

Sylwia ŁAGAN, Andrzej NIESUŁOWSKI, Katedra Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki, Politechnika Krakowska, Kraków

PROJEKT ELEKTRONICZNEGO TORU POMIAROWEGO STANOWISKA DO BADANIA SKLEPIENIA ŁUKU STOPY

Streszczenie. Praca jest poświęcona problemowi pozyskania i archiwizacji danych, podczas badania łuku stopy na stanowisku, skonstruowanym i wykonanym w Katedrze Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki Politechniki Krakowskiej. Urządzenie powstaje w celu sprawdzenia i potwierdzenia możliwości zastosowania w pomocniczej diagnostyce wad stóp i protetyce. Projekt jest próbą automatyzacji pomiaru, przez wprowadzenie elektronicznego toru pomiarowego opartego na mikrokontrolerach oraz aplikacji otrzymanych wyników do programów inżynierskich typu CAD/CAM.

1. WSTĘP

Stopy są naszymi podporami. Przenoszą duże obciążenia statyczne i dynamiczne, generowane podczas codziennych czynności. Komfort chodzenia, czyli podstawowej funkcji stóp w głównej mierze zależy od odpowiedniego ukształtowania dolnych powierzchni zwanych podeszwami. Odpowiedni kształt stóp uzyskiwany jest dzięki istnieniu łuków stopy, tworzących rodzaj sklepienia pozwalający unieść ciężar całego ciała. Łukowe ustawienie kości zapewnia odpowiedni trójpunktowy kontakt z podłożem, elastyczność oraz amortyzację, czyli cechy niezbędne do poprawnej lokomocji. Tak odpowiedzialny narząd ruchu musi być odpowiednio utrzymywany, aby pracował z maksymalną sprawnością. Mimo iż stopy wydają się strukturami kruchymi to w rzeczywistości są silne i odporne. Jednak funkcje, które mają do spełnienia łatwo zaburzyć stosując nieodpowiednie obuwie lub bagatelizując pierwsze symptomy mówiące o zbliżającej się chorobie.

„Gdy bolą Cię stopy, jesteś cały obolały” – to zdanie dr Williama Sholla świetnie pokazuje jak bardzo stopy oddziałują na resztę organizmu. Schorzenia stóp są bagatelizowane przez pacjentów, a powierzchowna diagnoza albo zignorowanie dolegliwości może doprowadzić do pogłębienia wady, powstania wady postawy czy w skrajnych przypadkach do zahamowania rozwoju.

Aby usprawnić diagnostykę chorób stóp wprowadzono szereg badań, z których żadne nie jest w stanie odwzorować w sposób obiektywny kształtu łuków obciążonej stopy. Większość opiera się na wzorcach lub współczynnikach dających informacje o dwuwymiarowym obrazie odcisku stopy. Pełniejsza analiza podeszwy powinna być uzupełniona o trzeci wymiar, zwłaszcza w dobie szybkiego rozwoju komputerów i systemów pomiarowych.

Urządzenie, którego projekt opisuje ten materiał powstaje z myślą o uzupełnieniu dostępnych badań, dając możliwość wykorzystania współczesnych narzędzi inżynierskich w celu poprawy życia bardzo młodych pacjentów.

2. ANATOMIA STOPY

2.1. Układ kostny

Analizując skomplikowaną budowę stóp łatwo się zorientować, że odpowiedni kształt zapewnia optymalne przenoszenie sił powstających w trakcie chodzenia. W ich skład wchodzi 52 kości, 66 stawów, 38 mięśni i 214 więzadeł. Dzięki tak złożonemu mechanizmowi możemy utrzymywać równowagę i poruszać się po różnego rodzaju podłożach. Budowę anatomiczną układu kostnego stopy przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Budowa układu kostnego stopy [1]

2.2. Łuki stopy

Łuki stopy przecinają się w punktach podparcia: pięcie, pierwszej i piątej kości śródstopia. Są odpowiedzialne za wytrzymałość stopy i jej elastyczność. Kości tworzące łuki pokazano na rysunku 2.

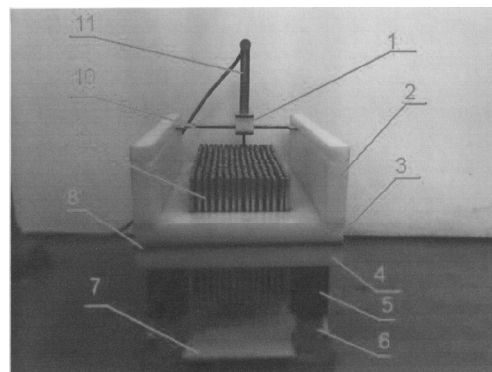


Rys.2. Łuki stopy[1]

- Przyśrodkowy Łuk Podłużny** - nazywany również łukiem głównym biegnie po wewnętrznej części podbicia, pełni funkcję amortyzacji i utrzymywania równowagi.
- Boczny Łuk Podłużny** - biegnie po zewnętrznej stronie podeszwy, pełni rolę stabilizacyjną.
- Łuk Poprzeczny** - jest ustawiony poprzecznie do pozostałych łuków, daje stopie wsparcie w kierunku poprzecznym.

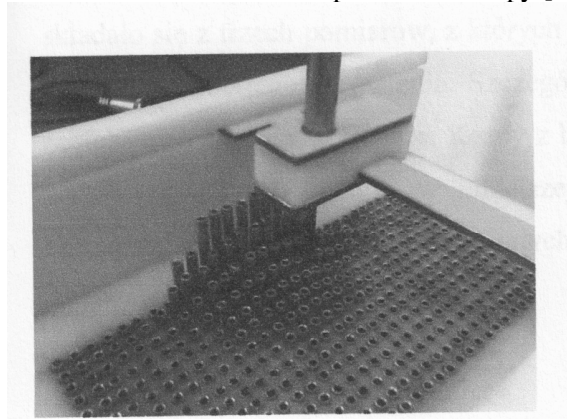
3.1. Stanowisko do badania sklepienia łuków stopy

Punktem wyjścia pracy nad elektronicznym torem pomiarowym było stanowisko do badania sklepienia łuku stopy skonstruowane i wykonane w Katedrze Mechaniki Doświadczalnej i Biomechaniki Politechniki Krakowskiej – rysunek 3. Stanowisko powstało jako urządzenie całkowicie manualne, pozbawione układu elektrycznego. Pomiar polegał na ręcznym nastawianiu czujnika nad poszczególne punkty (rysunek 4), a następnie zapisywaniu wyniku pomiaru w bazie danych. Takie rozwiązanie pozwoliło sprawdzić i potwierdzić możliwość zastosowania stanowiska w pomocniczej diagnostyce wad stóp. Następnym krokiem jest automatyzacja pomiaru poprzez wprowadzenie elektronicznego toru pomiarowego.



Rys.37. Schemat stanowiska: 1- uchwyt czujnika, 2- prowadnica boczna, 3- płyta górna, 4- płyta dolna, 5- tuleja dystansowa, 6- noga, 7- płyta zerująca, 8- dystans, 9- wskaźniki pomiarowe, 10- prowadnica poprzeczna, 11- czujnik przemieszczeń

Rys. 3. Stanowisko do badania sklepienia łuku stopy [2]



Rys. 4. Pomiar wysokości sklepienia stopy [2]

3.2. Założenia i cele

Podstawowe zadania toru ujęto w punktach poniżej:

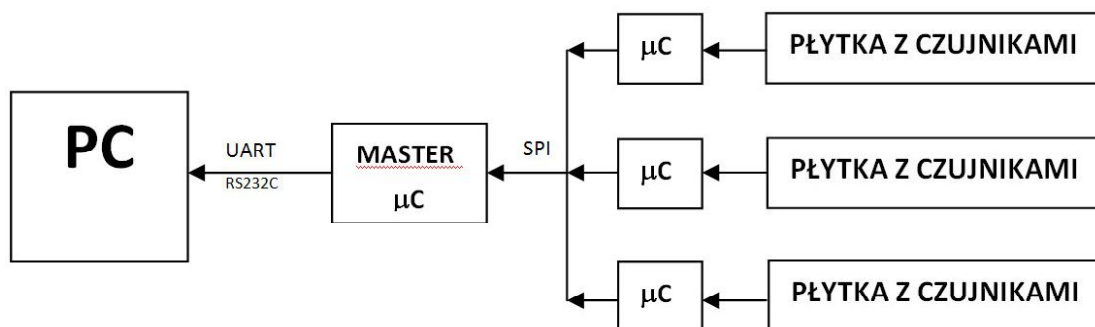
- Uzyskanie danych i archiwizacja wyników ma się odbywać w sposób automatyczny.
- Archiwizacja danych w postaci cyfrowej na dysku komputera w formacie pozwalającym na łatwy dostęp i wykorzystanie.

- Wykorzystanie standardowych elementów (redukcja kosztów).
- Oprogramowanie stworzone w prostym i łatwo dostępnym środowisku.
- Łatwa aplikacja różnych typów czujników - jednolity standard sygnału.

3.3. Koncepcja toru

Pomiar sklepienia stopy odbywa się poprzez liniowe przemieszczenie kołeczków pomiarowych, odwzorowujących kształt podeszwy. Są one sprzężone z czujnikami przemieszczeń, z których sygnał przesyłany jest do komputera za pośrednictwem mikrokontrolerów. Zastosowanie mikrokontrolerów zamiast wyspecjalizowanych układów przełączających zwiększa łatwość późniejszej modyfikacji urządzenia przez modyfikacje oprogramowania. Rozwiązanie to pozwala na ograniczenie kosztów elementów elektronicznych.

3.4. Schemat i działanie



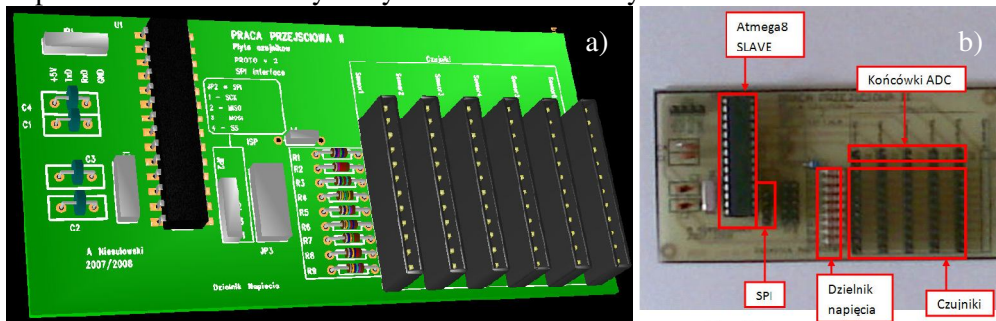
Rys. 5. Schemat blokowy elektronicznego toru pomiarowego

Na każdej płytce znajdują się rzędy czujników, będących końcówkami dzielnika napięcia lub potencjometrami. Sygnał analogowy jest przesyłany do mikrokontrolera Atmega8, gdzie zostaje przekształcony do postaci cyfrowej przez wbudowany przetwornik analogowo cyfrowy (dalej ADC). Podłączanie kolejnych czujników wykonywane jest dzięki wbudowanemu multiplexerowi. Układ ten umożliwia odczyt wartości przemieszczenia kołeczków z dokładnością 10 bitów.

W pamięci mikrokontrolera zbierane są dane o położeniu każdego z czujników i przesyłane do układu sterującego, gdy aktywowany jest wbudowany w mikrokontroler interfejs SPI danej płytki. Z układu sterującego dane są wysyłane do portu szeregowego komputera PC pracującego w standardzie RS232 za pośrednictwem układu MAX232. W komputerze przechwytywanie oraz zapis wyników pomiaru odbywa się w programie „Hyper Terminal” lub podobnym, obsługującym port szeregowy. Taka ścieżka prowadzi do powstania pliku tekstowego, zawierającego „współrzędne pionowe” zestawu 480 czujników. Dalsza obróbka może odbyć się już w dowolnym programie na przykład w arkuszu kalkulacyjnym Excel, gdzie możliwa jest wstępna wizualizacja danych i przygotowanie pliku mogącego być zaimportowanym do systemu CAD.

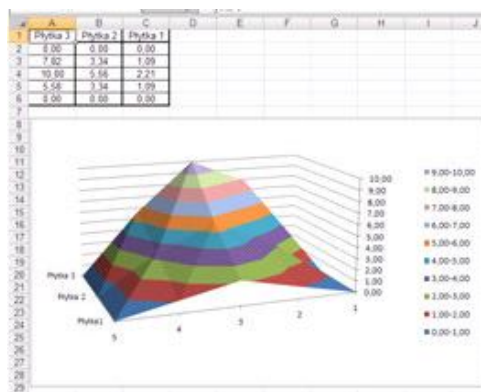
Do celów doświadczalnych, mających potwierdzić poprawność wybranych rozwiązań, zbudowano prototyp toru pomiarowego. Funkcjonalność ograniczono do poziomu pozwalającego sprawdzić słuszność założeń projektu oraz możliwości implementacji w rozwijanym stanowisku do badania sklepienia łuku stopy. Takie podejście pozwoliło na wykorzystanie zestawu uruchomieniowego ZL2AVR [3] wyposażonego w mikrokontroler Atmega8 jako układu sterującego. Pozostała część toru w postaci płytek czujników została wykonana w ramach pracy przejściowej. Na rysunkach 6a i 6b znajdują się trójwymiarowy model prototypowej płytki czujników opartych na dzielniku napięcia i zdjęcie gotowej płytki wraz z opisem.

Podczas budowy prototypu priorytetem było opracowanie oprogramowania mikrokontrolerów, które zapewniałyby bezkonfliktową komunikację między urządzeniem, a komputerem PC oraz między samymi układami scalonymi.



Rys. 6. Model 3D płytki - a); Gotowa płytki czujników - b)

Konstrukcja posłużyła również do przeprowadzenia szeregu badań testowych różnych rozwiązań konstrukcyjnych i opracowania algorytmu przetwarzania odbieranych danych przez komputer PC. Na rysunku 7 przedstawiono przykład obróbki i wizualizacji odczytanych danych w arkuszu kalkulacyjnym.



Rys. 7. Przykład wizualizacji danych w arkuszu kalkulacyjnym

4. WNIOSKI

Po wykonaniu prototypu i serii próbnych pomiarów, analiza założeń projektu wykazała możliwość dalszych prac nad systemem. Ogólne założenia odnoszące się do działania urządzenia można uznać za słuszne. Udało się uzyskać odczyt wartości analogowych, a później przetworzyć je na wielkości cyfrowe i przesłać do komputera. Zapis danych na dysku twardym również nie przedstawia większych trudności. Obróbka wyników przy wykorzystaniu możliwości standardowego oprogramowania biurowego i później inżynierskiego jest zagadnieniem wykonalnym, mającym duży potencjał rozwojowy.

Kluczowym zagadnieniem wydaje się budowa w pełni funkcjonalnego urządzenia, na którym będzie można rozwijać oprogramowanie mikrokontrolerów sterujących przepływem danych jak również programów analizujących otrzymane wyniki. W przyszłości rozwój oprogramowania może umożliwić powstanie systemu eksperckiego bazującego na sieciach neuronowych bardzo mocno wspomagającego lekarzy i techników zajmujących się ortopedią.

Ta krótka analiza uzasadnia dalsze prace nad konstrukcją, która w dużym stopniu może się przyczynić do odciążenia personelu medycznego i co najważniejsze pacjentów (dzieci), którzy z racji wieku nie są tak cierpliwi jak osoby dorosłe.

LITERATURA

- [1] <http://www.scholl.com.pl>
- [2] Cygan M., Praca dyplomowa: Projekt i budowa stanowiska do badania sklepienia łuku stopy, Politechnika Krakowska 2007
- [3] Wiąznia M., Programowanie mikrokontrolerów AVR w języku BASCOM, Warszawa 2004 wydanie I

PROJECT OF ELECTRONIC MEASURING ROUTE FOR FOOT BOWS SCANNING DEVICE

Summary. Paper is dedicated to the problem of gain over and archive data, during scanning foot bow on equipment designed and built in the Department of Experimental Mechanics and Biomechanics Technical University of Cracow. Device development is aimed to verification and confirmation of application as auxiliary foot diseases test method and prosthetics. Project is a trial of automation of measurement by implementation of electronic measuring route leaning on microcontrollers and results application into CAD/CAM software.