

# Fizyczne aspekty posturografii w wirtualnej rzeczywistości

2020

1920

Magdalena Komar<sup>1,2</sup>, Leszek Czerwosz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Wydział Fizyki UW <sup>2</sup>Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej PAN

1920-2020



100 LAT POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

Podstawą wirtualnej rzeczywistości jest model matematyczny i/lub fizyczny wprowadzający relacje obiektów – zasady ich ruchów i ewentualnie wzajemnego wpływu. Wzrokowo-ruchowe sprzężenie zwrotne powstaje, gdy obserwator ma możliwość oddziaływania na obserwowaną scenę.

Posturograf mierzy wypadkowe położenie siły nacisku na stopy (COP) osoby stojącej na platformie. Obiektywna ocena układu równowagi odbywa się poprzez parametryzację trajektorii COP. Na położenie punktu COP ma wpływ położenie pionowego rzutu środka ciężkości (COG) ciała na poziomą płaszczyznę oraz siły bezwładności powstające przy ruchach ciała ze zmiennym przyspieszeniem, co wynika z aktywizacji lub zwalniania mięśni posturalnych.

Celem pracy była analiza ruchu punktu COP dla wybranych ćwiczeń ruchowych na posturografie przy ekspozycji na wirtualny obraz. Osoby ćwiczące obserwowały na ekranie komputerowym znacznik reprezentujący fizyczny punkt COP na poziomej płaszczyźnie podstawy. Wybrano najprostszy ruch – pochylanie wyprostowanej sylwetki do przodu. W ruchu tym następuje zgięcie w stawie skokowym. Na ekranie pojawiały się w różnych miejscach kolejno figury geometryczne kwadraty i koła, do których należało przemieścić znacznik przez odpowiednie pochylenie ciała, a przez to poruszając punktem COP. Program komputerowy oceniał umiejętność pacjenta osiągnięcia celu przez wyznaczenie procentowego czasu przebywania znacznika w obszarze tego celu. Ćwiczenie należało wykonywać raz szybko, a raz wolno. Szybsze wykonywanie ruchów powodowało generowanie większych sił bezwładności, które istotnie wpływały na położenie punktu COP, przesuając go zgodnie lub przeciwnie do zwrotu ruchu. W pomiarach posturograficznych znane jest tylko wynikowe położenie punktu COP, położenie COG nie jest mierzone, dlatego dla oceny wielkości wpływu sił bezwładności został napisany program w języku Python. Pozwala on zobrazować położenie środka ciężkości, szybkości i przyspieszenia przez cyfrowe wyliczenie I i II pochodnej. Model zakładał wyznaczenie punktu rzutu środka ciężkości COG jako położenie myszy komputerowej. Punkt COP modelowany był jako kombinacja liniowa położenia COG i drugiej pochodnej położenia po czasie  $f(x,y)$  z udziałem  $W$ :

$$COP(x,y) = COG(x,y) + W \times f(x,y)$$

gdzie  $x$  i  $y$  wyznacza położenie punktów COP i COG na płaszczyźnie.

Wykresy stabilogramów  $x(t)$  i  $y(t)$  rejestrowane w rzeczywistych pomiarach posturograficznych są bardzo zbliżone do wykresów otrzymanych z wykonanego modelu. W szczególności widoczne jest nagłe przesunięcie COP odwrotnie do zwrotu ruchu, przy jego rozpoczęciu – w fazie przyspieszenia oraz zgodnie ze zwrotem przy zakończeniu ruchu – w fazie hamowania.

Model pozwolił na zobrazowanie położenia COP i COG i wykazanie znaczącego opóźnienia punktu COP w porównaniu do COG przy ruchach przyspieszonych, a wyprzedzenia COP przy hamowaniu. Wyjaśnia to uzyskiwanie paradoksalnie znacznie gorszych wyników w pomiarach ze sprzężeniem zwrotnym przez osoby młode i energiczne. Do korekcji położenia stosują one szybkie ruchy, przez co punkt COP daleko odbiega od COG. Utrudnia to także wykonywanie gier ćwiczeniowych z użyciem posturografu.

**Słowa kluczowe:** posturografia, COP, siła bezwładności, układ równowagi, rzeczywistość wirtualna, wzrokowo-ruchowe sprzężenie zwrotne, gry posturograficzne

