

AKÜ FEMÜBİD 18 (2018) 017103 (727-733)

AKU J. Sci. Eng.18 (2018) 017103 (727-733)

DOI: 10.5578/fmbd.67249

## Nörolojik Rehabilitasyon için Kinect Sensörlü Ölçüm ve Egzersiz Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

Uğur Fidan<sup>1</sup>, Neşe Özkan<sup>2</sup>,<sup>1,2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.  
e-posta: ufidan@aku.edu.tr<sup>1</sup>, nozkan@aku.edu.tr<sup>2</sup>

Geliş Tarihi:20.01.2018 ; Kabul Tarihi:14.08.2018

### Özet

#### Anahtar kelimeler

Rehabilitasyon;  
Nöroloji;  
Fizik tedavi;  
Evde bakım;  
Görüntü işleme;  
Sanal gerçeklik

İnme, Parkinson ve Serebral Palsi gibi nörolojik hastalık geçiren insanlar yürüme, konuşma ve kavrama gibi günlük hayattaki hareketleri yaparken zorluk çekmektedir. Bu nörolojik hastalıklar rehabilitasyon teknikleri ile tedavi edilmeye çalışılmaktadır. Hızla gelişen sanal gerçeklik uygulamaları rehabilitasyon alanında alternatif tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu çalışmanın amacı nörolojik rehabilitasyona ihtiyaç duyan hastaların kendi yaşam alanları içerisinde egzersizlerini yapabileceği ve tedavinin takip edebileceği bir sistem geliştirilmiştir. Çalışmada konum algılama için Kinect sensörü ve Unity 3D oyun motorundan yararlanılmıştır. Tasarlanan oyunlar ile hafıza, alt ekstremitte ve üst ekstremitte için ölçüm ve egzersiz sistemi gerçekleştirilmiştir. Kısa dönem hafıza durumunun ölçülmesi için ekrandaki resimleri eşleştirme süresinden yararlanılmıştır. Alt ekstremitte ölçümünde 30s zaman içerisinde 45°lik abduksiyon ve fleksiyon eklem açıklığına ulaşma açısı ve süresi ölçülmüştür. Üst ekstremitte ölçümünde ise 0° abduksiyon, 90° abduksiyon, 180° abduksiyon ve 75°lik adduksiyon için eklem açıklığına ulaşma açısı ve süresi ölçülmüştür. Bu verilere göre sağ ve sol lateral arasındaki balans ile interior-posterior arasındaki balans belirlenmiştir. Böylece elde edilen indeks skorlarının depolanması ve internet üzerinden fizik tedavi uzmanına iletilmesi sağlanmıştır.

## Design and Implementation of Measurement and Exercise System with Kinect Sensor for Neurological Rehabilitation

### Abstract

#### Keywords

Rehabilitation;  
Neurology;  
Physiotherapy;  
Home health care;  
Image processing;  
Virtual reality

People suffering from neurological diseases such as Stroke, Parkinson's and Cerebral Palsy are having difficulty doing daily living movements such as walking, speaking and gripping. These neurological diseases are being tried to be treated with rehabilitation techniques. Rapidly developing virtual reality applications have led to the development of alternative treatment methods in the field of rehabilitation. The aim of this study is to develop a system in which patients who need neurological rehabilitation can exercise in their own living spaces and follow up with treatment. The position sensing sensor Kinect and Unity 3D gaming motor are used in the study. The measurement and exercise system for memory, lower extremity and upper extremity were realized with the designed games. The short-term memory situation has been measured with duration of matching picture on screen. The time and extent of reaching the abduction and flexion joint opening of 45 degree in the duration of 30 second in the lower extremity was measured. In the measurement of upper extremity, the angle and duration of joint opening was measured for 0° abduction, 90° abduction, 180° abduction and 75° adduction. According to this, the balance between the right and left lateral and the balance between interior and posterior was determined. Thus, the obtained index scores are stored and transmitted to the physiotherapist via the internet.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

### 1. Giriş

İnme, Parkinson ve Serebral Palsi gibi nörolojik hastalık geçiren insanlar yürüme, konuşma ve kavrama gibi günlük hayattaki hareketleri yaparken

zorluk çekmektedir. Bu insanların bu hareketleri yapamamalarının nedeni hastalığın sinir sistemine verdiği zarardır. Mekanik olarak bu hareketleri yapmada hiçbir engel olmamasına rağmen

beyinden gönderilen sinyaller kaslara yeterince iletilmediği için yürüme, konuşma ve kavrama gibi hareketleri yapmak zor hatta imkânsız hale gelmektedir. Bu hastalıkların tedavisinde kullanılan nörolojik rehabilitasyonun başarısı hastanın verilen hareketleri kendi yaşam alanı içerisinde de devam ettirebilmesine bağlıdır. Mayo ve arkadaşları evde yapılan rehabilitasyonun hastanın sosyal hayata adaptasyonunu hızlandırdığını tespit etmiştir (Mayo *et al.* 2000).

Konu ile ilgili literatür çalışmaları incelediğinde üst ekstremitelerde kullanımı, denge ve mobilite gibi çeşitli hastalıklarla ilgili Kinect cihazı kullanarak tedavi gören bireyler için kısa vadeli sonuçlarının daha yararlı olduğunu göstermektedir. Birleşik Krallıkta yapılan bir grup çalışmasında rehabilitasyon uzmanları tarafından inme hastaları için en yaygın yardımcı teknolojinin bilgisayar oyunları olduğu belirtilmektedir (Johnson *et al.* 2013). Kanada'daki rehabilitasyon merkezindeki terapistler ve fizik tedavi uzmanları üzerinde yapılan ankete göre yatarak tedavi gören hastaların %76'sının tedavisinde Nintendo Wii faydalı olmuştur. Ayrıca ayakta tedavi gören hastaların ise %73'nün Nintendo Wii ile uygulanan tedavi programlarına sadık kaldıkları belirtilmiştir (Fung *et al.* 2012). Literatürde sanal gerçeklik sistemleri ile standart sistemler arasındaki doğruluk ve geçerlilik çalışmalarına ulaşmak mümkündür. Rehabilitasyon uygulamalarında kullanılabilecek en yeni ürün Microsoft firmasının ürettiği Kinect sensörüdür. Rajaratnam'a göre Kinect Xbox oyunlarının rehabilitasyon sistemi olarak yetişkinler de dahil olmak üzere farklı gruplar üzerinde uygulanmasının olumlu sonuçları bulunmaktadır (Rajaratnam *et al.* 2013, Sin and Lee 2013).

Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar Kinect cihazının ataksi hastaları (Ilg *et al.* 2012), serebral palsi hastası çocuklar (Luna-Oliva *et al.* 2013), Multiple skleroz (Gutiérrez *et al.* 2013) ve ayak burkulması (Vernadakis *et al.* 2014) gibi farklı hastalıkların rehabilitasyon tedavisine katkı sağladığını göstermektedir. 2015 yılında Pedraza ve arkadaşları Kinect cihazının "Creative Commons" lisansını kullanarak bir rehabilitasyon oyunu

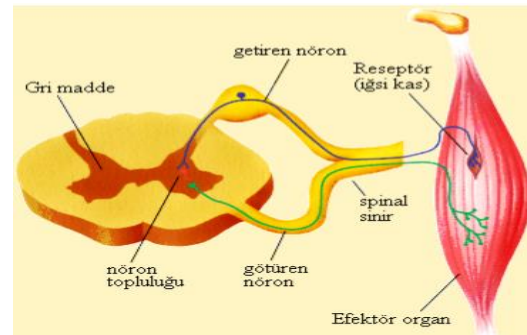
(Pedraza-Hueso *et al.* 2015) hazırlarken Xu ve Arkadaşları Kinect cihazının geçerliliğini test ederek sistemin güvenilir olduğunu belirtmişlerdir (Xu and McGorry 2015).

Bugüne kadar yapılan çalışmalar hastaların evde sağlık kavramı içerisinde değerlendirilmiştir. Fizik tedavi ve rehabilitasyon sürecinin devamlılığı ne kadar önemli ise bu hasta gruplarının uzman tarafından takip edilmesi bir o kadar önemlidir. Bu çalışmanın amacı nörolojik rehabilitasyona ihtiyaç duyan hastaların kendi yaşam alanları içerisinde de tedavi ekibinin görüş ve önerileri doğrultusunda verilen egzersizleri yapabileceği görüntü işleme temelli rehabilitasyon aracı geliştirerek yürüme ve kavrama yeteneklerine daha kısa sürede ulaşmasını sağlayacak bir sistem geliştirmektir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1 Merkezi Sinir Sistemi ve Hastalıkları

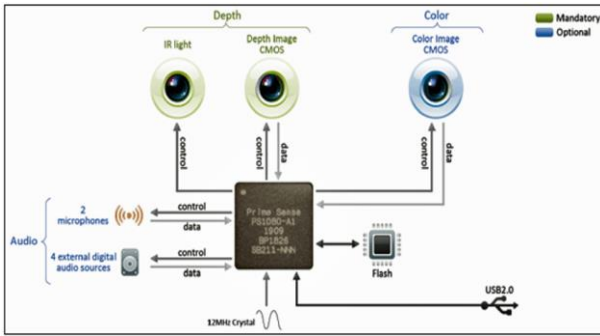
Sinir sistemi iç ve dış ortamdan gelen uyarıları (mekanik, ışık, ısı, ses dalgaları vb.) reseptörler ile algılayarak bu uyarılara cevap üretir. Sinir sistemi, merkezi sinir sistemi (MSS) ve periferik sinir sistemi (PSS) olarak iki bölümden oluşur. MSS iç ve dış ortamdan gelen uyarıları değerlendirerek neler yapılması gerektiğine karar verirken PSS uyarılar doğrultusunda oluşan emirleri gerekli organlara iletir. Periferik Sinir Sistemi (Şekil 1) duyu ve motor olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Duyu bölümü Periferik sistem ile MSS arasında bağlantıyı kurar. Bu iletişimi sağlayan nöronlar duyu nöronları (afferent nöronlar) olarak adlandırılır. Motor bölümü ise MSS ile efektör organlar arasında bağlantıyı kuran bölümdür. Bu iletişimi sağlayan nöronlar motor nöron (efferent nöronlar) olarak adlandırılır (Sarı 2017).



Şekil 1. Reseptör, Merkez ve Effektör Organ

## 2.2 Kinect Hareket Sensörü ve Unity3D

Vücut hareketlerini algılayıp oyun uygulamalarında kontrol aleti yerine kullanılması için tasarlanan Kinect cihazı 2010 yılında Microsoft firması tarafından geliştirilmiştir. Kinect cihazı (Şekil 2) piyasaya oyun konsollarının bir parçası olarak çıkmasına rağmen biyomedikal, robotik, askeri, eğitim ve güvenlik sistemleri gibi farklı alanlarda da kullanılabilir hâle gelmiştir. Kinect sensörü üç boyutlu (3D) derinlik sensörü, RGB kamera, mikrofon grubu ve motor olmak üzere 4 temel bölümden oluşmaktadır (Duran ve Kaya 2018).



Şekil 2. Kinect Cihazı

Unity; boyutlu ve boyutlu grafikleri, sürükleyip bırakma işlevselliğini ve C# ile komut dosyası yazmayı destekleyen bir oyun motorudur. Gerçekleştirilen oyunlar Windows, Android,iOS, Linux, Xbox vb ortamlarda çalıştırılabilmektedir (Int Kyn. 1).

## 2.3 Görüntü İşleme Temelli Nörolojik Tedavi Cihazı

Nörolojik Rehabilitasyonda görüntü işleme temelli tedavi cihazı tasarımı ve gerçekleştirilmesi için kullanılacak sistemin genel blok diyagramı Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Genel blok diyagramı

Çalışma donanım ve yazılım olmak üzere iki temel bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın donanım kısmı insan iskeletinin hareketlerini algılayabilen Kinect Sensörü, taşınabilir projeksiyon cihazı ve orta düzey bir bilgisayardan meydana gelmektedir. Yazılım kısmı C# programlama dili üzerine Unity3D oyun motoru, python programlama dili ile django altyapısından oluşmaktadır.

## 3. Bulgular

Şekil 4'de gerçekleştirilen görüntü işleme temelli nörolojik tedavi cihazı görülmektedir. Unity3D oyun motoru Lenovo 300-22ISU model bilgisayarda çalıştırılmıştır. Sistem hafıza, alt ekstremitte ve üst ekstremitte bölümü olmak üç temel kısımdan oluşmaktadır. Her bir bölüm içerisinde ölçümlenme, egzersiz ve raporlama bölümleri bulunmaktadır. Egzersiz bölümü hastanın bireysel gelişimi için tasarlanmış oyunlardan oluşurken ölçümlenme kısmı fizik tedavi uzmanına kantitatif veriler sunabilecek şekilde tasarlanmıştır.



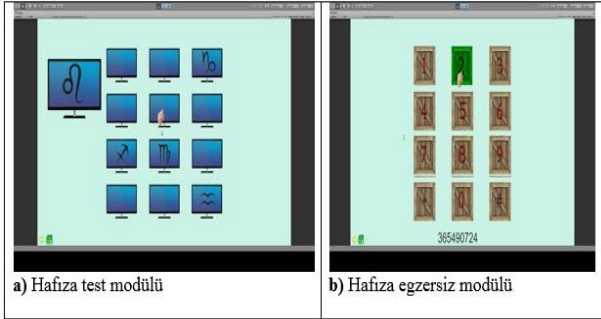
Şekil 4. Gerçekleştirilen Nörolojik Rehabilitasyon Tedavi Cihazı

Bu amaçla hastadan en fazla 30s içerisinde yapabileceği maksimum fleksiyon, ekstansiyon, abduksiyon ve adduksiyon hareketleri ölçülür. Bu hareketleri yapma süresi ve açı değerleri raporlama birimde kayıt edilerek web üzerinden uzmanla paylaşımı sağlanır. Çalışmanın etkinliği sağlıklı bireyler üzerinde laboratuvar ortamında test edilmiştir. Nörolojik tedavi amaçlı oyun görüntüleri Promacto marka Pro X10 model mikro projektör ile ayaklı sunu perdesine aktarılmıştır. Kinect sensörünün teknik özellikleri değerlendirilerek hasta ile sensor arasındaki uzaklığın 1m 50cm ile 2m 50cm arasında olduğu tespit edilmiştir. Hafıza,

alt ekstremite ve üst ekstremite için yapılan testler aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

### 3.1 Hafıza Ölçümlene ve Egzersiz Sistemi

Hafıza ölçümlene sistemi hastanın kısa dönem zihinsel durumunu test etmektir. Test sırasında hastanın simgelerin gizli olduğu monitörleri (Şekil 5a) doğru olarak seçmesi beklenmektedir. Bütün simgelerin yerleri başlangıçta belirli bir süre hastaya gösterilir. Hasta doğru simgenin olduğu monitörü seçtiği zaman monitör açık kalarak bir sonraki simge ekrana verilir. Hasta bütün simgeleri bulana kadar açtığı her monitörün bilgisi (doğru ya da yanlış simge) kaydedilerek süre ile birlikte veri tabanına kaydedilir.



Şekil 5. Hafıza ölçümlene ve Egzersiz sistemi

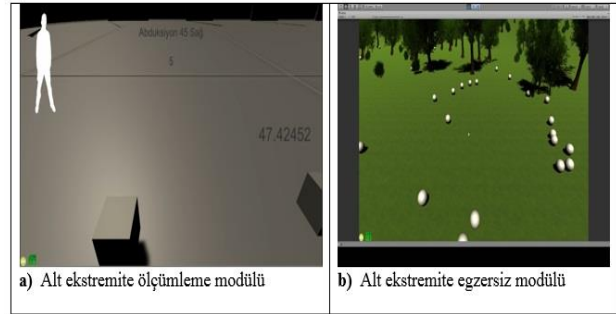
Veri tabanına kaydedilen veriler işlenerek fizik tedavi uzmanına rapor halinde internet üzerinden gönderilir. Böylece fizik tedavi uzmanının hastanın başarımına göre simgelerin ekranda görülme sürelerini ayarlaması sağlanmıştır. Bu sayede kısa dönem hafıza sıkıntısı yaşayan insanların sıkıntılarını aşmaları için fizik tedavi merkezlerine gitmeden uzaktan kontrol ve tedavisi mümkün kılınmıştır. Yapılan çalışmalar sırasında başlangıçta 10 saniye boyunca açık bırakılan kutularda ki hata oranının zamanla azalma gösterdiği görülmüştür.

Hafıza egzersiz sistemi (Şekil 5b) hastalara kısa dönem hafızalarını geliştirebilecekleri aşamalı sistemlerin oluşturulabileceği alternatif bir oyun ortamı sunmaktır. Hafıza egzersiz sisteminin ilk seviyesinde bireye 11 basamaklı bir sayı gösterilerek bu sayıyı doğru bir şekilde işaretlemesi beklenmektedir. Seviyeler aşıldıkça sayıların bir kısmı belirli bir süre içinde ekrandan kaybolarak bireyin hafızası yardımı ile boşlukları doldurması beklenmektedir. Hafıza yetenekleri artıkça sayıların

ekranda kalma süresi azaltılarak oyunun zorluk derecesi artırılabilir.

### 3.2 Alt Ekstremitte Ölçümlene ve Egzersiz Sistemi

Alt ekstremite ölçümlene sistemi (Şekil 6a) bireylerin kalça fleksiyon ve abduksiyon açıklıklarını tespit etmektedir. Sistemde bireye hem resim hem yazı yardımı ile görsel olarak yapması gereken hareket bildirilir. Bireyin gereken açıklığı yakalaması için 30s süre verilir. Birey 30s içerisinde bu açıklığı elde edemezse bireyin en son ulaştığı açıklık kaydedilerek bir sonraki aşamaya geçilir. Bu sistem sağ kalça abduksiyonu ve fleksiyonu ile sol kalça abduksiyon ve fleksiyonu olmak üzere 4 aşamadan oluşmaktadır. Her aşamada geçen süre ve açı bilgisi veri tabanına kaydedilir. Ölçülen açılar ile bireyin sağ - sol lateral arasındaki balansı ile interior - posterior arasındaki balansı kantitatif olarak belirlenmiştir. Veri tabanına kaydedilen bu bilgiler daha sonra raporlama sistemi sayesinde uzmana ulaştırılır.



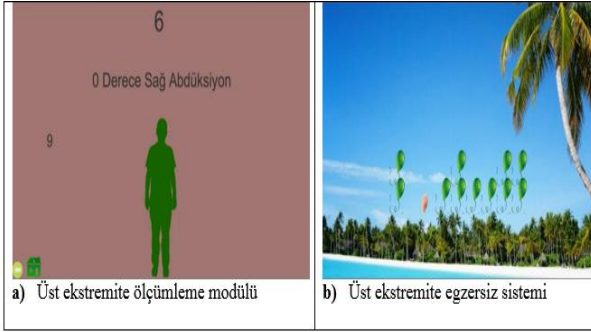
Şekil 6. Alt ekstremite ölçümlene ve Egzersiz Sistemi

Alt ekstremite egzersiz sistemi (Şekil 6b) ayak kaslarını geliştirmek için takip sistemi ile birlikte keyifle vakit geçirebileceği oyun tabanlı egzersiz aracıdır. Bu sistemde bireyin etrafına nesnelere yerleştirilerek bu nesnelere ayakları yardımıyla belli bir uzaklığa itmelerini beklenmektedir. Yapılan bu işlem sırasında Unity3D fizik motoru sayesinde uygulanan kuvvet tespit edilerek bireyin kas gücü hakkında bilgi edinilir. İlerleyen seviyelerde Unity3D fizik motoru sayesinde nesnelere ağırlıkları değiştirilerek oyunun zorluk derecesi artırılabilir.

### 3.3 Üst Ekstremitte Ölçümlene ve Egzersiz Sistemi



Üst ekstremité ölçüleme sistemi (Şekil 7a) bireylerin omuz abdüksiyon ve addüksiyon açılarını tespit etmektedir. Sistemde bireye hem resim hem yazı yardımı ile görsel olarak yapması gereken hareket bildirilir. Bireyin gereken açıklığı yakalaması için 30s süre verilir. Birey 30s içerisinde bu açıklığı elde edemezse bireyin en son ulaştığı açıklık kaydedilerek bir sonraki aşamaya geçilir. Bu sistem 0 derece abdüksiyon, 90 derece abdüksiyon, 180 derece abdüksiyon ve 75 derece addüksiyon olarak sağ ve sol omuz için 4 aşamadan oluşmaktadır. Her aşamada geçen süre ve açı bilgisi veri tabanına kaydedilir. Ölçülen açılar ile bireyin sağ- sol lateral arasındaki balansı ile interior -posterior arasındaki balansı kantitatif olarak belirlenmiştir. Veri tabanına kaydedilen bu bilgiler daha sonra raporlama sistemi sayesinde uzmana ulaştırılır.



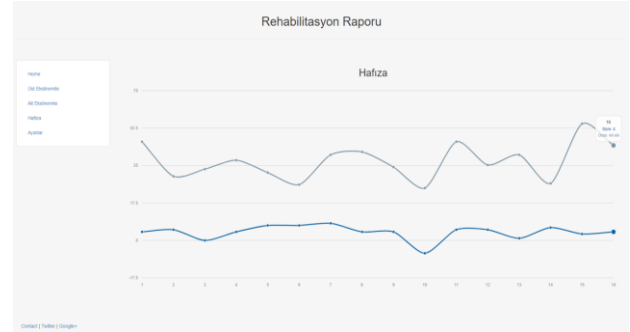
Şekil 7. Üst ekstremité ölçüleme ve Egzersiz Sistemi

Üst ekstremité egzersiz sistemi (Şekil 7b) bireyin omuz kaslarını çalıştırırken keyifli vakit geçirebileceği rehabilitasyon aracıdır. Bu sistemde sahnenin belli bölgelerine nesnelere yerleştirilerek bireyin bu nesnelere eli ile dokunması istenmektedir. İlerleyen aşamalarda ise toplama işlemindeki nesnelere rasgele çıkması ve bireyin tepki süresinin değerlendirmeye alınması, nesnelere farklı renkler vererek belirli renkteki nesnelere dokunulması istenerek oyunun zorluk derecesi artırılabilir. Egzersiz sistemini bireylerin üst ekstremitésini geliştirmeye yardımcı bir rehabilitasyon aracı olarak geliştirilmiştir.

### 3.4 Raporlama Sistemi

Raporlama sistemi, Django arka plan alt yapısı ve bootstrap görsel alt yapısı kullanılarak oluşturulmuş internet tabanlı bir sistemdir. Bu sistem rehabilitasyon sistemlerinden gelen bilgiyi fizik

tedavi uzmanına görsel bir şekilde iletmektir. Ayrıca fizik tedavi uzmanının rehabilitasyon sistemi üzerindeki ayarlarda değişiklik yapmasını sağlamaktır. Hafıza sisteminin raporlanma aşamasında veri tabanındaki veriler okunarak her deneme için bireyin ne kadar süre de tamamladığı ve başarı oranını yüzde olarak hesaplayarak çizgi grafiği şeklinde gösterilir (Şekil 8). Üst ve Alt ekstremité sistemlerinde ise her deneme için başarılmaya çalışılan açının adı ve açı değeri veri tabanından okunarak çizgi grafiği oluşturulur. Ayarlar bölümünde ise fizik tedavi uzmanının sistem üzerinde değişiklik yapmasına olanak sağlanır. Hafıza ayarlarında başlangıçta ekranda görülme süresi, üst ve alt ekstremité ayarlarında aşamaların geçiş süresi ve yeter açı değerinin belirlenmesine olanak sağlanmıştır.



Şekil 8. Raporlama Tablosu

Sonuç olarak bu çalışmada, Kinect hareket algılayıcısından elde edilen verilere dayalı 2 boyutlu ve 3 boyutlu oyunlar tasarlanarak hastaların kendi yaşam alanları içerisinde süre kısıtlaması olmaksızın tedavilerine devam etmelerine olanak sağlayan nörolojik rehabilitasyon sistemi geliştirilmiştir. Tasarlanan oyunlar ile hafıza, alt ekstremité ve üst ekstremité için ölçüm ve egzersiz sistemi gerçekleştirilmiştir. Kısa dönem hafıza durumunun ölçülmesi için ekrandaki resimleri eşleştirme süresinden yararlanılmıştır. Alt ekstremité ölçümünde 30s zaman içerisinde 45°'lik abdüksiyon ve fleksiyon eklem açıklığına ulaşma açısı ve süresi ölçülmüştür. Üst ekstremité ölçümünde ise 0° abdüksiyon, 90° abdüksiyon, 180° abdüksiyon ve 75°'lik addüksiyon için eklem açıklığına ulaşma açısı ve süresi ölçülmüştür. Bu verilere göre sağ ve sol lateral arasındaki balans ile interior - posterior arasındaki balans belirlenmiştir. Böylece elde edilen verilerden oluşturulan indeks skorlarının

depolanması ve internet üzerinden fizik tedavi uzmanına iletilmesi sağlanmıştır.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

İnme, Parkinson ve Serabral Palsi gibi nörolojik hastalık geçiren insanlar yürüme, konuşma ve kavrama gibi günlük hayattaki hareketleri yaparken zorluk çekmektedir. Mekanik olarak bu hareketleri yapmada hiçbir engel olmamasına rağmen beyinden gönderilen sinyaller organlara yetirince iletilmediği için yürüme, konuşma ve kavrama gibi hareketleri yapmak zor hatta imkânsız hale gelmektedir. Tedavinin başarısı hastanın tedavi sırasında verilen hareketleri kendi yaşam alanı içerisinde de devam ettirebilmesine bağlıdır. Hızla gelişen sanal gerçeklik ve rehabilitasyon uzmanlar ve araştırmacılar için gelecek vadetmektedir. Sanal gerçeklik sistemi donanım ve yazılımla birlikte gerçekçi bir ortam yaratarak insanlarla etkileşime geçmeyi sağlamaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde fizik tedavi ve rehabilitasyonda devamlılık ve süreklilik sağlayan egzersiz programlarının tedavi sürecine olumlu katkı sağladığını göstermektedir.

Bu çalışmayı literatürden ayıran temel özellik kişilere fizik tedavi esnasında görsel içeriği yüksek uygulamalar yaptırılarak bu uygulamaların raporlanmasıdır. Raporlama, rehabilitasyon sürecinin başarılı veya başarısız olduğu bölümleri gösterebilmesi açısından önemlidir. Raporlama sonucunda elde edilen veriler ile uygulanan tedavinin etkinliği internet ortamında takip edilebildiği gibi tedavi prosedürüne müdahale edilebilmektedir. Fizik tedavi ve rehabilitasyon sürecinin devamlılığı ne kadar önemli ise bu hasta gruplarının uzman tarafından takip edilmesi bir o kadar önemlidir. Ancak geliştirilen sistem laboratuvar ortamında sağlıklı bireyler üzerinde denenmiştir. Gerekli etik izinler alındıktan sonra gerçek hasta üzerinde sistem denenerek nörolojik hastalıkların tedavisine ve kliniğe olan katkısı belirlenmeye çalışılacaktır.

#### Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için gereken altyapı desteğinden dolayı Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel

Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz (16.FEN. BİL.41).

#### 5. Kaynaklar

Duran, F., Kaya, A. (2018). Duruş ve Hareket Algılama Teknolojileri: Stereo, Uçuş Süresi ve Yapısal Işık Algılayıcılar. *International Journal of Informatics Technologies*, **11(1)**, 57-83.

Fung, V., Ho, A., Shaffer, J., Chung, E. and Gomez, M. 2012. Use of Nintendo Wii Fit™ in the rehabilitation of outpatients following total knee replacement: a preliminary randomised controlled trial. *Physiotherapy*, **98(3)**, 183-188.

Gutiérrez, R. O., Galán del Río, F., Cano de la Cuerda, R., Diego, A., Isabel, M., González, R. A. and Page, J. C. 2013. A telerehabilitation program by virtual reality-video games improves balance and postural control in multiple sclerosis patients. *NeuroRehabilitation*, **33(4)**, 545-554.

Ilg, W., Schatton, C., Schicks, J., Giese, M. A., Schöls, L. and Synofzik, M. 2012. Video game-based coordinative training improves ataxia in children with degenerative ataxia. *Neurology*, **79(20)**, 2056-2060.

Johnson, L., Burrige, J. H. and Demain, S. H. 2013. Internal and external focus of attention during gait re-education: an observational study of physical therapist practice in stroke rehabilitation. *Physical Therapy*, **93(7)**, 957-966.

Luna-Oliva, L., Ortiz-Gutiérrez, R., Cano-de la Cuerda, R., Piédrola, R. M., Alguacil-Diego, I. M. and Sánchez-Camarero, C. 2013. Evaluation of the use of a virtual reality video-game system as a supplement for rehabilitation of children with cerebral palsy. *Converging Clinical and Engineer Research on Neurorehabilitation* (s. 873-877). Berlin, Heidelberg: Springer.

Mayo, N. E., Wood-Dauphinee, S., Côté, R., Gayton, D., Carlton, J., BATTERY, J. and Tamblyn, Pedraza-Hueso, M., Martín-Calzón, S., Díaz-Pernas, F. J. and Martínez-Zarzuela, M. 2015. Rehabilitation using Kinect-based games and virtual reality. *Procedia Computer Science*, **75**, 161-168.

Mayo, N. E., Wood-Dauphinee, S., Côté, R., Gayton, D., Carlton, J., BATTERY, J., & Tamblyn, R. 2000. There's no place like home: an evaluation of early supported discharge for stroke. *Stroke*, **31(5)**, 1016-1023.

Rajaratnam, B. S., Gui KaiEn, J., Lee Jialin, K., SweeSin, K., Sim FenRu, S., Enting, L. and Teo SiaoTing, S. 2013. Does the inclusion of virtual reality games within conventional rehabilitation enhance balance retraining after a recent episode of stroke? *Rehabilitation Research and Practice*, **13(6)**, 49-56.

Sin, H. and Lee, G. 2013. Additional virtual reality training using Xbox Kinect in stroke survivors with hemiplegia. *American J. of Physical Med. & Reh.*, **92(10)**, 871-880.

Sarı, İ. 2017. Nörolojik Rehabilitasyon için Kinect Sensörlü Ölçüm ve Egzersiz Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 61.

Vernadakis, N., Derri, V., Tsitskari, E. and Antoniou, P. 2014. The effect of Xbox Kinect intervention on balance ability for previously injured young competitive male athletes: a preliminary study. *Phy. Therapy in Sport*, **15(3)**, 148-155.

Xu, X. and McGorry, R. W. 2015. The validity of the first and second generation Microsoft Kinect™ for identifying joint center locations during static postures. *Applied Ergonomics*, **49**, 47-54.

#### ***İnternet kaynakları***

1-Unit 3D. 2017.<https://unity3d.com/>, (09.11.2016)