane of application. The examination allows diagnosis both while standing and during locomotion, which in turn gives the opportunity to use pedobarography in orthopedics, rehabilitation, neurology, sports medicine, etc. [1-3]. In the world, the method in medical procedures has been widely used since 1985. In Poland since 2011. is entered on the list of guaranteed benefits (code 99.9951) [4-5]. Pedobarography gives the possibility to combine biophysical quantities with medical protocols in the field of anthropometry, kinematics, dynamics, analysis of biomechanics of human motion, both in static and dynamic terms. Ground pressure measurements using strain gauges have found wide application both for the assessment of overload changes, static, dynamic and stabilometric disorders as well as for the prevention and treatment of diabetic changes (eg neuropathic changes in the area of wound prevention and treatment) [6-7]. Archived data give the opportunity to conduct comparative and statistical analyzes, which is of great value both in the analysis of treatment progress, rehabilitation, in the process of improving and sports training. Analytical properties of archived and processed data have also found wide application in scientific and research activities, in particular in relation to population studies and in activities focused on developing therapeutic methods.

Aim

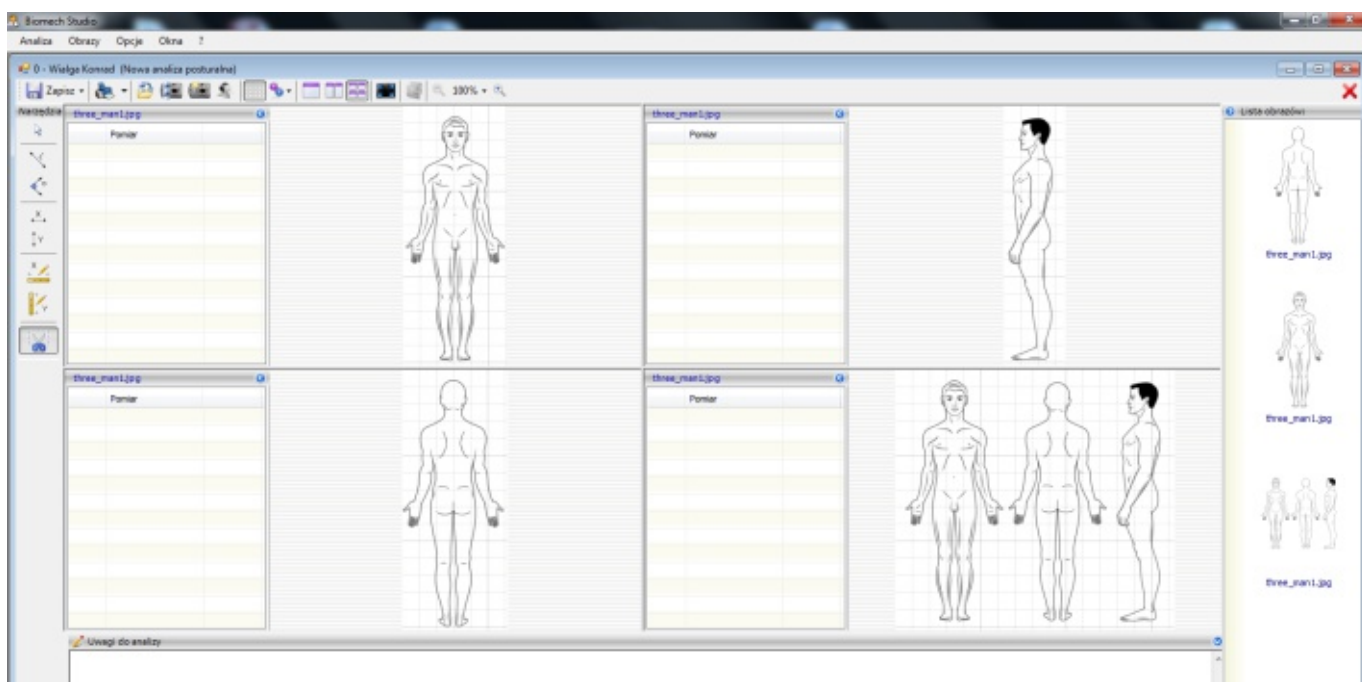
Analysis of the education standard in the area of postural diagnostics and assessment whether the education standard is consistent with the directions of pedobarography in postural assessment and assessment of therapy progress.

Material and methods

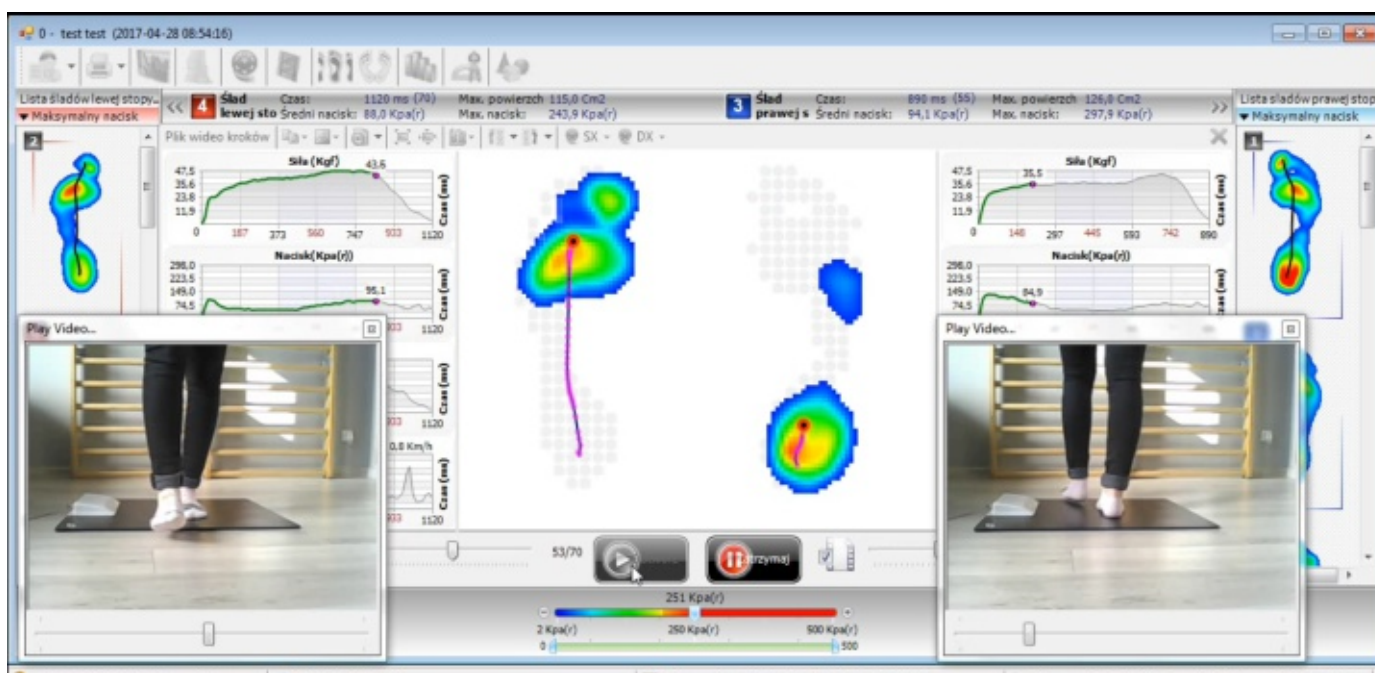
- validation of the standards of training in the profession of physiotherapist,
- meta-analysis of source data, i.e. directions of pedobarography applications
- education standards,
- literature study in the field of pedobarography

The merits of the issue

Some of the authors of the software supporting pedobarographs have implemented interfaces for photography (so-called photogrammetric methods) and videography (so-called videogrammetric methods) for the software, this is giving the opportunity to record images of both feet and posture, along with the physical parameters described above [8]. The obtained data is not only used to assess the feet and gait of the patient, but also give the possibility of accurate analysis of data in posturographic assessment (Figures 1 and 2)



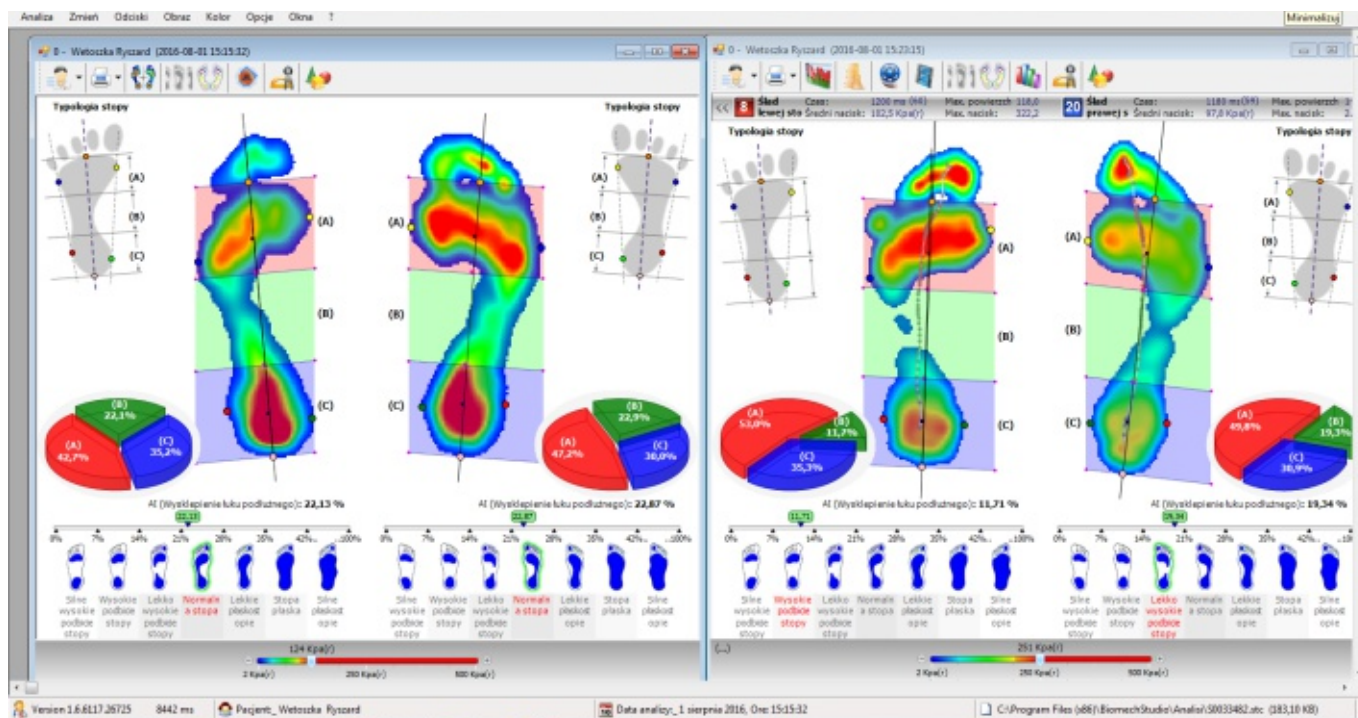
Ryc. 1. Fotografia w statycznej ocenie posturograficznej pacjenta – oprogramowanie BIOMECH Studio
Figure 1. Photography in the static posturographic evaluation of the patient- BIOMECH Studio software



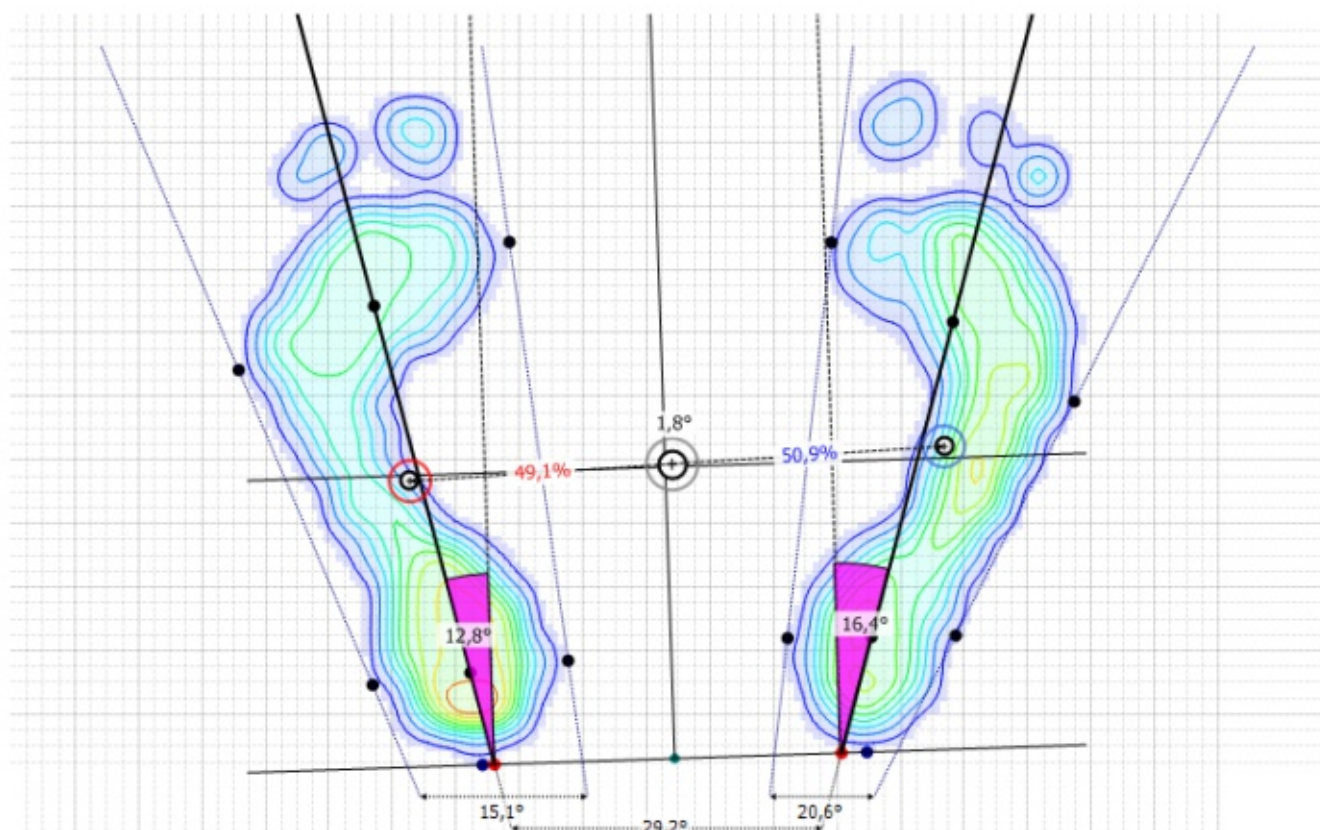
Ryc. 2. Videografia łączona z pedobarograficzną oceną chodu – oprogramowanie BIOMECH Studio
Figure 2. Video combined with pedobarographic gait assessment- BIOMECH Studio software

Studium literaturowe wskazuje, że pedobarografię szeroko stosowano w ocenie budowy i wad stóp oraz ocenie dystrybucji nacisków oraz zmian czasowo-przestrzennych podczas chodu [9–11]. Metoda znajduje zastosowanie zarówno w badaniach u osób dorosłych, jak i dzieci [12–16] w procesie rehabilitacji ~~w obszarze wad funkcjonalności~~, zniekształceń stóp, w tym łuków stopy (płaskostopie podłużne, poprzeczne, wydrążenie, stopy końskoszpotawe etc.), czy też funkcji odwiedzenia / przywiedzenia stopy, proporcji stopy, funkcjonalności stępu etc. (ryc. 3–5).

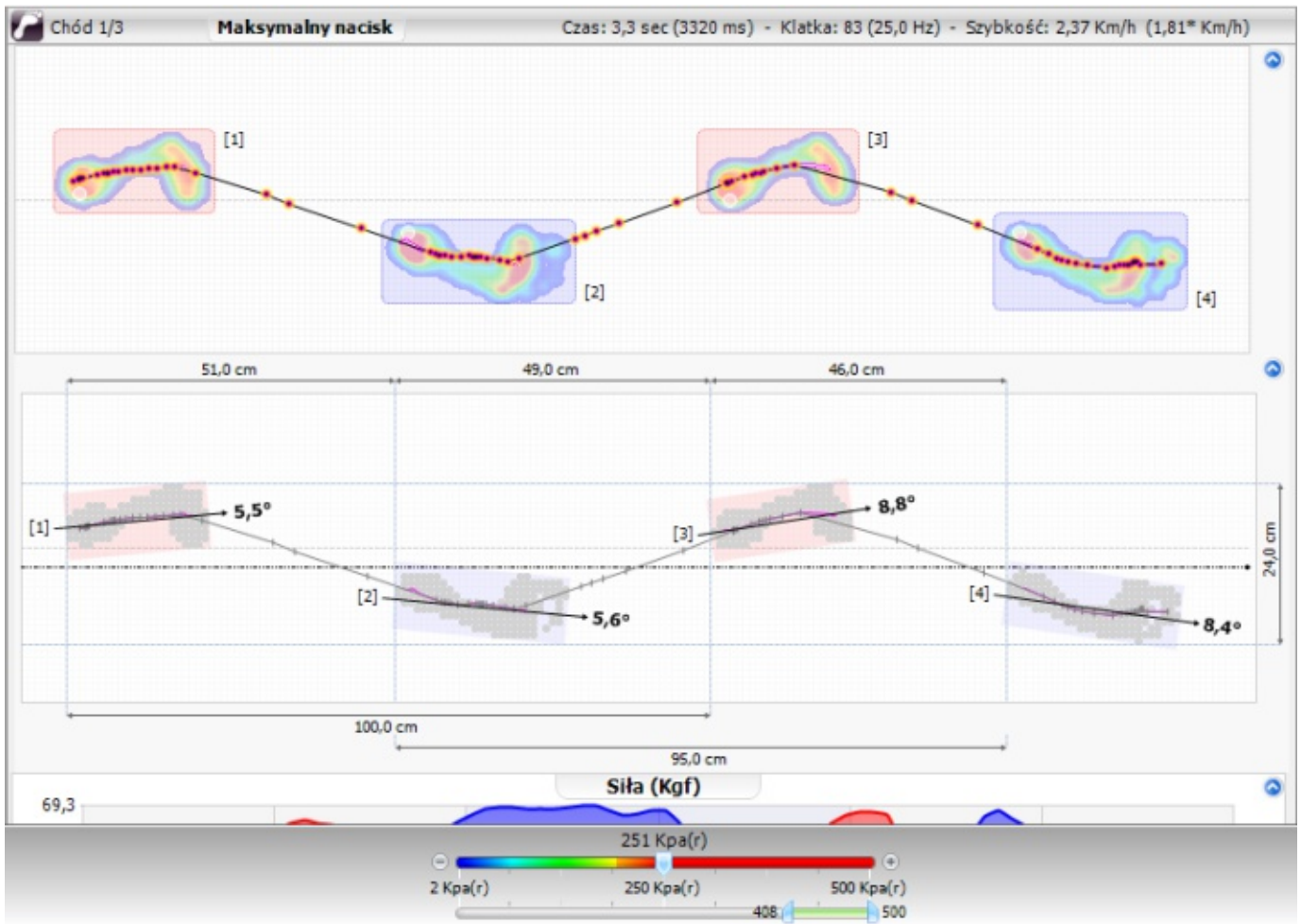
Literature studies indicate that pedobarography has been widely used in assessing foot structure and defects and assessing pressure distribution and time-space changes during walking [9-11]. The method finds application in both adults and children [12-16]. In the process of rehabilitation in the area of defects, functionality, deformities of the feet, including arches of the foot (longitudinal, transverse flatfoot, hollow, clubfoot etc.), or the function of visiting / attaching the foot, foot proportions, functionality walk, etc. (Figure 3-5).



Ryc. 3 a i b. Analiza porównawcza funkcjonalności łuku podłużnego (a – wykonana podczas stania, b – wykonana podczas chodu), przeprowadzona w oprogramowaniu BIOMECH Studio
 Figure 3 a and b. Comparative analysis of the functionality of the longitudinal arch (a- made while standing, b-made while walking), carried out in the BIOMECH Studio software

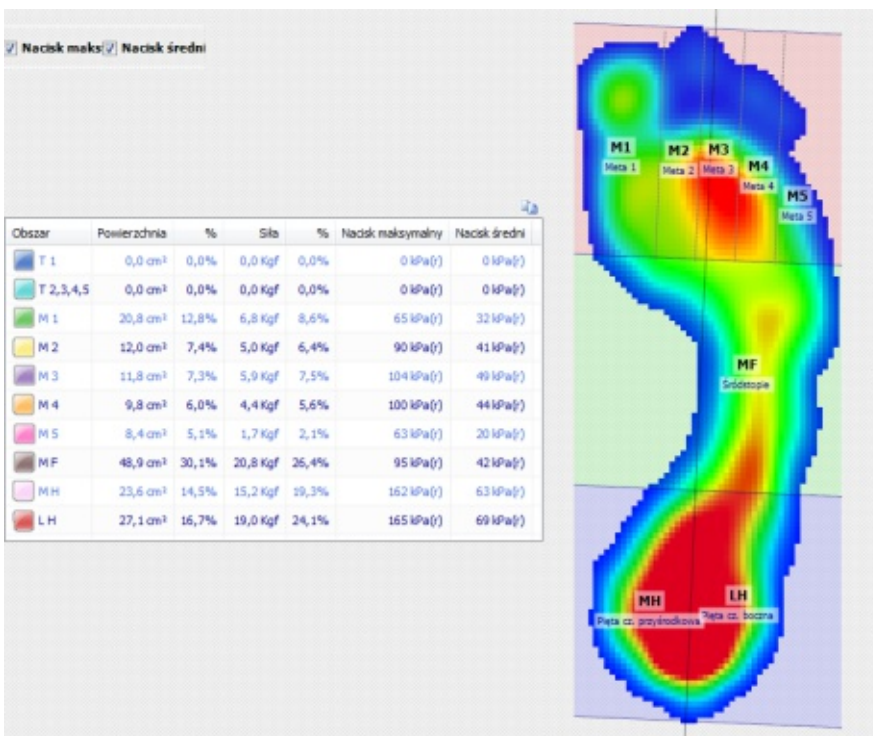


Ryc. 4a. Badanie kątów odwiedzenia / przywiedzenia stóp, kąta proporcji, wzajemnej relacji stóp, wykonane podczas stania, za pomocą pedobarografu EPS R.1. – oprogramowanie BIOMECH Studio
 Figure 4a. Examination of abduction / adduction feet angles, proportion angle, mutual feet relationship made while standing, made with by a pedobarograph - BIOMECH Studio software



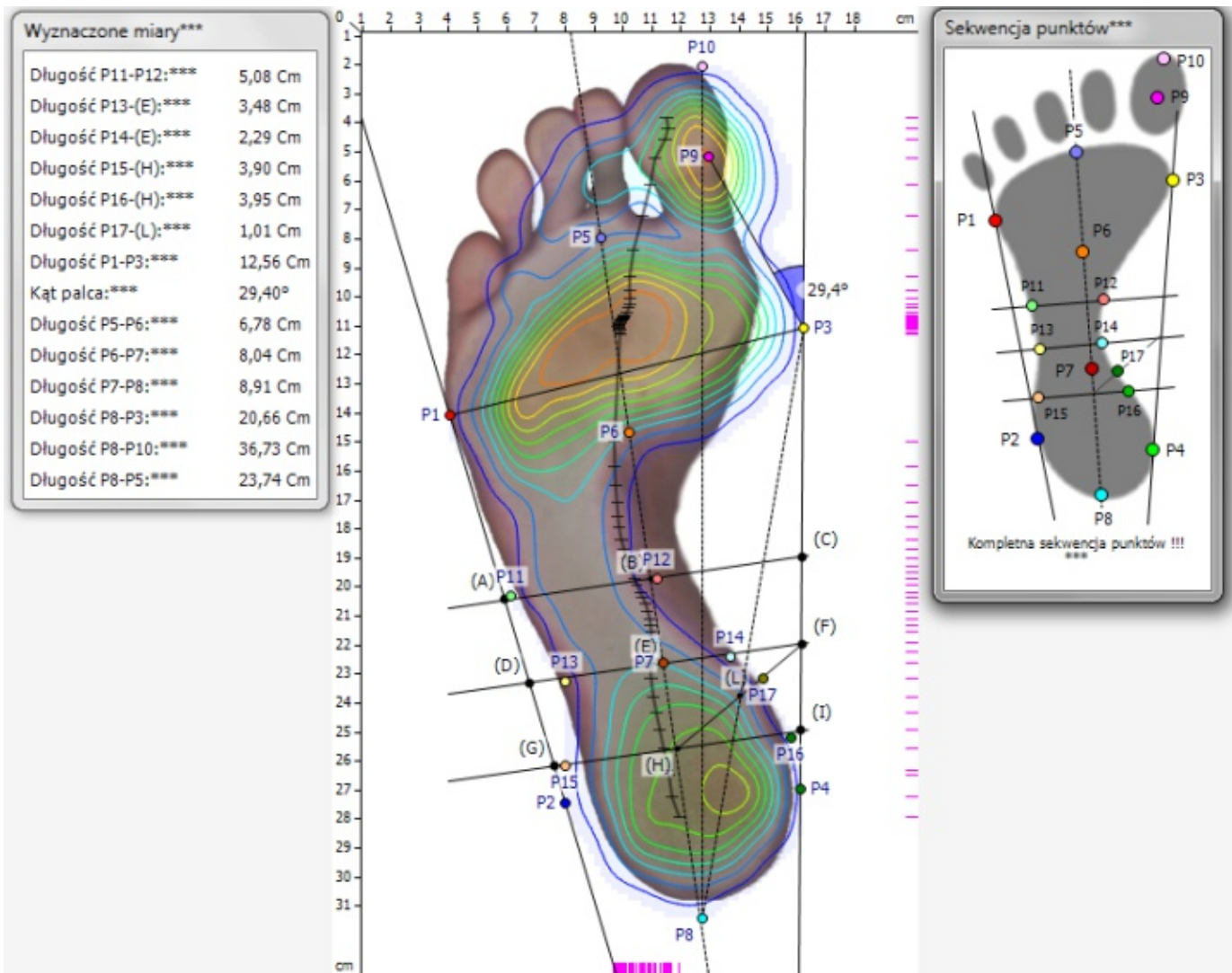
Ryc. 4b. Badanie kątów odwiedzenia / przywiedzenia stóp, wzajemnej relacji stóp, wykonane podczas chodu, za pomocą pedobarografu MPS – oprogramowanie BIOMECH Studio

Figure 4b. Examination of abduction / adduction foot angles and mutual feet relations while walking, made using a pedobarograph - BIOMECH Studio software



Ryc. 5. Wynik badania pedobarograficznego, wskazujący rozkład obciążeń na stopę w meta-płaszczyznach stopy wg modelu Cavanagh'a (MH – przyśrodkowa część pięty, MF – boczna część pięty, MF – śródstopie, M1-5 – łuk poprzeczny, T1 – paluch, T2-5 – palce) – oprogramowanie BIOMECH Studio

Figure 5. The result of the pedobarographic examination, indicating the distribution of loads per foot in the meta-planes of the foot according to the Cavanagh model (MH – medial heel, MF – lateral heel, MF – metatarsus, M1-5 – transverse arch, T1 – toe, T2-5 – fingers) – BIOMECH Studio



Ryc. 6. Połączenie wyników z pedobarografu EPS+R i skanera PODOSKAN 2D poprzez nałożenie odczytu obu urządzeń

Figure 6. Combining the results from the EPS R.1. pedobarograph and the PODOSKAN 2D scanner by superimposing the reading of both devices

Szczegółowa diagnostyka antropometrii i funkcjonalności stóp poprzez zastosowanie pedobarografii pozwala na prowadzenie badań populacyjnych [21–24]. Metodę zastosowano również w ocenie uwarunkowań somatycznych ciała człowieka na stopy [25].

Pedobarografia znajduje szerokie zastosowanie w procedurach rehabilitacji ortopedycznej. Za pomocą metody wykonano analizę porównawczą przypadków wieloodłamowych złamań w obrębie kości śródstopia, w analizach porównawczych wskazano zmiany parametrów biomechaniki oraz rozkładu nacisków na stopy [26]. Dokonano również oceny parametrów biomechanicznych po złamaniu kości piętowej w stanach powikłanych oraz określono wpływ na parametry przestrzenno-czasowe i wartości nacisku u pacjentów po zabiegach operacyjnych w złamaniach kości piętowej [27, 28]. Oceniono efektywność leczenia operacyjnego u sportowców po zerwaniu ścięgna Achillesa, stosując wyniki badania rozkładu obciążeń jako parametry odpowiadające za stabilność postury [29]. Analizowano proces gojenia się ran pooperacyjnych oraz dokonano oceny kompensacji po złamaniach kości, stosu-

Detailed diagnostics of anthropometry and feet functionality through the use of pedobarography allows for conducting population studies [21–24]. The method was also used to assess the somatic conditions of the human body on the feet [25].

Pedobarography is widely used in orthopedic rehabilitation procedures. A comparative analysis of cases of multi-fracture fractures within the metatarsal bones was performed using the method; comparative analyzes indicated changes in biomechanics parameters and the distribution of pressure on the feet [26]. Biomechanical parameters after calcaneal fracture in complicated conditions were also assessed and the effect on spatio-temporal parameters and pressure values in patients after surgical procedures in calcaneus fractures was determined [27.28]. The effectiveness of surgical treatment in athletes after Achilles tendon rupture was assessed using the results of load distribution tests as parameters responsible for postural stability [29]. Postoperative wound healing was analyzed and compensation for bone fractures was assessed

jąc pedobarografię w połączeniu z elektromiografią oraz videografią [30–31].

Diagnostyka parametrów przestrzenno-czasowych oraz wartości nacisku, realizowana poprzez pedobarografię, służy ocenie efektywności różnych metod leczenia operacyjnego. Wielokrotnie wnioskowano nt. zabiegów operacyjnych w obrębie paluchów koślawych (**hallux valgus**) oraz palców szponiastych [32–38]. Oceniano również **efektywność** terapii po alloplastyce stawu śródstopno-paliczkowego (badanie pedobarograficzne w tym przypadku połączone było z densytometrią) [39]. Ocenie poddano również leczenie metodą Ilizarowa stopy oraz wpływ na część podszwowy stopy po leczeniu operacyjnym kości udowej [40, 41]. Pedobarografia służy również diagnostyce stóp u pacjentów z chorobami **ortopedycznymi** oraz reumatoidalnymi. Stosowano metodę w procesie oceny zmian w polidaktylii mezoaxialnej, chorobie Ledderhose'a [42], w przypadku torbieni samotnej kości piętowej [43], w zapaleniu rozciągna podszwowego [44–45], w stanach zwyrodnieniowych stawu skokowo-goleniowego [46], stawu kolanowego [47–48] oraz stawów biodrowych [49], w reumatoidalnym zapaleniu stawów (RZS) [50].

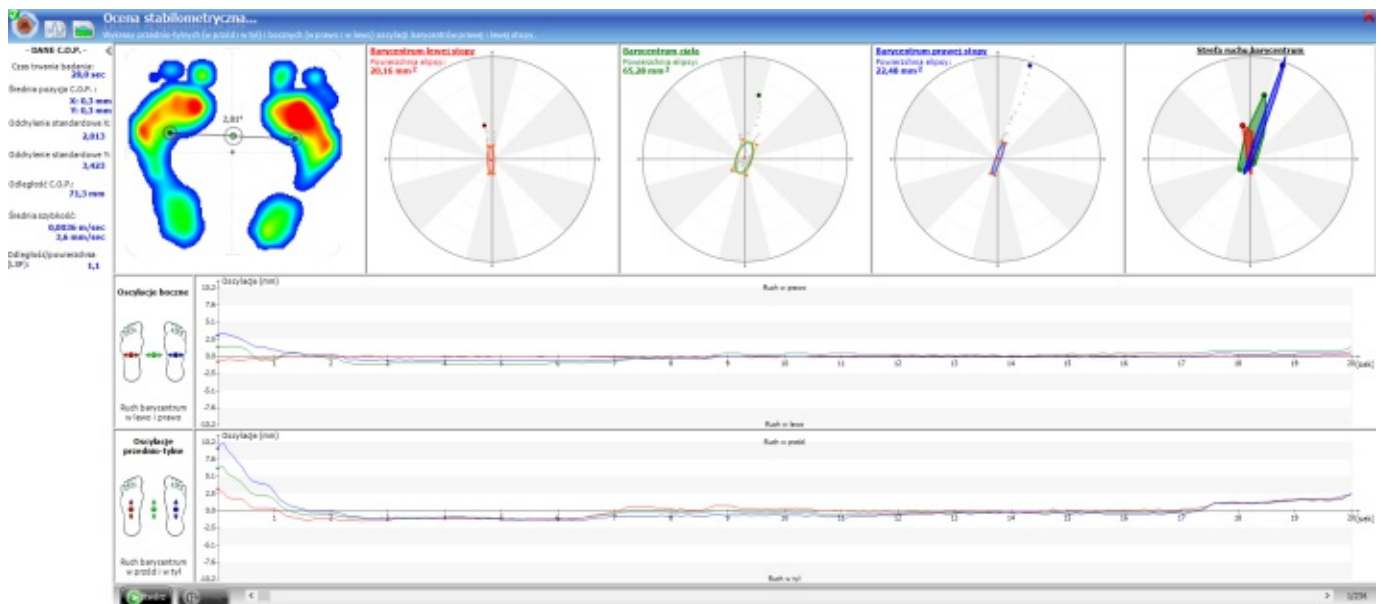
Ostatecznie metoda jest również stosowana w procesie analitycznym związków strukturalnych, zarówno w procesie rehabilitacji, jak i oceny integracji strukturalnej [51–52]. Poza oceną kondycji ciała oraz chodu pozwala na badanie równowagi (ryc. 7). Pedobarograf pozwala zarejestrować oscylacje środka ciężkości ciała w czasie, zarówno przednio-tylne, jak i boczne. Na podstawie analizy przebiegu fluktuacji amplitudowo-czasowych zmian nacisku rejestrowanego przez urządzenie, dokonywana jest ocena stopnia zdolności do utrzymania równowagi.

using pedobarography in combination with electromyography and videography [30–31].

The diagnostics of spatial and temporal parameters and pressure values carried out by pedobarography is used to assess the effectiveness of various methods of surgical treatment. Repeatedly requested surgery on hallux valgus and clawed toes [32–38]. Efficacy of therapy after metatarsophalangeal arthroplasty was also assessed (pedobarographic examination in this case was combined with densitometry) [39]. The Ilizarov method of foot treatment and the effect on the plantar part of the foot after femoral surgery were also assessed [40, 41].

Pedobarography also serves to diagnose feet in patients with **orthopedic** and rheumatoid diseases. The method was used to assess changes in mesoaxial polydactyl, Ledderhose disease [42], in the case of a lone calcaneus cyst [43], in plantar fasciitis [44–45], in degenerative states of the ankle joint [46], the joint knee [47–48] and hip joints [49], in rheumatoid arthritis (RA) [50].

Ultimately, the method is also used in the analytical process of structural relationships, both in the process of rehabilitation and evaluation of structural integration. [51–52]. In addition to assessing body condition and gait, it allows you to study the balance (Figure 7). The pedobarograph allows you to record oscillations of the body's center of gravity over time, both anteroposterior and lateral. Based on the analysis of the course of amplitude-time fluctuations in pressure registered by the device, an assessment of the degree of ability to maintain balance is made.



Ryc. 7. Wynik analizy stabilometrycznej wykonanej w oprogramowaniu BIOMECH Studio

Figure 7. The result of the stabilometric analysis performed in the BIOMECH Studio software

Poza kontrolą ośrodkowego układu nerwowego wpływ na stabilność ciała, zarówno w pozycji stojącej, jak i podczas przemieszczania się, ma kondycja tkanek mięśniowo-więzadłowo-powięziowych (stabilność funkcjonalna) oraz torebek stawowych, a w szczególności ich zdolność do przenoszenia obciążeń (stabilność strukturalna) [53]. Nieprawidłowości posturograficzne i biomechaniczne

In addition to the control of the central nervous system, the condition of the body in both standing position and during movement is affected by the condition of the muscular – ligamentous-fascial tissues (functional stability) and joint capsules, in particular their ability to carry loads (structural stability) [53]. Posturographic and biomechanical

ściśle wpływają na równowagę ciała. Wady postawy obserwowane na poziomie stóp są ściśle powiązane ze stabilnością ciała, co znajduje potwierdzenie już na poziomie oceny statycznej w pedobarografii. Zaburzenia niniejsze objawiają się nie tylko nieprawidłowościami w obszarze dystrybucji nacisku, ale stanowią również o symetrii ciała, równowadze oraz innych właściwościach związanych ze stabilizacją ciała [54]. Niestety w obszarze powiązania chorób stóp z zaburzeniami stabilometrii istnieje stosunkowo mało opracowań naukowo-badawczych [55–56].

W przebiegu szczególnych zainteresowań ocen naukowych w zakresie prawidłowości i zaburzeń równowagi znajduje się środek ciężkości ciała (COG – Center Of Gravity). Jako właściwość oceniana z zastosowaniem pedobarografu, COG utrzymywany jest w wąskim obszarze wychwiał ciała, gdzie jego rzut na płaszczyznę znajduje się w tuż ~~ponad~~ stawem skokowo-goleniowym, co daje możliwość wnioskowania o jego ścisłym związku z podstawą ciała w pozycji stojącej [57]. Efekt tej zależności wykorzystywany jest w badaniach pedobarograficznych, w rezultacie dając możliwość zwrotnego wnioskowania na temat całej postury na podstawie jednoznacznych rzetelnych wyników pomiarowych oraz ścisłych procedur, opartych na wskaźnikach i normach zdefiniowanych w medycynie.

Stabilność ciała utrzymywana jest przez reakcje posturalne, które stanowią odpowiedź na bodźce mające wpływ na utrzymanie pozycji pionowej, a więc mogą zaburzać równowagę ciała [58]. Kontrola utrzymania równowagi ciała determinowana jest przez układ nerwowo-mięśniowy, dlatego też nieprawidłowości w obszarze równowagi leżą w dziedzinie zainteresowań w neurologii, w przebiegu udarów, chorób i urazów w obrębie mózgu, zapalenia nerwu przedśionkowego, w przebiegu stwardnienia rozsianego oraz w chorobach wieku starczego, zespołów lękowych i depresji, padaczki [59–64], a także w rehabilitacji i neurochirurgii, w przypadku chorób w obrębie kończyny dolnej oraz zaburzeń ruchomości w chorobach przeciążeniowych kręgosłupa [65, 66]. Platformy pedobarograficzne znalazły zastosowanie w wyżej wymienionych przypadkach głównie w obszarze analizy statycznej (parametry związane z balansem środka ciężkości w pozycji stojącej).

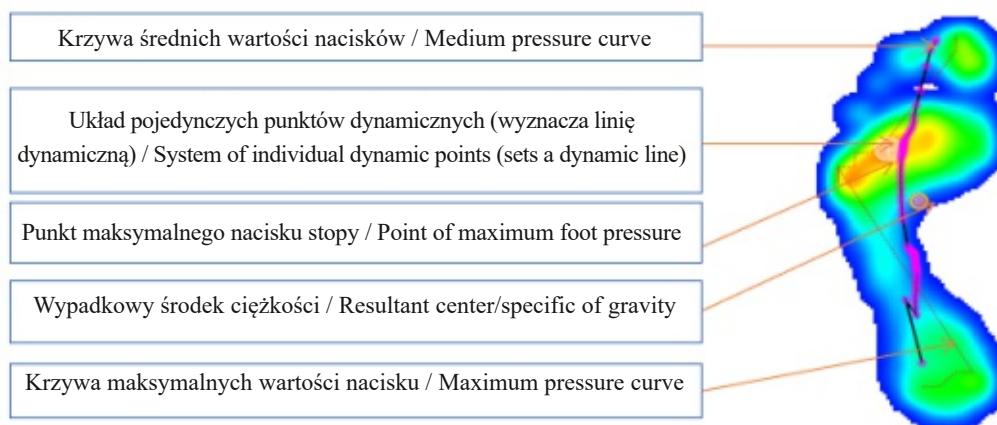
W ortopedii i traumatologii pedobarografia znajduje szerokie zastosowanie w procesie rehabilitacji i leczenia. Istotną kwestią diagnostyki funkcjonalnej jest możliwość oceny progresji stóp podczas chodu oraz biegu (ryc. 8).

abnormalities closely affect body balance. Posture defects observed at the foot level are closely related to body stability, which is confirmed by the level of static assessment in pedobarography. These disorders manifest themselves not only in the area of pressure distribution, but also constitute body symmetry, balance and other properties related to body stabilization [54]. Unfortunately, in the area of association of foot diseases with disorders of stabilityometry, there are relatively few scientific and research papers [55–56].

The center of gravity (COG – Center Of Gravity) is of particular interest to scientific assessments in the field of regularity and balance disorders. As a property assessed using a pedobarograph, COG is kept in a narrow area of body deflection, where its projection on the plane is located just ~~above~~ the ankle joint, which makes it possible to deduce its close connection with the body base in an upright position [57]. The effect of this relationship is used in pedobarographic research, as a result of which it is possible to draw back conclusions about the entire posture based on unambiguous reliable measurement results and strict procedures based on indicators and standards defined in medicine.

Stability of the body is maintained by postural reactions, which are a response to stimuli affecting the maintenance of the vertical position, and thus may disturb the body balance [58]. Control of body balance is determined by the neuromuscular system, therefore irregularities in the area of balance lie in the field of interest in neurology, in the course of strokes, diseases and injuries within the brain, vestibular neuritis, in the course of multiple sclerosis and in diseases of old age, anxiety and depression syndromes, epilepsy [59–64]. In rehabilitation and neurosurgery, in the case of diseases of the lower limb and movement disorders in overload diseases of the spine [65, 66]. Pedobarographic platforms have been used in the above-mentioned cases mainly in the area of static analysis (parameters related to the balance of gravity center in a standing position).

In orthopedics and traumatology, pedobarography is widely used in the process of rehabilitation and treatment. An important issue of functional diagnostics is the possibility of assessing foot progression during walking and running (Figure 8).

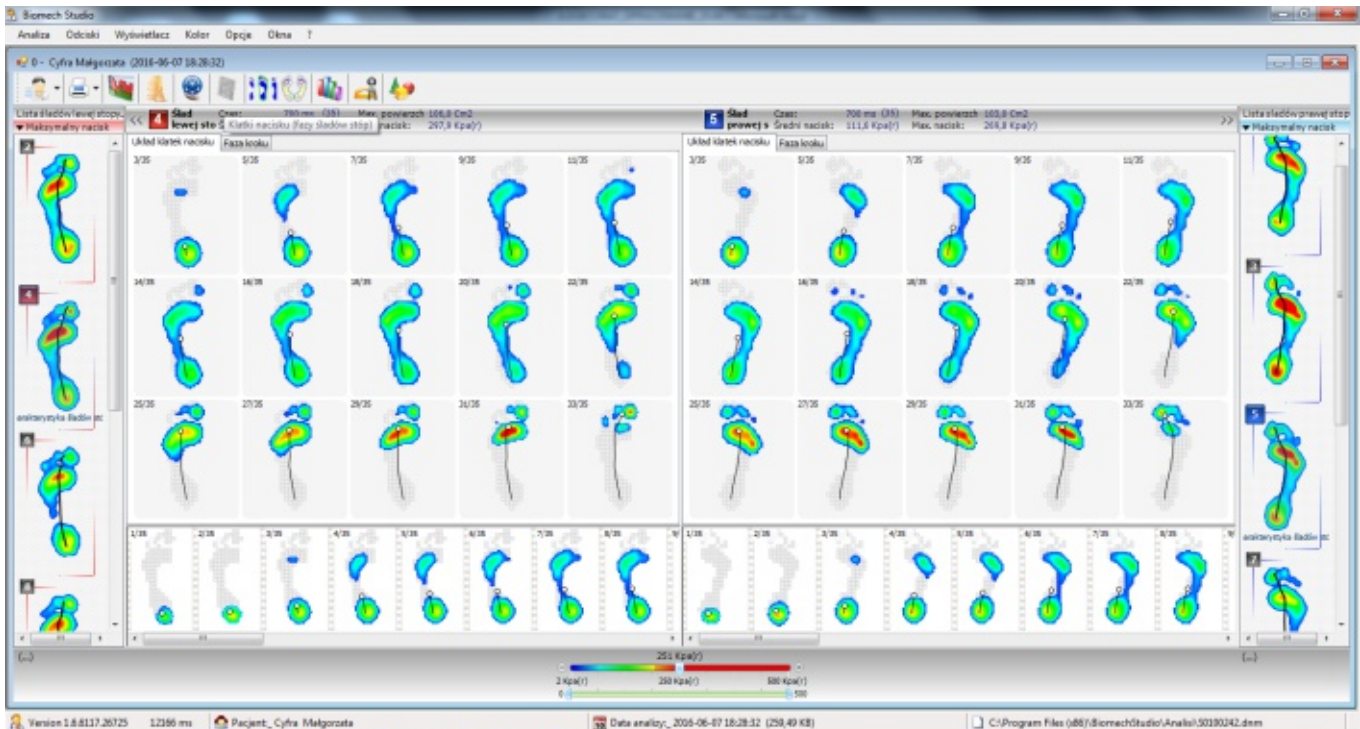


Ryc. 8. Wynik badania pedobarograficznego, realizowanego podczas chodu z obrazowaniem punktów i linii zmiany obciążeń – oprogramowanie BIOMECH Studio

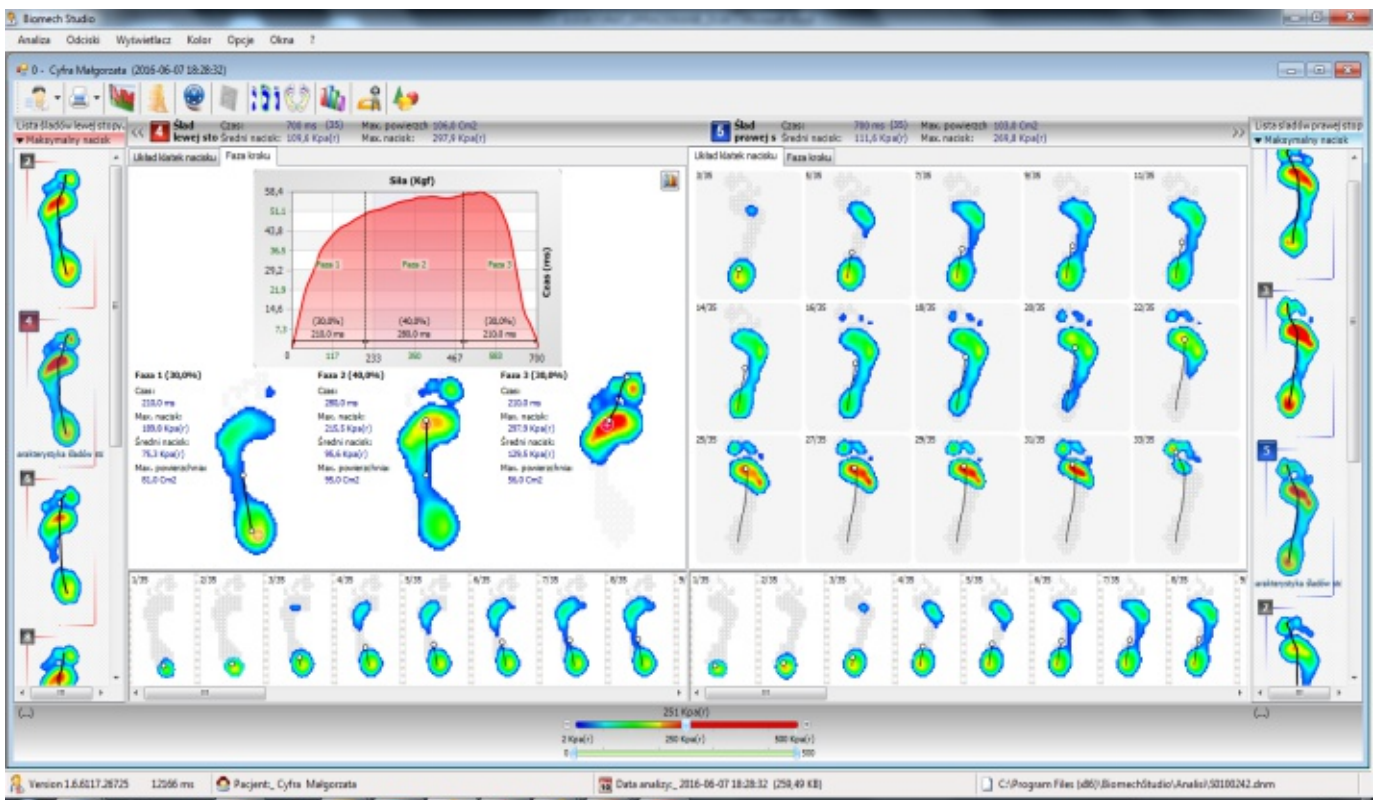
Figure 8. The result of pedobarographic examination, carried out while walking with imaging of points and load change lines, BIOMECH Studio software

W procesie diagnostycznym istotną kwestię stanowi również możliwość analizy punktowej, co zapewnia technika obrazowania poklatkowego (tj. „klatka po klatce”) (ryc. 9).

An important issue in the diagnostic process is also the possibility of spot analysis, which is provided by the frame-by-frame imaging technique (ie, frame by frame) (Figure 9).



Ryc. 9. Poklatkowa analiza podobarograficzna – BIOMECH Studio
Figure 9. Time-lapse podobarographic analysis – BIOMECH Studio



Ryc.10. Wynik przetaczania stopy (fazy propulsji stopy) – oprogramowanie BIOMECH Studio
Figure 10. Foot transfusion result (foot propulsion phase) - BIOMECH Studio software

Istnieje również możliwość przeanalizowania każdego z poszczególnych obrazów (klatek), odczytując wartości nacisku punktowego w konkretnej milisekundzie. Taki wynik stanowi wysoką wartość analityczną w odniesieniu do działań ukierunkowanych na profilaktykę i leczenie zmian punktowych w części podeszwowej stóp (np. w profilaktyce i leczenia ran przeciążeniowych). ~~Analizy poklatkowe służą również ocenie funkcji przetaczania stopy, zarówno w podziale na fazy kroku, jak i prezentacji funkcji przetaczania poszczególnych faz propulsji (ryc. 10).~~

Wyniki badań

Analizie poddano Rozporządzenie Ministra nauki i szkolnictwa wyższego z dn. 26 lipca 2019 r. w sprawie standardów kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu lekarza, lekarza denty, farmaceuty, pielęgniarki, położnej, diagnosty laboratoryjnego, fizjoterapeuty i ratownika medycznego (Dz. U. poz. 1668, z późn. zm., zał. 7) oraz ogólne efekty kształcenia zagadnienia z zakresu diagnostyki funkcjonalnej na potrzeby fizjoterapii, planowania, postępowania fizjoterapeutycznego oraz kontrolowania jego efektów – w stopniu zaawansowanym. Przeanalizowano i zestawiono (tab. 1) efekty kształcenia (kolumna I), powiązane merytorycznie z funkcjonalnościami oraz obszarami zastosowania diagnostyki pedobarograficznej (kolumna II) na podstawie studium literaturowego.

Tab. 1. Merytoryczne powiązania standardów edukacyjnych kierunku fizjoterapia (efekty kształcenia) z obszarami zastosowań medycznych i funkcjonalnościami diagnostyki pedobarograficznej

Table 1. Substantive links between educational standards in the field of physiotherapy (learning outcomes) with the areas of medical applications and pedobarographic diagnostics functionalities

	I. Efekty kształcenia I. Educational effects	II. Obszary zastosowania i funkcjonalności diagnostyki pedobarograficznej służące realizacji celów i efektów kształcenia II. Areas of application and functionality of pedobarographic diagnostics to achieve the objectives and learning outcomes
	WIEDZA – absolwent zna i rozumie / KNOWLEDGE - the graduate knows and understands	
A. W1.	budowę anatomiczną poszczególnych układów organizmu ludzkiego i podstawowe zależności pomiędzy ich budową i funkcją w warunkach zdrowia i choroby, a w szczególności układu narządów ruchu / anatomical structure of individual human body systems and basic relationships between their structure and function in health and disease conditions, and in particular the musculoskeletal system;	<p>Pedobarografia jako metoda diagnostyczna narządu ruchu w odniesieniu do wiedzy anatomicznej i biomechanicznej u osób w różnym wieku w ocenie statycznej, dynamicznej, stabilometrycznej oraz biomechanicznej /</p> <p>Pedobarography as a diagnostic method of the musculoskeletal system in relation to anatomical and biomechanical knowledge, in persons of different ages in static, dynamic, stabilometric and biomechanical assessment</p>
A. W10 i A. W13., A. W15., A. W16	<p>(10) metody oceny czynności poszczególnych narządów i układów oraz możliwości ich wykorzystania do oceny stanu funkcjonalnego pacjenta w różnych obszarach klinicznych;</p> <p>(13) biomechaniczne zasady statyki ciała oraz czynności ruchowych człowieka zdrowego i chorego;</p> <p>(15) zasady kontroli motorycznej oraz teorie i koncepcje procesu sterowania i regulacji czynności ruchowej;</p> <p>(16) podstawy uczenia się kontroli postawy i ruchu oraz nauczania czynności ruchowych /</p> <p>(10) methods for assessing the function of individual organs and systems and their capabilities use to assess the functional status of the patient in various areas clinical;</p> <p>(13) biomechanical principles of body statics and healthy human motor activities and sick;</p> <p>(15) principles of motor control as well as theories and concepts of control and regulation process motor activity;</p> <p>(16) the basics of learning posture and movement control and teaching movement activities;</p>	<p>Pedobarografia jako metoda diagnostyczna oraz służąca ocenie efektów rehabilitacji w obszarze funkcjonalności narządu ruchu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pomiar wielkości fizycznych w odniesieniu do układu mięśniowo-więzadłowo-powięziowego; • badania równowagi; • zastosowanie pedobarografii w procesie bio-feedbacku oraz reedukacji posturalnej i chodu <p>Pedobarography as a diagnostic method and used to assess the effects of rehabilitation in the area of musculoskeletal function:</p> <ul style="list-style-type: none"> • measurement of physical quantities in relation to the myofascial-fascial system • balance tests • the use of pedobarography in the process of bio-feedback and postural reeducation and gait

It is also possible to analyze each of the individual images (frames) by reading the values of point pressure in a particular millisecond. Such a result is a high analytical value in relation to activities focused on the prevention and treatment of point changes in the plantar part of the feet (e.g. in the prevention and treatment of overload wounds). ~~Time-lapse analyzes are also used to assess the transfusion function of the foot, both broken down into step phases and the presentation of the transfusion function of the individual propulsion phases (Figure 10).~~

Results

The Regulation of the Minister of Science and Higher Education of July 26, 2019, on standards of education preparing for the profession of a doctor, dentist, pharmacist, nurse, midwife, laboratory diagnostician, physiotherapist and paramedic, Journal Of Laws 1668, with later Am., Annex 7. General effects of teaching issues in the field of functional diagnostics for the needs of physiotherapy, planning, physiotherapy and controlling its effects – at an advanced level; (Table 1) learning outcomes (column I), substantively linked to the functionalities and areas of application of pedobarographic diagnostics (column II) on the basis of a literature study were analyzed and compiled.

A. WI7.	<p>mechanizmy rozwoju zaburzeń czynnościowych oraz patofizjologiczne podłoże rozwoju chorób /</p> <p>mechanisms of functional disorders development and pathophysiological basis of disease development</p>	<p>Pedobarografia jako metoda diagnostyczna oraz służąca ocenie efektów terapii w stanach zwyrodnieniowych zmian przeciążeniowych /</p> <p>Pedobarography as a diagnostic method and used to assess the effects of therapy in degenerative conditions of overload changes</p>
UMIEJĘTNOŚCI – absolwent potrafi / SKILLS – the graduate can		
A. U5 i A. U9, A. U10, A. U11	<p>(5) przeprowadzić podstawowe badanie narządów zmysłów i ocenić równowagę;</p> <p>(9) oceniać stan układu ruchu człowieka w warunkach statyki i dynamiki (badanie ogólne, odcinkowe, miejscowe) w celu wykrycia zaburzeń jego struktury i funkcji;</p> <p>(10) przeprowadzić szczegółową analizę biomechaniczną prostych i złożonych ruchów człowieka w warunkach prawidłowych i w przypadku różnych zaburzeń układu ruchu;</p> <p>(11) przewidzieć skutki stosowania różnych obciążeń mechanicznych na zmienione patologicznie struktury ciała człowieka /</p> <p>(5) conduct a basic examination of sensory organs and assess the balance;</p> <p>(9) evaluate the state of the human musculoskeletal system in statics and dynamics (study general, segmental, local) to detect disorders of its structure and function;</p> <p>(10). carry out a detailed biomechanical analysis of simple and complex movements human under normal conditions and in the case of various disorders of the system traffic;</p> <p>(11). predict the effects of applying different mechanical loads on the changed ones pathologically human body structure;</p>	<p>Pedobarografia jako metoda diagnostyczna oraz stosowana w obiektywnej ocenie wstępnej oraz postępów terapii w obszarach:</p> <ul style="list-style-type: none"> • wady postawy u dzieci i młodzieży; • zawodowe zmiany przeciążeniowe; • zaburzenia funkcji i motoryki u osób w wieku starszym; • w procesie usprawniania pacjenta; <p>• eliminacji zagrożeń kontuzji i urazów przeciążeniowych powstających w wyniku aktywności ruchowej;</p> <p>• poprawie parametrów dynamiki, stabilometrii i determinant ruchu w rehabilitacji funkcjonalnej</p> <p>Pedobarography as a diagnostic method and used in objective initial assessment and therapy progress in the following areas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • posture defects in children and adolescents • professional overload changes • function and motor disorders in the elderly, • patient improvement process <p>• elimination of injury hazards and overload injuries resulting from physical activity</p> <p>• improving the dynamics, stabilityometry and movement determinants in functional rehabilitation</p>
NAUKI OGÓLNE – umiejętności – absolwent potrafi / GENERAL SCIENCES – skills – a graduate can		
B. U5	<p>przeprowadzić badanie przesiewowe w profilaktyce dysfunkcji i niepełnosprawności /</p> <p>perform screening for the prevention of dysfunction and disability</p>	<p>Pedobarografia jako metoda służąca prowadzeniu badań przesiewowych /</p> <p>Pedobarography as a method for conducting screening tests</p>
B. U12.	<p>komunikować się ze współpracownikami w ramach zespołu, udzielając im informacji zwrotnej i wsparcia /</p> <p>communicate with colleagues within the team, giving them feedback and support</p>	<p>Pedobarografia jest metodą służącą wielu zawodom i specjalizacjom medycznym /</p> <p>Pedobarography is a method that serves many professions and medical specialties</p>
NAUKI OGÓLNE – WIEDZA i UMIEJĘTNOŚCI – absolwent zna, rozumie, potrafi / GENERAL SCIENCES - KNOWLEDGE AND SKILLS - the graduate knows, understands and is able to		
C. W4	<p>metody oceny zaburzeń strukturalnych i funkcjonalnych wywołanych chorobą lub urazem, narzędzia diagnostyczne i metody oceny stanu pacjenta dla potrzeb fizjoterapii, metody oceny budowy i funkcji ciała pacjenta oraz jego aktywności w różnych stanach chorobowych /</p> <p>methods for assessing structural and functional disorders caused by the disease or trauma, diagnostic tools and methods to assess the patient's condition for needs</p> <p>physiotherapy, methods for assessing the patient's body structure, function and activity in various disease states;</p>	<p>Wprost kierunki zastosowania pedobarografii /</p> <p>Straight lines of pedobarography application</p>
C. W14, i C. U16.	<p>C.W14 – zasady działania wyrobów medycznych i zasady ich stosowania w leczeniu osób z różnymi chorobami i dysfunkcjami narządowymi;</p> <p>C.U16 – dobrać wyroby medyczne stosownie do rodzaju dysfunkcji i potrzeb pacjenta na każdym etapie fizjoterapii oraz poinstruować pacjenta w zakresie posługiwania się nimi /</p> <p>C.W14 - principles of operation of medical devices and principles of their use in the treatment of persons with various diseases and organ dysfunctions</p> <p>C.U16. - choose medical devices according to the type of dysfunction and needs of the patient at every stage of physiotherapy and instruct the patient in the use of them;</p>	<p>Pedobarografia w procedurach doboru i analizy skuteczności zastosowania sprzętu medycznego:</p> <ul style="list-style-type: none"> • doborze sprzętu rehabilitacyjnego, pomocniczego (możliwość analizy parametrów ruchu przed i po zaopatrzeniu); • projektowaniu i indywidualizacji elementów odciążających (np. ortezy, wkładki indywidualne) / <p>Pedobarography in the procedures of selection and analysis of the effectiveness of the use of medical equipment:</p> <ul style="list-style-type: none"> • selection of rehabilitation and ancillary equipment (possibility of analyzing movement parameters before and after supply) • designing and individualizing relief elements (e.g. orthoses, individual insoles)

FIZJOTERAPIA KLINICZNA – wiedza i umiejętności – absolwent zna, rozumie, potrafi / CLINICAL PHYSIOTHERAPY – knowledge and skills – the graduate knows, understands and is able to		
D.W2.	<p>zasady diagnozowania oraz ogólne zasady i sposoby leczenia najczęstszych dysfunkcji narządu ruchu w zakresie: ortopedii i traumatologii, medycyny sportowej, reumatologii, neurologii, neurochirurgii oraz pediatrii, neurologii dziecięcej w stopniu umożliwiającym racjonalne stosowanie środków fizjoterapii /</p> <p>principles of diagnosis and general principles and methods of treatment of the most common musculoskeletal dysfunction in the field of: orthopedics and traumatology, sports medicine, rheumatology, neurology, neurosurgery and pediatrics, pediatric neurology, to the extent that rational use of physiotherapy is allowed;</p>	<p>Wprost kierunki zastosowania pedobarografii /</p> <p>Straight lines of pedobarography application</p>
D.U	<p>D.U1. przeprowadzić szczegółowe badanie dla potrzeb fizjoterapii i testy funkcjonalne układu ruchu oraz zapisać i zinterpretować jego wyniki;</p> <p>D.U2. przeprowadzić analizę biomechaniczną z zakresu prostych i złożonych ruchów człowieka w warunkach prawidłowych i w dysfunkcjach układu ruchu;</p> <p>D.U3. dokonać oceny stanu układu ruchu człowieka w warunkach statyki i dynamiki (badanie ogólne, odcinkowe, miejscowe), przeprowadzić analizę chodu oraz zinterpretować uzyskane wyniki /</p> <p>D.U1. conduct a detailed examination for physiotherapy and functional tests motion system and write and interpret its results;</p> <p>D.U2. carry out biomechanical analysis of simple and complex movements human under normal conditions and in dysfunctions of the musculoskeletal system;</p> <p>D.U3. assess the state of the human musculoskeletal system in statics and dynamics (general, segmental, local study), conduct gait analysis and interpret the results obtained;</p>	<p>Wprost kierunki zastosowania pedobarografii /</p> <p>Straight lines of pedobarography application</p>
METODOLOGIA BADAŃ NAUKOWYCH – wiedza – absolwent zna, rozumie / METHODOLOGY OF RESEARCH – knowledge – the graduate knows, understands		
E.W1.	<p>metody i techniki badawcze stosowane w ramach realizowanego badania naukowego /</p> <p>research methods and techniques used as part of the ongoing research.</p>	<p>Pedobarografia jest metodą służącą ocenie postępów terapii – wielokrotnie zastosowana w pracach naukowo-badawczych z obszaru rehabilitacji, ortopedii i neurologii etc. /</p> <p>Pedobarography is a method used to assess the progress of therapy - repeatedly used in scientific research in the field of rehabilitation, orthopedics and neurology, etc.</p>
PRAKTYKI FIZJOTERAPEUTYCZNE – absolwent wie i rozumie / PHYSIOTHERAPEUTIC PRACTICES – the graduate knows and understands		
F.W3	<p>metody oceny stanu układu ruchu człowieka służące do wyjaśnienia zaburzeń struktury i funkcji tego układu oraz do potrzeb fizjoterapii w dysfunkcjach układu ruchu i w chorobach wewnętrznych/</p> <p>methods for assessing the state of the human musculoskeletal system to explain disorders structure and function of this system and to meet the needs of physiotherapy in system dysfunctions movement and in internal diseases;</p>	<p>Wprost kierunki zastosowania pedobarografii /</p> <p>Straight lines of pedobarography application</p>

Zestawienie efektów kształcenia z obszarami zastosowań, z funkcjonalnościami badania pedobarograficznego, pozwala na sformułowanie wniosku, że większość efektów kształcenia zawodu fizjoterapeuty znajduje bezpośrednie-pośrednie powiązanie z zastosowaniem badania pedobarograficznego. Wiąże się to głównie z faktem, iż kompetencje zawodowe fizjoterapeuty ściśle powiązane są z profilaktyką i rehabilitacją narządu ruchu. Tym samym istniejące efekty kształcenia umożliwiają realizację celów związanych z diagnostyką pedobarograficzną.

The comparison of learning outcomes with the areas of application, with the functionalities of the pedobarographic examination, allows to draw the conclusion that most of the learning outcomes of the physiotherapist profession is directly related to the use of pedobarographic examination. This is mainly due to the fact that the professional competence of the physiotherapist are closely related to the prevention and rehabilitation of the musculoskeletal system. Thus, existing learning outcomes enable the achievement of goals related to pedobarographic diagnostics.

Studium literaturowe wskazuje, że pedobarografia wielokrotnie zastosowana została w obszarze wielu dziedzin medycyny, co potwierdzają liczne doniesienia naukowo-badawcze:

- w analizie wzorców posturalnych oraz do oceny jakości ruchu i jego determinant [67–70],
- we wstępnej ocenie narządu ruchu, analizach i planowaniu procesu terapii i leczenia (zachowawczego i operacyjnego), ukierunkowanych na poprawę istotnych parametrów kinematyki i dynamiki (w tym zarówno w procesie rehabilitacji, jak i treningu sportowym) [71–72],
- w ocenie wartości nacisku w warunkach statycznych i dynamicznych, w projektowaniu korekcyjnych, odciążających i amortyzujących wkładek ortopedycznych oraz obuwia; wielokrotnie na podstawie badań pedobarograficznych wskazano metody profilaktyki i leczenia zmian przeciążeniowych, tj. np.: stany zapalne, zespoły bólowe, mikrouszkodzenia w obrębie tkanek twardych i miękkich, rany i owrzodzenia powstające w przebiegu cukrzycy [73].

Wnioski

Przegląd piśmiennictwa naukowo-badawczego wyraźnie wskazuje, że badania pedobarograficzne znajdują szerokie spektrum zastosowania w wielu dziedzinach medycyny. Wykorzystanie rozwoju technik komputerowych oraz technologii przetwarzania sygnału elektrycznego na cyfrowy daje możliwość dokładnego pomiaru wielkości biofizycznych, które pozwalają na ocenę i analizę wybranych aspektów biomechaniki ciała:

- parametry przestrzenno-czasowe statyki i dynamiki postury,
- wartości nacisku w ocenie prawidłowości migracji nacisku na stopy,
- parametry stabilometryczne w ocenie balansu środka ciężkości ciała.

Doniesienia literaturowe wskazują bowiem, że pedobarografia wykorzystywana jest nie tylko w procesie leczenia. Zważywszy na jej nieinwazyjny przebieg oraz możliwość nieograniczonego zastosowania w ujęciu ilościowym, jest stosowana przez innych niż lekarze specjalistów medycyny. Wielokrotnie wskazano ją w procesie rehabilitacji, diagnostyki narządu ruchu w kierunku wad postawy, co wskazuje możliwość jest zastosowania przez specjalistów rehabilitacji (fizjoterapeutów).

1. Walidacja efektów kształcenia zawodu fizjoterapeuty z funkcjonalnościami pedobarografii wskazała, iż pedobarografia pozwala na realizację ważnych aspektów wiedzy i umiejętności z obszaru diagnostyki postawy, funkcjonalności ciała, oceny chodu i parametrów statycznych.

2. Poza szeroko rozumianą analizą postępów terapii, obszary zastosowań pedobarografii w obszarze działań fizjoterapeutycznych to:

- profilaktyka i rehabilitacja wad postawy u ~~u~~ ~~dzieci~~ u dzieci i młodzieży,
- zapobieganie i rehabilitacja wad postawy u osób dorosłych (choroby przeciążeniowe) oraz u osób w wieku starszym, w wyniku zmian zwyrodnieniowych powstających
- w wyniku przeciążeń,
- rehabilitacja struktur mięśniowo-powięziowych, ukierunkowana na normalizację napięcia w tkankach miękkich,

Literature study indicates that pedobarography has been used many times in many fields of medicine, which is confirmed by numerous scientific and research reports:

- in the analysis of postural patterns and for assessing the quality of traffic and its determinants [67-70],
- in the initial assessment of the musculoskeletal system, analyzes and planning of the therapy and treatment process (conservative and operational), aimed at improving the important parameters of kinematics and dynamics (including both in the process of rehabilitation and sports training) [71-72],
- in assessing the pressure value in static and dynamic conditions, in the design of corrective, relieving and cushioning orthopedic insoles and footwear; Repeatedly, based on pedobarographic tests, methods for the prevention and treatment of overload lesions have been indicated, e.g. inflammation, pain syndromes, microdamages within hard and soft tissues, sores and ulcers arising in the course of diabetes [73].

Conclusions

A review of the scientific and research literature clearly indicates that pedobarographic research is widely used in many fields of medicine. The use of the development of computer techniques and digital signal processing technologies gives the possibility of accurate measurement of biophysical quantities that allow the assessment and analysis of selected aspects of body biomechanics:

- spatial – time parameters of statics and posture dynamics,
- pressure value in assessing the correctness of migration of pressure on feet,
- stabilometric parameters in assessing the balance of the body's center of gravity.

Literature reports indicate that pedobarography is used not only in the treatment process. Given its non-invasive course and the possibility of unlimited use in quantitative terms, it is used by medical specialists other than doctors. Repeatedly it was indicated in the process of rehabilitation, diagnostics of the musculoskeletal system towards posture defects, which indicates the possibility of being used by rehabilitation specialists (physiotherapists).

1. Validation of learning outcomes of the physiotherapist profession with pedobarography functionalities has shown that pedobarography allows for the implementation of important aspects of knowledge and skills in the area of posture diagnostics, body functionality, gait assessment and static parameters.

2. In addition to the broadly understood analysis of therapy progress, the areas of pedobarography applications in the field of physiotherapy are:

- prevention and rehabilitation of posture defects in children and adolescents,
- prevention and rehabilitation of posture defects in adults (overload diseases) and in the elderly as a result of degenerative changes resulting from overloads,
- rehabilitation of myofascial structures, focused on normalizing tension in soft tissues,
- activities related to neurological rehabilitation, implemented in the prevention of falls (stabilization, functional, motor training),
- patient's pedagogization process.

- działania związane z rehabilitacją neurologiczną, realizowaną w profilaktyce upadków (trening stabilizacyjny, funkcjonalny, motoryczny),

- proces pedagogizacji pacjenta.

3. Umiejętności wykonywania badania pedobarograficznego stanowią podstawę do rekomendacji kształcenia wiedzy i umiejętności z obszarów badania pedobarograficznego w zawodzie fizjoterapeuty.

Możliwości wielokierunkowego zastosowania pedobarografii pozwala na jej zastosowanie zarówno przez specjalistów wielu dziedzin medycyny, jak również w zespołach interdyscyplinarnych.

3. Skills in use of pedobarographic examination constitute the basis for recommending the education of knowledge and skills in the areas of pedobarographic examination in the profession of a physiotherapist.

The possibility of multidirectional use of pedobarography allows it to be used by specialists in many fields of medicine as well as in interdisciplinary teams.

Adres do korespondencji / Corresponding author

Danuta Lietz-Kijak

e-mail: danuta.lietzkijak@gmail.com

Piśmiennictwo/ References

- Alexander I.J., Chao E.Y., Johnson K.A., The assessment of dynamic foot-to-ground contact forces and plantar pressure distribution: a review of the evolution of current techniques and clinical applications; *Foot and Ankle Surgery*, 1990, 11: 152-67.
- Cavanagh P.R., Henley J.D., The computer era in gait analysis; *Clinics in Podiatry Medicine and Surgery*, 1993, 10(3): 471-84.
- Hughes J., The clinical use of pedobarography; *Acta orthopaedica Belgica*, 1993, 59 (1): 10-6.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 6 listopada 2013 r. w sprawie świadczeń gwarantowanych z zakresu ambulatoryjnej opieki specjalistycznej, *Dziennik Ustaw RP*, Warszawa 2 grudnia 2013r., zał. 2s. 102, poz. 19; data przeglądu: 2017-03-19.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 6 listopada 2013 r. w sprawie świadczeń gwarantowanych z zakresu ambulatoryjnej opieki specjalistycznej, *Dziennik Ustaw RP*, Warszawa 31 maja 2011r., IX. Inne świadczenia diagnostyczne, poz. 18 Dz. U. 2013 poz. 1413; data przeglądu: 2017-03-19.
- Parmar B., Assessment of Foot Drop Surgery in Leprosy Subjects Using Frequency Domain Analysis of Foot Pressure Distribution Images. 13th International Conference on Biomedical Engineering; *IFMBE Proceedings*, Berlin, 2009: 1107-1111.
- Gefen A., Pressure-sensing devices for assessment of soft tissue loading under bony prominences: technological concepts and clinical utilization; *Wounds*, 2007, 19: 350-62.
- Tejszerska D., Świtoński E., *Biomechanika inżynierska: zagadnienia wybrane*; Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
- Elftman H.O., *Dynamic structure of the human foot; Artificial Limbs*, 1969 Spring, 13(1): 49-58.
- Pauk J., Daunoraviciene K., Ihnatouski M., Griskevicius J., Raso J.V., Analysis of the plantar pressure distribution in children with foot deformities; *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 2010, 1: 12.
- Pauk J., Ihnatouski M., Analiza rozkładu nacisków pod stopą podczas chodu człowieka, *Modelowanie Inżynierskie* 2009, 38, 161-165.
- Lorkowski J., Grzegorzewska O., Kotela I., The Use of Pedobarographic Examination to Biomechanical Evaluation of Foot and Ankle Joint in Adult – Own Experience; *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja*, 2015 Marzec, 17(2):207-13.
- Radło W. et al., Zastosowanie kliniczne badania nacisków stopy na podłoże za pomocą Emed-systemu w diagnostyce wad i chorób stóp; *Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska* 1999, 64(5): 555-560.
- Srokowska A., Foss J., Lewandowski A., Siedlaczek M. et al., Statyczna i dynamiczna ocena funkcjonalna wybranych parametrów stopy; *Journal of Education, Health and Sport*, 2015, 5(7): 568-589.
- Żyłka J., Wiszomirska I., Lach U., Ocena sklepienia oraz rozkładu maksymalnych nacisków stóp u osób niewidomych; *Postępy Rehabilitacji*, 2009, 3.
- Rykała J., Snela S., Drzał-Grabiec J., Podgórska J., Nowicka J., Kosiba W., Ocena wysklepienia podłużnego i poprzecznego stóp w warunkach obciążenia i obciążenia masą własną u dzieci w wieku 7–10 lat, *Przegląd Medyczny Uniwersytetu Rzeszowskiego i Narodowego Instytutu Leków w Warszawie* 2013, 2, 183–193.
- Czurda T., Seidl M., Seiser A.S., Schuh R., Trnka H.J., Ritschl P., Triple arthrodesis in treatment of degenerative hindfoot deformities: clinical, radiological and pedobarographic results; *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, 2009, 147(3): 356-61.
- Lee K. M., Chung C.Y., Park M.S., Lee S.H., Cho J.H., Choi I.H., Reliability and validity of radiographic measurements in hindfoot varus and valgus; *The Bone & Joint Surgery*, 2010, 92(13): 2319-27.
- Mucha D., Ambroży T., Mucha D., Koteja P., Stan wysklepienia i rozkład sił nacisku stron podeszwy stóp na podłoże u studentek PPWSZ w Nowym Targu; *Security, Economy & Law*, 2015, Tom IX nr 4, 117–133.
- Steinau H.U., Tofaute A., Huellmann K., et al. Tendon transfers for drop foot correction: long-term results including quality of life assessment and dynamometric, and pedobarographic measurements; *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2011, 131(7): 903-10.
- Fadel G.E., Rowley D.I., Metatarsalgia; *Current Orthopaedics*, 2002, 16: 193-204.
- Kaipel M., Krapf D., Wyss C., Metatarsal length does not correlate with maximal peak pressure and maximal force; *Clinical Orthopaedic and Related Research*, 2011; 469(4): 1161-6.
- Khurana A., Kadamabande S., James S., Tanaka H., Hariharan K., Weil osteotomy: assessment of medium-term results and predictive factors in recurrent metatarsalgia; *Foot and Ankle Surgery*, 2011, 17 (3): 150-7.
- Szczygieł E., Golec E., Mazur T., Sobczyk Ł., Analiza porównawcza dystrybucji nacisków na powierzchni podeszwy stóp prawidłowo wysklepionych oraz stóp płaskich; *Przegląd Lekarski*, 2008, 65 (1): 4-7.
- Jankowicz-Szymańska A., Rojek R., Kołpa M., Mikołajczyk E., Zależności pomiędzy budową somatyczną a ukształtowaniem stóp młodych osób dorosłych; *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 2013, 94 (4): 734-739.
- Kösters C., Bockholt S., Müller C., et al. Comparing the outcomes between Chopart, Lisfranc and multiple metatarsal shaft fractures; *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2014, 6: 134.
- Jansen H., Frey S.P., Ziegler C., Meffert R.H., Doht S., Results of dynamic pedobarography following surgically treated intraarticular calcaneal fractures; *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2013, 133(2): 259-65.
- Toth K., Boda K., Kellermann P., Zadravec G., Korcsmar J., Clinical and gait analysis of 171 unilateral calcaneal fractures; *Clinical Biomechanics*, 1997, 2(3): 17-8.
- Lorkowski J., Trybus M., Hładki W., Brongel L., Rozkład nacisków na podeszwy stóp u chorych z chorobą Ledderhose; *Ortopedia and Trauma Surgery*, 2010, 3(19): 33-41.
- Lorkowski J., Mazur T., Skawina A., Underfoot pressure distribution in patients after ankle injury; *Folia Morphol*, 2006, vol. 65, nr 3: 268.
- Rosenbaum D., Macri F., Lupselo F.S., Preis O.C., Gait and function as tools for the assessment of fracture repair – the role of movement analysis for the assessment of fracture healing; 2014, 45(2): 39-43.

32. Blomgren M., Turan I., Agadir M., Gait analysis in hallux valgus; *Foot and Ankle Surgery*, 1991, 30(1): 70-1.
33. Iliou K., Paraskevas G., Kanavaros P., Barbouti A., Vrettakos A, et al., Relationship between pedographic analysis and the Manchester scale in hallux valgus; *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 2015, 1: 49.
34. Kernozek T.W., Elfessi A., Sterriker S., Clinical and biomechanical risk factors of patients diagnosed with hallux valgus; *American Podiatric Medical Association*, 2003, 93(2): 97-103.
35. Lorkowski J., Statyczne i posturalne badanie pedobarograficzne w diagnostyce stóp z koślawym ustawieniem paluchów; Praca doktorska (promotor prof. Zarzycki D.). Collegium Medicum UJ, Kraków 2004.
36. Nikratowicz P., Woźniak W., Łapaj Ł., Wierusz-Kozłowska M., Ławniczak D., Ocena pedobarograficzna stopy po operacji palucha koślawego i sztywnego metodą Kellera. *Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska*, 2009, 74 (4): 224-7.
37. Orzechowski W., Porównanie punktowej oceny anatomiczno-czynnościowej stopy z baropodometryczną oceną wyników leczenia paluchów koślawych; *Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska*, 2001, 66(6): 617-23.
38. Wetke E., Zerahn B., Kofoed H., Prospective analysis of a first MTP total joint replacement. Evaluation by bone mineral densitometry, pedobarography, and visual analogue score for pain; *Foot and Ankle Surgery*, 2012, 18(2): 136-40.
39. Hutchinson R. J., Betts R. P., Donnan L. T., Saleh M., Assessment of Ilizarov correction of club-foot deformity using pedobarography. A preliminary report; *The Bone & Joint Surgery*, 2001 Sep., 83(7): 1041-5.
40. Lorkowski J., Hładki W., Trybus M., Zarzycki D., Rozkład nacisków na podszwowej stronie stóp u chorych po operacyjnym leczeniu złamania końca bliższego kości udowej *Ortopaedic and Trauma Surgery*, 2009, 15(3): 28-35.
41. Lorkowski J., Kosalka J., Hładki W., Trybus M., Implikacje kliniczne szczątkowej polydaktylii mesoaxialnej stopy – opis przypadku; *Przegląd Lekarski*, 2011, 68(12): 1204-7.
42. Lorkowski J., Trybus M., Hładki W., Brongel L., Rozkład nacisków na podszwowej stronie stóp u chorych z chorobą Ledderhose; *Ortopaedic and Trauma Surgery*, 2010, 3(19): 33-41.
43. Lorkowski J., Mrzygłód M., Hładki W., Zjawiska remodelingu i dostosowania topologii w kości piętowej z torbielą samotną- opis przypadku; *Przegląd Lekarski*, 2012, 69(5): 201-4.
44. Lorkowski J., Hładki W., Galicka-Latała D., Trybus M., Brongel L., Rozkład nacisków na podszwowej stronie stóp u kobiet z otyłością i zapaleniem rozciągniętego podszwowego; *Przegląd Lekarski*, 2009, 66(9): 513-8.
45. Lorkowski J., Zarzycki D., Zastosowanie kliniczne badania pedobarograficznego - doświadczenia własne i przegląd piśmiennictwa; *Przegląd Lekarski*, 2006, 63 (5): 28-32.
46. Horisberger M., Hintermann B., Valderrabano V., Alterations of plantar pressure distribution in posttraumatic end-stage ankle osteoarthritis; *Clinical Biomechanics*, 2009; 24(3): 303-7.
47. Jorge-Filho D., Battistella L.R., Lourenço C., Computerized pedobarography in the characterization of ankle-foot instabilities of haemophilic patients; *Haemophilia*, 2006, 12(2): 140-6.
48. Kul-Panza E., Berker N., Pedobarographic findings in patients with knee osteoarthritis; *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2006, 85(3): 228-33.
49. Rongies W., Bak A., Lazar A. et al., Próba wykorzystania badania pedobarograficznego do oceny skuteczności rehabilitacji u osób z chorobą zwyrodnieniową stawów biodrowych; *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja*, 2009, 11(3): 242-52.
50. Lorkowski J., Rybus M., Hładki W., Brongel L., Rozkład nacisków na podszwowej stronie stóp u chorej z jednostronnym skostnieniem stawu skokowo-łódkowego w przebiegu reumatoidalnego zapalenia stawów - opis przypadku; *Przegląd Lekarski*, 2008, 65, 1.
51. Brzózka M., Garstka A.A., Bitenc-Jasiejko A., Strzelecka P., Kubala E., Grzegocka M., Lietz-Kijak D., Zastosowanie czujników diagnostyki biokinematycznej w ocenie miednicy u pacjentów z zaburzeniami układu stomatognatycznego – studium przypadku. Część II, *Art dent*, Tom/Volume 17; Numer/Number 3 (73) /2019: 164-171.
52. Garstka A.A., Brzózka M., Bitenc-Jasiejko A., Strzelecka P., Kubala E., Grzegocka M., Lietz-Kijak D., Zastosowanie pedobarografii, podoskaningu i podoskopu w ocenie związków tensegracyjnych między stawem skroniowo-żuchwowym a architekturą stopy – studium przypadku. Część I, *Art dent* Tom/Volume 17; Numer/Number 3 (73) /2019: 151-163.
53. Souchard P., *Reeducation posturale globale*, Elsevier Masson SAS, Tous droits reserves, 2011, 39-42
54. Walaszek R., Ridan T., Walaszek K., Burdacki M., Ocena stabilności posturalnej kobiet z deformacją stopy o charakterze palucha koślawego; *Medical Review*, 2016, 14 (1): 48–60.
55. Herrington L., Hatcher J., Hatcher A., McNicholas M. A., Comparison of Star Excursion Balance Test reach distances between ACL deficient patients and asymptomatic controls; *Knee*, 2009, 16(2):149-52.
56. Akbari M., Karimi H., Farahini H., Faghihzadeh S., Balance problems after unilateral lateral ankle sprains; *Rehabilitation Research & Development*, 2006, 43(7): 819-24.
57. Hellebrandt F.A., Brogdon E., Tepper R.H., Posture and its cost; *American Journal of Physiology*, 1940, 29: 773-781.
58. Bennett P.J., Patterson C., Wearing S., Baglioni T., Development and Validation of a questionnaire designed to measure foot-health status; *American Podiatric Medical Association*, 1998, 88: 419-428.
59. Błaszczyk J.W., Michalski A., Ageing and postural stability; *Studies in Physical Culture and Tourism*, 2006, 13: 11-14.
60. Souchard P., *Reeducation posturale globale*, Elsevier Masson SAS, Tous droits reserves, 2011, 39-42.
61. Coriveau H., Hebert R., Raiche M., Prince F., Evaluation of postural stability in the elderly with stroke; *Archives of physical Medicine and Rehabilitation*, 2004, Jul., 85.
62. Lopes P.G., Lopes J.A., Brito C.M., Alfieri F.M., Rizzo Battistella L., Relationships of Balance, Gait Performance, and Functional Outcome in Chronic Stroke Patients: A Comparison of Left and Right Lesions, *BioMed Research International*, 2015: 716042.
63. Nardone A., Godi M., Grasso M., Guglielmi S., Schieppati M., Stabilometry is a predictor of gait performance in chronic hemiparetic stroke patients; *Gait Posture*, 2009 Jul., 30(1): 5-10.
64. Prusiński A., Diagnostyka zawrotów głowy, [w:] Standardy rozpoznania i leczenia zawrotów głowy; Obrębowski A (red.), Ośrodek Informacji Naukowej OINPHARMA, 2010, 96-104.
65. Michalska W., Szewerda K., Michnik R., Jurkojć J., Rycerski W., Analiza zmian wybranych parametrów w badaniach stabilograficznych u pacjentów z chorobami w obrębie kończyny dolnej przed i po rehabilitacji; *Majówka Młodych Biomechaników*, 2007, 140 – 147.
66. Sipko T., Bieć E., Demczuk-Włodarczyk E., Ciesielska B., Ruchomość kręgosłupa w odcinku szyjnym oraz równowaga ciała u osób z chorobą przeciążeniową kręgosłupa; *Ortopedia Traumatologia Rehabilitacja* 2007, 2(6), vol. 9, 141-148.
67. Rosenbaum D., Becker H.P., Plantar pressure distribution measurements: technical background and clinical applications; *Foot and Ankle Surgery*, 1997, 3:1-14.
68. Pataky T.C., Savage R., Bates K.T., Sellers W.I., Crompton R.H., Short-term step-to-step correlation in plantar pressure distributions during treadmill walking, and implications for footprint trail analysis; *Gait Posture*, 2013, 38(4): 1054-7.
69. Lorkowski J., Methodology of pedobarographic examination-own experiences and review of literature; *Przegląd Lekarski*, 2006, 63 (5): 23-7.
70. Cavanagh P.R., Ae M. A., Technique for the display of pressure distributions beneath the foot. *Biomech.* 1980; 13(2): 69-75.
71. Mathias S., Nayak U. S. L., Isaacs B., Balance in elderly patients: the 'get-up and go' test; *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1986, vol. 67, 6, 387–389.
72. McClymont J., Pataky T.C., Crompton R.H., Savage R., Bates K.T., The nature of functional variability in plantar pressure during a range of controlled walking speeds; *Royal Social Open Science*, 2016, 8: 3-17.
73. Sobhani S., van den Heuvel E., Bredeweg S. et al., Effect of rocker shoes on plantar pressure pattern in healthy female runners; *Gait Posture*, 2014, 39(3): 920-5.