

FİZYOTERAPİST KONTROLLÜ, SUPINASYON VE PRONASYON EL BİLEK HAREKETLERİ İÇİN FİZİK TEDAVİ VE REHABİLİTASYON CİHAZI

Mehmet Korkmaz^{1,2}

¹Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Selçuk Üniversitesi , Alaeddin Keykubat Yerleşkesi
42250 Selçuklu,Konya, mkorkmaz@selcuk.edu.tr

²Murfizyo Medikal Elektrik Elektronik Makine Sanayi ve Tic. LTD. ŞTİ.
Selçuk Üniversitesi, Konya Teknokent Akademi Mah. Gürbulut Sk. No:67/H-143/C
42250 Selçuklu, Konya, murfizyomedikal@gmail.com

Özetçe

El bileği kırıkları acil vakalarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Açık el üzere düşmeden kaynaklı oluşan bu kırıklar hastaların gerek iyileşme sürecinde gerekse rehabilitasyon sürecinde önemli ölçüde yaşam kalitelerine mani olmaktadır. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı araştırma/girişim projesi kapsamında geliştirilen cihaz ile bu türde hastaların rehabilitasyon sürecinde iyileştirmeler sağlanması amaçlanmıştır. PS1611 cihazı el bileği kırık kemiğin kaynamasından sonraki rehabilitasyon sürecinde kullanılacak bir cihazdır. Cihaz iyileşme sürecini hızlandıran, uzmana gerek kalmaksızın rehabilitasyon egzersizlerini gerçekleştirebilecek, ilgili bölgeye sıcaklık uygulayabilen, hastanın iyileşme durumunu takip edip kaydedebilen ve hastanın konforunu artıracak özelliklere sahiptir.

1. Giriş

İnsan iskelet yapısı kemiklerden oluşmaktadır. Bu kemikler zaman içerisinde olgunlaşarak yetişkin bir insanda yaklaşık olarak 206 adet seviyesine ulaşmaktadır. Bebeklikten yetişkinliğe zaman içerisinde sertleşen kemikler vücudumuz için bir baston görevi görmektedirler. Organları koruma, vücuda diklik kazandırma vb. görevlerinin yanı sıra eklemler vasıtasıyla hareketlerin yapılmasını da sağlarlar [1]. Hareket işlevinde de önemli bir yere sahip olan kemikler sertleşmenin de etkisiyle aynı zamanda kırılabilir bir yapıya da sahiptirler. Bu kırılabilir yapı zaman içerisinde düşme, çarpma vb. etkiler yüzünden çatlama, kırılma gibi endikasyonlar ile karşılaşabilmektedirler. Özellikle kırılma olgusu insanın normalde yapabileceği birçok hareketi eklem bölgesine göre kısıtlayabilmektedir. Bu ise ciddi bir iş gücü kaybı, hayat kalitesinin düşmesi gibi sonuçlar doğurmaktadır.

Günümüzde karşılaşılan en sık kırık türleri, el bileği, kol, köprücük, ayak bileği kırıklarıdır. Özellikle acil servis vakalarının %20-25'lik bir kısmını el bileği kırıkları oluşturmaktadır [2]. Her bir kırık türünün hasta için farklı komplikasyonları bulunmaktadır. Örnek olarak el bileği kırıkları ele alındığında, her yaş türünde

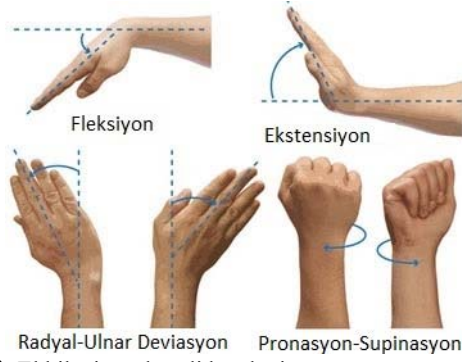
görülebilecek türde bir kırık çeşididir. Genellikle açık el üzere düşme sonucu karşılaşılır. Yaygın bir şekilde kırılma radius/ulna kemiklerinde oluşmakta ve kemiğin açılma yönüne göre Colles, Smith kırıkları olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1)[3]. Kırık teşhisinin konulması ve türünün belirlenmesinden sonra uygun tedavi yöntemi uygulanır. Kırık bölgesinin uygun bir şekilde yerine oturtulması yani redükte edilmesi, cerrahi yöntemlerle müdahale edilmesi, çivileme, açılma gibi metotlar kullanılarak ilgili bölgenin iyileşmesi amaçlanır.



Şekil 1. Radius / Ulna Distal uç kırıkları

Sabitlenme süreci yaş ve kırık durumuna göre farklı zaman dilimleri göstermekle birlikte genellikle 6-8 haftalık bir süre boyunca ilgili bölgenin immobil hale getirilerek, sabitlenerek, kırığın kaynaması beklenir.

Kırık kaynama süresi boyunca hareketsiz olarak kalan kısımlardan dolayı kırık sonrası komplikasyonlar oluşmaktadır. Genellikle, hastaların el bilek hareketleri olan pronasyon-supinasyon, fleksiyon-ekstensiyon ve radyal-ulnar deviasyon (Şekil 2) hareket kaybının olması sık görülen bir durumdur. Pronasyon ve supinasyon sırasıyla el bileğinin omzu döndürmeden içeriye veya dışarıya döndürülme hareketidir. El bileğinin yukarıya ve aşağıya hareketlerine ekstensiyon ve fleksiyon, sağ veya sola hareketlerine ise radyal-ulnar deviasyon denir.



Şekil 2. El bileği üç eksenli hareketi

Örneğin el bileği hareketleri göz önüne alındığında sağlıklı bir insanın pronasyon/supinasyon değerleri +/- 90 derece aralığında olabilirken kırık bölgesinin sabitlenmesi ve redüksiyon tedavisi sonrası bu aralık +/- 10 derece gibi ciddi bir seviyeye düşebilmektedir. Benzer şekilde hareket kayıpları fleksiyon, ekstensiyon veya deviasyon kısımlarında da olmaktadır. Hastanın bir an evvel ilk günkü sağlık koşullarına geri dönmesinin sağlanması için fizik tedavi ve rehabilitasyon yöntemlerine başvurulur. Bu yolla ilgili bölgede oluşan kas gücü kaybı, hareket kaybı, ödemin azaltılması vb. komplikasyonların giderilmesi amaçlanır.

Kırık sonrası komplikasyonlar ile gelen hastalara 10-30 seans, 30-60 dakikalık tedaviler öngörülür [4]. Bu süre hastanın durumuna, yaşına vb. diğer etkenlere bağlı olarak değişebilir. Her bir seansta genellikle ısıtma/soğutma uygulamaları (whirlpool, hotpack, sıcak su torbaları, coldpack, buz/soğuk kompres vb.), elektroterapi gibi işlemler uzmanın hastanın durumuna göre karar vermesi ile değiştirilebilir. Bunlara ilave olarak hasta el bilek bölgesinin gelişimi için ağırlık kaldırma, yay gerdirme gibi hareketler ve ilave olarak uzman tarafından uygulanacak gerdirme işlemleri yapılır [5].

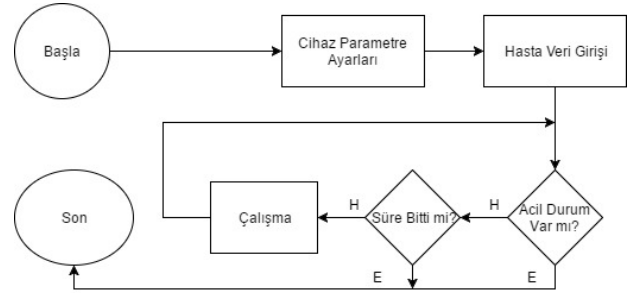
2. Materyal ve Metod

Cihazın beslemesi 220Volt, değişken frekanslı (AC) şebeke geriliminden yapılır ve bir doğru gerilim (DC) güç ünitesi vasıtasıyla 24Volt DC gerilim seviyesinde çalıştırılır. Hasta kol uzunluğuna göre ayarlanabilen ön kol dayama aparatı, hasta pronasyon/supinasyon açı değerlerini gösteren açı göstergesi, ısıtıcı bileklik ve bütün bunları kontrol eden bir elektronik devre kartı üzerinden işlemler yapılmaktadır. Genel olarak sistem çalışması için sensör verilerinin okunmasında ADC (Analog Digital Converter) modüllerden yararlanılmıştır. Örnek olarak sıcaklık sensöründen gelen veriler analog türde olduğu için cihaz işlemcisine değerlerin bildirilmesi için dijital çevrilme işlemi yapılmalıdır. Bu işlem ADC modüller vasıtasıyla yapılmıştır. Gösterge paneli için seri haberleşme tabanlı bir yapı [6], motor pozisyon kontrolü için enkoder ve motoru sürdürebilmek için PWM (Pulse Width Modulation) metodundan yararlanılmıştır.

Hastanın çalışma aralığında işlemlerin gerçekleşmesi için cihazın ne kadar dönüş yaptığı bilgisi edinilmelidir. Bu yüzden, cihazın dönüş turu ile ilgili bilgiler pozisyon kontrolü için gereklidir. Bu veriler enkoder denilen motorun dönüş sayısını veren sensörler vasıtasıyla edinilebilir.

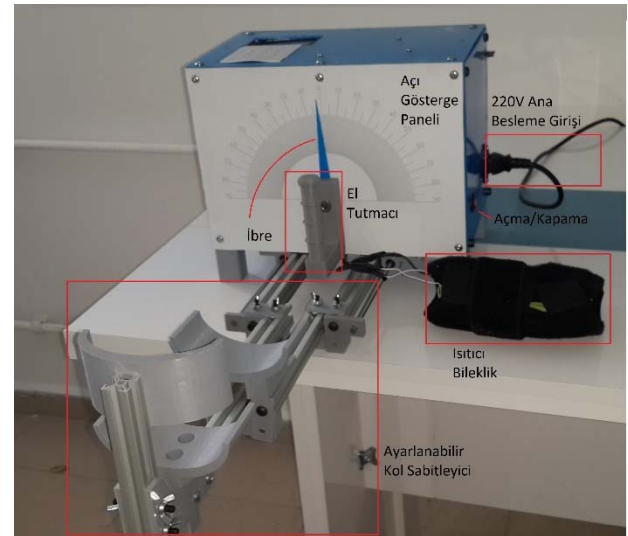
2.1. Sistemin Genel Yapısı

Pronasyon ve supinasyon otonom kontrollü cihazın çalışması için genel akış diyagramı Şekil 3'teki gibidir. Cihazın içerisinde bulunan elektronik kontrolör sayesinde hasta ile ilgili verilerin tutulmasının yanı sıra hastaya özgü ayarlanacak parametreler ve sürecin çalışması kontrol altında tutulmaktadır. Herhangi bir acil durumda ise cihaz otomatik olarak çalışmasını sonlandırmaktadır. Acil durumlar, hastanın/uzmanın çalışmayı sonlandırmak istemesi, acil durum butonuna basılması, ani ve aşırı dönüş hareketinin yapılması, pronasyon ve supinasyon sınır değerlerinin geçilmesi gibi olgulardır. Bunlarla ilgili önlemler gerek çeşitli sensörler gerekse yazılımsal olarak alınmıştır.



Şekil 3. Cihaz ayar ve çalışma blok diyagramı

Sistem genel olarak hastanın cihaz ile konumlandırılması için gerekli aparatlar, pronasyon/supinasyon açı göstergesi ısıtıcı bileklik, gösterge paneli, ve kontrol kartından oluşmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Cihazın dıştan görünümü ve tanımlar

Cihazın farklı kısımlarında üç boyutlu yazıcı [7] teknolojilerinden yararlanılmıştır. Bu teknoloji sayesinde prototip geliştirme maliyetleri azaltılmış ve istenilen ebatlarda gerekli parçalar üretilmiştir. Üst ektremite sabitlemesi, ön kol dayaması ve el tutmacı kısımları üç boyutlu yazıcılardan alınmıştır (Şekil 5).

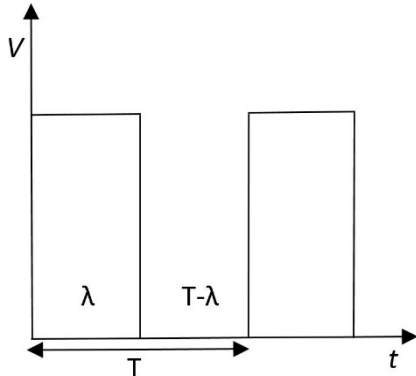


Şekil 5. 3 boyutlu yazıcıdan alınan parçalar

2.2. Kontrolör yapısı

PS1611 cihazı için step motor, sürücü, enkoder gibi yapılardan yararlanılmıştır. Uzman tarafından girilen ayarlar işlemci hafızasına kaydedilmektedir. Bu veriler ele alındığında dönüş hareketlerini sağlayan motora PWM metodu ile sinyaller sürücü üzerinden gönderilmektedir. PWM metodu sayesinde motor dönüş hızı ve yönü ayarlanabilmektedir [8].

Enkoderden elde edilen verilere göre PWM metodu sayesinde pozisyon ve hız kontrolü yapılabilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. PWM, darbe genişlik modülasyonu

T periyotlu bir sinyalde λ , sinyalin doluluk oranı göstermektedir. λ değeri değiştirilerek sinyalin değeri değiştirilebilmektedir. Bu değer sayesinde motorun hız ve pozisyon bilgisi ayarı yapılabilmektedir (Eş. 1).

$$V_{sinyal} = \frac{\lambda}{T} \cdot V_{max} \quad (1)$$

Isıtıcı bloğunun aktif olması durumunda, ısıtıcı bileklik içerisinde bulunan sensör yardımıyla bilek çevresindeki veriler alınır. Bu veriler ADC modül vasıtasıyla dijital çevrilerek ısıtıcıları kontrol eden devre kartından ısıtıcıyı açma veya kapatma sinyalleri gönderilerek rehabilitasyon bölgesindeki sıcaklık değerinin makul aralıkta kalması sağlanır [9].

Kontrolör yapısı hastanın iyileşmesine aktif katkıda bulunabilecek Şekil'de "active" modda çalıştırılabilir. Bu durumda PWM metodu ile sinyal sayısı artırılarak motor dönüş açısı artırılabilir.

3. Uygulama

Cihaz fizik tedavi ve rehabilitasyon uzmanlarının doğrudan yaptırmak zorunda olduğu pronasyon/supinasyon hareketlerinin otomatik olarak yaptırılmasını sağlamaktadır. El bileğinin sabitleme işleminin bitmesi ve ilgili kırık bölgesinin doğru bir şekilde kaynamasından sonra bu bölgede uzun dönemli hareketsizlikten kaynaklı doku yapışması, kas kısılması vb. problemler olmaktadır ve hasta ilgili uzvunu bir müddet kullanamamaktadır. Hasta, normal durumuna dönebilmesi için fizik tedavi ve rehabilitasyon almalıdır. Bu sürecin daha verimli, daha hızlı ve daha doğru bir şekilde yapılması için uzmanlar tarafından tedavi işlevi gerçekleştirilmelidir.

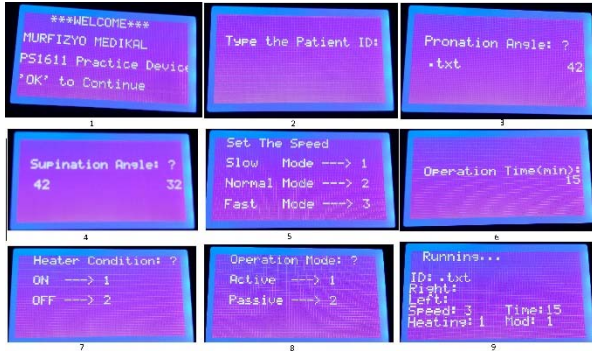
Uzman tarafından ilk olarak hasta bileğinin pronasyon/supinasyon değerleri Şekil 7'de görülen açı göster panelinden belirlenmelidir. Hasta değerlerin tam alınabilmesi için cihaz karşısına doğru bir şekilde konumlandırılmalıdır.



Şekil 7. Açı gösterge paneli

Sağ veya sol el tedavisine göre pronasyon ve supinasyon açı değerleri belirlenmesinden sonra hastaya otonom olarak ilgili işlemlerin yapılması için menü girişlerinden

hasta bilgisi ve cihazın çalışması ile ilgili ayarlar yapılmalıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Cihaz veri giriş menüleri

Bu ayarlar aşağıdaki gibidir:

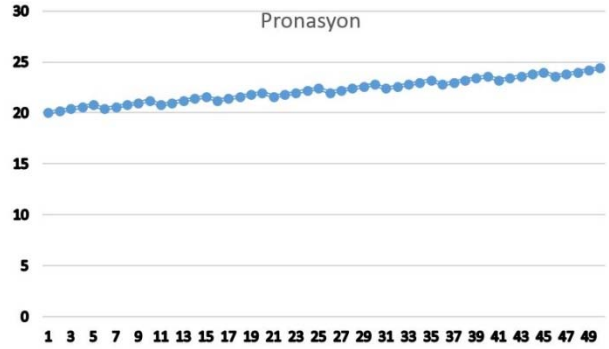
- ID girişi:** İlk olarak hastanın ID bilgisi girilerek ilerleyen dönemlerde hastanın gelişimini takip etmek ve buna göre hasta ve uzmana bilgi sunmak. Bu veri isim, TC kimlik numarası veya farklı bir kodlama şeklinde olabilir.
- Pronation Angle:** Cihaz çalıştırılmadan önce belirlenen hasta pronasyon sınırı bu kısımda girilerek hastanın bileğinin pronasyon yönünde ne kadar döndürüleceği bilgisi verilir.
- Supination Angle:** Cihaz çalıştırılmadan önce belirlenen hasta supinasyon sınırı bu kısımda girilerek hastanın bileğinin supinasyon yönünde ne kadar döndürüleceği bilgisi verilir.
- Set the Speed:** Cihazın çalışma hızı belirlenir. Bu hız yavaş, orta veya hızlı seçeneklerinden birisi seçilerek ayarlanır.
- Operation Time(min):** Dakika cinsinden çalışma süresi belirlenir, buna bağlı olarak otomatik bir şekilde süreç tamamlanır.
- Heater Condition:** Çalışma sürecinde rehabilitasyon bölgesinin ısıtılmasının açık veya kapalı olması seçilebilir. *ON* konumunda ilgili bölgenin gerdirmiş işlemleri esnasında ısıtılması sağlanır. *OFF* konumunda ise ısıtıcı kısım pasif edilir.
- Operation Mode:** *Passive* modda girilen ilk pronasyon ve supinasyon değerleri korunur ve bütün süreç boyunca bu aralıkta çalışma yapılması sağlanır. *Active* modda ise cihazın hastanın iyileşmesine katkıda bulunması amaçlanmaktadır. Buna göre her bir çevrim sonucunda 0.2 derece artışlar ile her iki yönde de hasta sınırlarının yumuşak bir şekilde artırılması sağlanır. Bu değer uzmanın isteğine göre artırılıp azaltılabilir.
- Save:** Her bir çevrim sonucunda hasta hareketleri kayıt edilir.

Cihaz yukarıda bahsedilen ayarlamalar yapıldıktan sonra işlem süreci bitene kadar çalışarak hastanın pronasyon/supinasyon rehabilitasyonu sağlar ve ilerlemeler her bir çevrimde kayıt edilir. Örnek bir hasta çalışması Şekil 9'da görülmektedir.

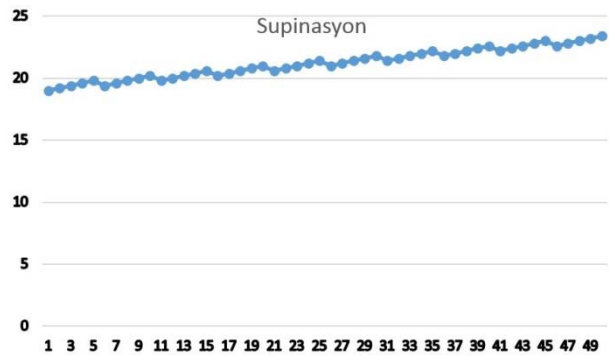


Şekil 9. Hasta – cihaz konumlandırılması

Hasta cihaz el tutmacını tutacak ve karşıdan cihazı göreceği şekilde konumlandırılır. Isıtıcı bileklik uzman isteğine göre takılabilir. Ayarlamaların yapılması ile hareketler yaptırılarak sonuçların bir hafıza kartında tutulması sağlanır. Tipik bir on günlük çalışmanın verileri tablo 1'deki gibidir. Buna mukabil gelen hasta iyileşme grafiği ise Şekil 10 ve 11'de görülebilir.



Şekil 10. Pronasyon değerleri iyileşmesi



Şekil 11. Supinasyon değerleri iyileşmesi

Tablo 1. Hasta çevrim/günlük pronasyon/supinasyon verileri

Hasta ID	M*** K***	
1.gun		
	Pronasyon	Supinasyon
1.cevrim	20	19
2.cevrim	20.2	19.2
3.cevrim	20.4	19.4
4.cevrim	20.6	19.6
5.cevrim	20.8	19.8
2.gun		
1.cevrim	20.4	19.4
2.cevrim	20.6	19.6
3.cevrim	20.8	19.8
4.cevrim	21	20
5.cevrim	21.2	20.2
	...	
10.gun		
1.cevrim	23.6	22.6
2.cevrim	23.8	22.8
3.cevrim	24	23
4.cevrim	24.2	23.2
5.cevrim	24.4	23.4

4. Sonuç

Bu çalışma Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Teknogirişim 2015/1 araştırma/girişim projesi kapsamında ortaya çıkarılmış, sistem altyapısı ve sunduğu çözümler üzerine üretilen bir cihaz ile ilgilidir. Cihaz temelde el bileği kırıklarının rehabilitasyon sürecinde karşılaşılan güçlükler ve bu sürecin daha da iyileştirilmesini esas almıştır. Mevcut cihazlar otomatik bir fizik tedavi ve rehabilitasyon sunmalarına rağmen bazı eksiklikler bulunmaktadır. Bu eksiklikler tasarlanan cihaz ile giderilmiştir. Öncelikli olarak hastanın rehabilitasyon bölgesinin ısıtılması sağlanarak gerdirme seansı ile bütünleşme sağlanmıştır. Buna ilave olarak hasta hareketleri kayıt edilmesi ile hastanın gün gün iyileşmesi irdelenebilmektedir. Ayrıca hasta el bileği pronasyon/supinasyon açıları cihazın sunduğu mekanik yapı itibarıyla kolaylıkla ölçülebilmektedir. Bu kapsamda cihazın genel iç yapısı, çalışma mantığı ve kullanımından bahsedilmiştir. İlerleyen dönemlerde cihazın seri üretimine başlanması ve geliştirmeler yapılarak ülkemize katma değer sağlayabilecek ürün potansiyelini ortaya koymak temel hedeflerdendir.

KAYNAKLAR

- [1] D.G. Steele, C.A. Bramblett, The anatomy and biology of the human skeleton, Texas A&M University Press, 1988.
- [2]<http://serefaktas.com/kiriklar/el-bilegi-kiriklari/>. Erişim 19.04.2017.
- [3] A. Kapandji, Biomechanics of pronation and supination of the forearm, Hand clinics 17.1:111-22, 2011.
- [4] <http://www.sevgifiziktedavi.com.tr/menu/index/85> . Erişim 20.04.2017.
- [5]<http://www.fizikom.com.tr/fiziksel-tip-ve-rehabilitasyon-uygulamalarinda-kullanilan-araclar.html> Erişim 20.04.2017.
- [6] F. Vahid, T. Givargis, Embedded system design: a unified hardware/software introduction, Vol. 52. New York: Wiley, 2002.
- [7] F. Yılmaz, E. Koç, M. E. Arar “3D Baskı ile Hızlı Prototip ve Son Ürün Üretimi”, Metalurji Dergisi, 168, 35-40, 2014.
- [8] T.L. Skvarenina, ed., The power electronics handbook. CRC press, 2001.
- [9] R.H. Walden, Analog-to-digital converter survey and analysis, IEEE Journal on selected areas in communications 17.4 (1999) 539-550.