

OBRAZ WART TYSIĄCA KROKÓW



**dr hab. Katarzyna
Kaczmarczyk,
prof. AWF**

Jest fizjoterapeutą, kieruje Katedrą Podstaw Fizjoterapii oraz Szkołą Naukową w Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie. Zajmuje się diagnostyką narządu ruchu, analizą chodu, stabilności posturalnej oraz funkcjonalnością płuc. katarzyna.kaczmarczyk@awf.edu.pl



**dr hab. Michalina
Błażkiewicz,
prof. AWF**

Zajmuje się oceną i modelowaniem udziału mięśni w chodzie osób zdrowych oraz z niepełnosprawnościami, analizą stabilności posturalnej, ruchu i obciążeń w różnych dyscyplinach sportowych oraz badaniami EMG. michalina.blazkiewicz@awf.edu.pl

Krok za krokiem, nogą za nogą – niby nic prostszego. Jednak chód jest jednym z najbardziej skomplikowanych ruchów wykonywanych przez człowieka. Jak można opisać tę złożoną aktywność i co wynika z takich badań?

**Katarzyna Kaczmarczyk
Michalina Błażkiewicz**

Akademia Wychowania Fizycznego
Józefa Piłsudskiego w Warszawie

Chód jest jedną z pierwszych złożonych czynności ruchowych ciała, która pojawia się w rozwoju organizmu. Mimo że uważa się go za oczywisty i naturalny, jest jednym z najbardziej skomplikowanych ruchów wykonywanych przez człowieka. Prawidłowy chód jest definiowany jako precyzyjne, skoordynowane, powtarzające się ruchy kończyn, których zadaniem jest przemieszczanie się ciała z miejsca na miejsce, charakteryzujące się rytmicznym gubieniem i odzyskiwaniem równowagi w zmieniających się fazach przenoszenia i podporu, przy jak najmniejszym zużyciu energii.

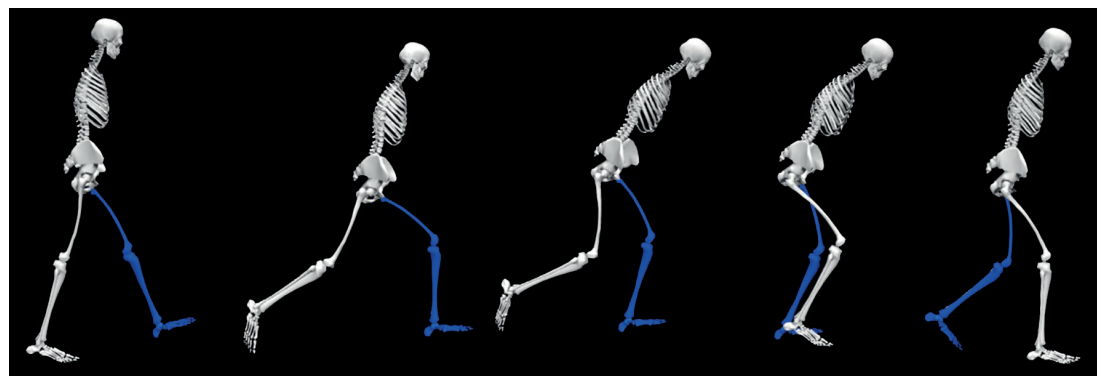
Podstawową jednostką strukturalną chodu jest cykl chodu. Każda kończyna dolna wykonuje określone, następujące po sobie sekwencje, które są jednakowe

dla prawej i lewej strony, a ich wzajemny udział w cyklu chodu wynosi 50 proc. W każdym cyklu można wyróżnić dwie fazy: przenoszenia i podporu.

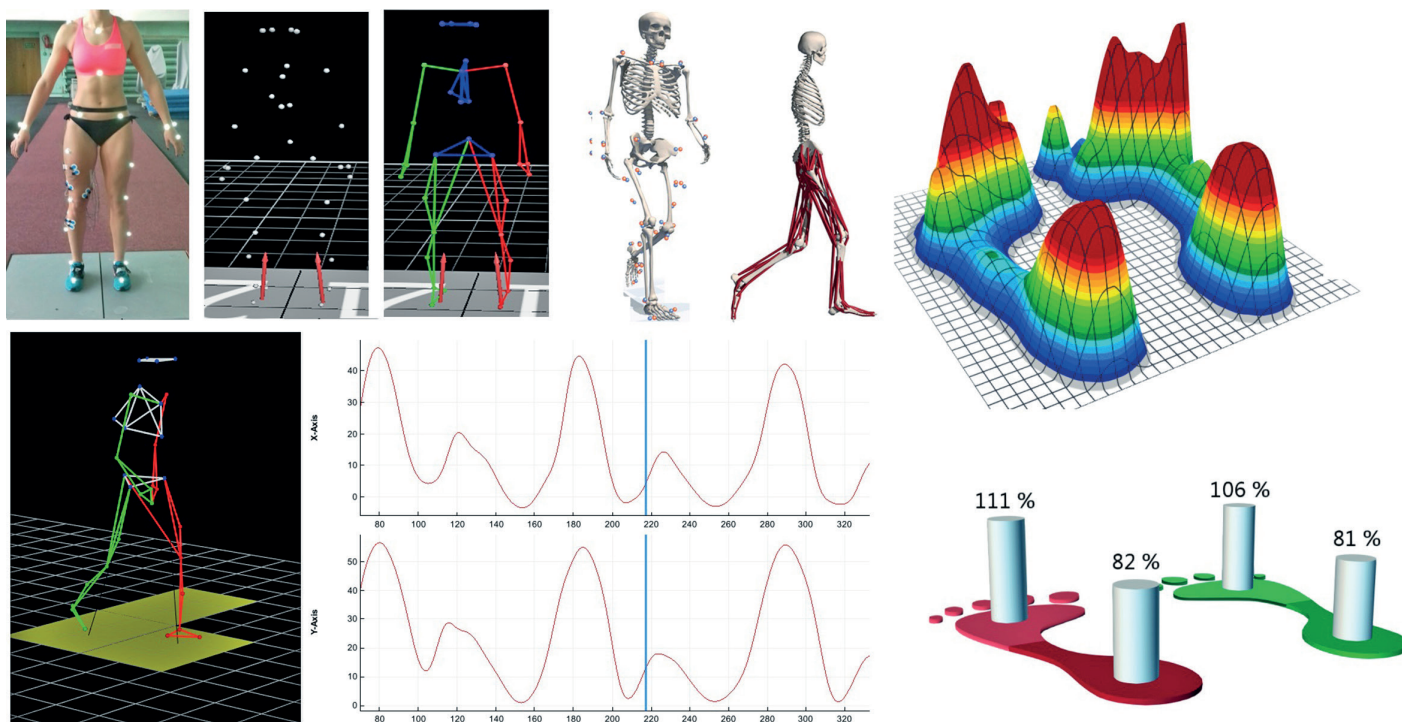
Prawidłowy chód wymaga wysokiej i precyzyjnej integracji układu nerwowego i mięśniowego. Gdy któryś z elementów tego systemu ulegnie uszkodzeniu na skutek urazu, degeneracji czy deformacji, natychmiast znajduje to odzwierciedlenie w postaci patologii chodu.

Jak można badać chód człowieka?

Prawidłowa diagnostyka chodu jest niezbędna klinicyście i fizjoterapeutom. Pozwala m.in. lepiej zrozumieć podstawowe mechanizmy i strategie sterowania ruchem, zaplanować terapię, planować i ocenić wyniki leczenia operacyjnego, ocenić jakość i dopasowanie protez, ocenić stan funkcjonalny pacjenta po wszczepieniu endoprotez dużych stawów, przeprowadzić diagnostykę funkcjonalną, monitorować postępy leczenia i rozróżnić nieprawidłowe wzorce ruchowe wynikające z neuropatologii. Klasyfikacja nieprawidłowych



Typowa reakcja na poślizgnięcie (np. na zmarzniętej powierzchni), na którą stanęliśmy lewą kończyną dolną, oznaczoną na niebiesko



Parametry kinematyczne chodu w czasie perturbacji typu potknięcie w fazie *initial contact* podczas chodu. Na rysunku są przedstawione dane jednej osoby w czasie trwania próby potknięcia w fazie *initial contact* swobodnego, odpowiednio dla prawej i lewej strony ciała

wzorców ruchowych zgodnie z zaburzeniami funkcjonalnymi pozwala klinicyście na lepsze dostosowanie metod leczenia do indywidualnych potrzeb pacjentów.

Podłożem patologicznego wzorca chodu mogą być m.in. deformacje, przykurcze, osłabienie siły mięśniowej, nieprawidłowe neurosterowanie czy ból. Nawet niewielkie zmiany wzorca chodu mogą powodować zwiększenie wydatku energetycznego i pojawienie się nieprawidłowości wtórnych. By odpowiednio dobrać metody leczenia, konieczne jest rozróżnienie funkcjonalnych kompensacji i problemów pierwotnych. Problem pierwotny to taki, który jest obecny w organizmie człowieka od urodzenia lub wczesnych lat życia. Z kolei zaniedbanie prawidłowego rozwoju czy też funkcjonowania (np. brak ruchu lub złe nawyki podczas siedzenia) będzie powodowało powstawanie kompensacji funkcjonalnych. Kompensacja funkcjonalna to jeden z mechanizmów obronnych organizmu polegający na wyrównywaniu braku możliwości wykonania danego ruchu innym – bardzo podobnym. Niestety, dzieje się to przy wzmożonej pracy mięśni, które w danym momencie nie powinny być aktywne w tak dużym stopniu.

Badania chodu przeprowadza się, by ocenić parametry czasowo-przestrzenne, kinematyczne, kinetyczne oraz aktywności mięśniowej. Najpopularniejsze, a jednocześnie niezwykle przydatne w diagnostyce chodu są wielkości opisujące jego czasową strukturę (wyrażone w sekundach lub odsetku czasu trwania cyklu chodu). Należą do nich: czas potrzebny na wykonanie jednego pełnego cyklu chodu oraz czas trwania poszczególnych faz. Wielkości charakteryzujące prze-

strzenną strukturę chodu to: długość kroku, długość podwójnego kroku (jednego cyklu chodu), kąt kroku (kąt zawarty między osią długą stopy a kierunkiem ruchu) oraz szerokość kroku definiowana jako odległość między piętami w momencie, gdy obydwie stopy znajdują się na podłożu. Warto podkreślić, że zmienną najczęściej uwzględnianą w badaniach jest prędkość chodu. Procentowy udział czasu trwania poszczególnych faz zależy od wieku, masy i wysokości ciała. Wraz z wiekiem jest obserwowane skrócenie długości kroku, kadencji oraz wydłużenie fazy podwójnego podporu. Podobne wyniki obserwowano u osób o większej masie i mniejszej wysokości ciała.

Parametry kinematyczne to takie, które będą oceniać geometryczny aspekt ruchu bez uwzględniania sił. Należą do nich: zakresy ruchomości w stawach, kąty w stawach, prędkości i przyspieszenia kątowe i liniowe. Parametry kinetyczne to takie, które opisują ruch ciała człowieka z punktu widzenia działających na niego sił. Wśród nich najczęściej jest analizowana wartość przebiegu składowej pionowej siły reakcji podłoża w chodzie swobodnym, w której wyraźnie zaznaczają się trzy fazy: hamowanie, przetoczenie i odbicie.

Aktywność mięśni jest szacowana przy użyciu elektromiografii powierzchniowej (sEMG). Ocenia ona funkcjonowanie układu mięśniowego oraz przewodzenie w nerwach obwodowych przez analizę sygnałów mioelektrycznych powstałych wskutek zmian fizjologicznych w stanie błon komórkowych włókien mięśniowych. Wyżej wymienione parametry stanowią podstawę do obiektywnej analizy chodu pacjenta.

Istnieje wiele metod pomiarowych, które wspierają subiektywną ocenę klinicysty. Do najpopularniejszych należą: ścieżki podoskopowe, platformy dynamometryczne, tensometryczne czy piezoelektryczne, metody optoelektryczne (system kamer), elektrogoniometri, akcelerometry czy opisywana wcześniej elektromiografia powierzchniowa. Dobranie odpowiedniej metody pomiarowej wydaje się kluczowym elementem do uzyskania satysfakcjonujących wyników analizy. Ścieżki podoskopowe to urządzenie diagnostyczne do badania rozkładu sił nacisku stóp na podłogę. Umożliwiają one właściwą ocenę kształtu stopy, a tym samym szybkie wykrycie stopnia ich deformacji. Platformy dynamometryczne (tensometryczne czy piezoelektryczne) pozwalają na ocenę sił reakcji podłoża w czasie chodu. Pozwalają one również na ocenę równowagi w czasie stania swobodnego na jednej lub dwóch kończynach dolnych. Akcelerometry to proste urządzenia montowane na ciele człowieka pozwalające na ocenę przyspieszenia i prędkości wykonywania ruchów.

Metody optoelektryczne są najbardziej kompleksową i zaawansowaną formą oceny ruchu ciała człowieka. Specjalnie ustawiony system kamer pozwala na rzeczywistą analizę ruchu w każdym momencie czasowym, dając szybki wgląd w omawiane parametry czasowo-przestrzenne i kinematyczne. Jeśli taki system jest zsynchronizowany z platformami dynamometrycznymi oraz możliwością nagrania sygnału EMG z interesujących nas mięśni, wówczas możemy mówić o pełnej, kompleksowej i obiektywnej analizie ruchu. Warto podkreślić fakt, że wszystkie niezbędne informacje są wyświetlane na ekranie komputera przy użyciu obrazów, na których są umieszczone bardziej lub mniej skomplikowane modele badanej osoby, wykresy kątów w stawach, obciążenia wraz z wartościami procentowymi.

Dlaczego badamy chód?

W Katedrze Podstaw Fizjoterapii Wydziału Rehabilitacji Akademii Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie we współpracy z Regionalnym Ośrodkiem Badań i Rozwoju Akademii Wychowania Fizycznego w filii Białej Podlaskiej podjęliśmy próbę oceny stabilności chodu w reakcji na indukowane potknięcia i poślizgnięcia u starszych osób dorosłych po 60. roku życia. Do tego celu wykorzystano system GRAIL (Gait Real-time Analysis Interactive Lab, Motek Medical BV, NLD) – interaktywne laboratorium do analizy chodu w czasie rzeczywistym. GRAIL wykorzystuje dwupasmową bieżnię, system przechwytywania ruchu Vicon Motion Capture oraz środowisko wirtualnej rzeczywistości (VR) wraz z trzema kamerami wideo.

Każdy niezależnie od wieku, zawodu czy stanu zdrowia może się poślizgnąć lub potknąć, co może



KATARZYNA KACZMARCZYK, MICHAŁINA BŁĄKIEWICZ

prowadzić do upadku. Wiele upadków ma poważne konsekwencje, takie jak złamania kości lub nawet wstrząśnienia mózgu. Do poślizgnięcia dochodzi wówczas, gdy na śliskiej nawierzchni stopy tracą kontakt z podłożem i zaczynają się poruszać szybciej niż reszta ciała. Z kolei potknięcie jest to odruch nieostrożności polegający na zaczepieniu się stopą o przeszkodę, w wyniku czego stopa pozostaje nieruchoma, a ciało porusza się dalej. Omówiony system GRAIL umożliwił chwilowe zmiany prędkości poruszania się jednego z pasów bieżni, co pozwoliło na symulację potknięcia lub poślizgnięcia w zależności od tego, czy pas bieżni odpowiednio przyspieszał, czy zwalniał. Uzyskane wyniki pozwoliły na stworzenie ogólnej charakterystyki reakcji ciała na perturbacje w zależności od fazy chodu, w której następowało zaburzenie. Na tym etapie można wysunąć bardzo ogólne wnioski dotyczące reakcji na indukowane poślizgnięcia na lewym pasie bieżni: pochylenie tułowia do przodu, wejście w formę przysiadu wykrocznego oraz rotacja zewnętrzna w prawym stawie biodrowym. Jeżeli potknęła lub poślizgnęła się osoba sprawna fizycznie, powinna w kolejnych krokach wrócić do prawidłowej lokomocji, odzyskując równowagę. Jeżeli zaś takie zdarzenie przytrafiło się osobie, której układ nerwowo-mięśniowy reaguje dużo gorzej na nieoczekiwane sytuacje, wówczas może dojść do czasowego przeciążenia aparatu ruchu lub w najgorszej sytuacji do złamania. Obydwie sytuacje spowodują zmiany w lokomocji, a tym samym zupełnie inne rozkłady obciążeń w stawach, co może skutkować efektami bólowymi i pogorszeniem jakości życia. ■

Stanowisko pomiarowe systemu GRAIL

Chcesz wiedzieć więcej?

Arvin M., Mazaheri M., Hoozemans M.J.M., Pijnappels M., Burger B.J., Verschueren S.M.P., van Dieën J.H., *Effects of narrow base gait on mediolateral balance control in Young and older adults*, „Journal of Biomechanics” 2016.

Roeles S., Rowe P.J., Bruijn S.M., Childs C.R., Tarfali G.D., Steenbrink F., Pijnappels M., *Gait stability in response to platform, belt, and sensory perturbations in young and older adults*, „Medical & Biological Engineering & Computing” 2018.

Yagi M., Ohne H., Konomi T., Fujiyoshi K., Kaneko S., Takemitsu M., Machida M., Yato Y., Asazuma T., *Walking balance and compensatory gait mechanisms in surgically treated patients with adult spinal deformity*, „The Spine Journal: Official Journal of The North American Spine Society” 2016.