

TEMAS BASINÇ SENSÖRÜ KALİBRASYONU VE KALİBRASYON EĞRİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

İBRAHİM MUTLU¹, LEVENT BULUÇ², M. SEFA MÜEZZİNOĞLU², M. YAVUZ ÇIRPICİ³,
YASİN KİŞİOĞLU¹

¹Kocaeli Üniversitesi, Makine Eğitimi ABD., KOCAELİ

²Kocaeli Üniversitesi, Ortopedi ve Travmatoloji AD, KOCAELİ

³İstinye Devlet Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji AD, İSTANBUL

ÖZET

Amaç: Temas alanı ve basınç değerini ölçmek için kullanılan Fuji film prescale temas basınç sensörü biyomekanik çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir sensördür. Biyomekanik başta olmak üzere birçok bilim alanında kullanılan basınç sensörlerinin kalibrasyonu çeşitli araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar, kalibrasyon sonucu bir kalibrasyon eğrisi elde eder ve çalışmalarını bu kalibrasyona göre değerlendirir. Bu çalışmada elde edilen kalibrasyon eğrisi ile literatürde kullanılan kalibrasyon eğrileri karşılaştırılmıştır.

Yöntem: Sensör üzerine uygulanan temas basıncı sonucu sensör üzerinde oluşan renk değişimi ve renk yoğunluğunun artması ile istenilen parametrelerin niceliği belirlendi. Bu niceliğin belirlenmesi ile temas alanı hesaplandı ve basınç değerinin belirlenmesi için ilk olarak temas basınç sensörünün kalibrasyonu yapıldı. Yapılan kalibrasyon çalışması ile bir tarayıcıdan taranan basınç sensörlerinin niceliği sayısallaştırıldı ve gri tonda bir görüntüye dönüştürüldü. Grafikselsel olarak gri ton- (optik yoğunluk) basınç değerleri içeren kalibrasyon eğrisi elde edildi.

Bulgular: Kalibrasyon eğrisi aracılığı ile deneyde kullanılan sensörlerin basınç değerleri hesaplandı. Bu çalışmada elde edilen kalibrasyon verileri ile Spark ve ark.'nın, Olson ve ark.'nın, Muturi ve ark.'nın kalibrasyon verileri karşılaştırıldı. Bu kıyaslamada, minimum basınçta fark bulunmazken maksimum basınçta optik yoğunluk değerinde sırasıyla %40 ve %83 fark elde edildi. Bu çalışmada elde edilen kalibrasyon eğrisi ile Muturi ve ark.'nın ve Peters'in kalibrasyon eğrilerinin örtüştüğü elde edilmiştir.

Sonuç: Yapılan çalışma ile sıcaklık ve nem ile değişen bu eğrinin kalibrasyon eğrisi elde etmedeki yönteminin önemli olduğunu göstermektedir. Sayısallaştırma işlemi ile bulunan basınç değerlerinin örtüşen kalibrasyon çalışmaları ile karşılaştırıldığında, firma tarafından belirtilen %10 basınç ölçüm hassasiyetini aşmadığı belirlenmiştir.

1. GİRİŞ

Fuji Film prescale temas basınç sensörü uygulanan basınç dağılımını kırmızı tonda renk yoğunluğu olarak gösteren bir kağıt sensörüdür. Uygulanan basınç sonrası ilk olarak beyaz kabul edilen kağıdın kırmızı tonlarda boyanmasıyla basınç değerleri üreticinin belirttiği %10 hassasiyette belirlenir. Ayrıca renk değişimi olan yerlerin alanları ölçülerek basınç alanları hesaplanır. Sensörün uygulama alanları balıkçılıktan¹, otomotiv sanayine²⁻⁴, endüstriden⁵ biyomekanik uygulamalarına^{6,7} kadar değişmektedir.

Çeşitli ölçüm aralıklarında(0,05 MPa'dan 300MPa'a kadar) ölçüm yapan temas basınç sensörü kullanımı itibari ile biyomekanik uygulamalar için önemli avantajlara sahiptir. Düz olmayan yüzeylerde kullanımının belirli yüzey şekilleri için uygun olması, kesilebilir ve büyüklüğünün ayarlanabilmesi statik çalışmalar açısından avantajlarıdır. Bu amaçla diz⁶, kalça⁸ ve el bileği⁹ gibi bir çok eklemden basınç ve temas alanını değerlendirmek için kullanılmıştır.

Basınç ve temas alanın değerlendirmek için temel iki yöntem mevcuttur. İlk olarak basınç uygulanmış numuneleri bir tarayıcı vasıtasıyla tarandıktan sonra sıcaklık ve neme göre üreticinin yazılımı kullanarak tespit etmektir. Bu yöntem yazılımın maliyeti yüzünden tercih edilmez ve araştırmacılar çoğunlukla diğer yöntemi tercih eder¹⁰. Diğer ikinci yöntem de araştırmacı ilk olarak kalibrasyon eğrisi elde eder. Bu kalibrasyon eğrisine göre numunelerini sayısallaştırır ve istenilen verileri bir yazılım vasıtası ile elde eder. Biyomekanik uygulamalarda elde edilen kalibrasyon eğrisine göre basınç değerleri ve temas alanları tespit edilen bir çok çalışma mevcuttur.

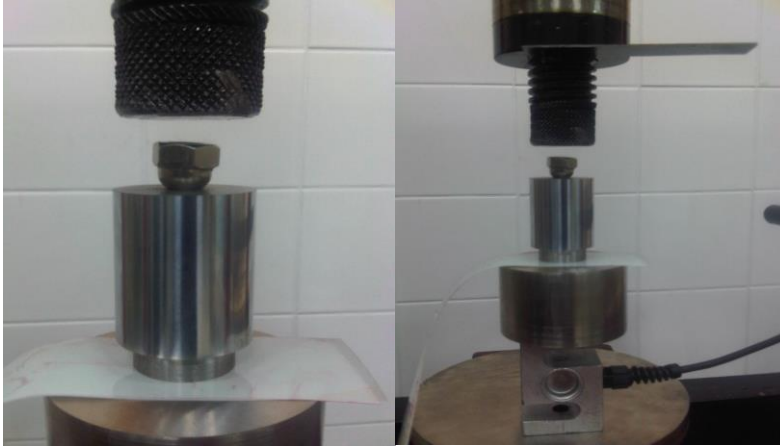
Bu çalışmada elde edilen kalibrasyon eğrisi ile literatürde kullanılan kalibrasyon eğrileri karşılaştırılmıştır.

2. MALZEME VE METHOD

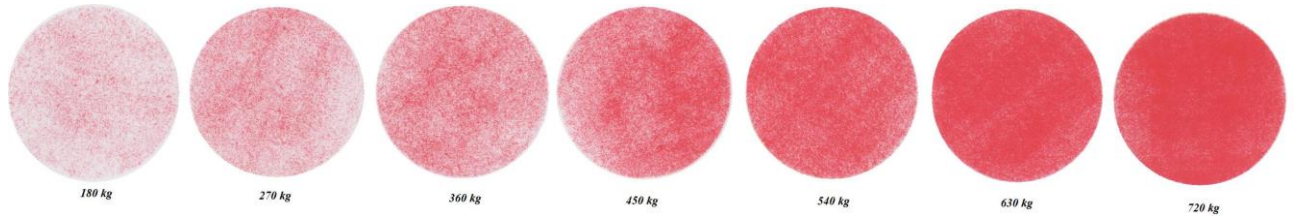
Liggins ve ark. [13,15] yaptığı kalibrasyon çalışmasına göre kalibrasyon yapılmıştır. Deney hidrolik bir basma aletinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). 1 ton kapasiteli yük hücresi kullanılmıştır. Film sensörü arada kalacak şekilde 5 saniyelik sabit yükte bası yapılmıştır. Bası yapan metaller önceden taşlanmış. Bası çapı 30 mm'dir. Eksantirik yükten kaçınmak için yük iletimi noktasına silindirik bir parça konulmuştur. Deney %42 Rh nem, 19 °C sıcaklıkta yapılmıştır. Kullanılan sensör "Low pressure" tipindedir ve ölçme aralığı 2,5-10 MPa dır. Buna göre sırasıyla Tablo 1'de verilen kuvvetler uygulanmıştır. Her bir deney uygun dağılım elde edilinceye kadar yapılmıştır. Sonuç olarak elde edilenler MUSTEK marka 1248UB model tarayıcı ile 600x600 dpi çözünürlükte tarandı. Şekil 2'de görülen numuneler elde edilmiştir.

Tablo 1. Kalibrasyon esnasında uygulanan kuvvet değerleri ve karşılık gelen basınç değerleri

| Basınç (Mpa) | Kuvvet (kgf) |
|--------------|--------------|
| 2,5 | 180 |
| 3,75 | 270 |
| 5 | 360 |
| 6,25 | 450 |
| 7,5 | 540 |
| 8,75 | 630 |
| 10 | 720 |

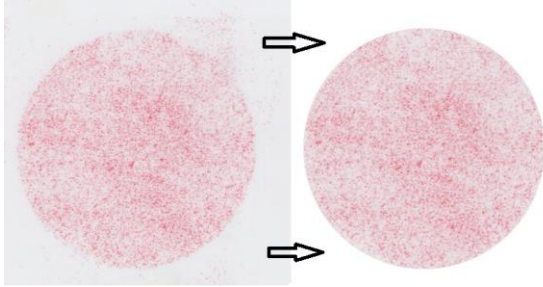


Şekil 1. Hidrolik cihazında basma deneyi

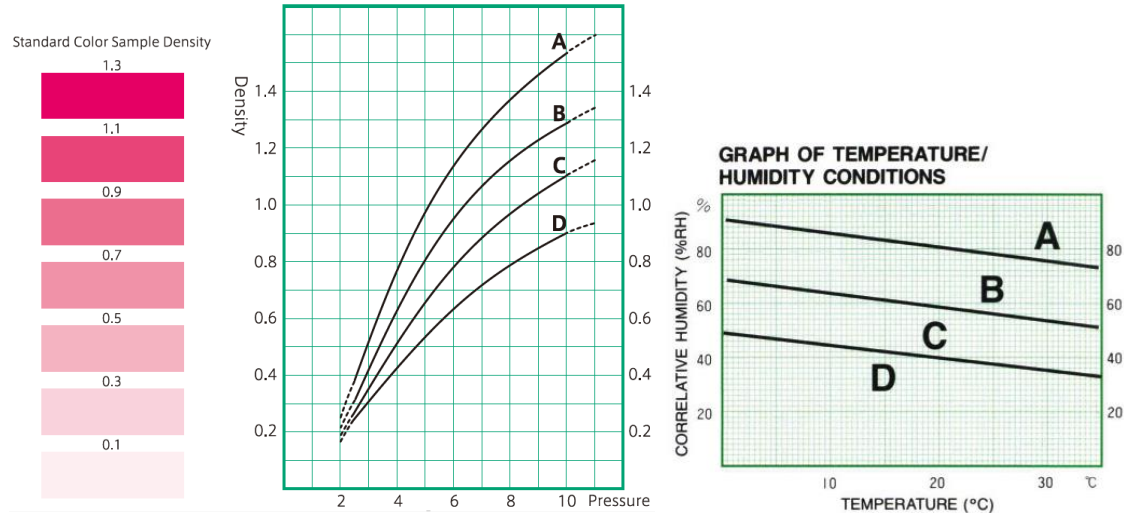


Şekil 2. Sırasıyla 180, 270, 360, 450, 540, 630 ve 720 kgf kuvvet değerinde bası numuneleri

Numuneler "Silme" yöntemi kullanılarak işlenir¹⁰. Bu yöntem de dairesel şekil dışında kalan alanlar tamamen silinir (Şekil 3). Numuneler daha sonra MATLAB yazılımında gri ton olarak dönüştürülür. Böylece her renk 0 ile 255 arasında değişen bir gri tonlama değerini alır. Sıfır (0) değeri böylece tam siyahı, 255 değeri ise tam beyazı göstermektedir. Gri tona dönüştürülen resimlerde gürültüyü engellemek için 25x25 pixel ortalamasıyla filtrelenir. Filtrelenen resimlerin etrafındaki beyaz yani 255 değerleri hariç tutularak gri ton optik yoğunluk ortalama değerleri elde edilir. Böylece uygulanan basınçlara karşılık gri ton optik yoğunluk ortalama ve karşılığı olan basınç değerleri belirlenerek grafiği çizilir. Verilere göre oluşturulan grafiğe 3. dereceden polinomial eğri çizilerek kalibrasyon eğrisi ve bu eğrinin denklemi çıkartılır (Şekil 4). Üretici sıcaklık, nem ve bası yükü uygulama süresine göre değişen yoğunluk-basınç değerlerini vermektedir. Deney ile bulunan gri ton optik yoğunluk-basınç değerleri ile renk yoğunluğu-basınç değerleri eşleştirilerek optik yoğunluk- renk yoğunluğu değerleri belirlenir (Tablo 2). Bu değerlere göre uygulanan yük zamanı için tüm sıcaklık ve nem değerleri için eşleştirme yapılır. İstenilen sıcaklık ve nem değerine göre kalibrasyon deneyine dayalı değer tespiti yapılır (Şekil 4).

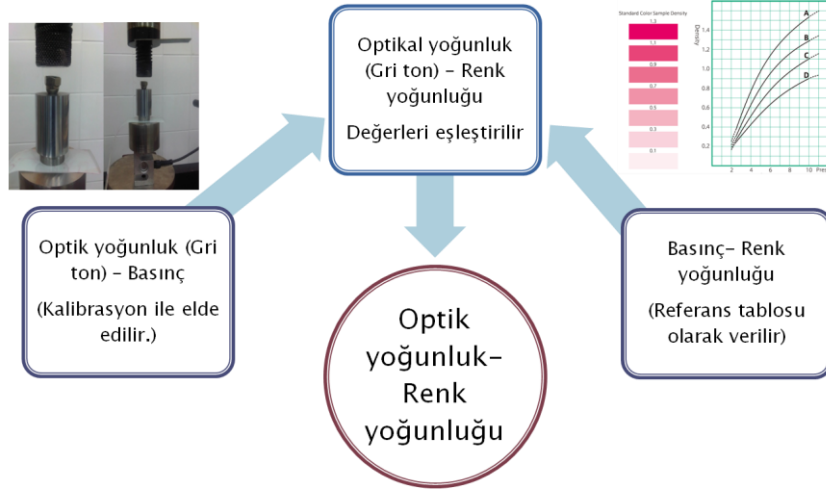


Şekil 3. Silme yöntemi



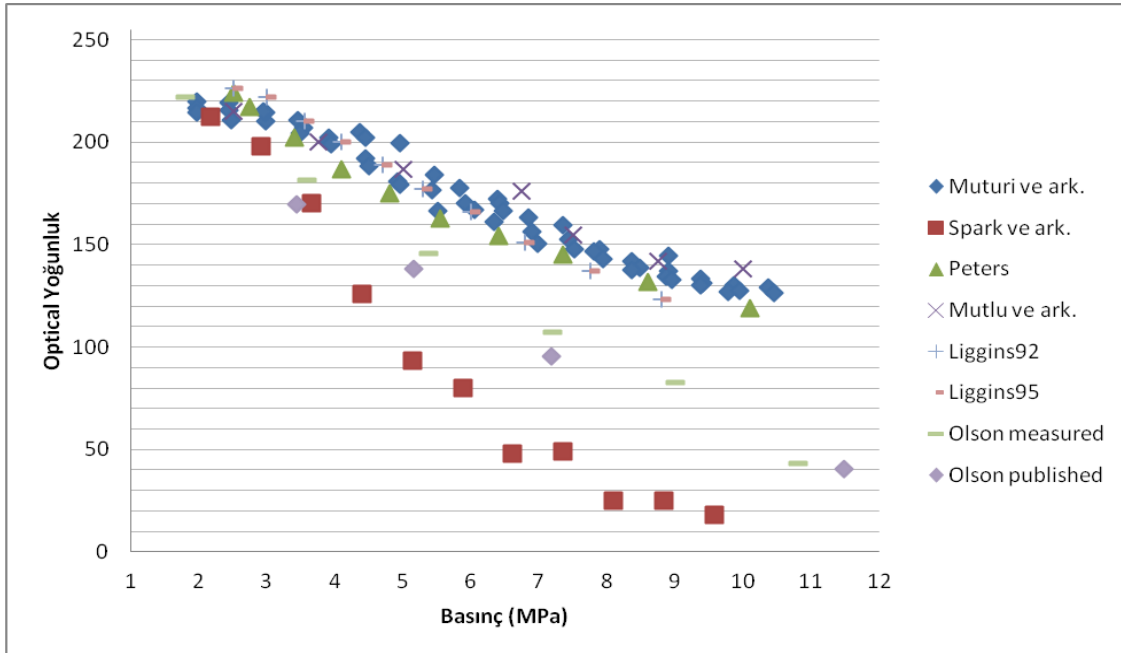
Şekil 4. Üretici tarafından verilen 5 sn bası zamanı için nem sıcaklık renk yoğunluk grafikleri

Tablo 2. Gri ton optik yoğunluk-basınç değerleri ile renk yoğunluk-basınç değerleri eşleştirilmesi



3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Literatürde yapılan çalışmalarda aynı yöntemi kullanarak kalibrasyonu yapılmış ve basınç alanı ve değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmaların arasında aynı tip basınç sensörünü Muturi ve ark.¹², Sparks ve ark.¹¹, Olson ve ark.¹⁴ ve Peter¹⁶ yapmışlar ve kalibrasyon eğrilerini yayınlamışlardır. Ancak Olson çalışmasında maksimum ve minimum noktaların değerlerini değiştirerek grafiği sunmuştur. Buna göre çalışmada optik yoğunluk değerleri maksimum değerden çıkarılarak grafiğimize eklenmiştir. Ayrıca Liggins ve ark.^{13,15}, yaptığı çalışmada optik yoğunluk-renk yoğunluk eşleştirmesi elde edilerek bu eşleştirme ile yapılan deney sıcaklığı ve nem oranına göre kullandığımız basınç sensör değerlerine uyarlanmıştır. Buna göre Şekil 5'de görülen grafik elde edilmiştir.



Şekil 5. Kalibrasyon eğrileri optik yoğunluk- basınç değerleri karşılaştırılması

Yoğunluk değerleri sıcaklık ve neme göre değişmesinden dolayı literatürde deney ortamı sıcaklık, nem ve yük uygulama zamanı belirtilmelidir. Liggins ve ark. yaptığı çalışma haricinde bu konuya değinilmemiştir. Liggins ve ark. ve mevcut çalışmada kalibrasyon eğrisi sıcaklık ve neme göre üreticinin referans tablosunda belirttiği C eğrisine karşılık gelmektedir (Şekil 4). Olson ve ark. ve Spark ve ark. çalışmaları bu veriye göre düşük sıcaklık ve nem de

yapıldığı söylenebilir. C eğrisine göre daha düşük sıcaklık ve nem için yalnızca D eğrisi düşünülebilir (Şekil 4). Olson ve ark. grafikte görüldüğü gibi sensör üreticisinin yayınlanan verileri (Olson published verileri) ile kendi verisinin (Olson measured verileri) örtüştüğünü söylemektedir. Mevcut çalışmada Tablo 2'de açıklanan duruma göre kalibrasyona dayalı üreticinin verdiği eğrilerde elde edilmiştir. Buna göre Olson ve ark. yaptığı çalışma mevcut çalışmamıza göre D eğrisinin sınırları içinde kalmaktadır. Ancak Spark ve ark. bu eğri sınırlarını da aşmıştır.

Bu kıyaslamada, minimum basınçta fark bulunmazken maksimum basınçta optik yoğunluk değerinde Spark ve ark. çalışmasında Olson ve ark. ve Muturi ve ark. yaptıkları çalışmaya göre sırasıyla %40 ve %83 fark elde edildi. Bu çalışmada elde edilen kalibrasyon eğrisi ile Muturi ve ark.'nın, Peters'in ve hatta farklı aralıkta ölçüm kalibrasyon eğrilerinin örtüştüğü sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Glenn Cada, John Smith, Jessica Busey (2005): Use of Pressure Sensitive Film to Quantify Sources of Injury Fish, North American Journal of Fisheries Management, 25:1,57-66
2. www.sensorprod.com
3. M. Costanzi, V. Rouillard, D. Cebon (2006): Effects of Tyre Contact Pressure Distribution on The Defoamation Rates Of Pavements, 9th International Symposium on Heavy Vehicle Weights and Dimensions – USA, Session 11
4. Matthew P. Reed, Lawrence W. Schneider (1992): Assessing the Skin Abrasion Potential Of Driver-Side Airbags, Technical Report, The University of Michigan Transportation Research Institute.
5. Francesco Aymerich, Massimiliano Pau, Francesco Ginesu (2003): Evaluation of Nominal Contact Area and Contact Pressure Distribution in a Steel-Steel Interface by Means of Ultrasonic Techniques, JSME International Journal, Series C, Vol. 46, No.1, 297-305
6. Cheng-Kung Cheng, Chang-Hung Huang, Jiann-Jong Liao, Chun-Hsiung Huang (2003): The influence of surgical malalignment on the contact pressures of fixed and mobile bearing knee prostheses- a biomechanical study, Clinical Biomechanics, 18 231-236
7. Wolchok, J. C., Hull, M. L., and Howell, S. M., 1998, "The Effect of Intersegmental Knee Moments on Patellafemoral Contact Mechanics in Cycling" J. Biomech., 31, pp 677-683
8. Gregory A Konrath, Andrew J. Hamel, Steve A. Olson, Brian Bay, Neil A. Sharkey (1998): "The role of the Acetabular Labrum and the Transverse Acetabular Ligament in Load Transmission in the Hip" The journal of Bone and Joint Surgery Vol.80-A No.12 1781-1788
9. Martin Skie, Matt Grothaus, Despina Ciocanel, Vijay Goel (2007), "Scaphoid Excision with Four-Corner Fusion: A Biomechanical Study" Hand 2:194-198
10. Kent N. Bachus, Alyssa L. DeMarco, Kyle T. Judd, Daniel S. Horwitz, Darrel S. Brodke (2006): "Measuring contact area, force, and pressure for bioengineering applications: Using Fuji Film and Tekscan". Medical Engineering&Physics 28 (2006) 483-488
11. Damon R. Sparks, David P. Beason, Brandon S. Etheridge, Jorge E. Alonso, Alan W. Eberhardt (2005) "Contact pressures in the flexed hip joint during lateral trochanteric loading" Journal of Orthopaedic Research (23 2005 359-366)
12. Muturi G. Muriuki, Lars G. Gilbertson, Christopher D. Harner "Characterization of the Performance of a Custom Program for Image Processing of Pressure Sensitive Film" . Journal of Biomechanical Engineering" January 2009, Vol.131
13. A.B. Liggins, J.C.E. Stranart, J.B. Finlay, C.H. Rorabeck "Calibration and manipulation of data from Fuji pressure-sensitive film" . Experimental Mechanics, 1992
14. Steven A. Olson, Brian K. Bay, Michael W. Chapman, Neil A. Sharkey (1995) "Biomechanical consequences of fracture and repair of posterior wall of the acetabulum" The journal of bone & joint surgery" 1995;77:1184-1192
15. A.B. Liggins, K. Surry, J.B. Finlay (1995) "Sealing Fuji Prescale pressure sensitive film for protection against fluid damage: the effect on its response" Strain UOC:53.08, 531.787
16. P.W. Backx (2007) "Tyre/Road contact measurement using pressure sensitive film" Eindhoven Technical University.