

INNYM OKIEM NA DIAGNOSTYKĘ FIZJOTERAPEUTYCZNĄ

„PROSTO” O BIOMECHANICE I OBIEKTYWNYM WYNIKU

Aleksandra Bitenc-Jasiejko

Ile „musi” i chce wiedzieć fizjoterapeuta? Odpowiedź często zależy od czasu, jaki można poświęcić na wizytę diagnostyczną. Rehabilitacja holistyczna, tj. rozumienie procesu powiązań tensegracyjnych struktur mięśniowo-powięziowo-więzadłowych i ich wpływu na tkanki twarde, powoduje, że jednoznacznie odchodzi się od jedynie „blokowego” (segmentarnego) spojrzenia na narząd ruchu.

Innymi słowy – biomechanika... Czy musi składać się ze złożonych procedur obliczeniowych (logarytm, całka, tangens) oraz stosowania wielogodzinnych metod pomiarowych czasu, kątów (goniometry), fotografii i obrazowania wideo (pomijając kwestie zniekształceń obrazu) wiążących się z koniecznością obróbki obrazu, danych pomiarowych? A wszystko to po to, by „wrzucić” dane do arkusza kalkulacyjnego, wprowadzić *algorytmy medyczne* i wreszcie obliczyć potrzebny parametr.

PEDOBAROGRAFIA

Pedobarografia to obiektywne narzędzie przydatne zarówno w procesie diagnostyki parametrów czasowo-prze-strzennych istotnych determinant ruchu, jak i ocenie stabilometrii oraz symetrii ciała. Badanie, które (pomijając czynności wywiadu oraz dodatkowej oceny funkcjonalnej narządu ruchu, której nie da się pominąć) trwa nie dłużej niż 1,5–2 min. Często uzyskane wyniki są analizowane w dalszych etapach terapii ze względu na ograniczenia czasowe, nierzadko bowiem z trudem udaje się wykonać usługę fizjoterapeutyczną w *ciągu* godziny. Zawęża to obszar możliwości terapeuty, choć pedobarograf zintegrowany z komputerem, zwykłą kamerą internetową i oprogramowaniem przeznaczonym do przetwarzania oraz obliczania biomechanicznych parametrów (tu: Biomech Studio) pozwala wykonać wiele (dotychczas nieosiągalnych) pomiarów. Służy zarówno do wstępnej oceny pacjenta, jak i obiektywnej ewaluacji postępów terapii. Analiza efektywności ma ogromne znaczenie nie tylko z punktu widzenia odpo-

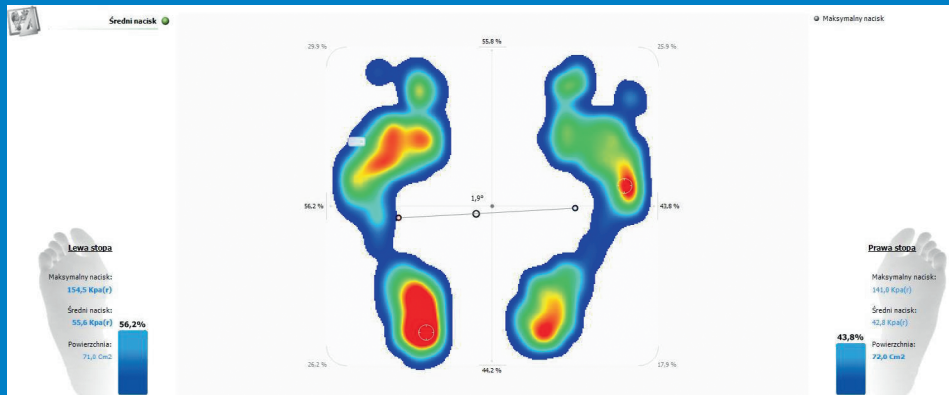
wiedzialności za podejmowane czynności. Równie istotną rolę odgrywa w procesie informacyjnym i pedagogizacji pacjenta.

KIEDY I JAK ANALIZOWAĆ POSTĘPY TERAPII ZA POMOCĄ PEDOBAROGRAFII?

Pedobarografia okazuje się pomocna w ocenie postępów na przykład w przypadku *równoważenia* rozkładu napięć w strukturach mięśniowo-powięziowych, w terapii skolioz, w zaburzeniach ustawienia miednicy, w procesach kompensacyjnych, skrótach kończyn dolnych, w treningu stabilizacji centralnej itp. Zgodnie z procedurą medyczną badanie pedobarograficzne powtarza się trzykrotnie w celu uzyskania rzetelnego wyniku [1, 2]. Jednymi z podstawowych wyników uzyskiwanych w pedobarografii są te określające symetrię i stabilometrię. Pedobarograficzne badanie statyczne już w pierwszej odsłonie wyniku programu Biomech Studio pozwala na ocenę rozkładu obciążeń w zakresie prawej i lewej strony ciała oraz odczyt usytuowania środka ciężkości ciała (COP), a także barycentrów obu stóp (rys. 1).

Oprócz wizualnego wskazania położenia środków ciężkości, za pomocą badania uzyskuje się mierzalne wartości nacisków na prawą i lewą stronę ciała wyrażony w procentach i w kPa (kilopaskalach) oraz pole powierzchni kontaktu stopy z podłożem (rys. 2).

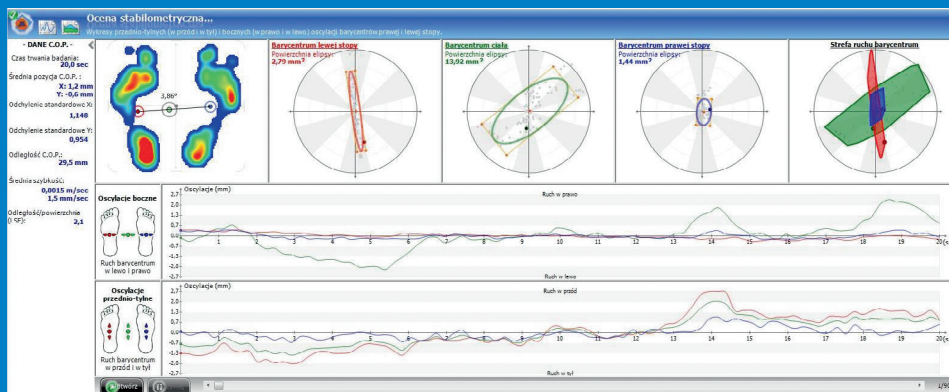
Do celów szczegółowej analizy stabilometrycznej w wyniku pedobarograficznego badania statycznego wykorzystuje się dodatkowy wynik (rys. 3), umożliwiający



Rys. 1. Wynik badania statycznego w pedobarografii (Biomech Studio)



Rys. 2. Wskazania dotyczące rozkładu obciążeń (Biomech Studio)



Rys. 3. Badanie stabilometrii w ocenie statycznej (Biomech Studio)

otrzymanie mierzalnych parametrów przednio-tylnych i bocznych wychwiałń środka ciężkości ciała (COP) oraz barycentrów stopy. Poszukiwanymi parametrami w procesie rehabilitacji w tym przypadku będą pierwsze reakcje posturalne (pojawiające się ok. 50 ms), będące efektem rozciągania mięśni kontrolujących ustawienie stawów skokowych, kończyn dolnych i tułowia. Pozwala to wnioskować na temat prawidłowości pobudzania proprioceptorów wrażliwych na rozciąganie. Pomiedzy 90. a 120. ms powinno się obserwować reakcje korygujące postawę, aby w konsekwencji w czasie ok. 240 ms obserwować te, które są odpowiedzialne za reakcje stabilizujące postawę [3–5]. Zważywszy na to, że reakcje posturalne (stabilizujące) kontrolowane są ośrodkowo, w praktyce niniejsze parametry umożliwiają wnioskowanie neurologiczne (np. w procedurach profilaktyki urazów i upadków) oraz w procesie usprawniania i treningu stabilizacji centralnej. Należy w tym miejscu uzmysłowić sobie, jak trudna, a nawet nieosiągalna, byłaby próba oceny wymienionych parametrów z zastosowaniem tradycyjnych czasomierzy.

Wbudowane algorytmy obliczeniowe pozwalają na odczyt danych dotyczących prędkości oraz przyspieszenia wychwiałń COP.

JAK OCENIAMY WADY POSTAWY Z ZASTOSOWANIEM PEDOBAROGRAFII? JAK PATRZYMY NA PRZECIĄŻENIA?

Ogromnym wyzwaniem w procesie profilaktyki i rehabilitacji jest eliminacja zagrożeń przeciążeniowych, w tym w szczególności zapobieganie zmianom zwyrodnieniowym i ich następstwom, kontuzjom, urazom itp. Jeszcze istotniejsza w ujęciu epidemiologicznym jest problematyka skutecznych działań podejmowanych w kierunku zapobiegania wadom postawy. Poza wnioskowaniem w obszarze zaburzeń stabilometrycznych, w efekcie badania pedobarograficznego uzyskuje się parametry rozkładu obciążeń na stopy (rys. 4).

Wynik badania w tym zakresie pozwala nam na formułowanie wniosków *dotyczących* obciążenia poszczególnych metapłaszczyzn stopy (w modelu Cavanagha [6]). Odczyt normatywnych trzech punktów podporu stopy odbywa się w przypadku pedobarografii wprost, na podstawie mierzalnego parametru nacisku (kPa). W praktyce stanowi to o jednoznacznej ocenie np. wysklepienia łuku poprzecznego, która w przypadku oglądania jako metody badania często bywa mylna ze względu na tkankę tłuszczową w części podeszwowej stopy oraz inne współist-

niejące deformacje stopy. Ocena sfer MH i LH pozwala na różnicowanie problematyki koślawości lub szpotawości stępu. Innymi słowy – „nic na oko”. Wynik badania jest użyteczny w procesie rehabilitacji, jak również w projektowaniu indywidualnych wkładek ortopedycznych (korekcja, odciążenie, amortyzacja itd.)

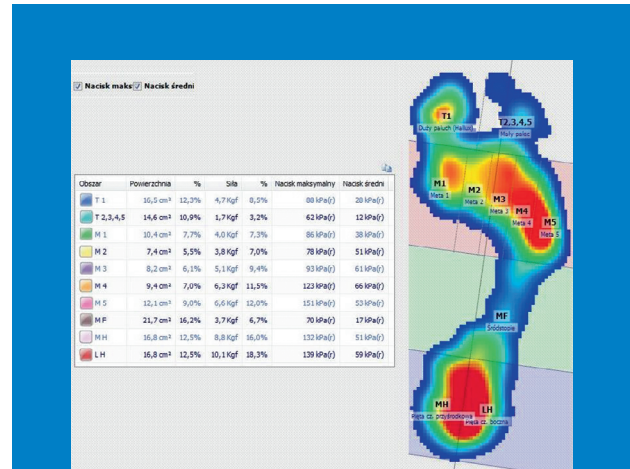
Statyczne badanie pedobarograficzne służy diagnoście także do dokładnej oceny stopnia wysklepienia łuku podłużnego stopy, wynik podawany jest w procentach (rys. 4). Wbudowany algorytm kontrolny w oprogramowaniu pozwala na minimalizację błędu pomiarowego poprzez różnicowanie stopnia wysklepienia stopy ze współistniejącymi zniekształceniami stopy w ujęciu typologii. Biomech Studio daje również możliwość ręcznego ustawiania parametrów, wskaźników oraz wyznaczania punktów odniesienia. Tam, gdzie w badaniach tradycyjnych często pojawiał się błąd diagnostyczny w ocenie stopnia wysklepienia stopy (np. w różnicowaniu problemu „płaskostopie kontra stopa płasko-koślawa”), dzięki zastosowaniu pedobarografii łatwiej go wyeliminować.

Moduły obliczeniowo-pomiarowe wbudowane w oprogramowanie pozwalają również na prowadzenie szczegółowych analiz w obszarze typologii stopy, wyznaczenie istotnych parametrów zarówno w ocenie jednostkowej, jak i porównawczej, statystycznej i populacyjnej. Niegdyś „zmara obliczeniowa” kątów i wskaźników Clarka, Wajsfloga, Alfa, Beta, Gama itd. dziś może być realizowana z dużą pomocą narzędzi IT – wybrane parametry obliczane są rzetelnie przez oprogramowanie (rys. 5). Interfejs użytkownika służy również do celów „ręcznego” wyznaczania prostych, stycznych oraz kątów, dzięki czemu można wnioskować w obszarze samodzielnie stawianych celów badawczych (a to w konsekwencji służy bezpośrednio również działaniom naukowo-badawczym).

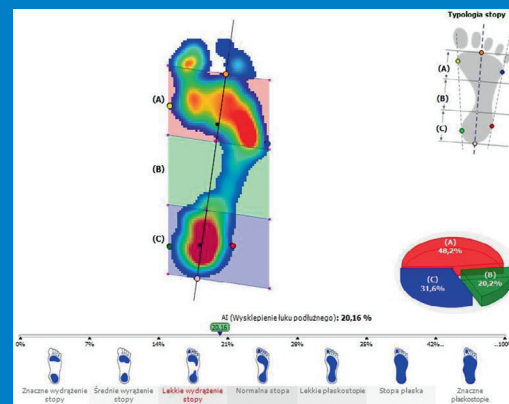
Drugim etapem, bardzo istotnym w procesie diagnozowania i rehabilitacji, jest dynamiczne badanie pedobarograficzne, którego wynik otrzymuje się w bardzo krótkim czasie. Długość badania to czas uzyskania odpowiedniej (wyznaczonej przez diagnostę) liczby kroków wykonanych przez pacjenta. W wyniku analizy dynamicznej otrzymuje się wszystkie wskazane w badaniu statycznym parametry nacisku oraz przestrzenno-czasowe. Norm i wniosków poszukuje się natomiast w ocenie biomechanicznych parametrów ruchu pacjenta oraz determinant chodu. Jedną z dodatkowych funkcji w badaniu dynamicznym jest możliwość uzyskania wyniku dotyczącego przeta-

czania stopy. Jednoznaczne wnioskowanie na temat stopy w fazie lądowania na pięcie (szukając jej normatywnej supinacji) poprzez przetaczanie przez śródstopie (rotacja i ustalenie przodostopia w pronacji) aż do wybicia się z palucha (propulsji) realizuje się poprzez funkcję zaprezentowaną na rysunku 7A–B.

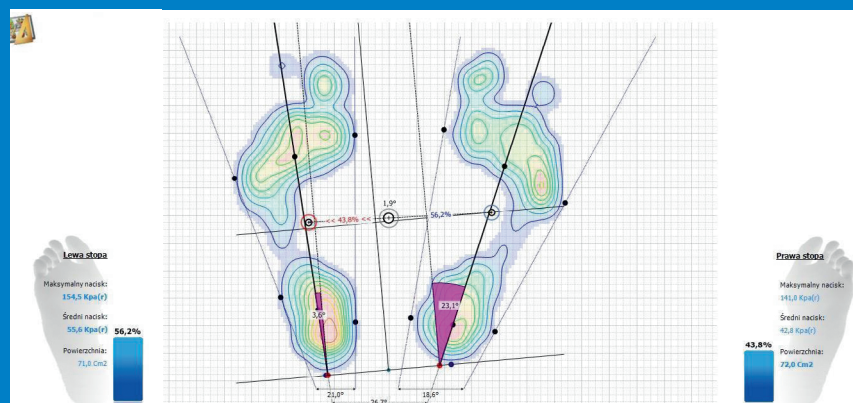
W zakresie symetrii (rytmu) ruchu pacjenta pedobarografia umożliwia rejestrowanie wszelkich możliwych param-



Rys. 4. Rozkład obciążeń na stopę w modelu Cavanagha (Biomech Studio)



Rys. 5. Typologia stopy (Biomech Studio)



Rys. 6. Narzędzia pomiarowe w pedobarografii (Biomech Studio)

trów czasowo-przestrzennych oraz dynamiki chodu (rys. 8), m.in. czasu przetaczania lub hamowania każdej ze stóp, dzięki czemu można wnioskować o szybkości kroku powierzchni przyłożenia oraz wartości nacisku.

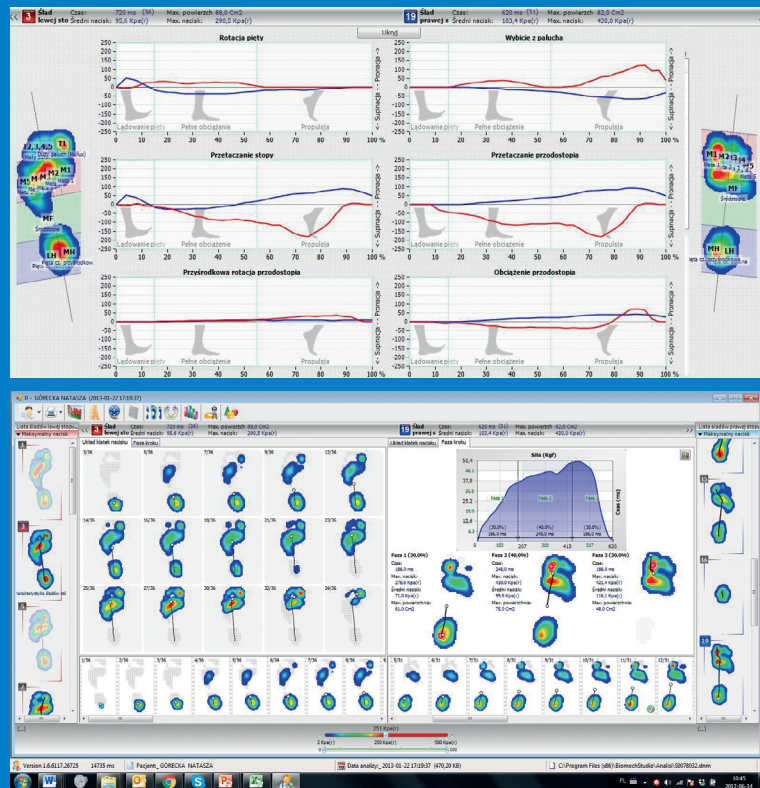
Zarówno w ocenie parametrów biomechanicznych, jak i w procesie rehabilitacji i usprawniania pacjenta jakoś chodu stanowi istotny wyznacznik „kondycji” narządu ruchu. Dodatkowo korelacje między parametrami czasowo-przestrzennymi i nacisku a funkcjonalnością struktur miękkich i twardych oraz kinematyką ciała pozwalają na wnioskowanie terapeutyczne i treningowe na podstawie wiedzy z zakresu nauk fizjoterapeutycznych. W przypadku diagnostyki pedobarograficznej informacje dotyczące czasu trwania podwójnego i pojedynczego podparcia, siły nacisku, przyspieszenia i prędkości, czyli po prostu fazy chodu, są odczytywane „automatycznie” (rys. 9).

Ocena jakości chodu w analizie pedobarograficznej wskazuje również nieprawidłowości w zakresie przywiedzenia i odwiedzenia stopy (kąty; rys. 10), co w połączeniu z oceną faz chodu pozwala na jeszcze dokładniejsze wnioskowanie dotyczące jakości chodu. Służy więc specjalistom rehabilitacji narządu ruchu do oceny motorycznej i funkcjonalnej narządu ruchu zarówno w procesie wstępnej diagnostyki, jak i bieżących efektów terapii.

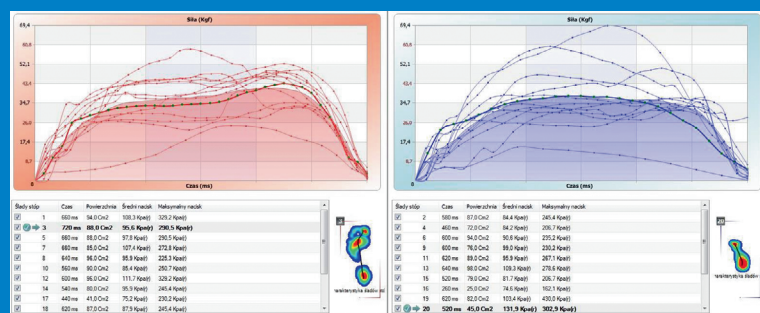
Wbudowane narzędzia IT pozwalają również na wyznaczenie istotnych parametrów pomiarowych w analizie dynamicznej (rys. 11). Służy to zarówno analizie porównawczej wyników uzyskiwanych podczas stania i chodu pacjenta, jak i ocenie postępów terapii w przypadku np. stóp płaskich, płasko-koślawych albo w rehabilitacji zniekształceń (np. *hallux valgus*).

PRAKTYCZNE SPOJRZENIE NA PEDOBAROGRAFIĘ

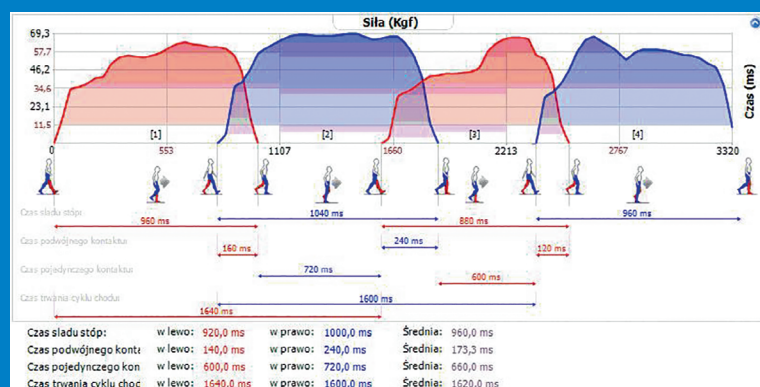
Nie wszystkie wyniki uzyskiwane w badaniu pedobarograficznym trzeba wykorzystać podczas wizyty (oczywiście „twardo stoimi na ziemi”). Najcenniejsze jest to, że podczas tego kilkuminutowego badania wszystkie one są



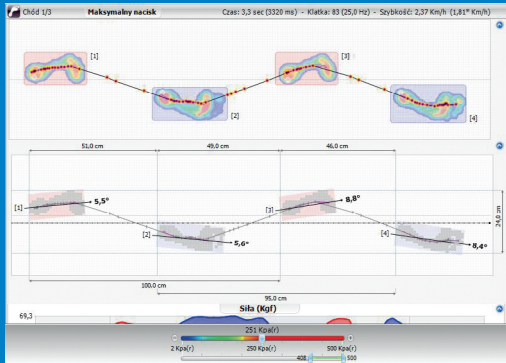
Rys. 7A–B. Analiza przetaczania stopy w pedobarografii (Biomech Studio)



Rys. 8. Parametry czasowo-przestrzenne oraz dynamiczne w pedobarografii (Biomech Studio)



Rys. 9. Fazy kroków w analizie dynamicznej w pedobarografii (Biomech Studio)



Rys. 10. Ocena parametrów chodu w pedobarografii – część podeszwa stopy (Biomech Studio)

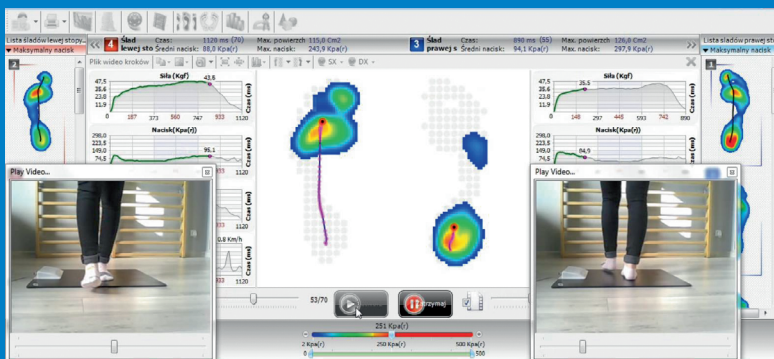


Rys. 11. Pomiary stopy w ocenie dynamicznej (Biomech Studio)

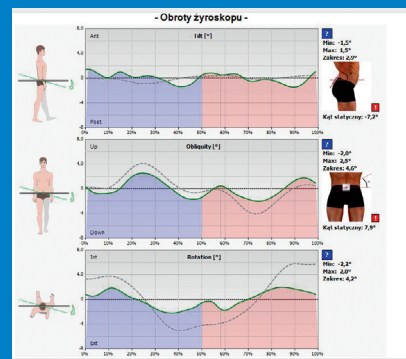
zapisywane w pamięci. Dzięki temu można wrócić do wyników badań (dzięki technologiom bazodanowym) w dowolnym czasie. Jakże wielkie znaczenie ma dla terapeuty, gdy może porównać wyniki badań pacjenta po kilku latach jego nieobecności w gabinecie. Badania pedobarograficzne przeprowadza się nie tylko w samodzielnie realizowanej praktyce fizjoterapeutycznej. Wyniki badań są pomocne również w interdyscyplinarnej komunikacji z innymi specjalistami, np. we współpracy z lekarzami w przypadku pacjentów w stanach przed- i pooperacyjnych. Możliwość „patrzenia” na pacjenta za pomocą tego samego narzędzia pod różnym kątem pozwala pracować skuteczniej.

Pedobarografia pozwala na obiektywną, nieinwazyjną oraz nieabsorbującą czasowo diagnostykę pacjenta. Nikt nigdy nie powiedział (i zapewne nie powie), że można pominąć w ocenie pacjenta wiedzę, doświadczenie i wprawne „oko” terapeuty. Głównie w tym celu do oprogramowania Biomech Studio wprowadzono interfejs obsługujący kamerkę internetową, dzięki czemu podczas badania (a czasem przy okazji) można zarejestrować zarówno zdjęcia postury pacjenta, jak i jego sposób poruszania się w „realu”.

W naszej praktyce wdrożyliśmy również czujniki sensomotoryczne, które podobnie jak pedobarografia pozwalają na uzyskanie mnóstwa parametrów biomechanicznych. Jednym z takich wyników jest kinematyka miednicy (rys. 13), który pozwala m.in. na wyznaczenie parametrów dotyczących miednicy (kąty, czas, przyspieszenie, odległość itd.) w każdej płaszczyźnie ruchów: przednio-tylnych, opadania i unoszenia oraz rotacji. ■



Rys. 12. Biomech Studio



Rys. 13. Biomech Studio

PIŚMIENICTWO:

- Graf P.M. The EMED system of foot pressure analysis. Clin Podiatr Med Surg 1993; 10 (3): 445–454.
- Radło W., Lorkowski J. Zastosowanie kliniczne badań nacisków stopy na podłoże za pomocą Emed-systemu w diagnostyce wad i chorób stóp. Chir Narz Ruch Ortop 1999; 64 (5): 555–560
- Held-Ziółkowska M. Równowaga statyczna i dynamiczna Część 1. Magazyn Otorinolaryngologiczny 2006; 18: 39–46.
- Houk J.C. Regulation of stiffness by skeletomotor reflexes. Annu Rev Physiol 1979; 41: 99-114

- Pierchała K., Janczewski G. Zintegrowana czynność układu równowagi. W: Standardy rozpoznawania i leczenia zawrotów głowy. Obrębowski A. (red.). Oinpharma, Warszawa 2010; s. 17–27.
- Cavanagh P.R., Hewitt F.G., Perry J.E. In-shoe plantar pressure measurement: a review. The Foot 1992; 2 (4): 185–194.

red. mgr inż. Aleksandra Bitenc-Jasiejko

doktorantka Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu, dyrektor ds. rozwoju SPONDYLUS, e-mail: abj@spondylus.pl