



HAPTİK ELDİVEN TASARIMI: ÜST EKSTREMİTENİN REHABİLİTASYONU İÇİN GELİŞTİRİLMİŞ AYNA TERAPİSİ

M. Taylan Daş^{a,*}, Gökçe Mülazımoğlu^a, Ö. Faruk Usluoğlu^a, K. Furkan Taşdemir^a, E. Dilek Keskin^b

^aKırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Yahşihan/ KIRIKKALE

^bKırıkkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi FTR Anabilimdalı, Yahşihan/ KIRIKKALE

* Corresponding Author: mtdas@kku.edu.tr

ÖZET

İnme sonrası, üst ekstremitelerde de görülen fonksiyonel yetersizliğin tedavisinde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Son yıllarda, inme rehabilitasyonunda alışılmış tedavilerin yanında ayna tedavisi de kullanılmaktadır. Klasik ayna terapisi tedavilerinde düz bir ayna yardımıyla aktif kullanılan uzuv hareketi ayna görüntüsüyle felçli uzuv hareket ediyormuş gibi hastaya gösterilmektedir. Bu çalışmada ayna terapisinin etkinliğini geliştirmek amacıyla tasarlanan haptik eldiven tanıtılmaktadır. Tasarlanan eldiven, sağlam elden uyarıcılar aracılığıyla alınan sinyali, inmeli el parmaklarına aktarmaktadır. Dışarıdan denetlenebilen ve üzerinde çeşitli uyarıcıların olduğu haptik eldiven, 3D yazıcı teknolojisi kullanılarak imal edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sanal ayna tedavisi Haptik Eldiven Rehabilitasyon,

ABSTRACT

Many different methods have been used for treatment of functional insufficiency in upper stroke for post stroke patients. Recently, mirror therapy has also been used for stroke rehabilitation as well as conventional treatment. In this study, a haptic glove located in a sensitive to different stimuli and externally controllable is designed. In order to improve the effectiveness of mirror therapy. The designed haptic glove is manufactured using 3D printing technology.

Keywords: Virtual Mirror Therapy Haptic Glove Rehabilitation

1. GİRİŞ

Çeşitli kaza, yaralanma ve hastalıklar sonucu meydana gelen nörolojik rahatsızlıklar hastaların yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen, kol ve bacaklardaki çeşitli hareket anormallikleri veya kısıtlamalarıyla sonuçlanabilir. Nöroplaksitiseye bağlı olarak, rehabilitasyon yoluyla kayıp fonksiyonların bir bölümünü kurtarmak mümkündür [1]. Hareket kabiliyetinin yeniden kazanılması rehabilitasyon sürecinin ana hedefini oluşturmaktadır. Son yıllarda geleneksel fizik tedaviyle ilgili sorunların üstesinden gelmek için hastanın hareket kabiliyetini arttırmayı amaçlayan birçok yöntem kullanılmaktadır. Zorunlu kullanım terapisi, sanal gerçeklik, robotik rehabilitasyon ve ayna terapisi bu yöntemlerden sadece bir kaçıdır.

Bu yöntemler üst ekstremitelerde rehabilitasyonu için de kullanılmıştır. Hyeon-Min Kim ve Gab-Soon Kim [2] inmeli hastaların parmaklarını rehabilite etmek için bir parmak rehabilitasyon robotunun geliştirilmesi üzerine çalışmışlardır. Yu-Hsiu Hung ve ark. [3] ise inme hastaları için yaygın olarak kullanılan el hareketlerinin gerçekleştirilmesine olanak sağlayan ve çoklu duyuşal stimülasyon terapisine dayanan bir el rehabilitasyon ekipmanı geliştirmişlerdir. Gereon H. Büscher ve ark. [4] gerçek zamanlı veri toplayabilen esnek bir algılayıcı eldiven geliştirmişlerdir. Serbest ve ark. [5]. Hemiplejik

el rehabilitasyonu için giyilebilir bir egzersiz cihazı ile ilgili çalışma yapmışlardır. Çalışma da parmak hareketi mekanizmaları için kullanılan önceki mekanizma çeşitlerine de yer vermişlerdir.

Bu çalışmada ise subakut inmeli hastaların inme rehabilitasyon programına ilave edilen ayna terapisinin etkinliği arttırması planlanan bir mekatronik eldiven tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sanal gerçekliğe sahip ve dışarıdan denetlenebilen bu eldiven sayesinde elin fonksiyonel düzelmesinin hızlandırılması ve terapinin etkinliğinin arttırılması hedeflenmektedir.

2. AYNA TERAPİSİ

İlk kez Vilayanur S. Ramachandran [1] tarafından uygulanan ayna terapisi ampute olmuş kişilerde fantom (hayalet) ekstremitte ağrısının azaltmasını amaçlayan bir uygulamadır. Bu yöntemde felçli uzuv ile sağlam uzuv arasında sagittal bir düzleme yerleştirilen bir ayna aracılığı ile yansıtılan ve felçli uzuv üzerine bindirilen sağlam uzuv görüntüsü hastanın felçli uzvunu normal algılamasına neden olmaktadır. Ramachandran'ın önerdiği bu yöntem ile fantom ağrısının hafifletilebileceğini göstermesi, ayna terapisi olarak isimlendirilen bu yöntemin zayıf hareketlilik ile karakterize olan diğer hastalıklar ve durumlar için de umut verici olmuştur [6].

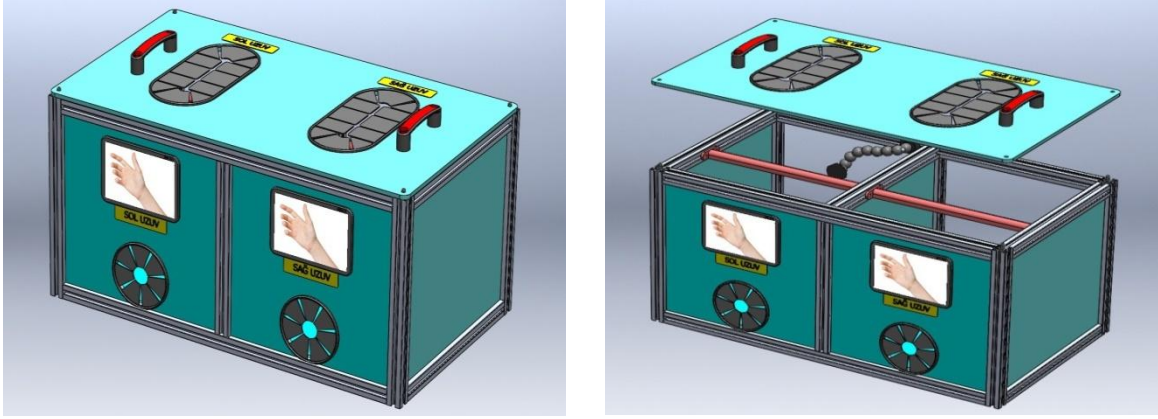
Uygulanan ayna terapisi tedavilerinde düz bir ayna kullanılarak ayna tarafından yansıtılan ve inmeli uzuv üzerine bindirilen sağlam uzuv görüntüsü ile hastanın inmeli uzvunu normal algılaması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada ise, ayna terapisinin çalışmasını taklit eden bir sanal gerçeklik kutusu tasarlanmıştır. Tasarlanan bu kutuda bulunan haptik eldiven çalışan elin hareketini çalışmayan elde bulunan eyleticilere aktarabilmektedir. Tasarlanan eldiven inmeli eldeki hareketleri de algılamak için kullanılabilir.

3. AYNA TERAPİSİ UYGULAMARI İÇİN HAPTİK ELĐVEN TASARIMI

Bu çalışma; algılayıcı ve eyletici el tasarımı, sanal gerçeklik ayna terapisi kutu tasarımı olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır.

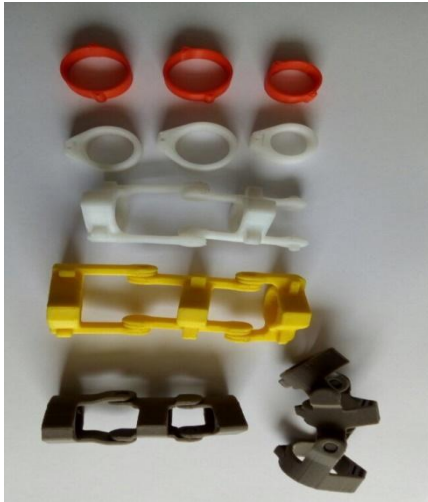
Tasarlanan sanal gerçeklik kutusu sağlam ve inmeli elin yerleştirileceği led aydınlatma ile ışıklandırılmış iki bölmeden oluşmaktadır. Bu iki bölme içerisine yerleştirilen kameralar sayesinde her iki elin hareketine ait görüntüler kayıt altına alınacaktır. Sanal gerçeklik kutusu operatörün; sağlam ele algılayıcı eldiveni, inmeli ele ise eyletici eldiveni giydirebileceği uygun tasarıma sahiptir. Hazırlanan eldivenler bir insanın tutma ve taşıma eylemlerini sağlayacak temel üç parmak (baş parmak, işaret parmağı ve yüzük parmağı) üzerine tasarlanmıştır. Hastanın sağlam eline algılayıcı eldiven, inmeli eline ise eyletici eldiven giydirilmesi ile operasyon başlayacaktır. Hastanın sağlam eliyle yapmış olduğu hareketlerin algılayıcı eldiven üzerindeki algılayıcılar tarafından algılanarak inmeli ele eyletici eldiven aracılığı ile iletilmesi sağlanacaktır. Sanal gerçeklik kutusu içerisindeki kameralar yardımıyla hastaya gerçek elinin ayna görüntüsü inmeli eline aitmiş gibi yansıtılacaktır. Görüntü aktif hale getirildiğinde hasta ekranda kendi inmeli elini gördüğünü düşünecektir. Sanal gerçeklik kutusu içindeki kameralar her iki elin hareketini kayıt altına alırken eyletici eldiven üzerinde bulunan algılayıcılar da parmakların ne kadar hareket edip etmediği bilgisini kayıt altına alacaktır. Şekil 1’de tasarlanan sanal ayna tedavi kutusunun tasarımı gösterilmiştir. Tedavi sırasında ekrandan kişinin ayna görüntüsü ekrandan gösterilecek olup kişinin algılayıcı ve eyletici el ile bir etkileşimi olmaması düşünülmüştür.

Algılayıcı el tasarımı farklı el boyutlarına uyum sağlayabilecek şekilde yapılmıştır. Eyletici el için gerekli olan parçaların tamamı 3B yazıcıda FDM (Fused Deposition Modeling) teknolojisi kullanılarak ABS malzemesi ile 190 mikron kalınlığında örülerek imal edilmiştir. Elin, iş yapabilmek amacıyla baş, işaret ve orta parmaklarının kullanması yeterli olduğundan hareketli eldiven tasarımında temel olarak bu üç parmağın kullanımı amaçlanmıştır.

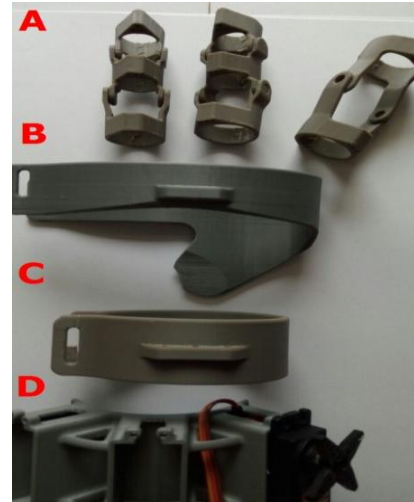


Şekil 1. Sanal gerçeklik kutusu katı modellemesi

Şekil 2 (a) parmaklar için tasarlanan parçaların farklı tasarımlarını göstermektedir. Farklı yataklama ve mafsal çeşitlerinin denendiği parmak tutucu tasarımları görülmektedir. Parmakların hareketini kısıtlamadan gri renkli dış iskelet tasarımı hareket iletimi için en uygun tasarım olarak belirlenmiştir. Parmakların üst ve altından kılavuzlanan çelik tel ile hareket tek bir motor ile açma ve kapama hareketini yapabilecek şekilde tasarım tamamlanmıştır. Hedeflenen her üç parmağın tasarımı aynı şekilde yapılmıştır. Tasarlanan eyletici için bağlantı ve tutucular; parmak tutucular, avuç içi kılavuzu, bilek desteği ve servo motor ünitesi Şekil 2 (b)'de gösterilmiştir.



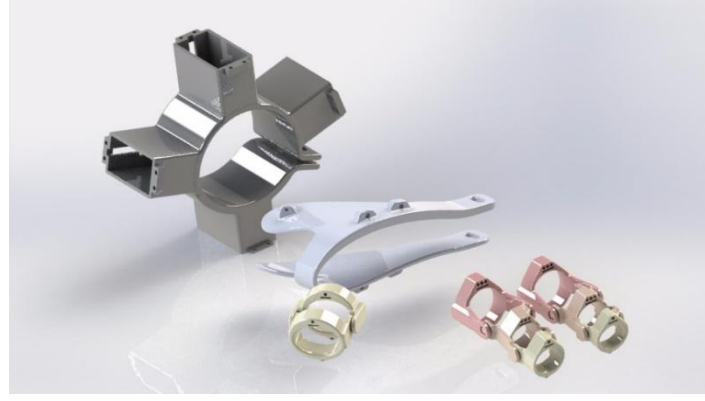
(a)



(b) A:Parmak tutucuları, B: Avuç içi kılavuzu, C: Bilek desteği ve D: Servo motor ünitesi

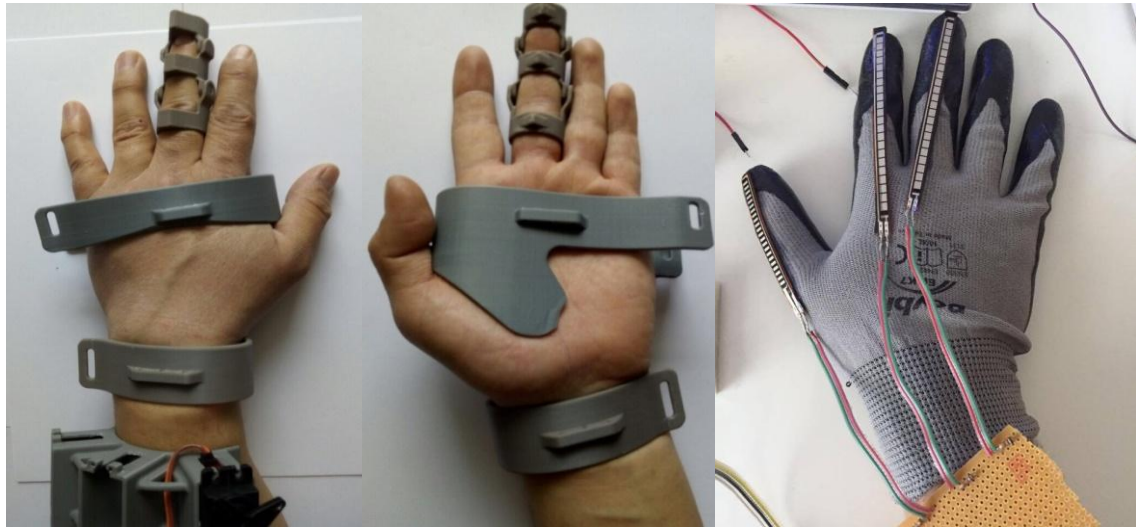
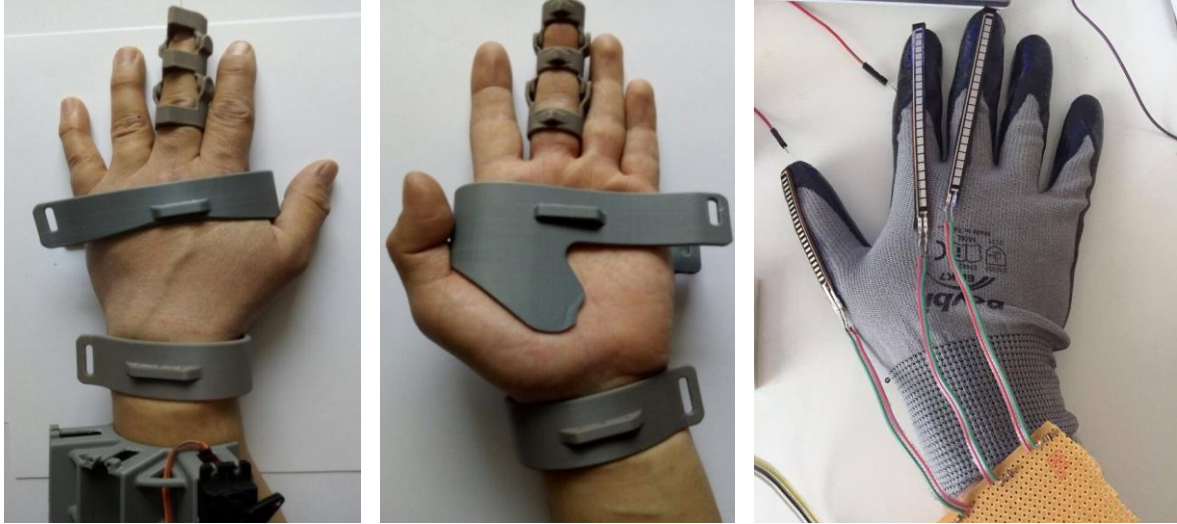
Şekil 2 (a). Eyletici ele ait farklı parmak tutucular, (b). Eyletici El destek parçaları.

Şekil 2(b)'de gösterilen avuç içi kılavuzu ve bilek desteği farklı hastalarda el uygunluğunun sağlanabilmesi için esnek bantla sabitlenebilecek tutucunun geçirileceği slot kısmı eklenerek birçok hasta boyutuna uygun olabilecek şekilde tasarımın son hali Şekil 3'de gösterilmiştir. Bilek desteği, biyonik elin hasta uzuvuna tutunmasını desteklemenin yanı sıra parmaklardan gelen halatları bilekte yakalayarak motorlara iletmektedir. Avuç ve bilek kılavuzları her ele uygun olacak şekilde eliptik yaylanma hareketiyle esnemektedir. Hasta eline uygun hale geldikten sonra slotlardan cırt cırt bantla pozisyona sabitlenecek şekilde tasarlanmıştır. Hastalarda parmak kasılmaları ile karşılaşılması ihtimali göz önüne alınarak 11 kg çekme kapasiteli servo motorlar kullanılmıştır. Tasarlanan biyonik ele ait kısımlar ve eldeki yerleşimleri Şekil 4 'de sunulmuştur.



Şekil 3. Eyletici ele ait parmak tutucuların katı modeli.

Hastanın sağlam eliyle yapmış olduğu hareketleri algılayarak eyletici ele iletimini sağlayan algılayıcı biyonik el tasarımı ise Şekil 5'de verilmiştir. Algılayıcı elin kullanılmasının iki farklı amacı bulunmaktadır. Birincisi sağlam elden alınan hareketi inmeli ele hareket olarak iletebilmektir. Diğer kullanım amacı ise inmeli ele takılarak ayna kutusu içerisinde kendisine yaptırılan hareketlerde, inmeli elde hissedilebilecek hareket ve oynamaları kayıt altına almak için kullanılmaktadır. Bu iki uygulama tedavi sürecinde farklı iki deneme olarak gerçekleştirilebilmektedir [7, 8].



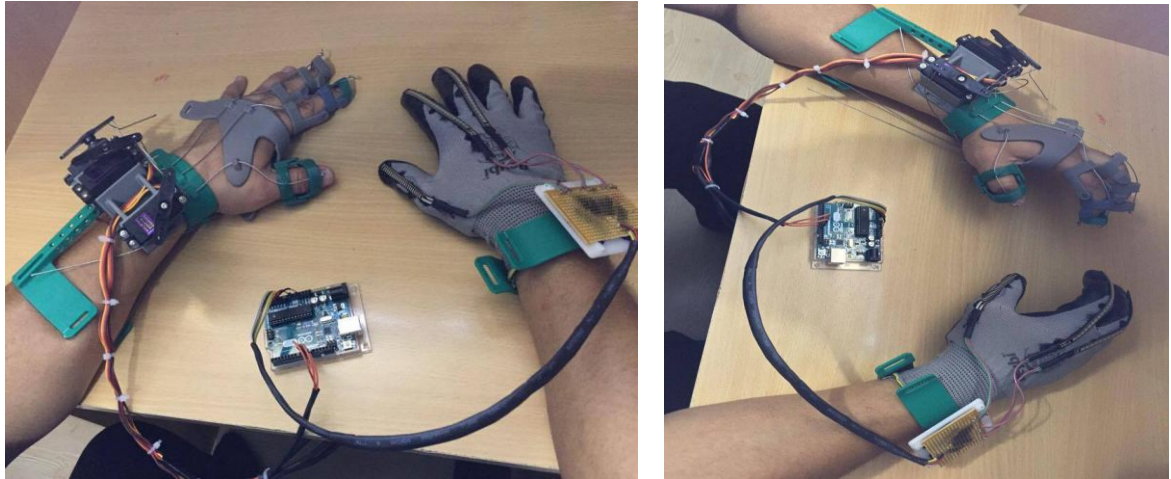
(a) Eyletici el dış görünüş, (b) Eyletici el iç görünüş, (c) Algılayıcı el.

Esnek algılayıcı ile kurulan algılayıcı el için algılayıcıların, direnç değerleri avometre yardımıyla bulunarak hem algılayıcıların çalışabilirliği hem de çalışma aralıkları ölçülmüştür. Algılayıcı el sağlam eli saracak ve yapılacak olan hareketi rahat iletecek şekilde tasarlanmıştır. Yapılan tasarımda esnek algılayıcılar analog pinlerle, motorları ise dijital pinler ile denetlenmiştir. Algılayıcıların çalışma aralıkları her bir algılayıcı için arduino kodları yardımıyla port üzerinden okutulmuştur. Bulunan değerler baz alınarak, ilk hareketi program üzerindeki 'esnek aralık değerleri-servo açısı ' kısmında uygulanarak servo denetimi sağlanmıştır.

Daha sonra motorların parmakların aç ve hareketlerine göre hassas bir şekilde hareket etmesini sağlamak için esnek algılayıcı değer aralıkları üzerinde aralıklar belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda motorların, esnek algılayıcıların yaptığı açığa göre en uygun hassasiyet değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 1'de gösterilmiştir. Son aşamada değer aralıkları belirlenen esnek algılayıcıları parmak üzerindeki konumları sabit kalacak şekilde eldivenlere sabitlenmiştir.

Çizelge 1. Esnek algılayıcıların başlangıç ve parmağın tam kapanma anındaki değerleri.

	Açık pozisyon değeri		Kapalı pozisyon değeri	
	Esnek Algılayıcı (ohm)	Servo Motor (Derece)	Esnek Algılayıcı (ohm)	Servo Motor (Derece)
Baş parmak	680	0	1000	360
İşaret parmağı	500	0	820	360
Orta parmak	500	0	820	360



Şekil 5. Haptik eldiven uygulanması

4. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı, subakut inmeli hastalarda klasik inme rehabilitasyon programına ilave edilen ayna terapisinin etkinliğini arttırmaktır. Bu kapsamda, dışarıdan denetlenebilen ve üzerinde çeşitli uyarıcılar bulunan haptik bir eldiven tasarlanmıştır. Buna ek olarak, hastaya klasik ayna görüntüsü yerine dijital kamera görüntüsü gösterilmiştir. Son olarak tasarlanan bu bileşenler kullanılarak bir sanal gerçeklik kutusu tasarlanmıştır. Ayna tedavisini destekleyecek bu yapının elin fonksiyonel düzelmesi üzerine etkisinin olumlu olması öngörülmektedir.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında, geliştirilen sanal kutu vasıtasıyla gerçek hastalar üzerinde tedavinin uygulanması hedeflenmektedir. Önerilen tasarımla, ekrana yansıtılacak görüntülerle hastaların verilen komutların yerine getirilmesi istenecektir. Yapılan bu uygulama, tedavinin dinamik olmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Imai, K., K. Kita, and W. Yu. "An fMRI Study on Vibration Stimulation Synchronized Mirror Therapy", in International Conference on Intelligent Autonomous Systems. Springer. 2016.
2. Kim, H.-M. and G.-S. Kim, Development of a finger-rehabilitation robot for fingers' flexibility rehabilitation exercise. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing,. 14(4): p. 535-541, 2013.
3. Hung, Y.-H., H.-Y. Lai, and C.-H. Shih, Study of multi-sensory stimulation for the design of hand rehabilitation equipment for stroke patients. Journal of Industrial and Production Engineering, 2015. 32(7): p. 425-431, 2015.
4. Büscher, G.H., et al., Flexible and stretchable fabric-based tactile sensor. Robotics and Autonomous Systems. **63**: p. 244-252, 2015.
5. Serbest K., Yıldız M.Z., Çilli M., Karayel D., Tekeoğlu İ., Eldoğan O., "Hemiplejik El Rehabilitasyonu İçin Giyilebilir Bir Egzersiz Cihazı Geliştirilmesi", Biomedical Engineering Meeting (BIYOMUT), 2016 20th National, DOI:10.1109/BIYOMUT.2016.7849404, 2016.
6. Ramachandran, V.S., D. Rogers-Ramachandran, and S. Cobb, "Touching the phantom limb", Nature, 1995. **377**(6549): p. 489, 1995.
7. Sivak, M., et al. Development of a low-cost virtual reality-based smart glove for rehabilitation. in ICDVRAT. 2012.
8. Placidi, G., A smart virtual glove for the hand telerehabilitation. Computers in Biology and Medicine, 2007. **37**(8): p. 1100-1107, 2007.