



## Elektronik Dokuz-Delik Çubuk Testi

Sabri Altunkaya<sup>1</sup>, Mehmet Karabacak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0853-0095)  
<sup>2</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

(Bu yayın 26-27 Haziran 2020 tarihinde HORA-2020 kongresinde sözlü olarak sunulmuştur.)

(DOI: 10.31590/ejosat.778812)

**ATIF/REFERENCE:** Altunkaya, S., & Karabacak, M. (2020). Elektronik Dokuz-Delik Çubuk Testi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Special Issue), 38-42.

### Öz

Üst ekstremité fonksiyonları ve özellikle el beceresi kişilerin günlük yaşam kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Üst ekstremité fonksiyon bozuklukları çoklu sertleşim (multipl skleroz, MS), Parkinson gibi merkezi sinir sistemi hastalıklarının bir belirtisi olabileceği gibi, kaza sonrası yaralanmalar ve inme gibi durumlarda da ortaya çıkmaktadır. Üst ekstremitenin değerlendirilmesinde basit, ucuz bir yöntem olan dokuz-delik çubuk testi altın standart olarak kullanılmaktadır. Bu testte hastadan çubukları istedikleri sırayla deliklere yerleştirmesi ve geri toplaması istenir. Testin süresi uzman tarafından bir kronometre aracılığıyla ölçülür. Literatürde bu testi geliştirmek amacıyla yapılmış bazı çalışmalar vardır. Bu çalışmalarda test haptik cihazlar, kameralar vb. kullanılarak sanal gerçeklik ortamında yapılmıştır. Ancak bütün bu yenilikçi yaklaşımlarda testin basitliği ve sistem maliyeti göz ardı edilmektedir. Bu çalışmada üst ekstremité fonksiyonlarının özellikle el becerisinin değerlendirilmesi için uzmandan bağımsız süre ölçümü yapan, basit ve ucuz bir elektronik dokuz-delik çubuk test cihazı geliştirmek amaçlanmıştır. Bunun yanında standart teste ilave olarak testin yönlendirilmiş olarak (hangi çubuğun hangi deliğe yerleştirileceğinin belirtilmesiyle) gerçekleştirileceği yeni bir versiyonu önerilmiş ve ayrı bir test seçeneği olarak programlanmıştır. Bu amaçla standart dokuz-delik çubuk testi ile aynı ölçülerde lazer kesim ahşap yapıştırma yöntemiyle dış çerçeve oluşturulmuştur. Çubukların yerleştirilip yerleştirilmediğini anlayabilmek için deliklerin altında optik sensörler, sonuçların gösterilmesi ve testin yönlendirilmesi için bir LCD ekran ve yedi segment gösterge, gelen verileri değerlendirmek ve sistem kontrolünü sağlamak için bir mikrodenetleyici kullanılmıştır. Sonuç olarak amaçlanan uzmandan bağımsız, güvenilir bir süre ölçümü sağlayacak elektronik test cihazı başarı ile yapılmıştır. Ayrıca her bir çubuğun yerleştirilmesi için harcanan sürenin de ölçülüp testin kapsamı genişletilerek uzmana kronometre ile tek tek ölçülmesi mümkün olmayan ekstra veriler sunulmuştur. Ek olarak hastanın zihinsel fonksiyonunu değerlendirebileceğini düşündüğümüz yönlendirilmiş test yazılımına ilave edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dokuz-delik çubuk testi, El beceresi, Multipl skleroz.

## Electronic Nine-Hole Peg Test

### Abstract

Upper extremity functions and especially dexterity are one of the most important factors affecting the daily life quality of people. Upper extremity dysfunction may be a symptom of central nervous system diseases such as multiple sclerosis (MS) and Parkinson's, as well as it also occurs in situations such as post-accident injuries and stroke. Nine hole-peg test, which are a simple, inexpensive method for evaluating the upper extremity, are used as the gold standard. In this test, the patient is asked to insert the pegs into the holes in the desired order and collect them back. The duration of the test is measured by a specialist via a stopwatch. In the literature, some experimental studies conducted to improve this test are encountered. In these studies, test is made in a virtual reality environment using haptic devices, cameras, etc. However, in all these innovative approaches, the simplicity of the test and the cost are neglected. In this study, it was aimed to develop a simple and inexpensive electronic nine-hole tester that evaluates the upper extremity functions, especially dexterity, which is independent from the expert. Also, in addition to the standard test, a new version of the test to be performed guided (i.e. by specifying which rod to insert in which hole) is proposed and programmed as a separate test

<sup>1</sup> Corresponding Author: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0853-0095, [saltunkaya@erbakan.edu.tr](mailto:saltunkaya@erbakan.edu.tr)

option. For this purpose, the outer frame was created by laser cutting wood gluing method in the same dimensions as the standard nine-hole peg test. Optical sensors installed under the holes to determine whether pegs are placed to hole, an LCD display and nine segment display to show the results and direct the test, a microcontroller to evaluate incoming data and provide system control were used. As a result, the electronic test device, which will provide a reliable time measurement independent from expert has been successfully built. In addition, the time spent on the placement of each peg was measured and the scope of the test was expanded, and the specialist was provided with extra data that could not be measured individually with the stopwatch. Also, the guided test, which we think can evaluate the patient's mental function, has been added to the software.

**Keywords:** Nine-hole peg test, Dexterity, Multiple sclerosis.

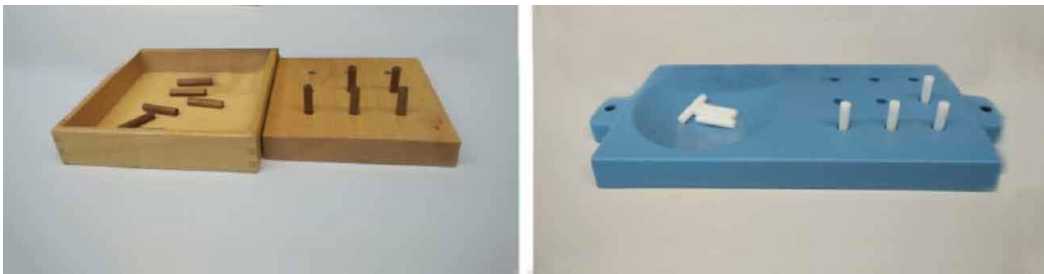
## 1. Giriş

Üst ekstremitte fonksiyonları kol ve el fonksiyonlarımız olarak ele alınmaktadır. Kol ve el fonksiyonları hayatımızın büyük bir kısmında kullandığımız, ihtiyaç duyduğumuz ve hayat kalitemizi etkileyen önemli bir fonksiyondur. Bir şeyi taşıırken, yazı yazarken, yemek yerken, günlük yaşam aktivitelerimizde vb. birçok yerde kol ve el fonksiyonlarımızı kullanırız. Herhangi bir sebeple ellerini kullanamamak, kişilerin günlük yaşantısını ve iş hayatını büyük ölçüde etkiler. Üst ekstremitte fonksiyon bozukluklarının sebebi çoklu sertleşim (multipl skleroz, MS) ve Parkinson gibi merkezi sinir sistemi hastalıkları olabileceği gibi kaza sonrası yaralanmalar sonucunda da oluşabilir. Dolayısıyla üst ekstremitte fonksiyon bozukluğu MS ve Parkinson gibi hastalıkların tanısında kullanılırken, inme gibi hastalıkların da derecelendirilmesinde kullanılır.

Bu yüzden üst ekstremitte fonksiyonlarının doğru bir şekilde ölçülmesi oldukça önemlidir. Bunun için literatürde performans dayalı kutu ve blok testi, Jebsen-Taylor el fonksiyon testi, dokuz-delik çubuk testi, Wolf motor fonksiyon testi vb. yöntemler mevcuttur. Bu testler inme geçirmiş hastaların durumunu değerlendirmek, tedaviye verdiği cevabı ölçmek için kullanılır (Lang ve ark., 2013). Bu testlerden dokuz-delik çubuk testi inmenin değerlendirilmesinin yanında Multiple Skleroz (MS) ve Parkinson gibi hastalıkların teşhisi için de kullanılmaktadır. Özellikle MS hastalarının değerlendirilmesinde kullanılan skalalarda kendine yer bulmuştur (Earhart ve ark., 2011; Feys ve ark., 2017; Fischer ve ark., 1999).

Dokuz-delik çubuk testi dokuz çubuk ve dokuz deliği olan bir kare bloktan oluşur. Dokuz-delik çubuk testinde hastadan ayrı bir bölmede bulunan çubukları tek tek alıp kare bloktaki deliklere mümkün olduğunca çabuk yerleştirmesi ve yine tek tek geri toplaması istenir. Uzman doktor hastanın bu işlemi ne kadar sürede gerçekleştirdiğini kronometre yardımı ile ölçer. Ölçülen bu süre hastanın değerlendirilmesinde kullanılır. Bu testin orijinal versiyonu ilk olarak 1971'de tanıtıldı. Daha sonra 1985'de testin kullanım şekli ve değerlendirilmesi detaylandırılıp, yetişkin normları oluşturuldu. Günümüzde kullanılan ve ticari olarak satılan versiyonları için bir takım normlar oluşturulmuş ve Mathiowetz ve ark. tarafından verilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak teste katılan bireyin yaş, cinsiyet ve aktif kullandığı eline göre testi tamamlama süreleri belirlenmiş ve dokuz-delik çubuk testi günümüzde üst ekstremitte fonksiyonlarının değerlendirilmesinde standart hale gelmiştir (Grice ve ark., 2003; Mathiowetz ve ark., 1985). Günümüzde standart olarak kullanılan dokuz-delik çubuk testi tamamen mekanik bir yapıya sahiptir (Şekil 1). Mekanik yapıya sahip olanların yanında, teknolojinin gelişmesi ile birlikte bir takım elektronik dokuz-delik çubuk test cihazlarında literatürde görülmektedir. Rudick ve ark. MS hastalarında oluşan farklı sakatlıklar için beş test uygulayabilen tablet temelli bir sistem geliştirmişlerdir. Sistem özel bir aparatın tablet üzerine konulması ile dokuz-delik çubuk testini de kapsamaktadır (Rudick ve ark., 2014). Yine MS hastaları için haptik bir cihaz olan phantom kullanılarak sanal gerçeklik ortamında oluşturulan dokuz-delik çubuk testi hazırlanmıştır (Lambercy ve ark., 2013). Lambercy ve ark.'na benzer şekilde aynı cihazın farklı bir sanal gerçeklik uygulaması yapılmış ve haptik cihaz kullanımının hastanın fonksiyon bozukluğunu geliştirip geliştirmediği kontrol edilmiştir (Bowers ve ark., 2013). Tüfekçi ve ark.'da dokuz-delik çubuk testini sanal gerçeklik ortamına taşımışlardır. Bu çalışmada el ve parmak hareketlerini girdi olarak destekleyen, ancak herhangi bir el teması veya dokunuş gerektirmeyen Leap Motion dokunmasız sensörü kullanılmıştır (Tufekçi ve ark., 2018). Dokuz-delik çubuk testi gerçekleştirilirken, üst ekstremitte ve gövde hareketlerinin dokuz yansıtıcı işaretleyici ve iki kamera ile kayıt edildiği yeni bir test düzeneği inme hastalarının değerlendirilmesi için önerilmiştir (Johansson & Hager, 2019).

Literatürdeki bütün bu teknolojik ve elektronik test düzeneklerinin ortak özelliği testin gerçekleştirilmesi için fazladan pahalı donanımlara ve bilgisayara ihtiyaç duymasıdır. Dokuz-delik çubuk testinin özünde olan basit ve rahat uygulanabilirliğini ortadan kaldırmaktadır. Bizim bu çalışmadaki amacımız testin bu özelliklerini bozmadan, kişiden bağımsız, doğru süre ölçümlerini gerçekleştiren bir test cihazını geliştirmektir. Ayrıca testin yapısını değiştirmeden hastanın her bir çubuk için ne kadar süre harcadığı bilgisi ölçülerek yeni ölçüm parametreleri elde edilmiştir. Bunun yanında yine test cihazının basitliği korunarak, yedi segment bir



**Şekil 1.** Dokuz-delik-çubuk testinin ahşap ve plastik versiyonu (Feys ve ark., 2017)

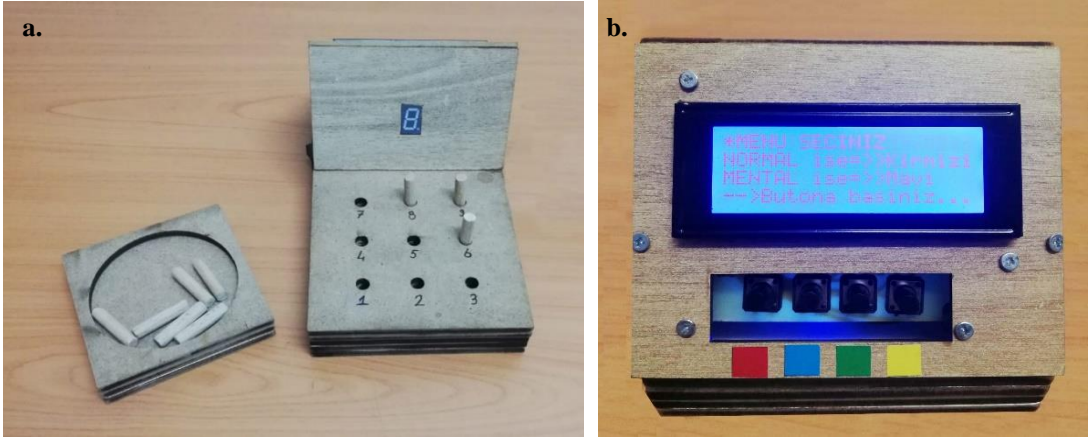
gösterge cihaza ilave edilmiştir. Bu ilave ile testin boyutu genişletilmiş, hastanın çubukları göstergede belirtilen sırada deliklere yerleştirilmesi ve toplaması istenmiştir. Böylece hastanın zihinsel performansının ölçülebileceği düşünülmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

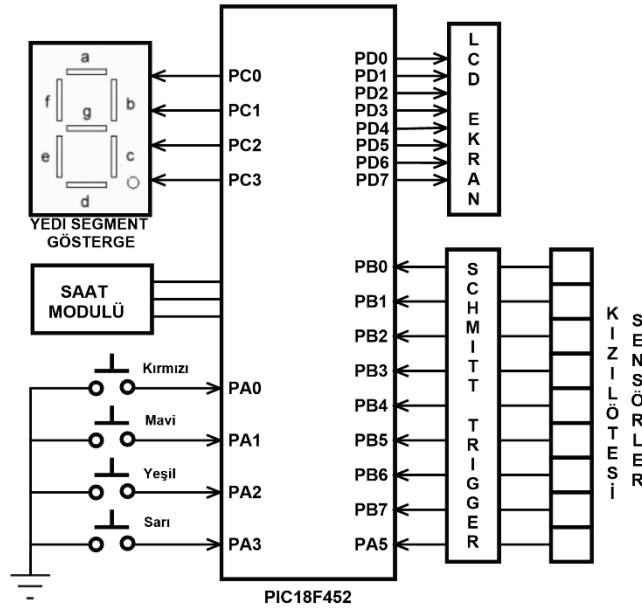
Elektronik dokuz-delik çubuk testi standart dokuz-delik çubuk testini gerçekleştirmenin yanında, zihinsel olarak adlandırdığımız ikinci bir testide gerçekleştirecek şekilde tasarlanmıştır. Zihinsel olarak adlandırdığımız testte standart teste ilave olarak hastanın çubuğu hangi deliğe yerleştirmesi gerektiği söylenir. Dolayısıyla hastanın istediği sırada değil, bizim rasgele belirttiğimiz sırada çubukları yerleştirmesi gerekmektedir. Bu şekilde hastanın zihinsel fonksiyonun değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

### 2.1. Donanımın Tasarımı

Tasarlanan elektronik dokuz-delik çubuk testindeki fiziki özellikler standart dokuz-delik çubuk testinde olduğu gibi çubuk uzunluğu 32 mm, çubuk çapı 7 mm, delik çapı 7.5 mm, delik derinliği 13 mm ve delikler arası mesafe 32 mm olacak şekilde aynı ölçülerde lazer kesim ahşap yapıştırma yöntemiyle yapılmıştır. Tasarlanan elektronik dokuz-delik çubuk test cihazında standart test düzeneğine ilave olarak uzmanın test türünü seçmesi, testi başlatması ve test sonuçlarını görmek için bir LCD ekran ve 4 adet kontrol butonu, zihinsel test için hastanın hangi deliğe çubuğu yerleştirmesi gerektiğini göstermek için yedi segment gösterge ilave edilmiştir. Şekil 2'de tasarlanan elektronik cihazın ön ve arka fotoğrafları gösterilmektedir. Şekil 2a'da cihazın ön yüzü yani hasta tarafı gösterilmiştir. Hasta tarafında çubuğun hangi deliğe yerleştirileceğini göstermesi için kullanılacak olan yedi segment gösterge, delikler ve çubuklar gösterilmektedir. Şekil 2.b'de cihazın arka yüzü yani uzman tarafı gösterilmiştir. Uzman tarafında ise testin yönlendirilmesi ve sonuçların görülebilmesi için yerleştirilen LCD ekran ve 4 buton gösterilmektedir. Bütün sistem, bir mikrodenetleyici aracılığıyla kontrol edilmektedir. Deliklere çubuğun yerleştirilip yerleştirilmediği kızılötesi sensörler aracılığıyla tespit edilir. Kızıl ötesi optik sensörlerden gelen bilgi gürültüden etkilenmemesi için schmitt-trigger devresiyle sayısallaştırılmıştır. Deliklerden ve butonlardan alınan sayısal sinyaller mikrodenetleyiciye sayısal giriş olarak verilmiştir. Yedi segment gösterge ve LCD ekran ise çıkış olarak mikrodenetleyici tarafından kontrol edilmektedir. Sistemin blok diyagramı Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Dokuz-delik çubuk testi a. Hasta tarafı görünüş b. Uzman tarafı görünüş



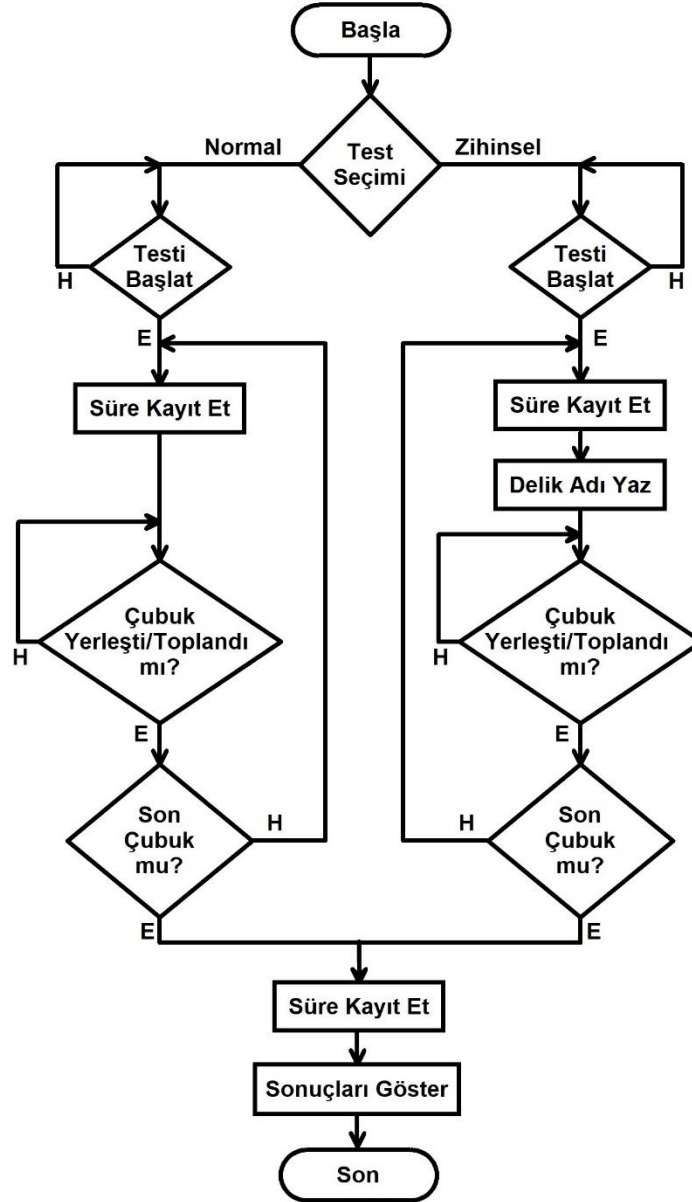
Şekil 3. Elektronik dokuz-delik çubuk test cihazının blok diyagramı

### 2.2. Yazılımın Tasarımı

Cihazın yazılımı iki bölüme ayrılmaktadır. Bu bölümlerin ilki normal olarak adlandırdığımız standart dokuz-delik çubuk testi ile aynıdır. Zihinsel olarak adlandırdığımız ikinci test türünde hastanın çubuğu hangi deliğe yerleştireceği yedi segment gösterge yardımı ile hastaya gösterilmektedir. Cihaza enerji verildiğinde LCD ekran üzerinde normal ve zihinsel olarak adlandırdığımız test seçenekleri karşımıza gelmektedir. Cihaz üzerinde bulunan kırmızı ve mavi butonları kullanarak hangi testi yapacağımız seçilir ve hastanın hazır olması beklenir. Hasta hazır olduktan sonra hastadan teste başlamasının istenmesi ile birlikte başlama butonuna basılır. Bu anda mikrodenetleyiciye bağlı zaman entegresinden süre bilgisi alınır. Alınan süre bilgisi hafızaya kayıt edilir ve optik sensörler taranmaya başlanır. Optik sensörlerdeki herhangi bir değişim ile çubuğun yerleştiği/çıkarıldığı ve hangi deliğe yerleştirildiği/çıkarıldığı tespit edilir.

Eğer normal dokuz-delik çubuk testi uygulanıyorsa, her çubuk yerleşiminde zaman entegresinden süre bilgisi alınır ve kayıt edilir. Bu işlem bütün çubuklar yerleştirilip toplanıncaya kadar devam eder. Böylece hastanın bütün çubukları yerleştirme ve toplama süresi ayrı ayrı elde edilmiş olur.

Eğer zihinsel test uygulanıyorsa hastanın çubuğu hangi deliğe yerleştirmesi gerektiğini yedi segment göstergede gösterilerek yerleştirmesi istenir. Hasta çubuğu yerleştirdiğinde, hastanın çubuğu istediğimiz deliğe yerleştirip yerleştirmedeği kontrol edilir. Eğer yanlış yere yerleştiyse doğru yerleştirmeye kadar beklenir. Şayet çubuk doğru yere yerleşti ise zaman entegresinden süre bilgisi alınır ve kayıt edilir. Bu işlem bütün çubuklar doğru yere yerleştirilip toplanıncaya kadar devam eder. Böylece her çubuğun ayrı ayrı yerleştirilme süreleri ve toplama süreleri kayıt edilmiş olur. Test sonucunda elde edilen süreler mikrodenetleyicinin belleğinde saklanmaktadır. Hasta için tekrar test uygulanmak istenirse reset butona basılarak seçim ekranına geri dönülerek tekrar test türü seçilebilir. Elektronik dokuz-delik çubuk testine ait programın akış diyagramı Şekil 4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Mikrodenetleyici programının akış diyagramı



### 3. Sonuçlar

Dokuz-delik çubuk testinin amacı; hastanın tek tek çubukları dokuz deliğe en kısa sürede yerleştirilmesi ve toplamıyla testi en kısa sürede tamamlamasıdır. Test yapılırken hastanın çubukları toplama ve yerleştirme süresi kronometre yardımı ile uzman tarafından ölçülerek test sonucu değerlendirilmektedir. Tasarlanan sistem ile dokuz-delik çubuk testi başarılı bir şekilde kronometreye ihtiyaç duymadan, uzmandan bağımsız olarak yapılabilmektedir. Bu sayede hem uzman hem kullanıcı için testin kullanımı kolaylaştırılmıştır. Ayrıca test evde hasta tarafından tek başına rahat bir şekilde kullanılabilir bir hale gelmiştir. Bunun yanında normal teste ilave olarak hastanın her çubuk için harcadığı sürede kayıt edilerek testten elde edilen veri miktarı artırılmış ve uzmanın değerlendirmesine sunulmuştur. Zihinsel fonksiyonu değerlendirmek için kullanılabilceğini düşündüğümüz hastanın hangi çubuğu hangi deliğe yerleştireceğini gösteren bir test de tasarlanan cihaz ile yapılabilmektedir.

### 4. Tartışma ve Öneriler

Süre ölçümünün elektronik olarak gerçekleştirilmesiyle ölçüm yapan kişiden bağımsız daha doğru ve objektif bir ölçüm elde edilecektir. Ancak standart teste bitirme anı son çubuğun delikten çıkarılıp kaba veya masaya bırakılması alınırken, tasarlanan cihazda son çubuğun delikten çıkarılması alınmaktadır. Bu durumda bitirme zamanı normal testte göre biraz erken olabileceği ve bu yüzden sonuçların normal teste göre kısa çıkabileceğidir. Kişiden bağımsız en doğru ölçüm teste başlama zamanı olarak ilk çubuğun deliğe yerleştirilmesi, bitirme zamanı olarak da son çubuğun delikten çıkarılması şeklinde alınması ile sağlanacaktır. Fakat bu durumda standart teste verilen sürelerde kısalma olması beklenir. Dolayısıyla cihazın sahada kullanılabilmesi için yetişkin normlarının oluşturulması gerekmektedir. Yetişkin normlarının belirlenmesiyle elektronik dokuz-delik çubuk testinin uzmandan bağımsız daha objektif bir süre ölçümü sağlayacağı ve üst ekstremité fonksiyonelliğinin ölçülmesinde daha tutarlı olacağı açıktır. Zihinsel testin yetişkin normlarının belirlenmesi ve geçerliliğinin hastalar üzerinde test edilmesi ayrı bir çalışma olarak planlanmaktadır.

### Kaynakça

- Bowers, L., Bowler, M., & Amirabdollahian, F. (2013). Haptic cues for vision impaired art makers: 'seeing' through touch. 2013 Ieee International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (Smc 2013), 547-552. doi:10.1109/Smc.2013.99
- Earhart, G. M., Cavanaugh, J. T., Ellis, T., Ford, M. P., Foreman, K. B., & Dibble, L. (2011). The 9-Hole Peg Test of Upper Extremity Function: Average Values, Test-Retest Reliability, and Factors Contributing to Performance in People With Parkinson Disease. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 35(4), 157-163.
- Feys, P., Lamers, I., Francis, G., Benedict, R., Phillips, G., LaRocca, N., . . . Outcome, M. S. (2017). The Nine-Hole Peg Test as a manual dexterity performance measure for multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 23(5), 711-720. doi:10.1177/1352458517690824
- Fischer, J. S., Rudick, R. A., Cutter, G. R., Reingold, S. C., & Assessment, N. M. S. C. O. (1999). The Multiple Sclerosis Functional Composite measure (MSFC): an integrated approach to MS clinical outcome assessment. *Multiple Sclerosis Journal*, 5(4), 244-250. doi:Doi 10.1177/135245859900500409
- Grice, K. O., Vogel, K. A., Le, V., Mitchell, A., Muniz, S., & Vollmer, M. A. (2003). Adult norms for a commercially available nine hole peg test for finger dexterity. *American Journal of Occupational Therapy*, 57(5), 570-573.
- Johansson, G. M., & Hager, C. K. (2019). A modified standardized nine hole peg test for valid and reliable kinematic assessment of dexterity post-stroke. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 16.
- Lamercy, O., Fluet, M. C., Lamers, I., Kerkhofs, L., Feys, P., & Gassert, R. (2013). Assessment of upper limb motor function in patients with Multiple Sclerosis using the Virtual Peg Insertion Test: a pilot study. 2013 Ieee 13th International Conference on Rehabilitation Robotics (Icrr).
- Lang, C. E., Bland, M. D., Bailey, R. R., Schaefer, S. Y., & Birkenmeier, R. L. (2013). Assessment of upper extremity impairment, function, and activity after stroke: foundations for clinical decision making. *Journal of Hand Therapy*, 26(2), 104-114.
- Mathiowetz, V., Weber, K., Kashman, N., & Volland, G. (1985). Adult Norms for the Nine Hole Peg Test of Finger Dexterity. *The Occupational Therapy Journal of Research*, 5(1), 24-38. doi:10.1177/153944928500500102
- Rudick, R. A., Miller, D., Bethoux, F., Rao, S. M., Lee, J. C., Stough, D., . . . Alberts, J. (2014). The Multiple Sclerosis Performance Test (MSPT): an iPad-based disability assessment tool. *J Vis Exp*(88), e51318. doi:10.3791/51318
- Tufekci, P., Gungor, H. I., & Yilmaz, A. (2018). Virtual Reality Based 9 Hole Peg Test. 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (Siu).