

AKÜ FEMÜBİD 17 (2017) 015201 (124-130)
DOI: 10.5578/fmbd.54007

AKU J. Sci. Eng. 17 (2017) 015201 (124-130)

Araştırma Makalesi / Research Article

Mobil Cihazlarla Uyumlu CPM Cihazı Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

Uğur FİDAN¹, Erkan YILMAZ², Hatice Kübra ZİĞARLI³

^{1,2,3} Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.
e-posta: ufidan@aku.edu.tr, erkanyilmaz007@gmail.com, hatice.zigarli@hotmail.com

Geliş Tarihi:07.12.2016 ; Kabul Tarihi:04.04.2017

Özet

Günlük yaşam içerisindeki hareketleri sürdürmekte kullandığımız diz ekleminde dejeneratif etkilere bağlı kronik rahatsızlıklar oluşmaktadır. Kronik diz rahatsızlıklarının giderilmesinde cerrahi yöntemler ile fizik tedavi ve rehabilitasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Uzmanlar cerrahi operasyon geçiren hastalardan, tam iyileşme sağlayabilmeleri için, hastanedeki tedavi süreci sonrasında da fizik tedavi ve rehabilitasyona devam etmelerini beklemektedir. Artroplasti cerrahi sonrası oluşan ağrı ve tromboz riskinin azaltılması, eklem kıkırdağının iyileşmesini arttırarak fonksiyonel bir eklem hareket açıklığı sağlanması ve diz çevresi kaslarının güçlendirilmesi amacıyla yapılan fizik tedavi ve rehabilitasyonun, CPM (Sürekli Pasif Hareket) ve geleneksel yöntem ile yapılması arasında fark olmadığı gibi hastanede veya evde yapılması arasında da anlamlı fark olmadığını literatür taraması göstermektedir. Sonuç olarak CPM cihazı hastane içerisindeki yoğunluğun azaltılmasına ve kişilerin kendi yaşam alanlarında tedavi edilebilmesine olanak sağlayan bir cihazdır. Bu çalışmanın amacı ise artroplasti cerrahi sonrası kişilerin kendi yaşam alanlarında FTR (Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon) tedavilerine devam etmesine olanak sağlayarak fonksiyonel eklem hareket açıklığı kazandıran ve diz çevresi kaslarını güçlendiren, hastaların kullanımına alışkın olduğu mobil cihazlarla uyumlu, CPM cihazının tasarlanması ve gerçekleştirilmesidir. Çalışma sonucunda tasarımı yapılan cihazın çalışma testleri biyomekanik programı olan KINOVEA® kullanılarak görüntü işleme ile yapılmıştır. Sistemin ekstansiyon ve fleksiyon hareketleri yüksüz ve 9kg'lık yükte test edilmiştir. Test sonucunda cihazın ekstansiyon - fleksiyon hareketlerini 0° - 120° aralığında, 3mm/s - 12mm/s ayarlanabilir çalışma hızında yapabildiği ölçülmüştür. Ancak çalışmanın klinikte uygulanabilir olması için farklı yük seviyelerinde ekstansiyon - fleksiyon hareketlerini kararlı hale getirecek yeni bir kontrol algoritması geliştirilmelidir.

Anahtar kelimeler

CPM; Artroplasti;
Ekstansiyon; Fleksiyon;
Mobil Cihazlar; FTR

Design and Implementation of CPM Device Compatible with Mobile Devices

Abstract

Chronic disorders due to degenerative effects occur in the knee joint which is used to maintain the movements in everyday life. Surgical methods, physical therapy and rehabilitation methods are used to relieve chronic knee discomforts. Experts are expected from patients undergoing surgery, continue physical therapy and rehabilitation after the treatment process in the hospital in order to be able to achieve full recovery. Literature review shows that there is no difference between physical therapy and rehabilitation to reduce the risk of pain and thrombosis after arthroplasty surgery, to provide a functional joint range of motion by increasing the healing of joint cartilage, and to strengthen the muscles of the knee at home or in the hospital as there is no difference between Continuous Passive Motion (CPM) and traditional method. As a result, the CPM is a device that allows the intensity in the hospital to be reduced and people to be treated in their own living spaces. The aim of this study is to design and implementation of CPM device compatible with mobile devices, which is familiar to patients using allows functional continuity of PMR (Physical Medicine and Rehabilitation) in their habitats after arthroplasty surgery and provides functional range of motion and strengthens the knee perimeter muscles. As a result of the study, the realized device was tested by image processing using the biomedical program KINOVEA®. The system's extension and flexion were tested with unloaded and a load of 9 kg. As a result of the test, it was measured that the device can perform extensor-flexion movements between 0° and 120° at 3mm/s - 12mm/s adjustable working speed. However, in order for the study to be clinically feasible, a new control algorithm should be developed to stabilize the movement of the extremity - flexures at different load levels.

Keywords

CPM; Arthroplasty;
Extension; Flexion;
Mobile Devices; PMR

1. Giriş

Günlük yaşam içerisindeki hareketleri sürdürmekte kullandığımız diz eklemde dejeneratif etkilere bağlı kronik rahatsızlıklar oluşmaktadır. Kronik diz rahatsızlıklarının giderilmesinde cerrahi yöntemler ile fizik tedavi ve rehabilitasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Cerrahi operasyon geçiren hastalardan tam iyileşme sağlayabilmeleri için hastanedeki tedavi süreci sonrasında da fizik tedavi ve rehabilitasyona devam etmeleri beklenmektedir. Fiziksel tedavi ve rehabilitasyon (FTR), temelde kas-iskelet sistemi hastalıklarının tanısı, konservatif (cerrahi dışı) tedavisi ve rehabilitasyonunu konu edinen tıbbi uzmanlık dalıdır (Akdemir ve Akkuş 2006). Fizik tedavi; vücuda dışarıdan uygulanan sıcak-soğuk uygulamalar, elektrik akımları, masaj ve egzersiz ile ağrıyı kesmeye yönelik uygulamaları içeren ilaç dışı tedavi şeklidir. Rehabilitasyon ise doğuştan veya sonradan ortaya çıkan, kaybedilmiş hareket kabiliyetinin tekrar kazandırılmasına yönelik tedavi olarak tanımlanmaktadır (Bozkurt vd. 2009). Teknolojik gelişmeler tüm alanlarda olduğu gibi FTR'de kullanılan yöntem ve tekniklerde de değişime neden olmuştur. Bunların başında sürekli pasif hareket (CPM) cihazı gelmektedir. İlk kez 1983 yılında Dr. Robert Salter, tavşan dizinde kırık dokunun iyileşmesinde CPM'in etkili olduğunu yayınlamıştır (O'Driscoll *et al.* 1983). Konu ile ilgili literatürdeki başlıca çalışmalar incelendiğinde;

Artroplasti cerrahi sonrası oluşan ağrı ve tromboz riskinin azaltılması, eklem kırıkdağının iyileşmesini arttırarak fonksiyonel bir eklem hareket açıklığı sağlanması ve diz çevresi kaslarının güçlendirilmesi amacıyla kullanılan CPM cihazının, elle yapılan müdahalelere kıyasla daha pratik ve daha iyi sonuç verdiği literatürdeki çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Akarcılı vd. 2001).

2016 Wu ve arkadaşları Pubmed ve Embase veri tabanlarından CPM ve geleneksel fizik tedavi yöntemleri ile yapılan tedavileri EGGER testi ile istatistiksel olarak analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda CPM ile geleneksel tedavi yöntemleri

arasında anlamlı fark olmadığını belirlemişlerdir (Wu *et al.* 2016).

2016 Erggelet ve arkadaşları CPM cihazının tedaviye olan katkılarını literatürdeki çalışmalar üzerinde istatistiksel yöntemler ile analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda cerrahi sonrası CPM cihazı kullanılmasının literatürde önerildiğini ancak CPM ile klasik FTR yöntemleri arasında anlamlı fark olmadığını ifade etmişlerdir (Erggelet and Vavken 2016).

2016 Florez-García, M ve arkadaşları artroplasti cerrahi sonrası hastanede ve evde yapılan FTR'nin etkisiyle ilgili literatürdeki çalışmalarını inceleyerek aralarındaki ilişkiyi istatistiksel olarak ortaya koymuştur. Bu çalışmada hastanede veya evde yapılan FTR arasında farklılık olmadığı belirlenmiştir (Florez-García *et al.* 2016).

2016 yılında Harne ve arkadaşları CPM cihazının tasarım ve kullanımında ergonominin önemini açıklamıştır (Harne and Deshmukh 2016).

Literatür taramaları irdelendiğinde artroplasti cerrahi sonrası CPM ve geleneksel yöntem ile yapılan FTR arasında fark olmadığı gibi hastane veya evde yapılan FTR arasında da anlamlı fark olmadığı görülmektedir. Sonuç olarak literatür taraması göstermektedir ki CPM cihazı hastane içerisindeki yoğunluğun azaltılmasına ve kişilerin kendi yaşam alanlarında tedavi edilebilmesine olanak sağlayan bir cihazdır. Bu çalışmanın amacı ise artroplasti cerrahi sonrası kişilerin kendi yaşam alanlarında FTR tedavilerine devam etmesine olanak sağlayarak fonksiyonel eklem hareket açıklığı kazandıran ve diz çevresi kaslarını güçlendiren, mobil cihazlarla uyumlu, yeni nesil sürekli pasif hareket (CPM) cihazının tasarlanması ve gerçekleştirilmesidir.

2. Materyal ve Metot

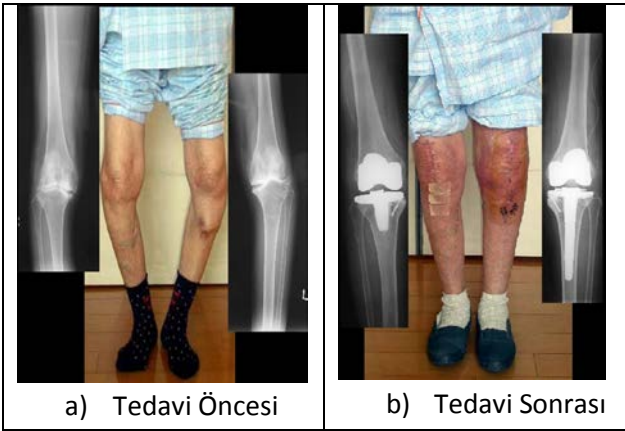
2.1. Artroplasti

Artroplasti, fonksiyonlarını kaybetmiş bir eklem cerrahi yolla yeniden şekillendirilmesi veya oluşturulmasıyla tekrar iş görebilir hale

getirilmesidir (Int Kyn. 1). Artroplasti cerrahisinin 4 temel tipi vardır. Bunlar;

- 1) *Rezeksiyon artroplastisi*: Hastalıklı eklem yüzü ya da yüzleri çıkarılır. Sarsak eklem pozisyonunda bırakılır.
- 2) *İnterpozisyon artroplastisi*: Rezeksiyonla birlikte eklem yüzleri arasına yumuşak bir doku getirilir.
- 3) *Parsiyel endoprotez artroplastisi*: Eklem bir tarafı, vücut içerisinde sürekli kalacak şekilde, anatomi ve biyomekaniğine uygun malzemelerden yapılmış endoprotezle değiştirilir.
- 4) *Total endoprotez artroplastisi*: Deforme olmuş eklem her iki tarafı da değiştirilir.

Şekil 1’de her iki diz ekleminden total endoprotez artroplastisi geçirmiş hastanın tedavi öncesi ve sonrası diz grafisi görülmektedir. Şekil 1a ve Şekil 1b karşılaştırıldığında cerrahi sonrası hastanın anatomik duruşundaki düzelme net olarak görülmektedir.



Şekil 1. Total endoprotez artroplastisi tedavisi

2.2. Rehabilitasyon

Rehabilitasyon doğuştan veya sonradan meydana gelen hastalık, kaza ya da yaralanma nedeniyle bir kısım yeteneklerini kaybetmiş bireyi tıbbi, psikolojik, sosyal ve mesleki yönlerden mümkün olan en iyi düzeye ulaştırmayı amaçlar. Sonuç olarak rehabilitasyon, kalıcı sakatlıkların sonuçlarını en aza indirmek için düzenlenen tıbbi tedavi süreci olarak tanımlanır (Ekşioğlu,2013). Dünya Sağlık

Örgütü, rehabilitasyona yönelik raporunda 3 önemli konuya yer vermiştir (Int Kyn. 2).

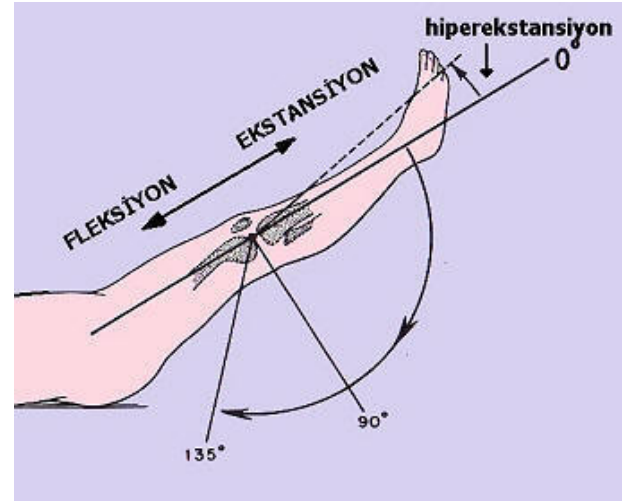
Bunlar;

- 1) Sakatlık ve engelliliğin etkisini, sakat ve engellilerin çevreye uyumsuzluğunu azaltmayı amaçlayan tüm yöntemler,
- 2) Bireylerin sadece çevreye uyumlarını sağlamak için sakat ve engellileri eğitmek değil, toplumsal bütünleşme için yaşadığı çevre ve toplumla ilgili düzenlemeler,
- 3) Sakat ve engelli bireylerin birlikte yaşadıkları aileleri ve toplumlarla birlikte rehabilitasyon hizmetlerinin planlanması ve yürütülmesi,

şeklinde verilmiştir.

2.3. Sürekli Pasif hareket (CPM) Cihazı

CPM, diz veya kalça ameliyatı geçirmiş olan hastalara hekimin istediği açı ve hızda fleksiyon-ekstansiyon hareketlerini yaptıran fizik tedavi ve rehabilitasyon cihazıdır (Terzi vd. 2013).



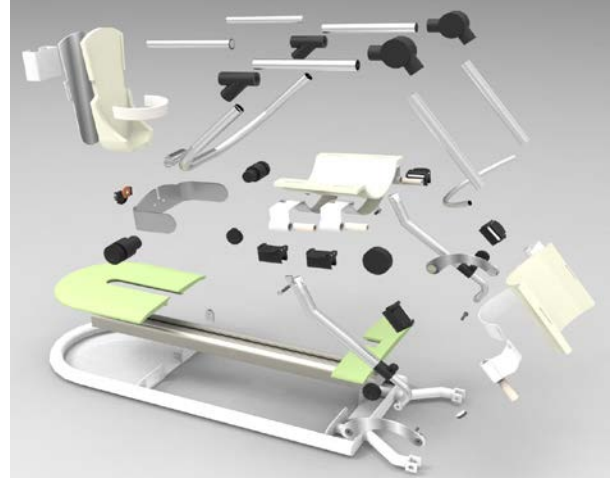
Şekil 2. Fleksiyon – Ekstansiyon Hareketleri

Bu cihaz ile ameliyat sonrasında oluşabilecek ağrı, ödem, derin ven trombozu ve kalça dislokasyonu gibi komplikasyonların oluşması önlenmeye çalışılmaktadır. Özellikle kalça ve diz ameliyatları sonrası fizik tedavi ve rehabilitasyonda CPM cihazı kullanımı ile hasta günlük yaşantı kalitesine kısa sürede ulaşmaktadır. CPM tedavisinin FTR' ye olan

faydaları aşağıda maddeler halinde verilmiştir (Karakoç vd. 2003).

- Anestezi altında mobilizasyon oranını azaltır.
- Ameliyat sonrası oluşabilecek hareket kısıtlılıklarını gidermede fayda sağlar.
- Tromboz riskini azaltır.
- Eklem kıkırdağı iyileşmesini artırır.
- Ağrıyı azaltır.
- Eklem fonksiyonelliğini artırır.
- Hastanede rehabilitasyon amaçlı kalış süresini kısaltır.
- Fizyoterapistte ihtiyaç duymadan sürekli rahat fizik tedavi imkânı sağlar.

yazılımı ile hazırlanmış ve KeyShot programı ile render yapılarak görüntü elde edilmiştir.



Şekil 3. CPM cihazı 3D tasarımı

2.4. CPM Cihaz Tasarımı

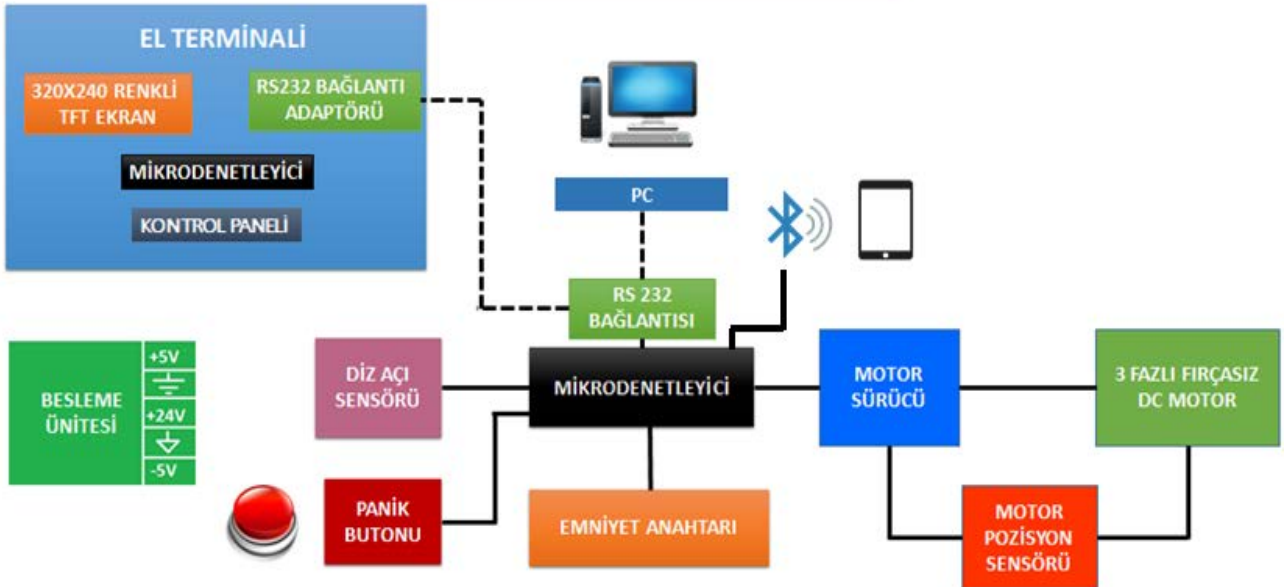
CPM cihaz tasarımı mekanik, donanım ve mobil uygulama yazılımı olarak üç ana bölüme ayrılmıştır.

2.4.1 CPM Cihazı Mekanik Tasarımı

Şekil 3’de Artromot K1 diz CPM cihazının tersine mühendislik teknikleri kullanılarak oluşturulmuş 3D tasarımı görülmektedir. 3D tasarım SketchUp

2.4.2. CPM Cihazı Donanım Tasarımı

CPM cihazının blok diyagramı Şekil 4’te görülmektedir. Sistem, kontrol ve motor sürücü devresi, haberleşme modülü ve mobil uygulama yazılımı olmak üzere 3 temel bölümden oluşmaktadır.



Şekil 4. Tasarlanan sistemin blok diyagramı

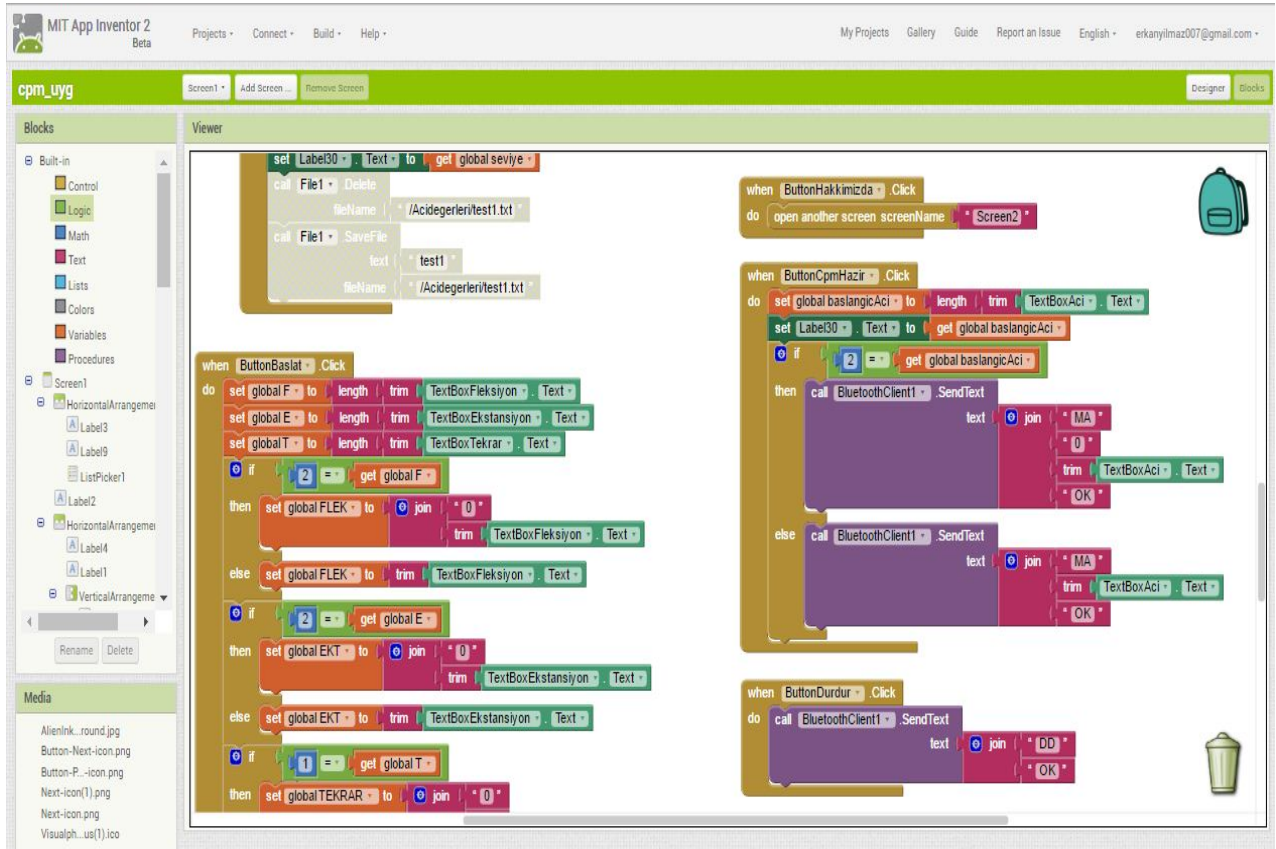
Kontrol ve motor sürücü devresi 10 bit çözünürlüklü pozisyon sensöründen gelen verileri 2.4GHz çalışma frekansında 9.6Kb/s hızında HC06

bluetooth modülü üzerinden akıllı telefon, tablet veya PC’ye aktarmaktadır. Mobil uygulama yazılımı, gelen pozisyon bilgisini ve kullanıcı talimatlarını

işleyerek CPM cihazına, istenen ekstansiyon ve fleksiyon hareketlerini istenen açı aralıklarında yaptırması için gerekli kod dizinini oluşturmaktadır. Haberleşme modülü üzerinden kontrol ve sürücü devresine gerekli komutlar gönderilerek 3 fazlı fırçasız DC motorun yön, açı ve hız ayarı yapılmaktadır. Ayrıca olası hata veya istenmeyen durumlar için panik butonu sisteme entegre edilerek hastaların güvenliği garanti altına alınmıştır.

2.4.3. Mobil Uygulama Tasarımı

Mobil yazılım <http://ai2.appinventor.mit.edu> adresinden ulaşılan MIT App Inventor 2 aracı kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 5). Blok diyagramlar kullanılarak gerçekleştirilen yazılım derlenerek mobil uygulama uzantısı olan .apk formatına dönüştürülmüştür. Android işletim sistemleri ile uyumlu olan *.apk dosyası akıllı telefon veya tabletlere kurularak sistemin mobil kontrol ünitesi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Mobil uygulama geliştirme platformu

3. Bulgular

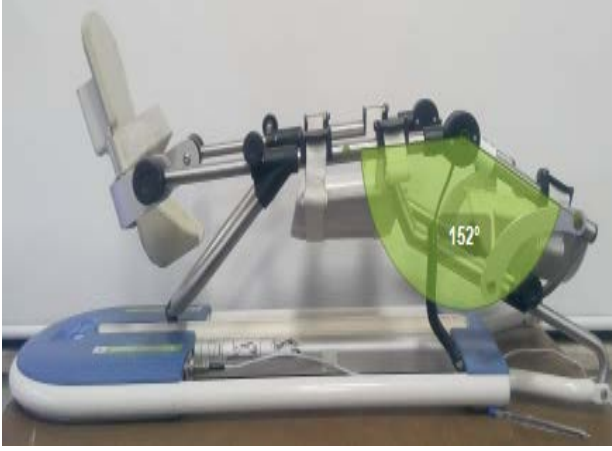
Mekanik ve donanım arızası olduğu için HEK (Hurda-Eskimiş-Kullanılamaz) raporu düzenlenmiş Artromot K1 marka CPM cihazı tersine mühendislik teknikleri ile tekrardan oluşturulmuştur. Öncelikle bozuk olan mafsal ve pozisyon sensör yatağı (Şekil 6) Mass Portal 3D yazıcı kullanılarak üretilmiştir.



Şekil 6. Mafsal ve sensör yatağı

Arızalı olan donanım kartı kaldırılmış, yerine Şekil 3'teki blok diyagramı görülen kontrol ve sürücü

devresi yerleştirilmiştir. Mekanik ve donanım birimleri bir araya getirilerek Şekil 7’de görülen CPM cihazı tasarlanmıştır.

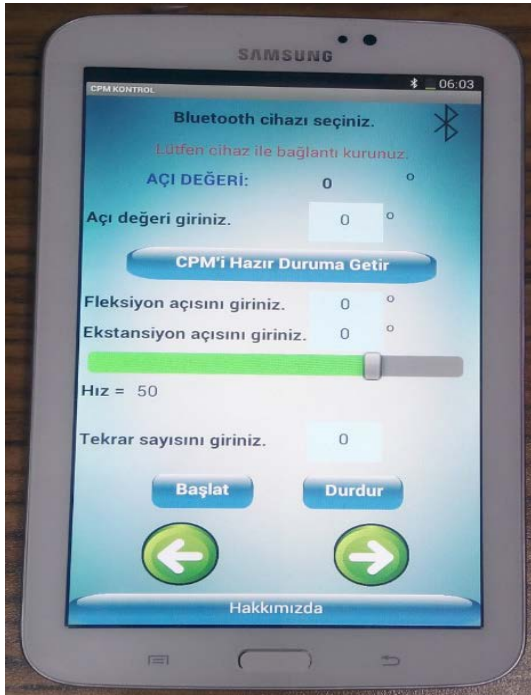


Şekil 7. Gerçekleştirilen CPM cihazı

Tasarımı yapılan sistemin karakteristikleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Çalışma Gerilimi : 220V_{AC}
- Çalışma Akımı : 78mA
- Hız : 3mm/s - 12mm/s
- Çalışma Aralığı : 0° - 120°

Şekil 8’de MIT App Inventor 2 mobil uygulama aracı ile gerçekleştirilmiş mobil uygulama yazılımının Samsung marka SM-T210 model tablet üzerinde çalışması görülmektedir.



Şekil 8. Mobil uygulama yazılımı

Sonuç olarak tasarlanan CPM cihazı mobil cihazlarla kontrol edilebilir hale getirilmiştir. Bu sayede sahada sıklıkla karşılaşılan el panelinden kaynaklı problemler giderilmiş olup daha kolay kullanım sağlanmıştır. Ayrıca cihazın şebeke gerilimiyle çalışan kısmı metal gövdeden bağımsız hale getirilmiş ve hastaların rezistif ve kapasitif kaçak akımlara karşı korunması sağlanmıştır.

Cihazın yüksüz çalışma testi (Tablo 1) ve yüklemeli çalışma testi (Tablo 2) biyomekanik programı olan KINOVEA® kullanılarak görüntü işleme yöntemi ile analiz edilmiştir. Sistemin ekstansiyon ve fleksiyon hareketleri yüksüz ve 9kg’lık yükte test edilmiştir. Tablo 1 ve Tablo 2’deki veriler incelendiğinde ekstansiyon hareketi sırasında yüklü veya yüksüz çalışmanın etkili olmadığı ancak fleksiyon hareketi sırasında sistemde harcanan gücün arttığı görülmektedir. Bu durum CPM cihazının hareketi sırasında ağırlık ile motorun uyguladığı kuvvetin doğrultusuna bağlı olarak değişmektedir. Hareket hızının artırılması, ekstansiyon ve fleksiyon hareketi sırasında motorun çektiği akımı artırırken aynı zamanda eklem açılarında da sapmalara neden olmaktadır. Açısal sapmayı en aza indirmek için pozisyon sensöründen gelen verinin geri besleme ile sisteme verilmesi gerekmektedir.

Tablo 1. Yüksüz Çalışma Testi

| Hız mm/sn | Ekstansiyon (ma) / (W) | Fleksiyon (ma) / (W) |
|--------------|---------------------------|-------------------------|
| 3 | 85,2 / 19,6 | 86,6 / 20,0 |
| 6 | 91,2 / 21,0 | 93,6 / 21,5 |
| 9 | 107,7 / 25,0 | 117,0 / 27,0 |
| 12 | 121,3 / 28,0 | 124,2 / 28,5 |

Tablo 2. 9Kg Yüklemeli Çalışma Testi

| Hız mm/sn | Ekstansiyon (ma) / (W) | Fleksiyon (ma) / (W) |
|--------------|---------------------------|-------------------------|
| 3 | 85,2 / 19,6 | 85,2 / 19,6 |
| 6 | 90,6 / 20,8 | 93,0 / 21,4 |
| 9 | 107,3 / 24,8 | 114,2 / 26,3 |
| 12 | 122,2 / 28,1 | 121,4 / 28,0 |

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada artroplasti cerrahi sonrası kişilerin kendi yaşam alanlarında FTR (Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon) tedavilerine devam etmesine olanak sağlayarak fonksiyonel eklem hareket açıklığı kazandıran ve diz çevresi kaslarını güçlendiren, hastaların kullanmasına alışkın olduğu mobil cihazlarla uyumlu CPM cihazının gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda tasarımı yapılan cihazın çalışma testleri biyomekanik programı olan KİNOVEA® kullanılarak görüntü işleme ile yapılmıştır. Sistemin ekstansiyon ve fleksiyon hareketleri yüksüz ve 9kg'lık yükte test edilmiştir. Test sonucunda cihazın ekstansiyon - fleksiyon hareketlerini 0° - 120° aralığında, 3mm/s - 12mm/s ayarlanabilir çalışma hızında yapabildiği ölçülmüştür. Ancak çalışmanın klinikte uygulanabilir olması için farklı yük seviyelerinde ekstansiyon - fleksiyon hareketlerini kararlı hale getirecek yeni bir kontrol algoritması geliştirilmelidir. Böylece hastaların mobil cihazları ile sistemi kontrol edebildiği, uzman görüşünün sisteme müdahale edebildiği bir tedavi cihazı gerçekleştirilmiş olacaktır. Sonuç olarak tasarlanan sistem kişilerin yaşam alanlarında tedavi edilebilmesine olanak sağlayacağı için sağlık kurumlarındaki yoğunluğun azalmasına ve hizmet kalitesinin artırılmasında da faydalı olacaktır.

Kaynaklar

Akdemir, N. ve Akkuş, Y., 2006. Rehabilitasyon ve hemşirelik. *Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, **13**(1), 082-091.

Erggelet, C. and Vavken, P., 2016. Microfracture for the treatment of cartilage defects in the knee joint—A golden standard?. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, **7**(3), 145-152.

Florez-García, M., García-Pérez, F., Curbelo, R., Pérez-Porta, I., Nishishinya, B., Lozano, M.P.R. and Carmona, L., 2016. Efficacy and safety of home-based exercises versus individualized supervised outpatient physical therapy programs after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1-14.

Bozkurt, M., Yılmazlar, A. ve Bilgen, Ö.F., 2009. Total diz artroplastisi sonrası intravenöz ve epidural hasta kontrollü analjezi tekniklerinin ameliyat sonrası ağrı ve diz rehabilitasyonu üzerine etkilerinin karşılaştırılması. *Eklem Hastalık Cerrahisi*, **20**(2), 64-70.

O'Driscoll, S.W., Kumar, A. and Salter, R.B., 1983. The effect of continuous passive motion on the clearance of a hemarthrosis from a synovial joint: an experimental investigation in the rabbit. *Clinical Orthopaedics And Related Research*, **176**, 305.

Akarcılı, İ., Tuğay, N., Erden Z., Tokgözoğlu M., Atilla B. ve Alparslan M., 2001. Total diz artroplastisi hastalarının rehabilitasyonunda hızlandırılmış sürekli pasif hareket (cpm) protokolünün sonuçları. *Hacettepe Ortopedi Dergisi*, **11**(1), 20.

Ekşioğlu, E. ve Gürçay, E., 2013. Total diz artroplastisi sonrası rehabilitasyon. *İstanbul Tıp Fakültesi Dergisi*, **76**(1), 16-21.

Terzi, R., Gültekin, A. ve Atlıhan, D., 2013. Ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sonrası; erken dönem sürekli pasif hareket uygulanmasının rehabilitasyon sonuçlarına etkisi. *Turkish Journal Of Physical Medicine & Rehabilitation/Turkiye Fiziksel Tıp Ve Rehabilitasyon Dergisi*, **59**(4).

Harne, M.S. and Deshmukh, S.V., 2016. Integration of ergonomics in continuous passive motion machine. *Integration*, **3**(8).

[Wu, J., Lv, M. and Zhou, Y., 2016. Association of knee range of motion and continuous passive motion following total knee arthroplasty: a meta-analysis. *Annals of Joint*, **1**(3).

Karakoç, Y., Karalezli, K., İltar, S., Karalezli, N., Çimen, O. and Irgit, K., 2003. Total diz protezi uygulanan hastalarda cpm'in diz eklem hareket açıklığına etkisi. *Fiziksel Tıp Rehabilitasyon Dergisi*, **6**, 25-8.4

İnternet kaynakları

1-<http://www.feyyazciftci.com.tr/artroplasti.html>

2-http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/60710/1/WHO_RHB_94.1.pdf Accessed:27.10.2016