

Streszczenie

Analiza i porównanie reakcji młodych kobiet na perturbacje przednio-tylne występujące w różnych fazach cyklu chodu

Wstęp

Perturbacje, definiowane jako nagłe zaburzenia równowagi dynamicznej, mogą mieć istotny wpływ na biomechanikę chodu. Celem pracy była identyfikacja parametrów czasowoprzestrzennych, kinematycznych i kinetycznych chodu, które są najbardziej podatne na perturbacje występujące w fazach Initial Contact (IC) i Pre-Swing (PSw) cyklu chodu, oraz określenie udziału sił mięśniowych kończyn dolnych w odpowiedzi na te zakłócenia.

Materiał i metody

W badaniu wzięło udział 21 młodych kobiet w wieku 21.38 ± 1.32 lat, masie ciała 61.38 ± 6.48 kg i wysokości ciała 165.9 ± 4.53 cm. Perturbacje były wywoływane w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem systemu GRAIL (The Gait Real-time Analysis Interactive Lab, Motek Medical BV, Holandia). Podczas protokołu badania rejestrowano parametry czasowo-przestrzenne, kinematyczne i kinetyczne chodu swobodnego oraz chodu z perturbacjami. Perturbacje wywoływano przez zmiany prędkości przesuwu lewego pasa bieżni. Podczas chodu swobodnego obydwie pasy przesuwały się z prędkością 1.2 m/s. Przyspieszenie pasa w fazie PSw i spowolnienie w fazie IC symulowało poślizgnięcie, z kolei spowolnienie pasa w fazie PSw symulowało potknięcie. Wielkość każdej perturbacji wynosiła pięć w skali od 1 do 5. Oznaczało to zmianę prędkości pasa bieżni o około 0.5 ~ 0.6 m/s. Każdy rodzaj perturbacji wywoływano pięć razy co 10 sekund zaczynając od 30 sekundy. Następnie wykorzystano oprogramowanie OpenSim w celu obliczenia udziałów sił mięśniowych podczas reakcji na perturbacje. Uzyskane dane analizowano z zastosowaniem metod statystycznych, w tym metody Statistical Parametric Mapping (SPM). Analizowano różnice między chodem w obecności poszczególnych rodzajów perturbacji a chodem swobodnym uwzględniając osobno kończynę poddawaną perturbacjom i kończynę na nie odpowiadającą.

Wyniki

Przyspieszenie pasa bieżni w fazie PSw pociągało za sobą skrócenie i przyspieszeniem kroku zarówno kroku poddawanego perturbacjom jak i na nie odpowiadającego. Dla obydwu analizowanych kroków obserwowano większe zgięcie w stawie biodrowym i kolanowym, a

także zmniejszenie siły odpychania się od podłoża. W efekcie rejestrowano większą siłą generowaną przez mięśnie odpowiedzialne za ruch zgięcia stawu biodrowego, co miało na celu przeniesienia kończyny do przodu.

Spowolnienie pasa bieżni w fazie P_{Sw} było kompensowane większą długością i czasem trwania cyklu chodu kończyny poddawaj i odpowiadającej na perturbacje. Jednocześnie odepchnięcie od podłoża na przestrzeni obydwu kroków było słabsze niż w chodzie swobodnym. W obecności perturbacji obserwowano większy zakres zgięcia w stawie biodrowym i kolanowym, a także wzrost wartości siły generowanej przez mięśnie odpowiedzialne zarówno za zgięcie jak i wyprost stawu biodrowego. Z kolei krok kompensacyjny wiązał się ze zwiększeniem zakresu ruchu w stawie biodrowym, ale zmniejszeniem w stawie kolanowym. Jednocześnie rejestrowano największy wzrost rozwijanej siły mięśniowej w porównaniu do chodu swobodnego spośród wszystkich analizowanych warunków. Wzrost ten dotyczył mięśni zawiadujących stawem biodrowym.

Spowolnienie pasa bieżni w fazie IC skutkowało dłuższą fazą podporu i krótszą fazą przenoszenia. Sumarycznie czas trwania cyklu chodu kończyny poddawanej perturbacjom był dłuższy. Z kolei podczas kroku odpowiadającego na perturbacje badani skracali długość i czas cyklu chodu. Kompensacyjne reakcje obydwu kończyn wymagały mniejszego zakresu ruchu w stawach biodrowym, kolanowym i skokowo-goleniowym niż to co było obserwowane w czasie chodu swobodnego. Badani słabiej odpychali się od podłoża tylko kończyną poddawaną perturbacjom, a siła potrzebna do przeniesienia kończyny w przód była kompensowana przez większe wartości siły generowane przez zginacze stawu biodrowego. Z kolei kompensacyjny wzrost siły mięśniowej dla kończyny odpowiadającej na perturbacje angażował głównie mięśnie stabilizujące staw skokowo-goleniowy.

Wnioski

Najtrudniejsze do skompensowania okazały się perturbacje w fazie Pre-Swing. Dla kończyny poddawanej perturbacjom było to zwiększenie prędkości pasa bieżni w tej fazie cyklu chodu. Spośród analizowanych rodzajów perturbacji reakcje kompensacyjne na ten rodzaj wychwiał wiązały się z największymi różnicami w stawie kolanowym i skokowo-goleniowym w zakresie zmian ustawienia kąтового, oraz wartości momentów sił mięśniowych. Obserwowano także największe zmiany wartości sił reakcji podłoża. Co więcej, spośród analizowanych rodzajów perturbacji, podczas przyspieszenia pasa bieżni w fazie P_{Sw} obserwowano największy wzrost wartości sił mięśniowych. Z kolei dla kończyny

odpowiadającej na perturbacje, spośród analizowanych rodzajów perturbacji najtrudniejsze do skompensowania było zmniejszenia prędkości pasa bieżni w fazie PSw. Spośród wszystkich analizowanych rodzajów perturbacji obserwowano największe różnice w stawie biodrowym, kolanowym i skokowo-goleniowym w wartościach momentów sił mięśniowych oraz różnice wartości wszystkich składowych sił reakcji podłoża. Jednocześnie wyniki przeprowadzonych symulacji wskazują na największy wzrost generowanej siły mięśniowej.

Słowa kluczowe: reakcje na perturbacje chodu, udziały sił mięśniowych, OpenSim, GRAIL.

