

Harun Smbl\* 

Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Yeşilyurt Demir elik Meslek Yüksekokulu  
Elektronik ve Otomasyon

Ahmet Bğrek 

Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Yeşilyurt Demir elik Meslek Yüksekokulu  
Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Tek.

Abdurrahman Tunçer 

Ondokuz Mayıs Üniversitesi  
Yeşilyurt Demir elik Meslek Yüksekokulu  
Elektronik ve Otomasyon

#### Makale Bilgisi:

Araştırma Makalesi

Gönderilme: 28 Mart 2022

Kabul: 9 Ekim 2022

\*Sorumlu Yazar: Harun SÜMBÜL

Email: harun.sumbul@omu.edu.tr

DOI:

<https://doi.org/10.56193/matim.1094616>

# Yoğun Bakım, Yanık Tedavi ve Fizik Tedavi Kombine Hasta Karyolasının Kavramsal Tasarımı

*İnsan yaşamının yaklaşık üçte biri yatakta geçer. Özellikle yanık tedavi ve yoğun bakım ünitesinde yatan bakıma muhtaç insanlar genellikle bütün gününü yatakta geçirirler. Uzun süre yoğun bakım ünitesinde yatan hastalar, mevcut hastalıklarının yanında farklı risklerle de karşı karşıya kalabilmektedirler. Bu çalışmanın amacı; özellikle mobilizasyonu riskli olan gruplar için yoğun bakım ve yanık tedavi ünitesinde yatıp aynı zamanda fizik tedavi gereksinimi duyulan hastaların sedye aracılığı ile fizik tedavi ünitesine taşınmasını önleyecek, yoğun bakım ünitesinde iken bu tedaviyi almasına imkân sağlayacak kombine bir yatak ve yatak kontrol sisteminin tasarlanmasıdır.*

*Anahtar Kelimeler: Hasta yatağı, elektromekanik, tasarım, kontrol, üretme.*

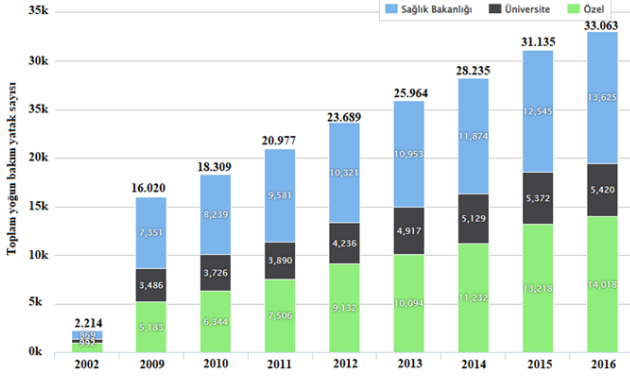
*Atıf şekli/How to cite: Sümbül H., Bğrek A., Tunçer A., Yoğun Bakım, Yanık Tedavi ve Fizik Tedavi Kombine Hasta Karyolasının Kavramsal Tasarımı. Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 2023; 21(1): 12-21.*

## GİRİŐ

Hastaların uzun süreli bakım ve tedavilerinin sağlanması amacıyla yatırıldığı, hasta odalarında ya da hastalara devamlı tıbbi bakım hizmeti verilen birimlere yerleştirilen yatalara hasta yatağı denilmektedir. Yanık tedavi ve yoğun bakım ünitesinde yatan bakıma muhtaç insanlar genellikle bütün gününü hasta yatağında geçirirler. Uzun süre yatıp pozisyonunda bulunan hastaların vücutlarında hava almayan bölgelerde belirli bir süre sonra yara ve tahriş izleri oluşmaktadır. Yanık tedavisi gören hastalar için durum daha da karmaşıktır. nk bu tür hastalara temas edilmeden fizik tedavi uygulamak gerekebilmektedir. Bu durumda da hastanın mekaniksel olarak döndürülmesi gerekmektedir. Yatalak hastaların yatak hareketlerinin durumunu izleyerek hasta hakkında doğru ve gerçek zamanlı geri bildirim sağlamak için etkili ve akıllı kontrol sistemlerinin tasarlanması konusunda çok az araştırma yapılmıştır. Yatak imalatı ve teknolojileri konularında ülkemiz iyi seviyede olsa da yoğun bakım ve yanık tedavi ünitesinde yatıp aynı zamanda

fizik tedavi gereksinimi duyulan hastaların sedye aracılığı ile fizik tedavi ünitesine taşınmasını önleyecek, yoğun bakım ünitesinde iken bu tedaviyi almasına imkân sağlayacak kombine bir yatak ve yatak kontrol sistemi henüz tasarlanmamış ve imal edilmemiştir. Oysaki lkemizde bu ünitelerde yatan hasta sayısı giderek artmakta ve bu tip kombine yatalara daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır.

şekil 1’ de yıllara göre ülkemizdeki geleneksel yoğun bakım yatağı sayıları verilmiştir. Özellikle 2019 sonrası pandemi (dünya geneli salgın) etkisiyle birlikte Türkiye’de yoğun bakım yatak sayısında oldukça yüksek oranlara ulaşılmıştır [1]. Bu kapsamda erişkin yoğun bakım yatak sayısı 2019 yılında 25.364’ten 2020 yılında 32.663’e, ocuk yoğun bakım yatak sayısı 1.778’den 1.956’ya, yeni doğan yoğun bakım yatak sayısı 12.813’ten 13.081’e yükselmiştir. Böylece Sağlık Bakanlığı yoğun bakım yataklarının, tüm yoğun bakım yatakları içerisindeki payı %50,2 olmuştur [2].



Şekil 1. Yıllara göre yoğun bakım yatak sayıları

Sağlık bakanlığı verilerine göre Türkiye’deki yanık ünite ve merkezlerinin bulunduğu hastane sayısı ise 32 civarındadır [3]. 2019 yılında Sağlık Bakanlığınca Resmî Gazete ‘de hazırlanan "Yanık Tedavi Birimleri Hakkında Yönetmelik" kapsamında yataklı sağlık tesisleri tarafından verilen yanık tedavi hizmetlerinin güncel ihtiyaç ve beklentilere uygun olarak sunulmasını temin etmek üzere hizmet verilen acil travma birimlerinin, fiziki şartların, araç, gereç, tıbbi donanım standartlarının iyileştirilmesi ve bu kapsamda yanık merkezi ve yatak kapasitelerinin artırılması amaçlanmıştır. Ayrıca yine bu mevzuat kapsamında Bakanlıkça faaliyet izin onayında belirtilen yatak sayısının altında veya üzerinde yatak sayısı ile faaliyet gösterilemez ve bu yataklar yanık tedavisi dışında kullanılamaz [4].

Fizik tedavi merkezleri ise mevcut durumda ülke genelinde 11 ilde var iken sağlık bakanlığı tarafından 2019 yılında 21 ilde toplam 4 bin 400 yatak kapasiteli 26 yeni fizik tedavi ve rehabilitasyon hastanesi inşa etme kararı alınmıştır. Çünkü Türkiye’de gelecek 30 yılda yaşlı nüfus oranının 2-3 kat artacağı öngörülmektedir [5]. Görüldüğü üzere özellikle 2019’dan sonra pandemiyle birlikte Türkiye’deki sağlık alanında yapılan yatırımlar oldukça yüksek ivmelere ulaşmıştır. Tüm bu veriler ülkemizdeki hasta yatak durumlarının giderek iyileştirildiği ve yaygınlaştırıldığı ve her yıl bu konuya daha da önem verildiğini ortaya koymaktadır. Bu bilgiler ışığında bu çalışmada tasarımı yapılan yatağa ülkemizde her üç alanda da (yoğun bakım, yanık tedavi ve fizik tedavi üniteleri) ilerleyen süreçte daha fazla ihtiyaç olacağı anlaşılmaktadır.

Yapılan detaylı literatür araştırması neticesinde literatürde, yatak kumanda ve kontrol sistemleri üzerinde çeşitli çalışmalar bulunmasına rağmen, yoğun bakım hasta yatağı mekaniği ve hasta yatağı kontrol teorisi ile ilgili çalışmalara karşılaşılmamıştır. Yapılan endüstriyel piyasa araştırması neticesinde ise Türkiye’de üretilen yoğun bakım yataklarının fizik tedavi uygulamaları için

elverişsiz olduğu ve genellikle yatakların 2,3 ve 4 motorlu tasarıma sahip oldukları, dolayısı ile bazı önemli pozisyonlar (tilt vb.) için kullanışsız olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmanın amacı, özellikle mobilizasyonu riskli olan gruplar için (Kardiyoloji hastaları, kardiyak cerrahi, anjiyoplasti, hipertansiyon, periferik arter hastalığı, solunum sistemi- KOAH, astım hastaları gibi) yoğun bakım ve yanık tedavi ünitesinde yatıp aynı zamanda fizik tedavi gereksinimi duyulan hastaların sedye aracılığı ile fizik tedavi ünitesine taşınmasını önleyecek, yoğun bakım ünitesinde iken bu tedaviyi almasına imkân sağlayacak kombine bir yatak ve yatak kontrol sisteminin tasarlanmasıdır.

## KAYNAK ARAŞTIRMASI

Son dönemde dünya sağlık örgütü tarafından pandemi ilan edilen koronavirüs (covid-19) tehdidi, tüm dünyada insanları olumsuz etkilemiş ve yoğun bakım ve entübe hasta sayısında oldukça yüksek artışına sebep olmuştur. Özellikle yaşlı bireyler bu durumdan daha fazla etkilenmiştir. Böylece dünya genelinde yoğun bakım kapasitesine duyulan ihtiyaçta artmıştır. Yoğun bakım ünitesi hastanelerin merkezinde yer alan bir servistir. Bu ünite hemen hemen tüm tıp uzmanlıklarının, sağlık personelleri ve destek hizmetlerinin bir araya getirildiği oldukça kritik bir alandır. Yoğun bakım üniteleri tasarımı karmaşıktır ve tedavileri en üst düzeye çıkarmak ve riskleri en aza indirmek için hem hastalar hem de personel için en iyi ortamın sağlanması ve mümkün olduğunca ileri teknoloji ile donatılması gerekmektedir [6]. Çünkü uzun süre yoğun bakım ünitesinde yatan hastalar, mevcut hastalıklarının yanında farklı risklerle de karşı karşıya kalabilmektedirler. Özellikle yoğun bakım ünitesinde kalan hastalar için uzun süre yatağa yatmak fiziksel aktivitelerin kapasitesini ciddi şekilde etkileyebilir ve bu etki hastanede geçen gün sayısı arttıkça giderek şiddetlenir. Hareketsizliğin etkisi yaşlılarda ve konjestif kalp yetmezliği ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı da dâhil olmak üzere kronik hastalığı olan hastalarda daha da fazladır. Hareketsizliğin zararlı etkilerine ek olarak, yoğun bakım ünitesi hastaları nöromusküler bozuklukların gelişimi için de yüksek risk altındadır. Ayrıca yatalak hastalar, alınan ilaçların yan etkileri nedeniyle fizyolojik işlevleri üzerindeki diğer etkilerin yanı sıra bilişsel bozukluklara, vertigoya (baş dönmesi) ve fiziksel zayıflığa da duyarlı hale gelebilmektedirler [7,8]. Bu durum hızlı pastoral değişiklikler veya baş dönmesi sonrasında başa yetersiz kan akışı ile sonuçlanır. Bu etkiler ile iç kulağın denge işlev bozukluğu sonucunda hastalar yataktan zemine düşebilmekte ve yaralanabilmektedirler [9,10]. Uzun süre yataкта kalan hastaların yaklaşık %13-20’si en az bir kez yataktan düşmektedir. Çalışmalar, bu tür düşüşlerin hastaların %13’ünde ölüme ve hastaların %25’inde

kırık, eklem dislokasyonu, laserasyon ve morarma gibi fiziksel yaralanmalara neden olduğunu göstermektedir [9]. Bu nedenle, birçok klinik kurum, hastaların yatak kenarından düşme sonucu kazayla yaralanmalarını önlemek için hasta yataklarını koruyucu korkuluklar veya el tutamaklarıyla donatmıştır [11]. Benzer şekilde İskelet kasları da uzun süre aynı pozisyonda hareketsiz kalmaktan olumsuz etkilenir. Dinlenirken, kardiyak çıkışın yaklaşık %20'si iskelet kasına kan akışını sürdürmeye yönlendirilir. Uzun süre yatakta hareketsiz kalmak, iskelet ve kas yapısını da olumsuz etkilemektedir [12]. Hastalarda hareketsizlikten kaynaklanan günlük %1,3 ila %3 kas gücü kaybı oluşabilmektedir. Kas kaybı, yoğun bakım ünitesine kabul edildikten sonraki birkaç gün içinde hızla gerçekleşir [13]. Ayrıca yoğun bakım ünitesinden çıkan hastalarda, buradan kalma birtakım bozukluklar bir süre daha devam edebilmektedir [14]. Özellikle nöromusküler zayıflık, yoğun bakımdan taburcu olduktan sonra fiziksel işlevleri ve sağlıkla ilişkili yaşam kalitesi üzerinde olumsuz etkilere sahiptir [15]. Bunlar arasına görülen en önemli bozukluklar yiyecekleri kaldırıma ve taşıma, merdiven çıkma, bükme, diz çökme veya orta mesafelerde yürüme yetersizliği gibi günlük fiziksel işlevsellik ile ilgilidir. Fakat yoğun bakım ünitesinde kalış sırasında yapılan fizik tedavi müdahaleleri bu bozuklukları azaltabilir [16]. Uzun süre yatan hastalardaki bilinmesi gereken bir diğer unsur ise hava almayan bölgelerde belirli bir süre sonra oluşan yara ve tahriş izleridir. Yanık tedavisi gören hastalar için durum daha da karmaşıktır. Çünkü bu tür hastalara temas edilmeden fizik tedavi uygulamak gerekebilmektedir. Bu durumda da hastanın mekaniksel olarak döndürülmesi gerekmektedir.

Bu tür olumsuzlukların önüne geçebilmek ve yatalak hastaların yatak hareketlerinin duruşunu ve durumunu izleyerek hasta hakkında doğru gerçek zamanlı geri bildirim sağlamak için etkili ve akıllı kontrol sistemlerinin tasarlanması konusunda çok az araştırma yapılmıştır [17]. Bu çalışmanın amacı, özellikle mobilizasyonu riskli olan gruplar için yoğun bakım ve yanık tedavi ünitesinde yatıp aynı zamanda fizik tedavi gereksinimi duyulan hastaların sedye aracılığı ile fizik tedavi ünitesine taşınmasını önleyecek, yoğun bakım ünitesinde iken bu tedaviyi almasına imkân sağlayacak kombine bir yatak ve yatak kontrol sisteminin tasarlanması ve gerçekleştirilmesidir.

## **Konu ve Kapsam**

Yatak tipi sistemler ile ilgili araştırmalar esas olarak iki kapsama ayrılmıştır. Bunlardan biri, kullanıcının hareketini destekleyen veya statik duruşu önleyen mekanik tasarımıdır [18]. Diğer yaklaşım, kullanıcının durumunu (sağlık durumu, duruş,

hareket) algılayıcılar ile izlemektir [19]. Burada doğrudan vücuda bağlı algılayıcıları olan bir ölçüm sistemi genellikle vücut hareketi veya duruş tahmini için kullanılır. İkinci tip yaklaşımda vücut hareketini veya duruşu doğru bir şekilde ölçülebilse de vücuda birçok algılayıcı ve dönüştürücünün takılacağı, bu tip yaklaşımların en önemli dezavantajını oluşturmaktadır. Çünkü bu tür donanımlar, hastanın hareket kabiliyetini daha da fazla kısıtlamaktadır. Bununla birlikte video kamera kullanılarak vücut hareketlerinin takibi ve bunun sonucunda hastaya pozisyon değiştirebilen sistemler için birçok araştırma da yapılmıştır [20]. Fakat bu sistemler hareket özelliklerini çıkartmakta güçlük çeker çünkü vücut yataktan dolayı genellikle görünmez. Statik yüke duyarlı yataklarda vücut hareketlerini izlemek için kullanılabilir. Bu tip yataklar solunum, kalp atım hızı ve seğirme hareketlerini ölçebilir. Sıcaklık sensörü dağıtım yatağı, vücut dönüşleri gibi kaba hareketleri ölçülebilir [21]. Basınç sensörü dağıtım yatağı birçok çalışmada uygulanmıştır. Bu tip yataklarda vücut modelinde çok sayıda parametre belirlendiğinden, postürü belirlemek için çok sayıda hesaplama süresi gerekmesi bu sistemin dezavantajları arasındadır.

Literatürde, yatak kumanda ve kontrol sistemleri üzerinde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Fakat literatür taramalarında, yoğun bakım hasta yatağı mekaniği ve hasta yatağı kontrol teorisi ile ilgili çalışmalara karşılaşılmamıştır. Çalışma alanımızla farklılıklar içerse de yapılacak çalışmalara ışık tutması açısından bu kaynaklar da incelenmiş ve literatür bölümünde bu kaynaklar da paylaşılmıştır. Bu kapsamda yapılan bir çalışmada, yaşlılara ve engellilere yatakta bağımsız bir yaşam sürmelerine yardımcı olabilecek bir akıllı yatak robot sisteminin (AYRS) geliştirilmiştir. AYRS, iki robot kolu ve yatağa bağlı bir dizi basınç sensörü ile donatılmış özel bir yataktır. Şilte üzerindeki basınç dağılımı, hastanın pozunu tahmin etmek için kullanılır ve robot kolları tarafından uygun bir yardım sağlanır [22]. Fakat önerilen sistemin yoğun bakım ünitesinde kullanılabilirliği henüz test edilememiştir. Diğer bir çalışmada ise elektrik tasarrufu için toplam ağırlığı azaltmak ve nakliye veya konumlandırma yükünü azaltmak için karbon fiberler kullanılarak akıllı bir hasta yatağı geliştirilmiştir. Bu yatak sisteminde gerçek zamanlı olarak, kullanıcının izlenmesi için tasarlanmış bir Grafik Kullanıcı Arabirimi (GUI) kullanılmıştır [23]. Bu yatak hemşire çağrısı özelliğine de sahiptir fakat tamamen hareketsiz ve baygın durumdaki hastalar için bu özelliğin kullanılabilmesi zor görülmektedir. İncelenen başka bir yatak sisteminde ise "akıllı yataklar" olarak tanımlanan elektronik tıbbi yataklar hakkında net bir görüş sunulmaktadır. Mikro denetleyici olarak kullanılan Raspberry pi, bir motor sürücü devresi kullanılarak bir step motor ile yatağa yön

vermektedir. Sistem bir mikrofona sahiptir ve hastadan alınacak sesli komutlara göre yatak pozisyonu değiştirebilmektedir [24]. Bu yatağın yoğun bakım ünitesinde konuşamayacak durumda bulunan hastalar tarafından kullanılmayacağı anlaşılmaktadır. İncelenen bir diğer önemli çalışmada ise ses ile kontrol edilen yatak çalışmalarında denetleyici olarak Arduino kullanılmış ve bilgi girişi olarak ses tanıma modülü (VR3) ile kullanılmıştır [25]. Yoğun bakım ünitesinde yatmakta olan çoğu hasta konuşamaz halde olduğundan bu sistemin verimli çalışabildiği ve yoğun bakım ünitesinde kullanılabileceği kesin değildir. İncelenen başka bir yatak modelinde ise amaç, hareket edemeyen bir hasta ile başa çıkmanın yolunu basitleştirmek şeklinde ifade edilmektedir. Buna göre önerilen tıbbi yatak birkaç saatte bir kendi kendine otomatik olarak dönebilmeye özelliğine sahiptir [26]. Yatağın gerçek zamanlı çalışmaması ve istenen konumlar için önceden programlanmış olması kullanım avantajını yitirmiştir. Literatür [27] de ise, yatağın otomatik hareketinde kullanılan kontrol sinyallerinin üretimi için gerekli karakteristikleri elde etmek amacıyla ham EMG sinyallerini, üst ekstremitedeki kaslardan toplamışlar ve bu verileri daha sonra işleyerek sınıflandırmışlardır. Bu çalışma birçok algılayıcı gereksinimine ihtiyaç duymakla birlikte genel olarak oldukça karmaşıktır. Etkili bir hasta veri yönetim sistemi gerçekleştirmek amacı ile hastanın gerçek zamanlı bilgilerinin alınmasına imkân sunan bir veri toplama kartı geliştiren Knight vd., [28] yoğun bakım ünitelerinde konuşma üretme ve tanıma üzerine çalışmalar yapmışlar fakat henüz yoğun bakım ünitelerinde kullanılabilecek bir ürün ortaya koyamamışlardır. Hastaya pozisyon verme işlemi, hastaya birçok fayda sağlarken birtakım riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle pozisyon etkilerinin iyi bilinmesi ve pozisyon verirken solunum ve dolaşım sisteminin en az etkilenmesi sağlanmalıdır ve hasta travmatize edilmemelidir. Yapılan kapsamlı literatür araştırmasından da anlaşıldığı üzere hastalar için hem fizik tedavi imkânı sunan hem de yoğun bakım yatağı özelliklerini taşıyan ve aynı zamanda fonksiyonel olarak programlanabilen bir mobilizasyon yatağı bulunmamaktadır. Bu konuda önerilen tasarım çalışmasının hayata geçirilmesi ile hem akademik alanda hem de sanayi alanında literatüre yeni bir ürün kazandırılacaktır.

## Özgün Değer

Uzun süre yatak istirahatine alınan hastalarda, kan dolaşımını sağlamak ve sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını engellemek için yatış pozisyonlarının en az 2 saat ara ile değiştirilmesi ve hastanın mobilize edilmesi gerekmektedir. Hastaya verilen pozisyona göre farklı vücut bölümleri desteklenmelidir. Sık sık pozisyon değiştiren hastalarda basınç noktaları da

değişmiş olduğundan kan dolaşımını hızlanır ve yatak yararı açılma riski de azalır. Mobilizasyon yoğun bakım ünitesinde uygulanan fizyoterapi programlarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Mevcut durumda yoğun bakım ünitesinde uzun süre yatakta hareketsiz kalan hastalarda kan akışının yavaşlaması veya durması neticesinde birtakım fizyolojik (derin ven trombozu vb.) ve nörolojik (vertigo vb.) sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu hastalar için fizik tedavi uygulanmazsa da hareketsizlik kaynaklı toplardamarda pıhtı oluşması neticesinde bu durum pulmoner embolizm, inme, damar tıkanıklığı, felç ve hatta ölümle sonuçlanabilmektedir. Bunun önüne geçebilmek ve hastaların kan dolaşımını mekaniksel hareket yardımı ile sağlamak amacı ile hastalar, sedye ve yardımcı personeller yardımı ile yoğun bakım ünitesinden çıkarılmakta, sedyeye alınıp fizik tedavi ünitesine götürülmektedir. Burada fizik tedavi yatağına alınan hasta, yatağın mekaniksel hareketleri sayesinde pozisyon değiştirme ve kan dolaşımını normalleşmesi sağlanmaktadır. Burada fizik tedavisi biten hastalar tekrar sedyeye alınmakta ve yoğun bakım ünitesine götürülmektedir. Hasta tekrar sedyeden yatağa alınarak yoğun bakım yatağına yatırılmaktadır. Bu olay neticesinde ortaya çıkan olumsuzluklar;

- Hastalar çok yıpranmakta ve yorulmakta (sedyeden sedyeye taşındığı için),
- Personel için zaman kaybı ortaya çıkmakta (hastaların sedye nakillerinde en az 2 personele ihtiyaç duyulur),
- Personel için güç kaybı ortaya çıkmakta (özellikle kilolu hastaların sedye nakillerinde),
- Taşınma sırasında hastanın maruz kalabileceği muhtelif durumlar (enfeksiyon kapma, sedyeden düşme vb.),
- Malzeme bekletilmesi (başka hastalar için kullanılabilecek sedye, serum çubuğu vb. araç-gereçlerin nakliye esnasında kullanılmak zorunda kalınması) ve kullanım sonucu erken deforme olması,
- Fizyoterapistin yoğun iş yükü olması,
- Hemşireler hastaya manevra esnasında çok fazla güç ve enerji harcadığından çoğu zaman bu işlemi yapmadan yapmış gibi göstermesi, dolayısı ile hastaların bu tedaviden tam anlamıyla faydalanamaması,
- Hastanın mahremiyeti ile alakalı ortaya çıkabilecek olası problemler,
- Bazı yoğun bakım yatakları için hasta yatağında iken röntgen çekiminin elverişsiz olabilmesi (özellikle C tipi makinelere uyumsuz olması),
- Yanık tedavisi gören hastalara temas edilmeden fizik tedavi uygulamak gerekebildiğinden hastanın el yardımı ile döndürülmesinin oldukça zor ve zahmetli olması,

- Diğer birtakım sorunlar (her taşınma sırasında çarşaf vb. değiştirmek zorunda kalınması gibi),

Kavramsal tasarımı yapılan çalışmanın hayata geçirilmesi neticesinde sayılan tüm bu olumsuzlukların önüne geçilecektir. Mevcut durumda hem fizik tedavinin uygulandığı hem yanık tedavisinin alındığı hem de yoğun bakım yatağı görevini gören bir yatak bulunmamaktadır. Bu anlamda sunulan çalışma oldukça özgün bir değere sahiptir ve hayata geçtiğinde ticarileşebilecek bir ürün ortaya çıkacak özelliktedir. Bunun yanında yatak fonksiyonları için hasta bakıcı ve hemşirelerin kullanımına uygun yatağa programlanabilme özelliği sağlayacak bir kontrol paneli de yapılacaktır. Hemşire, hastaya uygun tedavi sırasında yatağın olması gereken hareket pozisyonu, hareket sayısı ve hareket süresini fizyoterapist yönlendirmesi dahilinde kontrol panelinden girip kaydedecektir. Bunun neticesinde ayarlanan süre geldiğinde yatak istenilen pozisyonu alıp istenilen sürede istenilen hareketleri otomatik yapacaktır. Ayrıca yatağa yerleştirilecek olan ağırlık (load cell) algılayıcısı sayesinde hastanın kilo durumu da takip edilebilecektir. Tüm bu durumların izlenebilmesi ve uzaktan da (kablosuz) gerekli programlamanın yapılabilmesi için Android işletim sistemine uygun mobil uygulama geliştirilecektir. Böylece tasarımın hayata geçmesi neticesinde ileri teknolojiye sahip oldukça konforlu, zahmetsiz ve akıllı bir ticari ürün ortaya çıkmış olacaktır.

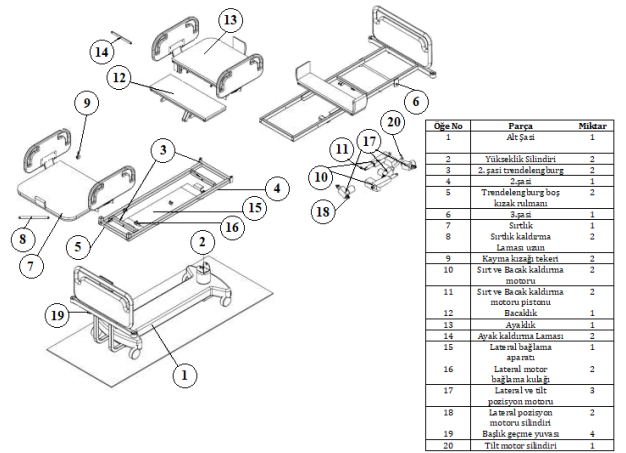
## MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan kavramsal tasarım çalışması iki önemli bölümden oluşmaktadır;

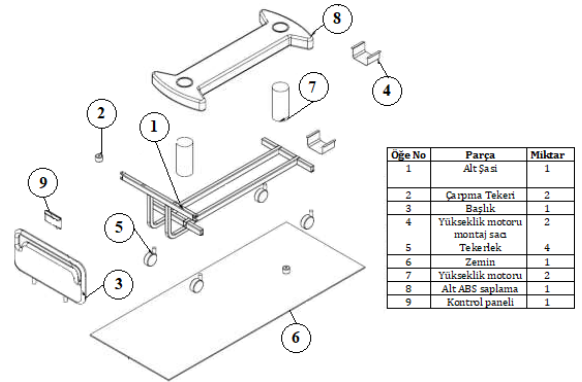
1-) Doktor ve fizyoterapistlerin istedikleri pozisyonları rahatlıkla alabilecek ve hastaya mekaniksel mobilizasyon yaptırabilecek; kalıp ve mekanik işlemleri içeren ve birçok parçadan oluşan 8 motorlu ve 9 eksenli hasta karyolası,

2-) Karyolaya istenilen pozisyonun verilmesini sağlayabilecek, üzerinde dokunmatik ekran, mikrodenetleyici, bluetooth gibi teknolojik komponentleri barındıran, hemşire tarafından programlanabilen, kablolu ve kablosuz özellikte olan ve cep telefonu uygulaması ile eşleşebilen kumanda ve kontrol kartı,

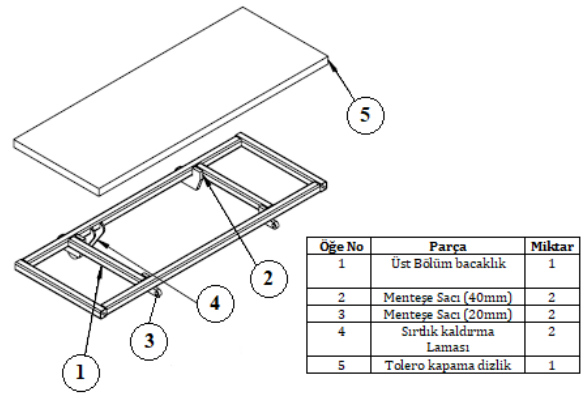
Birinci bölüm için tasarlanacak olan hasta yatağına ait parçaların Solidworks programında çizilen katı modelleri aşağıdaki şekillerde görülmektedir. Katım model tasarımında en çok kullanılan program Solidworks olduğundan bu çalışmada da bu program tercih edilmiştir [29]. Tasarımı yapılan yatağına ait mekaniksel özellikler aşağıdaki şekillerde görülmektedir.



Şekil 2. Yatağına ait ana parça görünümü ve isimleri

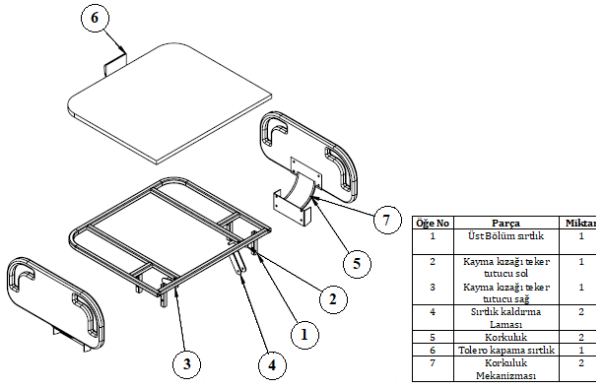


Şekil 3. Yatak alt ana şasi parça görünümü ve isimleri



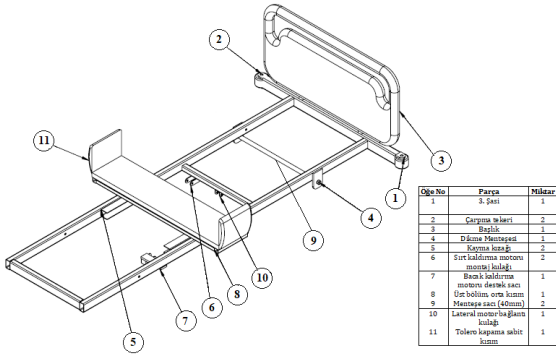
Şekil 4. Yatak bacak kaldırma parça görünümü ve isimleri

Tasarlanan yatakta 8 adet motor yardımı ile hastaların farklı yatış pozisyonları alabilmeleri amaçlanmıştır. Kullanılan motorların yatak pozisyonları ile ilişkisi Tablo 1' de görülmektedir.



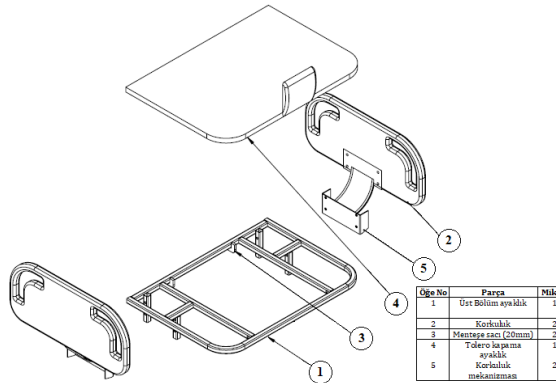
Şekil 5. Yatak sırtlığına ait parça görünümü ve isimleri

Oğe No	Parça	Miktar
1	Üst Bölüm sırtlık	1
2	Kayma lozağı ta ker tutucu sol	1
3	Kayma lozağı ta ker tutucu sağ	1
4	Sırtlık kaldırma Laması	2
5	Korukluk	2
6	Tolerö kapama sırtlık	1
7	Korukluk Mekanizması	2



Şekil 6. Yatak şasisine ait parça görünümü ve isimleri

Oğe No	Parça	Miktar
1	Şişe	1
2	Çerçeve aletleri	2
3	Şişe	1
4	Düme Montajı	1
5	Kayma lozağı	2
6	Sırt kaldırma motoru montajlığı	2
7	Bacak kaldırma motoru deseni sacı	1
8	Üst bölüm ayraç kovanı	1
9	Montaj sacı (40mm)	2
10	Lateral motorlu kovanı kulak	1
11	Tolerö kapama altı kiti	1



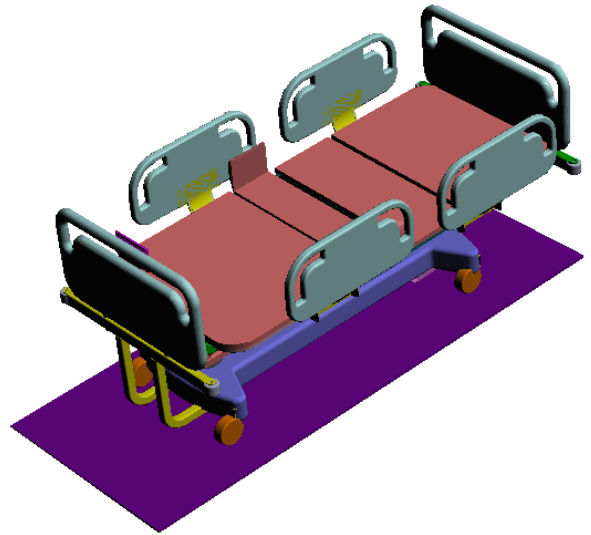
Şekil 7. Yatak ayaklığına ait parça görünümü ve isimleri

Oğe No	Parça	Miktar
1	Üst Bölüm ayaklık	1
2	Korukluk	2
3	Montaj sacı (20mm)	2
4	Tolerö kapama ayaklık	1
5	Korukluk mekanizması	2

Yapılan simülasyon çalışmaları sonucunda tasarlanan yatağın istenilen bütün pozisyonlarda rahatlıkla çalıştığı görülmüştür. Mevcut yataklara göre daha fazla hareket ve manevra kabiliyetine sahip olan bu ürün üretime geçilip gerekli izinler alındıktan sonra rahatlıkla ve güvenilir bir şekilde hastanelerde ilgili departmanlara konuşlandırılabilirliği düşünülmektedir. Tasarımı yapılan yatağa ait son görünüm Şekil 8’de görülmektedir.

Tablo 1. Kullanılan motorların yatak pozisyonları ile ilişkisi

Motor	Has ta yük sekl iği	Tra nde len bur g	Ter s Tra nde len bur g	Tilt	Sırt Kal dır ma	Bac ak Kal dır ma	Sa ğa La ter al	S ol a La ter al
A	✓	✓		✓				
B	✓		✓					
C							✓	✓
D							✓	✓
E				✓				
F				✓				
G					✓			
H						✓		



Şekil 8. Tasarlanan yatağın montajlanmış görünümü

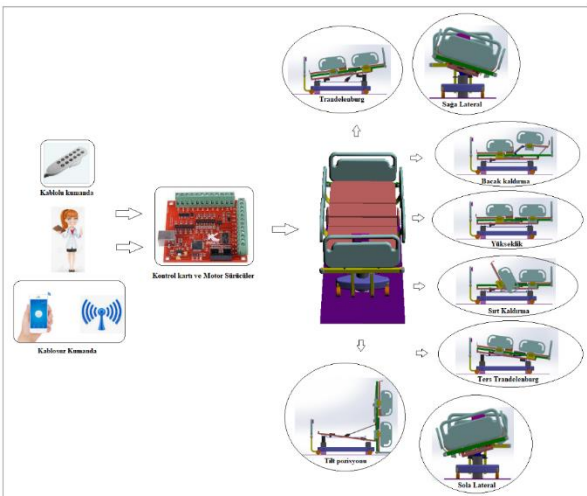
## Araştırma Bulguları

Tasarlanan yatağa ait yoğun bakım hasta karyolası, aşağıdaki yatış pozisyonu özelliklerine sahip olacaktır;

- Supine (Sırtüstü) pozisyon; Acil durumlarda, muayene ve tedavilerde kullanılan bir pozisyonudur.
- Fowler's (sırt kaldırma, oturur) pozisyon: Yatağın baş kısmı yükseltilerek hasta 90° oturur olduğu pozisyonudur. Yemek yeme pozisyonu vs. İhtiyaçları için kullanılır.
- Semi-Fowler's (yarı oturur) pozisyon; Yatağın baş kısmı 30° olduğu pozisyonudur.
- Prone (Yüzüstü) pozisyon: Hareket edemeyen ya da uzun süreli yatak istirahati önerilen hastalarda tedavi amaçlı kullanılır.

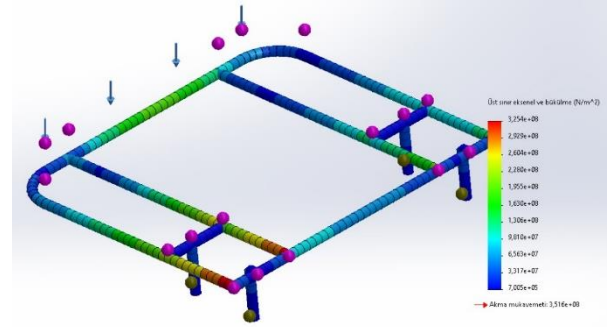
- Trendelenburg pozisyonu; Baş aşağıda ayaklar yukarıda olacak şekilde hastanın sırtüstü yatar durumda olduğu pozisyonudur. Genellikle doktor kontrolünde kullanılır. Hayati organlara kan akışını kolaylaştırır. Bu pozisyon ayrıca hastanın tansiyon düşüklüğü sırasında yatağın baş ve ayak yüksekliğinin ayarlanabilmesini sağlar.
- Ters Trendelenburg pozisyonu; Baş yukarıda ayaklar aşağıda olacak şekilde hastanın sırtüstü yatar durumda olduğu pozisyonudur. Hastanın kardiyak şikâyetlerinin giderilmesi için kullanılır.
- Bacak kaldırma; kan akışını dengelemek için uygun pozisyonudur.
- Yükseltme; Hastanın yatağa konulup alınması, doktorun hastaya temizlik, bakım ve kontrolü sırasındaki erişim yüksekliğinin değiştirilmesini sağlar.
- Sağ-Sol Lateral pozisyon; sol ya da sağ yan yatış pozisyonudur. Bilinci kapalı veya yarı açık hastalara ve uzun süre yatarak tedavi gören hastalara bu pozisyon verilir. Özellikle yanık tedavilerinde bu pozisyonlar çok sık kullanılır.
- Tilt pozisyonu; kan damarlarında genişleme sonucu kan basıncında ani düşme olması ve buna bağlı gelişen komplikasyonları ayırt etmek ve tanı koymak için uygulanan pozisyonudur.

Ayrıca bu pozisyonlarda rutin yoğun bakım tedavileri sırasında hastada oluşan vertigo ve buna bağlı şikâyetlerin giderilmesi için hastanın zemine göre 00-90° arası açı ile ayağa kaldırılarak konumlandırılması sağlanır. Yapılan tasarım çalışması kapsamında geliştirilebilecek olan yatak, tüm bu pozisyonları sağlayabilecek özelliktedir. Şekil 9, sunulan tasarımın uygulanışını en genel hatları ile göstermektedir.



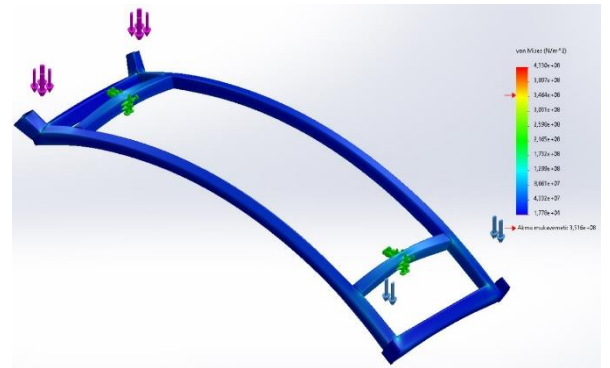
Şekil 9. Tasarımın uygulaması ve yatak pozisyonlarının gösterimi

Kavramsal çalışması yapılan yatağa ait oluşturulan mekanizmanın/sistemin yük taşıyan önemli bölgeleri için hareket ve kuvvet analizleri de yapılmış olup sonuçların bir kısmı aşağıda paylaşılmıştır.



Şekil 10. Yatağın sırtlık kısmı için oluşturulan mukavemet modeli

Hasta yatağının sırtlık kısmı için oluşturulan mukavemet modelinde en yüksek yükleme şartları için (2000 N) kuvvet uygulanmıştır. Bu şartlar altında AISI1020 malzeme tanımlandığında maksimum gerilme ( $\approx 3,25 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$ ) akma sınırı ( $3,51 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$ ) altında kaldığı gözlemlenmiştir.

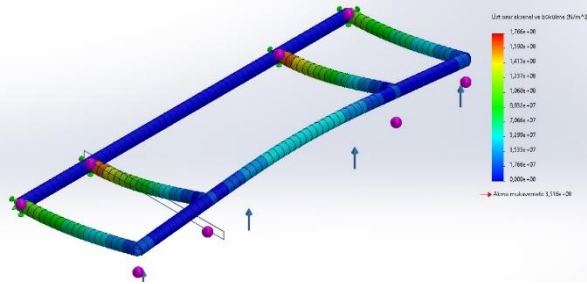


Şekil 11. Yatağın Ana Şasi kısmı için oluşturulan mukavemet modeli

Ana Şasi için oluşturulan mukavemet modelinde ise yatak üzerinde oluşabilecek maksimum yük 5000N olarak kabul edilmiştir. Yatağın ana şasisi üzerinde köşelere gelen 1250N'luk yükün, şasi merkezinde sağa ve sola lateral hareket sırasında kullanılan dönme merkezi üzerine etkisi şeklinde görülmektedir. Yapılan mukavemet analizi ile ana şasi üzerine gelen yükleme koşulları için yeterli olduğu görülmektedir.

Yatağın bacaklık bölgesi için belirlenen yük miktarı 1500N'dur. Bacak kaldırma işlemi sırasında bacaklık kısmında oluşabilecek maksimum gerilme  $1,77 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$  olup AISI1020 malzemesinin akma

gerilmesinden daha düşük bir gerilmeye maruz kaldığı belirlenmiştir.



Şekil 12. Yatağın bacaklık bölgesi için oluşturulan mukavemet

Bununla birlikte tasarlanan yatağın simülasyon sonuçları incelendiğinde yatağın istenilen performansta çalışabilmesi için aşağıda belirtilen özelliklerde olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna göre direnç kol kalıbı ve baş bağlama kalıbı için yatak balon kalıp işlemlerinin yapılmasına ve Lineer aktüatörler için sırası ile 250mm, 200mm, 150mm, 100mm, 50mm ve 30mm stroka sahip aktüatörlerin kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Bunun yanında kolon motorun ise 2000N, 400mm stroka sahip olması, korkuluk yatak platformu bağlama, kilitleme mandalı, mekanizma sistemi LCD ekran panelleri ve baş panelleri geçme yuvaları için imalat çeliğinden mamul enjeksiyon kalıplarının kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Ayrıca üst tolero ABS kalıpları sırt ve ayak bölümü için sırası ile 780mmx850mmx50mm ve 600mmx850mmx50mm şekilli alüminyuma ihtiyaç duyulacağı anlaşılmıştır. Kaplama ABS kalıpları alt ana kasa içinde 1455mmx600mmx120mm ölçülerinde şekilli metal kalıp ihtiyacı olacağı anlaşılmıştır. Yapılan tasarım çalışması neticesinde yan korkuluklar içinde sağ ve sol için 680mmx340mmx50mm ölçülerinde kalıba ihtiyaç duyulacağı anlaşılmıştır. Hasta karyolası boş panel içinse 920mmx480mmx52mm panel kalıbı gerektiği anlaşılmıştır. Tasarlanan yatak 5 tekerlekli, bataryalı ve tartı aksamına sahip olması planlanmıştır.

Yapılması düşünülen tasarım ve tekniklerin istenilen amaç ve hedeflere ulaşmaya elverişli olduğu yapılan simülasyon üzerinden görülmüş ve ayrıca çalışmaya destek veren Medisan Hastane Malzemeleri İmalat-İhr. San Tic. A.Ş firması imalat personelleri tarafından da incelenerek onaylanmıştır.

## SONUÇ

Mevcut durumda, hastanelerde hem fizik tedavinin uygulandığı hem yanık tedavisinin alındığı hem de yoğun bakım yatağı görevini gören bir yatak bulunmamaktadır. Çalışma kapsamında ilgili firma ile birlikte yapılacak ar-ge çalışması neticesinde

piyasada olmayan, hastaya mekaniksel mobilizasyon yaptırabilecek; kalıp ve mekanik işlemleri içeren ve birçok parçadan oluşan 8 motorlu ve 9 eksenli hasta karyolası üretilecektir. Bu anlamda sunulan çalışma oldukça özgün bir değere sahiptir ve hayata geçtiğinde ticarileşebilecek özelliğindedir. Bunun yanında yatak fonksiyonları için hasta bakıcı ve hemşirelerin kullanımına uygun yatağa programlanabilme özelliği sağlayacak bir kontrol paneli de yapılacaktır. Hemşire, hastaya uygun tedavi sırasında yatağın olması gereken hareket pozisyonu, hareket sayısı ve hareket süresini fizyoterapist yönlendirmesi dahilinde kontrol panelinden girip kaydedecektir. Bunun neticesinde ayarlanan süre geldiğinde yatak istenilen pozisyonu alıp istenilen sürede istenilen hareketleri otomatik yapacaktır. Ayrıca yatağa yerleştirilecek olan ağırlık (load cell) algılayıcısı (tartı) sayesinde hastanın kilo durumu da takip edilebilecektir. Tüm bu durumların izlenebilmesi ve uzaktan da (kablolu) gerekli programlamanın yapılabilmesi için Android işletim sistemine uygun mobil uygulama geliştirilecektir. Böylece sunulan çalışma neticesinde ileri teknolojiye sahip oldukça konforlu, zahmetsiz ve akıllı bir ticari ürün ortaya çıkmış olacaktır.

## TARTIŞMA

Tasarımı yapılan hasta yatağının belirlenen fonksiyonları yerine getirilebilmesi için bazı zorluklar ortaya çıkmaktadır. Özellikle tilt yatak konumu ile sağa ve sola lateral konumlar arasında geçiş sağlanırken mutlaka yatağın normal konuma gelmesi gerekmektedir. Ayrıca tilt konumunda hasta ve yatağın üst şasi kısmının yeterince dikleştirilmesi ve bu işlem sırasında ivmeli hareket oluşumu, kullanılacak motorun kapasitesinin yükselmesine neden olmaktadır.

Bu nedenle tilt konumu için yatak hareket mekanizmasının geliştirilmesi gerekmekte ve motor gücü optimizasyonu yapılması gerekmektedir. İlerleyen çalışmalarda bu probleminde çözümüne yönelik adımlar atılması düşünülmektedir.

## CONCEPTUAL DESIGN OF THE COMBINED PATIENT BED FOR INTENSIVE CARE, BURN THERAPY AND PHYSICAL THERAPY

About a third of human life span is spent in bed. People in need of care, especially in burns and intensive care units, usually spend the whole day in bed. Patients who stay in the intensive care unit for a long time may confronted different risks besides their existing diseases. Being in the bed for a long time can seriously affect the capacity for physical activities, and this effect is exacerbated by the number of days in the hospital. The effect of inactivity is greater in the elderly and in patients with chronic diseases such



as congestive heart failure and COPD (chronic obstructive pulmonary disease). In addition to the detrimental effects of inactivity, intensive care unit patients are also at high risk for the development of neuromuscular disorders. With these effects, the balance function of the inner ear can be impaired and patients may fall from the bed to the floor and be injured. The aim of this study is the design of a combined bed and bed control system that will prevent the patients who are in intensive care and burn treatment unit but also in need of physical therapy from being transported to the physical therapy unit by stretcher, especially for groups whose mobilization is at risk, (cardiology patients (angioplasty, hypertension, peripheral arterial disease), respiratory system diseases (COPD, asthma, etc.))and that will allow them to receive this treatment while in the intensive care unit.

**Keywords:** Hospital bed, electromechanical, design, control, production.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) koordinatörlüğü tarafından TTO.YMY.ULAP.21.281 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Ayrıca verdikleri destekten dolayı Medisan Hastane Malzemeleri İmalat-İhr. San Tic. A.Ş firması tasarım ve imalat personellerine teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

1. <https://rapor.saglik.gov.tr/istatistik/rapor/>, T.C. Sağlık Bakanlığı verileri, Son erişim: 20.03.2022, 16:13
2. Sağlık İstatistikleri Yıllığı 2020 Haber Bülteni, <https://sbsgm.saglik.gov.tr/Eklenti/41611/0/haber-bulteni-2020pdf.pdf>, son erişim: 20.03.2022, 14.45
3. <https://khgmsaglikhizmetleridb.saglik.gov.tr.>, T.C. Sağlık Bakanlığı verileri, Son erişim: 18.03.2022, 12:17
4. 8 Ekim 2019 SALI, Resmî Gazete, Sayı: 30912 Sağlık Bakanlığı: Yanık Tedavi Birimleri Hakkında Yönetmelik
5. <https://www.haber7.com/genel-saglik/haber/1008918-21-sehire-26-yeni-fizik-tedavi-hastanesi>, Son erişim: 10.03.2022, 10:13
6. Christopher Johnson, Design, organization and staffing of the intensive care unit, *Critical Illness And Intensive Care – I, Surgery (Oxford) Volume 36, Issue 4, April 2018, Pages 159-165*
7. D.W. Bates, K. Pruess , P. Souney , R. Platt , Serious falls in hospitalized patients: correlates and resource utilization, *Am. J. Med.* 99 (1995) 137–143.

8. R.I. Salgado, S.R. Lord, F. Ehrlich, N. Janji , A. Rahman , Predictors of falling in elderly hospital patients, *Arch. Gerontol. Geriatrics* 38 (2004) 213–219.
9. L.Z. Rubenstein, Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention, *Age and ageing*, 35 Suppl 2 (2006) ii37-ii41.
10. L.Z. Rubenstein, A.S. Robbins, K.R. Josephson, B.L. Schulman, D. Osterweil , The value of assessing falls in an elderly population. A randomized clinical trial, *Ann Internal Med* 113 (1990) 308–316.
11. E. Capezuti , G. Maislin , N. Strumpf , L.K. Evans , Side rail use and bed-related fall outcomes among nursing home residents, *J. Am. Geriatrics Soc.* 50 (2002) 90–96.
12. Ikuko Sato-Suzuki, Fusako Kagitani, Sae Uchida, Somatosensory regulation of resting muscle blood flow and physical therapy, *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* 220 (2019) 102557.
13. Selina M. Parry, Lee-anne S. Chapple, Marina Mourtzakis, Exploring the Potential Effectiveness of Combining Optimal Nutrition with Electrical Stimulation to Maintain Muscle Health in Critical Illness: A Narrative Review, *Nutrition in Clinical Practice, Volume 33 Number 6, December 2018* 772–789.
14. Carol L Hodgson, Claire J Tipping, Physiotherapy management of intensive care unit-acquired weakness, *Journal of Physiotherapy* 63 (2017) 4–10.
15. Katherine E. Hodgkin, Amy Nordon-Craft, Kim K. McFann, Meredith L. Mealer, and Marc Moss, Physical Therapy Utilization in Intensive Care Units: Results from a National Survey, *Crit Care Med.* 2009 February; 37(2): 561–568. doi:10.1097/CCM.0b013e3181957449.
16. Thiti Sricharoenchai, Ann M. Parker, Jennifer M. Zanni, Archana Nelliott, Victor D. Dinglas, Dale M. Needham, Safety of physical therapy interventions in critically ill patients: A single-center prospective evaluation of 1110 intensive care unit admissions, *Journal of Critical Care* 29 (2014) 395–400.
17. Liang-Hsuan Lu, Shang-Lin Chiang, Shun-Hwa Wei, Chueh-Ho Lin, Wen-Hsu Sung, Development and clinical application of a computer-aided real-time feedback system for detecting in-bed physical activities, *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 147 (2017) 11–17.
18. Peng Shih-Wei, Lian Feng-Li, Fu Li-Chen. Mechanism design and mechatronic control of a multifunctional test bed for bedridden healthcare. *IEEE/ASME Trans Mech* 2010;15(2):234–41.

19. Seo K. Unified framework for object tracking and recognition based on condensation principal component analysis in a structured environment. PhD thesis, Dept. EECS, KAIST; 2009.
20. Wren CR, Clarkson BP, Pentland AP. Understanding purposeful human motion. In: IEEE international conference on automatic face and gesture recognition;2000.
21. Tamura T, Jhou J, Mizukami H, Togawa T. A System for monitoring temperature distribution in bed and its application to the assessment of body movement. *Physiol Meas* 1993; 14:33–41.
22. Kap-Ho Seo, Tae-Yong Choi, Changmok Oh, Development of a robotic system for the bed-ridden, *Mechatronics*, Volume 21, Issue 1, February 2011, Pages 227-238.
23. Ping-WinLui, Feng MinLai, Kuo-ChihSu, Jen YungLin, Hwa WeiChi, Jean-ShyanWang, Yuh WenChen, *Energy Procedia*, Volume 143, December 2017, Pages 553-558.
24. Ignacio Gherzi, Mario Mariño and Mónica Teresita Miralles, Smart medical beds in patient-care environments, Gherzi et al. *BMC Medical Informatics and Decision Making* (2018) 18:63. IEEE.
25. G. Panik, K. Benki and B. Breko, Voice Operated Intelligent Wheelchair – VOIC, IEEE ISIE 2005, June 20- 23, 2005, Dubrovnik, Croatia.
26. Tawfik, Ahmed Hamdan, Abdulrahman Azzam and Yahya Ibrahim Published Online on 2018. Son erişim: 21.02.2022, 11:23.
27. M.S. Kaiser, Z. Chowdhury, S. Al Mamun, A. Hussain, M. Mahmud. (2016). A Neuro-Fuzzy Control System Based on Feature Extraction of Surface Electromyogram Signal for Solar-Powered Wheelchair. *Cogn. Comput.*, 8(5): 946-954. doi: 10.1007/s12559-016-9398-4.
28. H. Knight, J. K. Lee and H. Ma, "Chair Alarm for patient fall prevention based on Gesture Recognition and Interactivity," 2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vancouver, BC, 2008, pp. 3698-3701.
29. Işık, E. & Çelik, İ. (2021). Tersine Mühendislik Çalışmalarında Solidworks Scan To 3d Modülü Kullanarak Tarama Datasından Kati Model Oluşturulması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9 (2), 606-615. DOI: 10.21923/jesd.823317.