

ÜÇ BOYUTLU YAZICIYLA AYAK BİLEĞİ ORTEZİNİN TASARIMI ve GELİŞTİRİLMESİ DESIGN AND CONSTRUCTION OF ANKLE FOOT ORTHOSES BY MEANS OF THREE DIMENSIONAL PRINTERS

Levent AYDIN¹, Doç. Dr. Serdar KÜÇÜK²

¹ Biyomedikal Mühendisliği
Kocaeli Üniversitesi
125162001@kocaeli.edu.tr

² Biyomedikal Mühendisliği
Kocaeli Üniversitesi
skucuk@kocaeli.edu.tr

Özetçe

Üç boyutlu yazıcılar, günümüzde birçok alanda kullanılan ve hızla gelişen bir teknolojidir. Bu makalede, öncelikle bir üç boyutlu yazıcı açık kaynak donanımın geliştirilmesiyle imal edildi. Daha sonra imal edilen bu yazıcı açık kaynak yazılımının iyileştirilmesiyle kontrol edildi. Gerekli kalibrasyonlar yapıldıktan sonra bu üç boyutlu yazıcıyı kullanarak özel bir ayak bileği ortezi (ankle-foot orthosis, AFO) bir CAD yazılımı ile modellendi ve daha sonra bu model geliştirilen yazıcıyla üretildi.

Abstract

Three dimensional (3D) printer technologies are rapidly developing and increasingly being used in several fields. In this paper, as a first step a 3D printer is constructed by modifying open source hardware. As a second step, the constructed 3D printer is controlled by improving open source software. After making required calibrations, a distinctive ankle foot orthosis (AFO) is first modeled by using CAD software and then produced by means of the constructed 3D printer.

1. Giriş

3b baskı^[1], herhangi bir yerden hazır olarak bulunabilen ya da kişisel olarak oluşturulan 3 boyutlu bir modelin, madde olarak çıktısının alındığı işlemidir. Elde edilen bu maddesel çıktı, iki boyutlu katmanların ardışık olarak sıralanmasından oluşur. 3b baskı, kesme ve delme yöntemleri ile malzemenin çıkarılmasına dayanan geleneksel işleme tekniklerinden farklı kabul edilir.

Şekil 1'de görüldüğü gibi 3b yazıcı, bilgisayar kontrolü altında üç boyutlu maddesel çıktı alabilen bir endüstriyel robot türüdür^[2].

3b baskı teknolojisi, 1980'lerden bu yana var olmasına rağmen 2010'dan sonra piyasada yaygın olarak kullanılmaya başlandı. 3b yazıcılar, önceleri pahalı ve kullanımı beceri

gerektiren cihazlardı^[3]. İlk çalışan 3b yazıcı, Chuck Hull tarafından 1984 yılında oluşturuldu^[4]. 21. yüzyıldan günümüze kadar bu makinelerin satışlarında büyük bir artış olmuş ve bunların fiyatları önemli ölçüde düşmüştür^[5].

3b yazıcılar, günümüzde hemen hemen bütün 3b modelleme yazılımlarından ortak olarak çıktı alınabilen STL uzantısını kullanır.

3b baskı teknolojisi, endüstriyel tasarım(araba), mühendislik, mimarlık(ev), askeri, medikal sektörü(ortez, protez), biyoteknoloji(insan dokusunun yenilenmesi), moda(ayakkabı, elbise), gıda(pasta, et) ve diğer birçok alanda kullanılır^[6].

3b baskı teknolojisinde yazdırma işlemi, erimiş birikimi modelleme (FDM), inkjet malzeme biriktirme, sinterleme (SLS - seçici lazer sinterleme, DLMS - doğrudan lazer metal sinterleme), seçici lazer ergitme (SLM), laminalı nesne imalatı (LOM) ve benzeri üretim teknikleri kullanılarak gerçekleştirilir^[7,8].

Açık kaynak kodlu yazıcılar, kendi parçalarını üretebilir^[9]. Ayrıca 3b yazıcılar ile tek seferde çalışan parçaların (ingiliz anahtar) çıktısı da alınabilir.

3b yazıcılar, tüketimi azaltarak üretimi arttırmaktadır^[10].



Şekil 1: RepRap Prusa.

Biyomalzemeler ve Biyoelektrik Malzemeler

2. Gün 26 Eylül 2014 Cuma (17.00-18.30)

2. Ülkemizde ve Dünyadaki Gelişmeler

Dünyada henüz popüler hale gelen 3b baskı, daha çok üniversitelerin yapmış olduğu ar-ge çalışmalarıyla bizlere neler sunabileceğinin haberlerini vermektedir. Ayrıca bulunduğumuz zaman içerisinde 3b yazıcı piyasası oluşmakta ve pekçok kuruluş prototipleme ve cihaz satış hizmeti vermektedir. 3b yazıcıların henüz mekaniği, elektroniği ve yazılımları ile ilgili bir standartlarının bulunmaması ile birlikte ilerleyen zamanlarda bu alanlarda yapılacak çalışmalarla bu standartların oluşturulması ve ihtiyaç duyulan alan, sektör ya da çözüme göre cihazların üretilmesi beklenmektedir.

2.1. 3-B Doku ve Organ Basımı Projesi

Türkiye’de ilk defa bio yazdırma teknolojileri alanında gerçekleştirilen bu proje ile doku yapısı üretilmiştir.

Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi ’nde (SUNUM), canlı hücreler kullanarak doku yapısı üretilmiştir [11].

Ekibin hedefi, bir hastanın kendi hücrelerini ya da kök hücrelerini kullanarak, gereken doku hatta organın üretilmesini sağlamaktır. Böylece vücudun bu organik yapıları reddetmesi durumu ortadan kaldırılacaktır.

Ekip, MR verilerini kullanarak, anatomik yapıya uygun bir biçimde Aort damarı doku örneğini yazdırma başarımıştır.

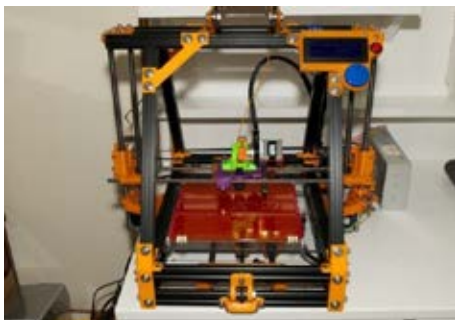
2.2. Yeni Vücut Parçaları

Rejeneratif Tıp ve Wake Forest Enstitüsü, Wake Forest Baptist Tıp Merkezi Üroloji Bölümü, uzun süren çalışmaların sonunda, hastadan aldığı canlı hücreleri kullanarak katı bir organ modeli yazmayı başarmıştır [12,13].

Bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri ve bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımı kullanılarak, araştırmacılar yeni organların oluşturulması için tasarlanan 3b yazıcıları geliştirmişlerdir. Araştırma ekibinin makineleri, inkjet yazıcılara benzemektedir fakat kartuş içerisinde mürekkep yerine tek katmandan oluşan hücreler bir seferde yazdırılarak üç boyutlu yapılar oluşturmaktadır. Ekip kemik, kas, kıkırdak ve böbrek yazdırma projeleri üzerinde çalışmaktadır [14,15].

3. 3 Boyutlu Yazıcıyla Ayak Bileği Ortezinin Tasarımı ve Geliştirilmesi

Şekil 2’de görülen MendelMax 1.5, açık kaynak kodlu donanım kullanılarak geliştirilen, MendelMax 3b yazıcısının iyileştirilmiş bir versiyonudur. Neredeyse her baskılı bölüm,

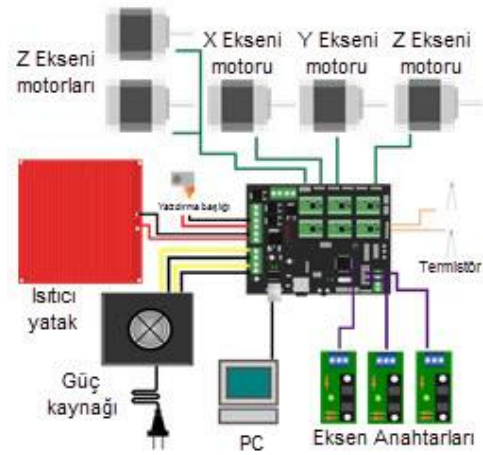


Şekil 2: MendelMax 1.5 3b yazıcı

kolay ve hızlı montaj yapabilmek için güncelleştirilmiş ve yazıcının daha düzgün çalışması sağlanmıştır.

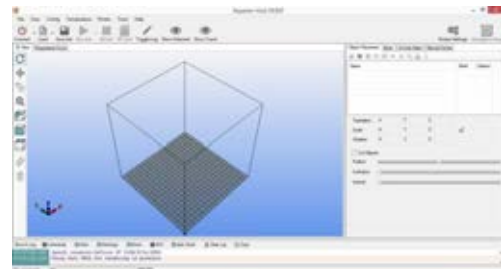
Montajın tamamlanması yazıcının çalışacağı anlamına gelmemektedir. Dünyada popüler olarak bilinen ve fiyatları pahalı olan yazıcılar Tak Çalıştır (Plug and Play) mantığıyla fişe takılarak çalışmamaktadırlar. 3b yazıcıları kullanabilme, bu alanla ilgili beceri gerektirmektedir. Host (3b yazıcı ile bilgisayar arasında iletişimin sağlanması) yazılımının ayarlarının yapılması, cihazın bilgisayara tanıtılması ve manuel kontrolün nasıl gerçekleştiği bilinmelidir.

Montaj tamamlandıktan sonra donanımsal kalibrasyonların yapılması gerekmektedir. Burada söz edilen kalibrasyon donanımsal ölçümlerdir. Bu işlem yazıcılara göre değişmektedir. Şekil 3’te elektronik bağlantı diyagramı görülmektedir.



Şekil 3: Bağlantı diyagramı

3b yazıcıda çıktı alabilmek için .STL uzantılı bir 3b model, yazıcı ile bilgisayar arasında iletişimi sağlayacak bir Host yazılım (Repetier), 3b modeli iki boyutlu katmanlara ayıracak ve bu katmanların Gcode’ünü üretebilecek bir yazılım (Slic3r), kontrol kartına doğrudan müdahale edebilecek bir Firmware yazılımı (Repetier) ve son olarak kartı programlayabilecek bir yazılım (Arduino IDE) gerekmektedir. Şekil 4’te Repetier Host yazılımının ana ekran görüntüsü görülmektedir.



Şekil 4: Repetier Host

Ayak bileği ortezi ilk olarak kağıt üzerinde tasarlandı. FDM baskı teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilecek olan baskıda tek parça çıktı alınmasına karar verildi ve bu sebeple rijit afo seçildi. Şekil 5’te ayak bileği ortezi üretimi için kağıt üzerinde tasarlanan model görülmektedir.

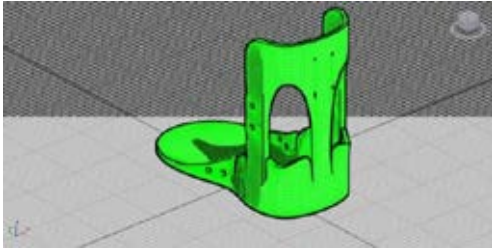
Biyomalzemeler ve Biyoelektrik Malzemeler

2. Gün 26 Eylül 2014 Cuma (17.00-18.30)



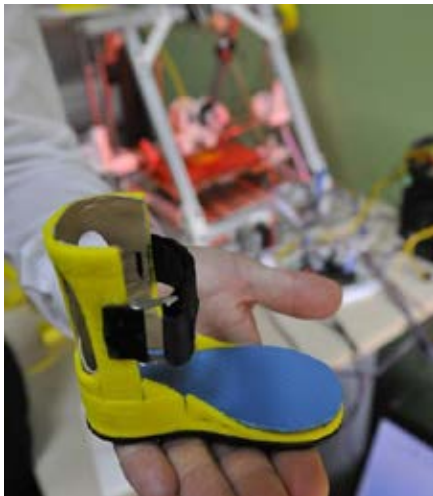
Şekil 5: AFO'nun kağıt üzerinde tasarlanması.

Kağıt üzerinde tasarlanan model, 3 boyutlu modelleme yazılımları yardımı ile 3 boyutlu ortamda modellendi. Şekil 6'da AFO'nun 3 boyutlu modellenmiş hali görülmektedir.



Şekil 6: AFO modelinin 3 boyutlu görünüşü

AFO modeli STL uzantılı kaydedildi ve yazdırmaya hazırlandı. Yaklaşık 8 saat süren yazdırma işleminde çözünürlük 200 mikron olarak ayarlandı. Çıktının AFO olarak kullanılabilmesi adına medikallerde bulunan mevcut AFO'ların yapısı ve kalitesi incelendi. Elde edilen bu çıktının altına kaymaz ayak altlığı, tabanına ortopedik ayak tabanlılığı, içine cilde zarar vermeyen yumuşak deri malzeme ve son olarak da ayağı bilekten ve üstten olmak üzere 2 ayrı noktadan da dengeli bir şekilde kavramaya ve sabitlemeye yarayan cırt bant eklendi. Şekil 7'de üretimi tamamlanan AFO ortezi görülmektedir.



Şekil 7: AFO'nun 200 mikron çözünürlükte yazdırılması

4. Sonuçlar

Bu makalede gerçekleştirilen çalışma ile bir kısım medikal alanda kullanılan malzemelerin 3 boyutlu yazıcılarla üretilmesinin mümkün olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca bu çalışma arzu edilen malzemenin daha düşük maliyetle, daha kaliteli ve kişiye özel daha özgün tasarımıyla imal edilebileceğini kanıtlamıştır.

Üç boyutlu yazıcıdan daha hızlı ve kaliteli bir baskı alabilmek için yazıcının şasesinin tek parça ve destekli olması, kartezyen robot yerine daha farklı eksenel hareket uygulanması, PLA yerine ABS ya da ABSplus kullanılması, mekanik parçaların daha kaliteli ve birbiriyle tam uyumlu olması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

5. Kaynakça

- [1] <http://www.theengineer.co.uk/in-depth/the-big-story/the-rise-of-additive-manufacturing/1002560.article> (Ziyaret Tarihi: 17 Ekim 2013).
- [2] <http://www.createitreal.com/index.php/technology/process> (Ziyaret Tarihi: 8 Ocak 2012).
- [3] http://www.ft.com/intl/cms/s/6dc11070-d763-11e1-a378-00144feabdc0,Authorised=false.html?_i_location=http%3A%2F%2Fwww.ft.com%2Fcms%2Fs%2F0%2F6dc11070-d763-11e1-a378-00144feabdc0.html%3Fsiteedition%3Dintl&siteedition=intl&_i_referer=http%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2F3D_printing#axzz24gFn5Cal (Ziyaret Tarihi: 7 Ağustos 2012).
- [4] <http://www.pcmag.com> (Ziyaret Tarihi: 7 Ekim 2013).
- [5] <http://www.ptonline.com/articles/3d-printers-lead-growth-of-rapid-prototyping> (Ziyaret Tarihi: 7 Şubat 2012).
- [6] <http://www.economist.com/news/technology-quarterly/21584447-digital-manufacturing-there-lot-hype-around-3d-printing-it-fast> (Ziyaret Tarihi: 7 Kasım 2013).
- [7] <http://www.mmsonline.com/blog/post/hybrid-machine-combines-milling-and-additive-manufacturing> (Ziyaret Tarihi: 15 Kasım 2013).
- [8] <http://www.additivemanufacturinginsight.com/articles/add-on-additive-manufacturing> (Ziyaret Tarihi: 25 Şubat 2014).
- [9] <http://whatsnext.blogs.cnn.com/2013/07/31/study-at-home-3-d-printing-could-save-consumers-thousands/> (Ziyaret Tarihi: 7 Temmuz 2013).
- [10] Wittbrodt B. T., Glover A. G., Laureto J., Anzalone G. C., Oppliger D., Irwin J. L., Pearce J. M., Life-cycle economic analysis of distributed manufacturing with open-source 3-D printers, *Mechatronics* 23, 6, 713, DOI:10.1016/j.mechatronics, 2013, 06, 002.
- [11] Küçükgül C. & Ö., Burç S. & K., Ezgi H. & G., Koç D. & B., 3d hybrid bioprinting of macrovascular structures, *Bártolo P. & F., Paulo (eds.), 3rd ECCOMAS Thematic Conference on Tissue Engineering (ICTE 2013), The Netherlands, Elsevier, 183-192, Haziran 2013.*
- [12] Xu T., Binder K. W., Albanna M. Z., Dice D., Zhao W., Yoo J. J., Atala A., Hybrid printing of mechanically and biologically improved constructs for cartilage tissue engineering applications. *Biofabrication.*; 5, 1, 015001, Mart 2013.



Biyomalzemeler ve Biyoelektrik Malzemeler

2. Gün 26 Eylül 2014 Cuma (17.00-18.30)

- [13] Xu T., Zhao W., Zhu J. M., Albanna M. Z., Yoo J. J., Atala A., Complex heterogeneous tissue constructs containing multiple cell types prepared by inkjet printing technology, *Biomaterials*, 34, 1, 130-9, Ocak 2013.
- [14] Murphy S. V., Skardal A., Atala A., Evaluation of hydrogels for bio-printing applications, *J Biomed Mater Res A*, 101, 1, 272-84, Ocak 2013.
- [15] Skardal A., Mack D., Kapetanovic E., Atala A., Jackson J. D., Yoo J., Soker S., Bioprinted amniotic fluid-derived stem cells accelerate healing of large skin wounds, *Stem Cells Transl Med*, 1, 11, 792-802, Kasım 2012.