



# EMG ve IMU Sinyalleri: Bilek Rehabilitasyonunda Kullanılması EMG and IMU Signals: Use of Wrist Rehabilitation

E. KEKLİKÇİOĞLU<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>SANKO Super Film, Gaziantep  
emre.keklkcioglu@gmail.com;

M.Erkan KÜTÜK<sup>2</sup>, L.Canan DÜLGER<sup>3</sup>  
<sup>2</sup>Makine Müh. Böl., Gaziantep Üniv., Gaziantep  
<sup>3</sup>Makine Müh. Böl., İzmir Ekonomi Üniv., İzmir  
[mekutuk@gantep.edu.tr](mailto:mekutuk@gantep.edu.tr); [canan.dulger@ieu.edu.tr](mailto:canan.dulger@ieu.edu.tr)

**Özetçe**—Çalışmada robotik bilek rehabilitasyonu için başlangıç oluşturacak EMG (Electromiyografi) ve IMU' (XSens-Ataletsel ölçüm birimi) nun kullanılması yer almaktadır. Sinyaller Laboratuvarında gönüllülerden alınmıştır (erkek öğrenciler 23-24 yaş). Farklı sistemlerden alınan bilek hareketlerinin sinyal özellikleri karşılaştırılmıştır. İki deney düzeneği hazırlanmış, bağlantılar ve gerekli yazılım yüklenmiştir. Deneyler Gaziantep Üniversitesi Makine Müh. Bölümünde tamamlanmıştır. Her iki sistemdeki sinyallerin bilek rehabilitasyonu amaçlı kullanılması ve sonuçta eksoskeletona entegre edilmesi sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler** — EMG (elektromiyografi), bilek kasları, robotik rehabilitasyon, IMU, eksoskeleton.

**Abstract**—EMG (wired) and IMU (XSens-wireless) measurements are taken for robotic wrist rehabilitation base study in this paper. Volunteer students (2 male students-ages 23-24) are chosen for taking signals, and signal properties taken from two different arrangements are compared. Two experiment set up are prepared and wiring are completed with related softwares. Experiments are performed at Gaziantep University, Mechanical Engineering Department. Signals taken for both systems are searched for wrist rehabilitation. IMU is integrated to an exoskeleton system at the end.

**Keywords** — EMG, wrist muscles, rehabilitation robotics, IMU, exoskeleton.

## I. GİRİŞ

Rehabilitasyon sistemlerinin seçiminde önemli olduğu düşünülen altı nokta; fiyat, büyüklük, ağırlık, işlev, operasyon özelliği ve otomasyondur. Yapılan saha araştırmalarında da net olarak görülmüştür. İnsan hareketlerinin iyileştirme amacıyla işlenmesi 1980'lerden bu yana çalışılmaktadır. Özellikle inme ve işlev kaybı yaşayan hastalarda uzun bir tedavi ve iyileştirme süreci

yaşanmaktadır. EMG sinir ve çizgili kasların elektriksel özelliklerinin ölçülerek değerlendirildiği bir tanı yöntemidir. Günümüz teknolojisinde EMG sinyallerinin alımı sonucunda robotik kolların ve aç-kapa farklı sistemlerin çalışması ve denetimi sağlanmaktadır. Kişinin uzvunun konum, hız veya ivme kinematik sinyallerinin, ve EMG gibi tetikleyici sinyallerin kullanıldığı görülmüştür [1]. Hareket sensörlerinin kullanımı ve inersiyal sensörlerin ivmeölçer olarak uygulanması daha çok tedavilerde görülmektedir. İnersiyal sensörler (ivme ölçer ve jiroskoplar) daha çok navigasyon ve arttırılmış gerçeklik model çalışmalarında görülmektedir [2, 3].

Robot tabanlı izleme ve terapi robotlarında kullanılan farklı sistemler mevcuttur. Robot uygulamalarında pasif hareket sağlayıcı olarak düşünülen örnekler burada belirtilmiştir. Bazı örnekler bakıldığında; ARM Guide isimli robotik cihaz haptik sistemler üzerinde ve evde iyileştirme olarak adlandırılan süreçlerde görülmektedir [4]. MIT-MANUS robot el ve bilek rehabilitasyonunda kullanılmaktadır [5]. MIME kusurlu uzva tek taraflı ya da iki taraflı kuvvet uygulayabilen PUMA 560 robot ile beraber çalışmaktadır [6]. The MARIBOT isimli robotta ise fazladan iki serbestlik derecesinin eklenmesi ve mekanik yapının değiştirilmesi sonucunda iyileştirme gerçekleştirilmiştir [7].

Çalışmada bilek rehabilitasyonunda değerlendirilmek üzere iki farklı biyomedikal ölçüm alınmıştır. Her iki ölçümde yüzey EMG ile IMU gönüllü proje çalışanları ile birlikte alınmıştır. MSD adı verilen bilek egzersiz aleti kullanılmıştır. Amaç fizik tedavide uzmanların yaptıkları bilek hareketlerinin doğrudan yapılması ve çalışmanın bir sonraki aşamasında robotik bilek

rehabilitasyonunda veri olarak kullanılmaktadır. Son olarak ta IMU sistemi tasarlanan eksoskeleton üzerinde denenmiştir.

## II. KOL KASLARI VE KULLANIMI

Kol kasları kol ön bölgesi ve kol arka bölgesi olarak gruplandırılır. Çizgili kaslar kasıldığı zaman kemikler birbirine yaklaşır veya uzaklaşır. Böylece bilekte fleksiyon, ekstansiyon (F/E), abduksiyon./adduksiyon ve supinasyon/pronasyon (S/P) hareketleri yapılır. Şekil 1'de fleksiyon/ektensiyon verilmektedir. Anılan hareketler için görevli olan kaslar ise Tablo 1 de gösterilmiştir.



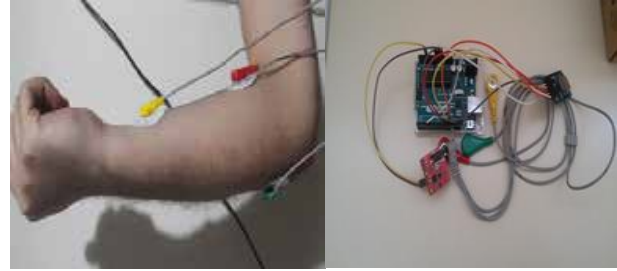
Şekil 1. Bilek Hareketleri [2]

Tablo 1. El-bilek F/E için görevli kaslar

Bilek Hareketi	Kaslar (*Birincil Kaslar)
Ekstansiyon	E.Carpi Radialis Longus (ECRL), *E. Carpi Ulnaris (ECU)*, E.Carpi Radialis Brevis (ECRB)*, E.Digiti Minimi, E. Pollicis Longus, E. Digitorum, E. Indicis
Fleksiyon	F.Carpi Radialis (FCR)*, F. Carpi Ulnaris (FCU)*, Palmaris Longus, F.Digitorum, F.Digitorum Profundus, F. Pollicis Longus

## III. KOL SİNYALLERİNDE EMG KULLANILMASI

Şekil 2(a)'da EMG elektrotun yerleştirilmesi denek üzerinde ve 2(b) de ise EMG ölçüm sistemi gösterilmiştir. Kasların kasılmasına neden olan elektrik sinyalleri gönderilir. Kasların aktivitesi sonucunda elektrik akımı üretilir. Kişide sinir ve kas problemleri var ise kaslarda anormal tepkiler olur. EMG sinyallerinin alımı özellikle YEMG olarak bilinen yüzey elektrotlarla alımı düşük riskli olduğu için tercih edilir. Çalışmada EMG sinyalleri ön kol kaslarından eş zamanlı olarak alınarak sinyal karakteristiği çıkarılmıştır [8, 9]. Sistemik olarak yapılan deneylerde Bilek Ekzersiz Aleti (MSD) (F/E) hareketlerinin ölçümünde kullanılmıştır. Şekil 3(a) ve (b) de Ekstansiyon/Fleksiyon olarak gösterilmiştir. Ölçümler analizlerin başlangıç aşamasını oluşturması amacıyla yapılmıştır. Rehabilitasyon aletinde 5 farklı (1-5) ayar yapılabilmekte, egzersiz kolaydan zora ilerletilebilmektedir. EMG Sensörü Arduino ile birlikte çalıştırılmıştır. Sensör çıkışı analog voltaj çıkışı olarak alınmaktadır.



(a) (b)

Şekil 2. EMG Elektrotun Yerleştirilmesi ve EMG Ölçüm Sistemi



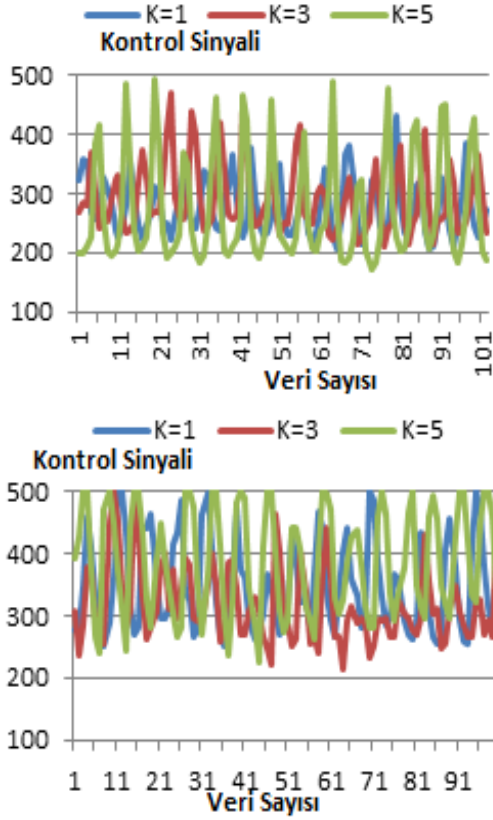
(a) Ekstansiyon



(b)Fleksiyon

Şekil 3. Bilek Rehabilitasyon Aleti ve EMG Ölçümü

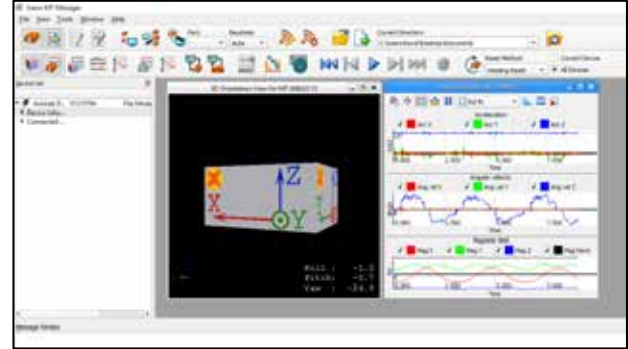
EMG sinyalinin zaman boyutunda incelenmesinde doğrultma, alçak geçiren filtreleme, ortalama alma, bütünleşme ve RMS değeri ölçülmektedir. Baskın frekanslar 50-100 Hz gibidir. Sinyalin dalga şekli, frekans spektrumu ve genliği klinik tanı konulmasında kullanılır. Burada üretilen sinyalin enerjisi ise 0-500 Hz bantı arasındadır. Şekil 4'te gönüllü öğrenciden 3 farklı zorluk ayarında yapılan denemede alınan F/E grafikleri gösterilmektedir [10, 11]. Grafikler veri sayısı ve dijital değer olarak verilmiştir.



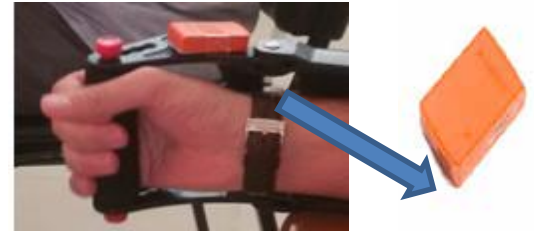
Şekil 4. EMG ve Arduino ile Alınan Sonuçlar (F/E)

#### IV. KOL SİNYALLERİNDE IMU KULLANILMASI

MTw Awında MT yazılımı ile birlikte kullanılmaktadır. Yazılım bilgisayara yüklenerek veri toplanmasını, görselleştirme işlemlerini ve kayıt altına alınmasını sağlamaktadır. C++ ve MATLAB ile kullanılabilir. MTx USB ile veri aktarımı yapabilmektedir (USB Dongle). Xsens minyatür kablosuz inersiyel bir algılayıcı modülü özelliği taşımaktadır. Yapı içerisinde 3B ivmeölçer, jiroskop, magnetometre ve barometre bulunmaktadır. Biyomekanik uygulamalarda iyileştirme amacıyla, sporcular tarafından ve sanal gerçeklik olarak hareket yakalama amacıyla kullanılabilir [12]. Çalışma Makine Mühendisliği Bölümü Mekatronik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın I. Kısımında EMG sensörleri ve Bilek rehabilitasyon aleti ile bilek sinyalleri alınmış, ve F/E olarak sunulmuştur. Şekil 5'te ölçümlerin yapılabilmesini sağlayan, grafik ekranı Xsens MT Manager olarak adlandırılan yazılım ile gösterilmektedir. Yazılım kullanılarak veri ölçümü, görüntülenmesi ve kayıt edilmesi yapılabilir. Hareket yakalama amacıyla deneklerde/hastalarda kullanılabilir. Şekil 6 (a, b, c) de gönüllü öğrenciler ile proje kapsamında yapılan F/E ölçüm sistemi gösterilmektedir.



Şekil 5. MT Manager Yazılımı



(a) Fleksiyon

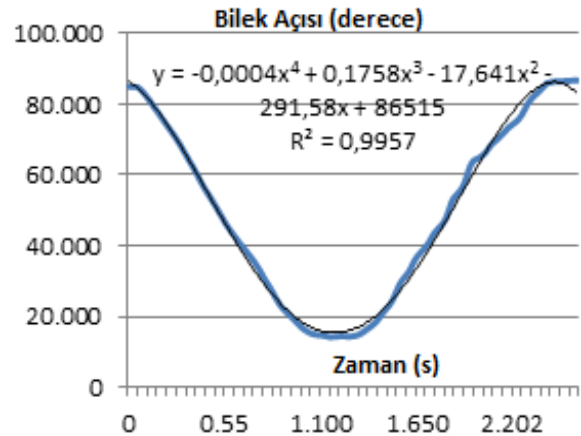
(b) XSens Birimi



(c) Extensiyon ve Güçlük Ayarı

Şekil 6. IMU ve Bilek Ekzersiz Aleti

Burada ölçümler gerçek zamanda farklı güçlük ayarlarında yapılmış, örnek olarak orta ayarda F/E hareketi Şekil 7'de alınan değerlerin eğriye uydurulması ile gösterilmiştir. IMU biriminin koordinat düzenlemeleri ilgili program x-ekseni örnek sayısı, y eksenine ise bilek dönme açısı olarak verilmiştir.



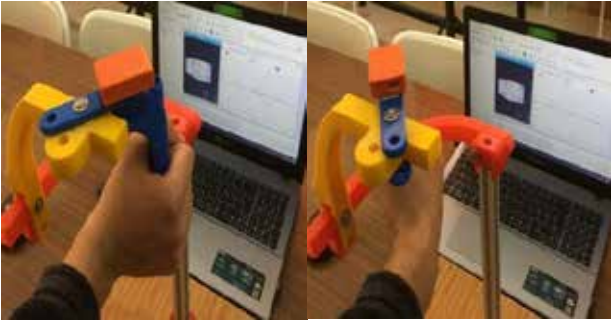
Şekil 7. IMU ve F/E Hareketi



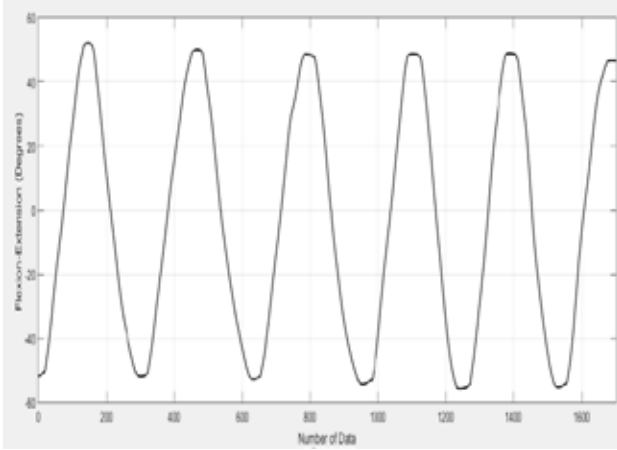
İlk denemede F/E hareketi 6-10 defa yaptırılarak 16 saniye kayıt edilmiştir. Fleksiyon hareketi 1 defada ortalama 2.6 saniyede yapılmıştır. Ölçümler XSens ile 100 Hz de alınmış olup 24 yaşında erkek gönüllü kullanılmıştır.

## V. EKSOSKELETON UYGULAMASI

Çalışma içeriğinde başlangıç olarak eksoskeleton ile bilek hareketlerinin ölçümü manuel olarak alınmıştır. Bu aşamadan sonra laboratuvarında tasarımı ve imalatı yapılmış bilek ve ön kol iyileştirme hareketlerinin yapılabileceği bir eksoskeleton kullanılacaktır. İnsan anatomisine uygun tasarlanan eksoskeleton 6 serbestlik dereceli seri robot (Denso VP 62426) ile uyumlu hale getirilip, hareketin robot tarafından yapılması sağlanacaktır. Şekil 8 (a) ve (b)'de FE hareketleri ve açılma yer değiştirme verilmiştir. Şu anda bir eksende IMU bulunmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 8. Eksoskeleton ve IMU beraber çalıştırılması

## VI. SONUÇLAR

EMG sinyali aktif motor nöronların istemli (istemli) olarak ileti alması/göndermesi sonucunda oluşmaktadır. Burada ayrı kaslar aktive edilir. Kesin kasılma şiddeti arttıkça MUP (motor ünite potansiyeli) artmaktadır. Sunulan çalışmada Gaziantep Üniversitesi Makine Müh. bölümü Mekatronik Laboratuvarında gerçekleştirilen bir

projenin sinyal ve veri alımı parçasını oluşturmak için deneyler yapılmıştır. Son olarak ise sinyallerin değerlendirilmesi ve eksoskeletonun robotla bütünleştirilerek IMU ile rehabilitasyonda kullanılması tamamlanacaktır. Burada deneyler sağlıklı öğrencilerle yapılmış, veri toplanması ve alternatif yöntemler gösterilmiştir [13].

## TEŞEKKÜR

Gaziantep Üniversitesi Araştırma Projeleri Yönetim Biriminin (BAP) MF 17.03 kodlu projesinden sağlanmıştır. Gaziantep Üniversite Rektörlüğü'ne teşekkür ederiz. Deneylerde projeye koşulsuz destek veren öğrencilerimiz M. Kaşşirin, G. Demir, H.H. Furgan Arslan, M. Yıldız, Sefa K. Bulut, E. Bank, H. Ataş ve M. Batmaz'a teşekkür ederiz. Çalışmaların daha sonrası için Etik Kurul Onayı alınmıştır.

## KAYNAKÇA

- [1] A.N. Norali, and M.M.H. Som, "Surface Electromyography Signal Processing and Applications: A Review", Pr. of the Int. Conf on Man Machine Systems (ICoMMS), 1A41-1A49, Oct. 2009, pp.11-13.
- [2] H. Zhou, and H. Hu, "Human motion tracking for rehabilitation: A survey", Biomedical Signal Processing and Control, 3, 2008, pp.1-18.
- [3] N. Nikolic, Detailed Analysis of Clinical Electromyography Signals, Ms. Thesis, University of Copenhagen, 2001.
- [4] R. ZhouRiener, T. Nef, G. Colombo, "Robot-aided neurorehabilitation of the upper extremities", Medical Biol Eng Comput, 2005, V.43.
- [5] H.I. Krebs, B.T. Volpe, D. Williams, J. Celestino, S.K. Charles, D. Lynch, and N. Hogan, "Robot-aided neurorehabilitation: A robot for wrist rehabilitation". IEEE Transactions On Neural Systems and Rehab. Eng., 15(3), 2007, pp.327-335.
- [6] P.S. Lum, C.G. Burgar, M.V.D. Loos, P.C. Shor, M. Majmundar and R. Yap, "Mime robotic device for upper-limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: a follow-up study", J. of Rehabilitation R & D, 43(5), 2006, pp. 631-642.
- [7] G. Rosati, P. Gallina, S. Masiero, A. Rossi, "Design of a new 5 d.o.f. wire-based robot for rehabilitation", IEEE 9th Int. Conf. on Rehabilitation Robotics, 2005, pp. 430-433.
- [8] K. Şenli, EMG Kontrollü Protez Kol Tasarımı, DEÜ, FBE Y.Lisans Tezi, 2011.
- [9] Muscle sensor (V3), User Manual, Advancer Technologies, 2013.
- [10] TC. Milli Eğitim Bakanlığı, Biyomedikal Cihaz Teknolojisi, Kas Sinir Sinyal İzleyicilerinde Arıza, 2012.
- [11] W.H. Chang, Y. Kim, "Robot-assisted therapy in stroke rehabilitation", Journal of Stroke, 15(3), 2013, pp.174-181.
- [12] [www.Xsens.com](http://www.Xsens.com)
- [13] L.M. Landry, Inertial Sensor Characterization for Inertia Navigation and Human Motion Tracking Applications, M.S. Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey CA, 2012.