

Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Wydział Lekarski

mgr Bartosz Ruta

**Analiza przydatności elektronicznych urządzeń
stosowanych w kinezyterapii**

**Analysis of the usefulness of electronic devices
used in kinesiotherapy**

Rozprawa doktorska

Promotor:

prof. dr hab. n. med. Jolanta Kujawa

Łódź 2021

8. Streszczenie

Analiza przydatności elektronicznych urządzeń stosowanych w kinezyterapii.

Część I

Posturograf własnej konstrukcji

Wprowadzenie

We współczesnej rehabilitacji ocenę równowagi pacjenta prowadzi się za pomocą testów funkcjonalnych i parametrycznych pomiarów ruchu środka ciężkości ciała (ang. Center of Pressure) wykorzystujących w tym celu sprzęt elektroniczny. Wyniki tych testów są wykorzystywane do oceny sprawności, określenia ryzyka upadku, monitorowania postępów rehabilitacji. W tej części pracy przedstawiono teorię budowy posturografu, jego budowę i analizę zgodności z wytycznymi i normami produkcji.

Cel

Celem inżynierskiej części pracy było opracowanie taniego, łatwego w konstrukcji, precyzyjnego, spełniającego normy ADAP (fr. Association pour le Developpement et l'Application de la Posturologie - Francuskie Towarzystwo Rozwoju i Zastosowania Posturologii) urządzenia, które można wykorzystać do pomiarów sił ciężkości, ruchu CoP i treningu równowagi.

Materiał i Metody

Opracowany posturograf składa się z czterech czujników nacisku pełniących jednocześnie funkcję nóżek podporowych i płyty nośnej. Pomiędzy czujnikami nacisku a komputerem ulokowany jest układ elektroniczny przetwarzający analogowy sygnał elektryczny z czujników na sygnał cyfrowy i dane binarne zrozumiałe dla komputera. Elektroniczny układ zamontowany w posturografie wykonuje również wstępne obliczenia matematyczne. Po przesłaniu danych do komputera wykonywane są w nim dalsze obliczenia matematyczne i rejestrowanie danych. Posturograf poddano analizie jakości i zgodności z normami ADAP. Dokonano analizy parametrów jakości rejestrowanego sygnału takich jak histereza, linijowość, szum elektryczny, powtarzalność oraz stabilność roczna.

Wyniki

Przeprowadzona analiza parametrów jakości rejestrowanego sygnału wykazała, iż posturograf własnej konstrukcji spełnia normy ADAP.

Podsumowanie

Opracowano urządzenie, łatwe w konstrukcji, precyzyjne, które można wykorzystać do pomiarów sił ciężkości analizy ruchów CoP i treningu równowagi.

Część II

Analiza przydatności posturografu własnej konstrukcji Ardu-Balance oraz konsoli Nintendo Wii Fit z przystawką Wii Balance Board w diagnostyce i treningu równowagi osób z dysfunkcjami kończyn dolnych.

Wprowadzenie

Posturografia jest techniką z wieloletnią historią i umożliwia w obiektywne pomiary wychyleń środka ciężkości ciała. Ze względu na wysoką cenę, małą mobilność urządzeń oraz doświadczenia przy montażu znajdują małe zastosowanie w małych klinikach lub w zastosowaniach domowych, z kolei producent konsoli do gier Nintendo Wii Fit wypuścił na rynek kontroler do swojej konsoli Wii Balance Board, która oferuje funkcje bardzo zbliżone do posturografów. W tej części pracy przedstawiono analizę charakteru zmian parametrów równowagi podczas treningu na posturografie własnej konstrukcji oraz na konsoli do gier Nintendo Wii Fit z przystawką Wii Balance Board i ocenę przydatności tych urządzeń.

Założenia i cel pracy

Głównym założeniem pracy jest określenie czy istnieje istotna statystycznie różnica pomiędzy zmianami parametrów równowagi po treningu na dwóch elektronicznych urządzeniach z wykorzystaniem wizualnego sprzężenia zwrotnego, należących do różnych klas użytkowych. Postanowiono przeprowadzić analizę porównawczą parametrów równowagi i ocenić przydatność w/w elektronicznych urządzeń w treningu równowagi. Sformułowano następujące pytania badawcze: 1. Czy parametry równowagi po trzytygodniowym treningu równowagi z sprzężeniem zwrotnym statystycznie różnią się między grupą ćwiczącą na konsoli Nintendo Wii Fit a grupą ćwiczącą na posturografie własnej konstrukcji. 2. Czy zarejestrowane zmiany parametrów równowagi wskazują na przydatność badanych urządzeń w procesie usprawniania osób z pourazowymi dysfunkcjami kończyn dolnych?

Materiały i metody

W badaniu wzięły udział 62 osoby po przebytych urazach kończyn dolnych w przedziale wieku 18 lat – 69 lat (średnia wieku $47,0 \pm 13,7$ lat, $me = 49$). Badani podzieleni zostali na dwie równoliczne grupy. W każdej grupie zastosowano inne elektroniczne urządzenie do treningu równowagi. W grupie Nintendo (G_N $n = 31$) u osób w przedziale wieku 18 lat - 69 lat o średniej $50,2 \pm 13,4$ lat trening rehabilitacyjny prowadzony był z wykorzystaniem konsoli do gier telewizyjnych z przystawką do ćwiczeń równoważnych Nintendo Wii Fit. W grupie drugiej - G_P , ($n = 31$) pacjenci w przedziale wieku 18 lat - 63 lat o średniej wieku $43,8 \pm 13,4$ lat wykonywali trening równoważny prowadzony z wykorzystaniem precyzyjnego posturografu Ardu-Balance (rok produkcji 2009).

Treningi równowagi prowadzone były u badanych w 3 tygodniowym cyklu treningowym (cztery dni w tygodniu, razem 12 zabiegów). Czas pojedynczego treningu dostosowany był do sprawności badanego i wynosił 20 minut w pierwszym tygodniu i

30 minut w każdym następnym. Intensywność treningów dostosowywana była do sprawności pacjentów. Stosowano submaksymalne obciążenia. W trakcie ćwiczeń kontroli statycznej równowagi badani musieli nieruchomo utrzymywać pozycję w zadanym przez grę punkcie. W trakcie ćwiczeń kontroli dynamicznej badani musieli wykonywać ruchy CoP i dynamicznie dostosowywać jego położenie do zmieniającej się sytuacji na monitorze. Analizowano takie parametry równowagi jak: Średnia X, Mod Średnia X, Odchylenie X, Odchylenie Y, Średnie Wychylenie, Średnia Prędkość, Średnia Częstotliwość, Pole Powierzchni, Długość Statokinezygramu, Długość Statokinezygramu/ Pole Powierzchni.

Wyniki

Trzy tygodniowy trening równowagi w grupie osób ćwiczących na Wii Balance Board doprowadził do istotnej statystycznie zmiany 4 z 10 parametrów równowagi, natomiast trening na posturografie 8 z 10. Osiem z dziesięciu parametrów równowagi różniło się w sposób istotny statystycznie między grupami ćwiczącymi na posturografie i konsoli w ostatnim (trzecim) punkcie czasowym

Wnioski

1. Zaobserwowane istotne statystycznie różnice dużej liczby parametrów pomiędzy badanymi grupami wskazują, iż efekty treningu na posturografie znacząco różnią się od efektów treningu na niższej klasowo konsoli do gier Nintendo Wii Fit.
2. Trening na posturografie powoduje korzystne modyfikacje parametrów równowagi u osób z dysfunkcją kończyn dolnych i jest skuteczną formą rehabilitacji.
3. Trening na konsoli Nintendo Wii Fit z przystawką Wii Balance Board powoduje modyfikacje parametrów równowagi w inny sposób niż trening na posturografie i może być stosowany jako uzupełnienie fizjoterapii lub jako forma rehabilitacji domowej.

Słowa kluczowe: Wii Balance Board; Nintendo; posturograf; równowaga; gry; wirtualna rzeczywistość; środek nacisku; środek ciężkości; analiza ruchu; sprzężenie zwrotne;

9. Abstract

Analysis of the usefulness of electronic devices used in kinesiotherapy.

Part I

Self-made posturograph

Introduction

In modern rehabilitation, the patient's balance is assessed using functional tests and parametric measurements of the Center of Pressure movement using electronic equipment. The results of these tests are used to assess fitness, determine the risk of falling, and monitor the progress of rehabilitation. This part of the work presents the theory of posturograph construction, its structure and analysis of compliance with the guidelines and production standards.

Aim

The aim of the engineering part of the work was to develop a low-cost, easy-to-design, precise, ADAP(French Association pour le Developpement et l'Application de la Posturologie - French Society for the Development and Application of Posturology)-compliant device that can be used for gravity force measurements, CoP motion and balance training.

Material and methods

The developed posturograph consists of four pressure sensors that act simultaneously as supporting legs and a support plate. Between the pressure sensors and the computer there is an electronic system that converts the analog electrical signal from the sensors into a digital signal and binary data understandable for the computer. The electronic system mounted in the posturograph also performs preliminary mathematical calculations. Further mathematical calculations and data logging are performed on the computer after the data has been. The posturograph was analyzed for quality and compliance with ADAP standards. The parameters of the recorded signal quality, such as hysteresis, linearity, electrical noise, repeatability and annual stability, were analyzed.

Results

The analysis of the recorded signal quality parameters showed that the posturograph of its own design meets the ADAP standards.

Summary

An easy-to-design, precise device was developed that can be used to measure gravity, CoP motion analysis and balance training.

Part II

Analysis of the usefulness of the Ardu-Balance posturograph and the Nintendo Wii Fit console with the Wii Balance Board attachment in the diagnosis and balance training of people with lower limb dysfunctions.

Introduction

Posturography is a technique with a long history and allows for objective measurements of the deviations of the body's center of gravity. Due to the high price, low mobility of devices and experience during assembly, they find little use in small clinics or in home applications, while the manufacturer of the Nintendo Wii Fit game console has released a controller for its Wii Balance Board console, which offers functions very similar to posturographs. This part of the work presents an analysis of the nature of changes in the balance parameters during training on a self-made posturograph and on the Nintendo Wii Fit game console with the Wii Balance Board attachment and the assessment of the usefulness of these devices.

Aim

The main aim of the work is to determine whether there is a statistically significant difference between changes in balance parameters after training on two electronic devices with the use of visual feedback, belonging to different classes. It was decided to conduct a comparative analysis of balance parameters and evaluate the usefulness of the above-mentioned electronic devices in balance training. The following questions were formulated: 1. Are the balance parameters after a three-week balance training with visual biofeedback statistically different between the group exercising on the Nintendo Wii Fit console and the group exercising on the self-constructed posturograph. 2. Do the registered changes in the balance parameters indicate the usefulness of the tested devices in the process of rehabilitation of people with post-traumatic dysfunctions of the lower limbs?

Materials and methods

The study involved 62 people with lower limb injuries in the age range 18 - 69 years (mean age 47.0 ± 13.7 years, $me = 49$). The respondents were divided into two equal groups. Each group used a different electronic balance training device. In the Nintendo group (G_N $n = 31$) aged 18 - 69 with an average of 50.2 ± 13.4 years, rehabilitation training was conducted with the use of a TV game console with a Wii Balance Board controller. In the second group - G_P , ($n = 31$) patients aged 18 - 63 with an average age of 43.8 ± 13.4 years performed equivalent training using a precise Ardu-Balance posturograph. Balance training was conducted in the subjects in a 3-week training cycle (four days a week, 12 treatments in total). The time of a single training session was adjusted to the performance of the subject and was 20 minutes in the first week and 30 minutes in each subsequent week. The training intensity was adjusted to the patients' fitness. Sub-maximum loads were used. During the static control balance exercises, the subjects had to keep their position motionless at the point set by the game. During the dynamic control exercises, the subjects had to perform CoP movements and dynamically adjust its position to the changing situation

on the monitor. The following balance parameters were analyzed: X Average, X Average Mod, Deflection X, Deflection Y Bias, Mean Deflection, Average Velocity, Average Frequency, Sway Area, CoP Path, CoP Path / Sway Area.

Results

Three-week balance training in the group of people exercising on the Wii Balance Board led to a statistically significant change of 4 out of 10 of the balance parameters, while the training on the posturograph – 8 out of 10. Eight out of ten of the balance parameters differed statistically significantly between the groups exercising on the posturograph and the console in the last (third) time point.

Conclusions

1. The observed statistically significant differences of a large number of parameters between the studied groups indicate that the effects of training on the posturograph significantly differ from the effects of training on the lower class Nintendo Wii Fit game console.
2. Training on posturography causes positive modifications to the balance parameters to the people with lower limb dysfunction and is an effective form of rehabilitation.
3. Training on the Nintendo Wii Fit console with the Wii Balance Board adapter modifies the balance parameters in a different way than training on the posturograph and can be used as a supplement to physiotherapy or as a form of home rehabilitation.

Keywords: Wii Balance Board; Nintendo; posturography; balance; games; virtual reality; center of pressure; center of pressure; center of gravity; motion analysis; biofeedback;